



Terbit online pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

SAINSTEK

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Analisis Pengaruh Penggunaan *Fly Ash* Batu Bara Dan Abu Batu Sebagai *Filler* Pada Campuran Laston Lapis Aus (Ac-Wc)

Doni Rinaldi Basri^a, Puspa Ningrum^b, Akram Adi Poetra^c

^{a,b,c}Program Studi Teknik Sipil Universitas Abdurabb, Jl. Riau Ujung No.73, Pekanbaru 28292, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 02 Juni 2024

Revisi Akhir: 11 Juni 2024

Diterbitkan Online: 29 Juni 2024

KATA KUNCI

Coal fly ash

AC-WC

Filler

Marshall

Stability

KORESPONDENSI

Telepon: 081537435568

E-mail: puspa.ningrum@univrab.ac.id

ABSTRACT

Coal fly ash has been categorized as factory waste therefore We should reduce factory waste and utilize it wisely optimal. In this research, coal fly ash and ash were used stone as an alternative to filler in AC-WC mixtures. The purpose of this research is to determine the marshall characteristics of the AC-WC layer with using a combination of coal fly ash and rock ash fillers. Research methods used in this research was an experimental method of varying the levels of coal fly ash filler and rock ash combined, namely 0%- 100%, 50%-50%, 60%-40%, 70%-30%, 80%-20%, 90%-10%, and 100%-0%.The specifications used in this research are General Bina Marga Specifications 2018 Revision 2. The optimum asphalt content obtained was 5.9%. Based on the results of Marshall testing variations of coal fly ash and stone ash fillers The best in this research was the variation of 50% coal fly ash and 50% rock ash. This is shown based on the stability value the composition obtains The stability value is 1,976.10 kg and the MQ value is 640.89 kg/mm with The melting value is 3.08 mm so it can be concluded that the quality of the AC-WC is the best In this research there are filler variations of 50% coal fly ash and 50% rock ash.

1. PENDAHULUAN

Aspal beton telah lama dikenal sebagai bahan konstruksi jalan dan banyak digunakan dalam pembangunan konstruksi jalan [1]. Pada umumnya perkerasan jalan terdiri dari campuran antara agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dan aspal. *Filler* memiliki fungsi penting dalam campuran aspal untuk pengisi rongga udara di dalam aspal. Sementara penggunaan *filler* dengan berat jenis yang jauh lebih kecil dari pada berat jenis agregat kasar dan halus akan menyebabkan campuran menjadi kurang aspal, yang ditandai dengan nilai rongga dalam campuran (VIM) yang lebih besar dari batas spesifikasi atas (5%) dan nilai rongga terisi aspal (VFA) yang lebih kecil dari batas spesifikasi bawah (76%) [2].

<https://doi.org/10.35583/js.v12i1.248>

jenis filler yang digunakan dalam konstruksi jalan yaitu abu batu, kapur, dan semen. Selain itu beberapa alternatif bahan pengganti filler salah satunya Penelitian memanfaatkan limbah serbuk kayu dan semen Portland sebagai bahan alternatif pengganti filler dalam pembuatan campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Hasil pengujian marshall variasi filler terbaik penelitian ini pada variasi 60% abu serbuk kayu dan 40% semen portland [3] bahan semen dan abu batu (*fly ash*) merupakan bahan terbaik yang boleh dipakai sebagai bahan pengisi [4].

Fly ash (abu terbang) batu bara salah satu residu yang dihasilkan dalam pembakaran industri batubara atau Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang terdiri dari partikel-partikel halus yang berterbangan. Dibanyak pabrik atau industri *fly ash* dianggap sebagai limbah yang tidak

[Attribution-NonCommercial 4.0 International](#). Some rights reserved

digunakan lagi sehingga dalam penelitian ini menjadi nilai tambah dan nilai guna dari bahan tersebut untuk dapat dimanfaatkan sebaik mungkin. abu terbang batu bara dapat dijadikan sebagai mineral *filler* dikarenakan abu terbang batu bara mengandung unsur *pozzolan* sehingga dapat berfungsi sebagai bahan pengisi rongga dan pengikat beton aspal [5]. penggantian sebagian semen dengan *fly ash* selain dapat menambah workability karena peningkatan gradasi ukuran *fly ash* yang sangat halus, mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dengan mengurangi lahan pembuangan limbah dan mengurangi penggunaan energi untuk produksi semen [6].

Pada penelitian ini selain menggunakan *fly ash* batu bara juga digunakan abu batu sebagai *filler*. Penulis mencoba kombinasi *filler fly ash* batu bara dan abu batu dengan variasi kadar *filler* yang kombinasikan yaitu (0% : 100%), (50% : 50%), (60% : 40%), (70% : 30%), (80% : 20%), (90% : 10%), (100% : 0%) dengan kadar aspal optimum (KAO), diharapkan penambahan *fly ash* batu bara dan abu batu sebagai pengganti *filler* memiliki kinerja yang baik ataupun sama dengan campuran aspal standar yang ditinjau dari karakteristik campuran Laston Lapis Aus (AC-WC) antara lain nilai Stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA, dan *Marshall Quotient*,

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Laston Lapis Aus (AC-WC)

Laston sebagai lapis aus (*Wearing Course*) adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan yang merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang disyaratkan dengan tebal nominal minimum 40 mm dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm (Spesifikasi Umum 2018, Revisi 2) [7]. Lapisan yang paling atas disebut lapisan permukaan.

2.2. Filler

Filler adalah sekumpulan mineral agregat yang umumnya lolos saringan no. 200, *filler* atau bahan pengisi ini akan mengisi rongga antara partikel agregat kasar dalam rangka mengurangi besar rongga, meningkatkan kerapatan dan stabilitas dari massa tersebut. Rongga udara pada agregat kasar diisi dengan partikel yang lolos saringan no. 200, sehingga membuat rongga udara lebih kecil dan kerapatan massanya lebih besar [8].

2.3. Fly ash Batu Bara

Abu terbang batu bara adalah bahan limbah dari pembakaran batu bara, yang dikategorikan sebagai limbah b3 (PP No. 85 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun) [9]. menurut SNI 03 6414-2002 mendefinisikan pengertian abu terbang Abu terbang

adalah limbah hasil pembakaran batu bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar dan bersifat pozzolanik [10]. Menurut ACI Committee 226, *fly ash* mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili micron) 5-27 % dengan *specific gravity* antara 2,15-2,6 dan berwarna abu-abu kehitaman. Sifat kimia yang dimiliki oleh *fly ash* berupa silica dan alumina dengan presentase mencapai 80% [11].



Gambar 1. Fly ash batu bara

2.4. Metode Marshall

Metode *Marshall* adalah metode yang digunakan untuk menguji stabilitas dan kelelahan (*flow*) dari campuran aspal. Metode ini juga menganalisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Ditemukan oleh Bruce Marshall, metode ini telah terstandarisasi oleh ASTM dan AASHTO melalui beberapa modifikasi, termasuk ASTM D 1559-76 dan AASHTO T-245-901.

Pengujian *Marshall* sangat penting dalam industri jalan raya karena memastikan campuran aspal memiliki kualitas yang baik dan dapat bertahan lama. Metode ini membantu menentukan komposisi yang tepat untuk mencapai kualitas yang diinginkan. Alat yang digunakan dalam pengujian *Marshall* termasuk alat tekan dengan *proving ring* berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flowmeter*.

3. METODOLOGI

Penelitian ini bersifat eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil Universitas Abdurrah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik *marshall* pada lapisan AC-WC dengan menggunakan kombinasi *filler fly ash* batu bara dan abu batu.. Langkah awal dimulai dengan studi literatur terdahulu sebagai rujukan dalam melakukan penelitian.

Adapun benda uji *fly ash* batu bara diperoleh dari sisa pembakaran *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT. Bina Pembangunan Adi Jaya yang di suplai dari Kota Sawahlunto, untuk Agregat kasar, agregat halus dan abu batu berasal dari PT. Bina Pembangunan Adi Jaya yang di suplai dari Rokan Hulu, Riau, selanjutnya Untuk bahan pengikat menggunakan aspal penetrasi 60/70 yang didapat

dari PT. Bina Pembangunan Adi Jaya, produksi dari PT. Rabana aspalindo, Perawang, Siak, Riau. Rencana variasi kadar *filler* yang dikombinasikan *fly ash* batu bara dan Abu Batu yaitu sebesar (0% : 100%), (50% : 50%), (60% : 40%), (70% : 30%), (80% : 20%), (90% : 10%), (100% : 0%). dengan kadar aspal optimum (KAO)

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian properti agregat yang dilakukan adalah uji keausan agregat kasar, uji analisa saringan agregat kasar dan halus, pengujian agregat halus serta uji berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan halus serta pengujian *marshall*. Perencanaan campuran Laston Lapis Aus menggunakan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Propertis Agregat

Hasil Pengujian Propertis agregat dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Ringkasan Pengujian Propertis agregat

Hasil Ringkasan Pengujian Propertis Aggregate	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Satuan
Abrasi (SNI 2417- 2008)	27,15	40	%
Pengujian kadar lumpur (SNI 1960:2016)	2,00	3	%

Jeni Material	Berat Jenis	Berat Jenis	Berat Jenis	Penyerapan (%)
	Kering (Gr/cc)	Ssd (Gr/cc)	Semu (Gr/cc)	
Batu Pecah 19 mm (Coarse Aggregate)	2,569	2,576	2,586	0,250
Batu Pecah 12 mm (Medium Aggregate)	2,534	2,550	2,575	0,627
Abu Batu (Fine Agg.)	2,542	2,564	2,599	0,860

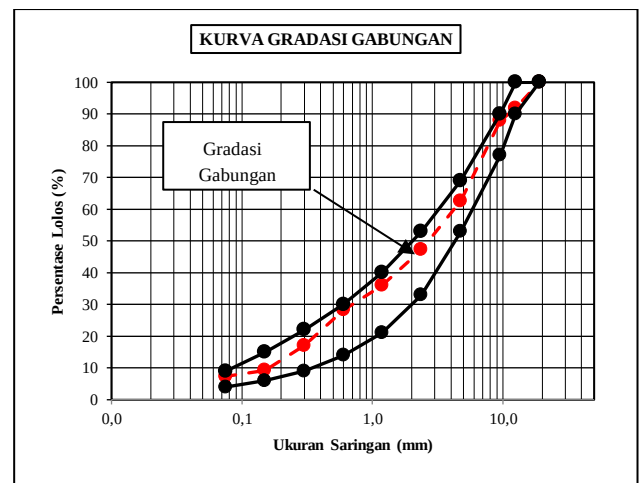
4.2. Hasil Perencanaan Gradasi Agregat Campuran

Dalam memperoleh gradasi gabungan argegat yang sesuai dengan spesifikasi gradasi, maka kombinasi untuk masing-masing agregat campuran ditentukan terdiri dari tiga fraksi agregat .Sedangkan pada proses gradingnya terdiri dari empat fraksi agregat, yaitu batu pecah 3/4", batu pecah 3/8" , abu batu, dan *filler*. Untuk menentukan proporsi agregat fraksi kasar, sedang, halus, dan bahan pengisi (*filler*) dilakukan dengan *trial* dan *error*. Metode yang dimaksud adalah dengan mencoba berbagai macam variasi persentase agregat untuk masing-masing fraksi hingga mendapatkan persentase agregat yang memenuhi batasan gradasi (amplop gradasi) yang telah ditetapkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi II. Berikut hasil

proporsi agregat berdasarkan gradasi agregat gabungan pada tabel 2

Tabel 2. Hasil gradasi gabungan agregat

Ukuran Saringan		Komposisi Material (%)				Gradasi Gabungan (%)	Sesifikasi (%)
(mm)	(Inchi)	12	25	61,5	1,5		
25,000	1.0 "	12	25	61,5	1,5	100,00	100
19,000	3/4 "	12	25	61,5	1,5	100,00	100
12,700	1/2 "	3,88	25	61,5	1,5	91,88	90-100
9,500	3/8 "	1,48	23,47	61,5	1,5	87,95	77-90
4,750	No. 4	0,59	10,53	50,03	1,5	62,65	53-69
2,360	No. 8		5,70	40,02	1,5	47,23	33-53
1,180	No. 16		3,33	31,2	1,5	36,03	21-40
0,600	No. 30		1,42	25,34	1,5	28,27	14-30
0,300	No. 50		0,35	15,27	1,5	17,12	9-22
0,150	No. 100		0,00	7,78	1,5	9,28	6-15
0,075	No.200		0,00	5,87	1,5	7,37	4-9



Gambar 2. Kurva Gradasi Gabungan

Dapat dilihat pada gambar 2 kurva hasil gradasi gabungan agregat, menjelaskan mengenai hasil gradasi gabungan yang ada pada tabel 2 pada kolom gradasi gabungan (%) yang mana hasil tersebut didapat dari percobaan dengan menggunakan metode *trial* dan *error*.

4.3. Penentuan Kadar Aspal Rencana (Pb)

Berdasarkan perhitungan Pb, didapatkan kadar aspal rencana sebesar 5,8 %. Kemudian ditentukan nilai variasi kadar aspal untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO), maka dibuat benda uji dengan rentang 4 kadar aspal atas kadar aspal rencana (Pb) dengan ketentuan Pb+0,5,Pb,Pb-0,5 dan Pb-0,5. Oleh karena itu, untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO), dibutuhkan 4 (empat) variasi kadar aspal yaitu 5,0%,5,5%,6,0%, dan 6,5%

Tabel 3.Jumlah benda uji untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO)

Kadar Aspal (%)	Jumlah Sampel (bh)
-----------------	--------------------

(Pb-0,5)	3
(Pb-0,5)	3
Pb	3
(Pb+0,5)	3
Total	12

4.4. Hasil Pengujian Marshall Penentuan KAO

Berdasarkan pengujian dengan alat *Marshall*, dapat diperoleh data pembacaan arloji stabilitas dan arloji kelelahan. Data pembacaan arloji stabilitas tersebut kemudian masih harus dikali dengan angka kalibrasi alat dan korelasi tinggi benda uji. Untuk data nilai rongga dalam campuran (VIM) maupun rongga dalam agregat (VMA) diperoleh dari data tinggi benda uji, berat kering, berat jenuh, dan berat benda uji dalam air. Setelah data-data diperoleh kemudian data-data tersebut diolah sehingga hasilnya seperti terlihat pada Tabel 4

Tabel 4. Hasil Perhitungan Rata-rata nilai VMA, VIM, VFA, stabilitas, *flow*, dan *Marshall Quotient* (MQ)

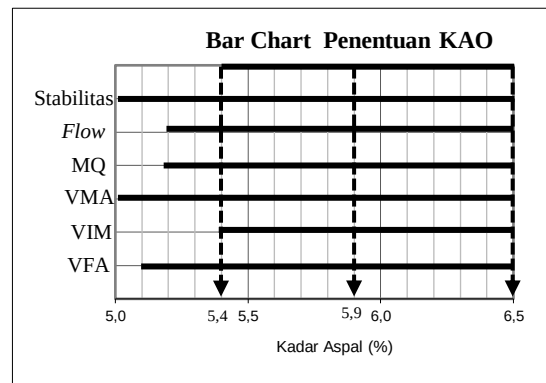
Kadar Aspal (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)
	Min.800	2-4	Min.250	Min.15	3-5	Min.65
5,0	910,5	4,25	214,25	15,56	5,99	62,51
5,5	1046,2	3,72	281,48	15,60	4,86	68,87
6,0	1152,7	3,07	375,88	15,97	4,09	74,39
6,5	1002,6	3,57	281,09	16,26	3,23	80,15



Gambar 3. Sampel Marshall KAO

Untuk mendapatkan kadar aspal optimum, dilakukan perhitungan berdasarkan gambar 4 sebagai berikut.

$$\text{Kadar Aspal Optimum} = \frac{5,4\% + 6,5\%}{2} \\ = 5,95\% \approx 5,90\%$$



Gambar 4. Grafik Kadar Aspal Optimum

4.5. Hasil Pengujian Marshall Untuk KAO

Setelah melakukan penentuan KAO dengan mengambil 4 range dan masing masing range dengan 3 sampel, maka dapat dilihat hasil penentuan KAO pada Tabel 4, Berdasarkan hasil penelitian ini, diambil Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,9% dengan hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Marshall KAO

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)
	Min.800	2-4	Min.250	Min.15	3-5	Min.65
5,0	910,5	4,25	214,25	15,56	5,99	62,51
5,5	1046,2	3,72	281,48	15,60	4,86	68,87
6,0	1152,7	3,07	375,88	15,97	4,09	74,39
6,5	1002,6	3,57	281,09	16,26	3,23	80,15

hasil dari KAO 5,9% memenuhi standar spesifikasi Bina Marga dan lebih ekonomis dibandingkan dengan KAO lain yang memiliki kadar aspal lebih tinggi.

4.6. Pembuatan Benda Uji dengan Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan penentuan kadar aspal optimum sebelumnya, yaitu 5,9% maka perlu dilakukan kembali perancangan benda uji dengan kadar aspal optimum. Perhitungan berat aspal dan agregat untuk variasi kombinasi *filler fly ash* batu bara dan abu batu dengan kadar aspal optimum seperti terlihat pada tabel 6

Tabel 6. Komposisi variasi filler fly ash dan abu batu

Kombinasi Filler		Jumlah Benda Uji
Fly Ash Batu Bara (%)	Abu Batu (%)	
0	100	3
50	50	3
60	40	3
70	30	3
80	20	3
90	10	3
100	0	3
Total Benda Uji		21



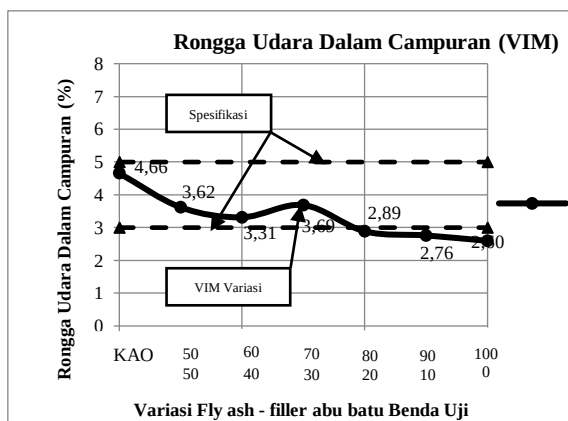
Gambar 5. Sampel variasi benda uji

4.7. Analisa Test Marshall

Berdasarkan hasil pengujian *marshall* masing-masing variasi benda uji maka diperoleh bentuk grafik berikut. Berikut adalah gambar grafik VIM, VMA, VFA, Stabilitas, Kelelahan, dan MQ berdasarkan variasi kadar *filler fly ash* batu bara dan abu batu yang digunakan.

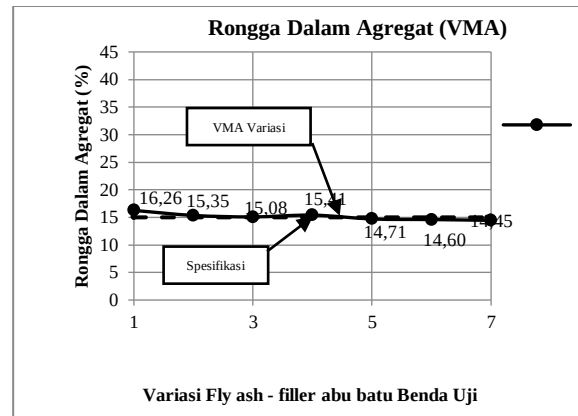


Gambar 6 . Pengujian Marshall Test



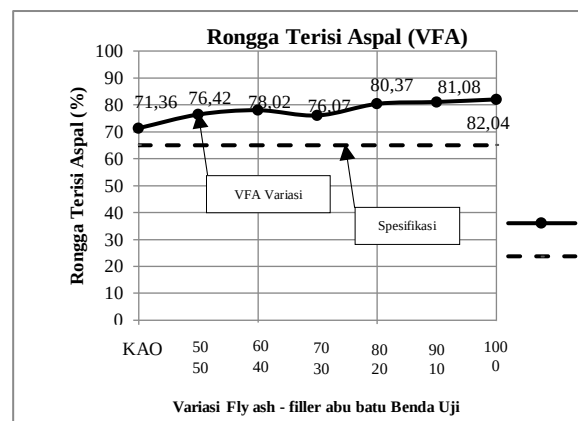
Gambar 7. Grafik Rongga Udara Dalam Campuran (VIM)

Berdasarkan grafik VIM diatas, diperoleh persentase rongga udara dalam campuran masing-masing variasi *filler* dengan batas minimum 3% dan batas maksimum 5%. Dapat dilihat bahwa pada variasi *filler* 90% *Fly ash* batu bara dan 10 % Abu batu serta variasi *filler* 100% *Fly ash* batu bara dan 0 % Abu batu tidak memenuhi nilai VIM karena tidak memasuki batas minimum yaitu 2,76%, 2,50% sementara untuk variasi lainnya memenuhi nilai VIM sesuai spesifikasi yang disyaratkan.



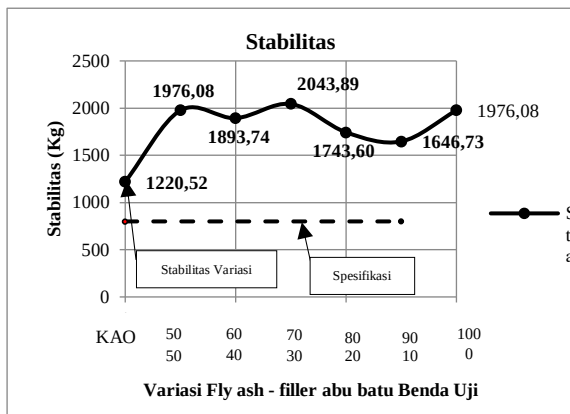
Gambar 8. Grafik Rongga Mineral Agregat (VMA)

Berdasarkan grafik VMA diatas, diperoleh persentase rongga mineral agregat masing-masing variasi suhu dengan batas minimum 15%. Dapat dilihat bahwa pada variasi *filler* 80% *fly ash* batu bara dan 20% abu batu serta *filler* 90% *fly ash* batu bara dan 10% abu batu dan *filler* 100% *fly ash* batu bara dan 00% abu batu tidak memenuhi nilai VMA yaitu dengan nilai 14,71%, 14,60% dan 14,45% sementara untuk variasi lainnya memenuhi nilai VMA sesuai spesifikasi yang disyaratkan.



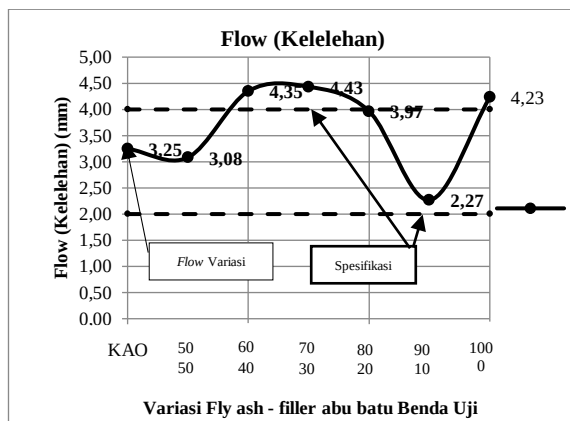
Gambar 9. Grafik Rongga Terisi Aspal (VFA)

Berdasarkan grafik VFA diatas, diperoleh persentase rongga terisi aspal masing-masing variasi *filler* dengan batas minimum 65%. Dapat dilihat bahwa pada masing-masing variasi *filler* semua memenuhi nilai VFA sesuai spesifikasi yang ditentukan.



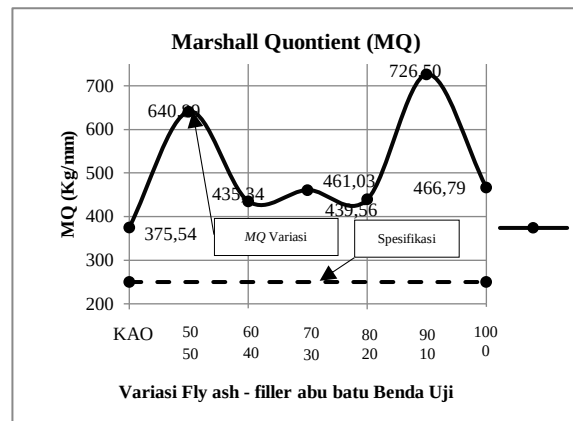
Gambar 10. Grafik Stabilitas Marshall

Berdasarkan grafik stabilitas diatas, diperoleh stabilitas aspal masing-masing variasi *filler* dengan batas minimum 800 Kg. Dapat dilihat bahwa pada seluruh variasi *filler* memenuhi nilai stabilitas sesuai spesifikasi yang disyaratkan. Nilai stabilitas tertinggi terdapat pada variasi *filler* 70% *fly ash* batu bara dan 30% Abu batu yaitu sebesar 2043,89 Kg.



Gambar 11. Grafik Flow (Kelelahan)

Berdasarkan grafik *flow* (kelelahan) diatas, diperoleh *flow* aspal masing-masing variasi *filler* dengan batas minimum 2 mm dan batas maksimum 4 mm. Dapat dilihat bahwa pada variasi *filler* 60% *fly ash* batu bara dan 40% abu batu serta *filler* 70% *fly ash* batu bara dan 30% abu batu tidak memenuhi nilai *flow* (kelelahan) yaitu dengan nilai 4,35% dan 4,43% sementara untuk variasi lainnya memenuhi nilai *flow* (Kelelahan) sesuai spesifikasi yang disyaratkan.



Gambar 12. Grafik Marshall Quotient (MQ)

Berdasarkan grafik *marshall quotient* (MQ) diatas, diperoleh *marshall quotient* masing-masing variasi *filler* dengan batas minimum 250 Kg/mm. Dapat dilihat bahwa pada seluruh variasi *filler* memenuhi nilai MQ sesuai spesifikasi yang disyaratkan. Nilai MQ terbesar terdapat pada variasi *filler* 90% *fly ash* batu bara dan 10% abu batu yaitu sebesar 726,50 Kg/mm.

4.8. Analisis dan Pembahasan

Pada pengujian dan analisa yang dilakukan dari beberapa variasi campuran, Variasi *filler* 50% *Fly ash* Batu bara dan 50% Abu Batu campuran memiliki nilai parameter *marshall* yang memenuhi syarat yang di izinkan sesuai spesifikasi bina marga 2018 Revisi 2. Berikut tabel 7 yang membandingkan nilai parameter *marshall* masing- masing campuran *filler fly ash* Batu bara dan Abu Batu.

Tabel 7. Hasil Perbandingan Parameter Marshall

Variasi FABB - filler abu batu	Stabilitas	Flow	MQ	VMA	VFA	VIM
KAO	1.220,52	3,25	375,54	16,26	71,36	4,66
50 - 50	1.976,10	3,08	640,89	15,35	76,42	3,62
60 - 40	1.893,74	4,35	435,34	15,08	78,02	3,31
70 - 30	2.043,89	4,43	461,03	15,41	76,07	3,69
80 - 20	1.743,60	3,97	439,56	14,71	80,37	2,89
90 - 10	1.646,73	2,27	726,50	14,60	81,08	2,76
100 - 0	1.976,08	4,23	466,79	14,45	82,04	2,60
Spesifikasi	Min. 800	2 - 4	Min. 250	Min. 15	Min. 65	3 - 5

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari semua nilai parameter *Marshall* yang memenuhi persyaratan untuk nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) adalah 5,9%, dengan nilai sifat-sifat *marshall* yaitu nilai stabilitas sebesar 1.365,8 Kg, nilai *flow* sebesar 3,25 mm, nilai *marshall quintent* sebesar 420,25 Kg/mm, nilai VMA sebesar 16,26 %, nilai VFA sebesar 71,36 %, sebesar VIM 4,66 %.
2. Dari variasi kadar *filler* yang dikombinasikan *fly ash* batu bara dan abu batu terbaik pada penelitian ini

adalah pada variasi campuran 50% *fly ash* batu bara dan 50% abu batu. Hal ini ditunjukkan berdasarkan nilai Sifat-sifat *marshall* yaitu nilai stabilitas sebesar 1.976,10 Kg, nilai flow sebesar 3,08 mm, nilai *marshall* quintent sebesar 640,89 Kg/mm, nilai VMA sebesar 15,35%, nilai VFA sebesar 76,42 %, sebesar VIM 3,62 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fahmi, Ahmad K.A, Qomariah, BS., Ir. Yunaefi., MT. (2021). Karakteristik Campuran Beton Aspal (AC-WC) Dengan Menggunakan Variasi Kadar Filler Limbah Abu Terbang BATUBARA. JOS-MRK Volume 2, Nomor 1, Maret 2021, Page 51-57
- [2] Widodo, Sri. Pengaruh Berat Jenis Filler terhadap Karakteristik Campuran Split Mastic Asphalt. Prosiding Simposium III FSTPT, ISBN NO. 979-96241-0-X, 2000
- [3] Doni Rinaldi Basri1, Fitra Ramdhani, Faridhotul Apriliya Wardani. (2022). pemanfaatan abu serbuk kayu dan semen portland sebagai *filler* pada campuran *asphalt concrete – wearing course*.
- [4] Pratomo, P. Campuran Hot Rolled Sheet Dengan Berbagai Jenis Filler. Prosiding Simposium I Studi Transportasi Perguruan Tinggi Bandung: Institut Teknik Bandung, 1999.
- [5] Tahir, Anas, dan Setiawan Arief. Kinerja Durabilitas Campuran Beton Aspal Ditinjau dari Faktor Variasi Suhu Pemadatan dan Lama Perendaman. Jurnal SMARTek, 7 (1): 46-61, 2009
- [6] Nugroho, Eko Hindaryanto. Analisis Porositas dan Permeabilitas Beton dengan Bahan Tambah Fly Ash untuk Perkerasan Kaku (Rigid Pavement). Surakarta: Universitas Sebelas Maret, 2010.
- [7] Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018, "Spesifikasi Umum 2018", Pusjatan-Balitbang PU
- [8] Silvia Sukirman, Perkerasan Raya, Penerbit NOVA Tahun 1999. Lentur Jalan
- [9] Ahmad Uwwes Al Qurny, Imam Hagni Puspito, Nuryani Tinumbia. (2022). pengaruh penambahan bahan pengisi (filler) fly ash terhadap campuran aspal beton lapis aus (*asphalt concrete wearing course/ac-wc*). Jurnal Artesis. Vol. 2(1):87-97
- [10] Delli Novianti Rachman, Susi Riwayati, Dona Rodeeflyn Sirait, Muhammad Arfan. (2022). Penambahan Fly Ash Batu Bara Pltu Sebagai Filler Aspal Ac Wc. Vol 07, No. 04
- [11] Damayanti, I., dan Rochman, A. (2006). "Tinjauan Penambahan Microsilica dan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi", Jurnal Eco Rekayasa UMS, Vol. 2, No. 1, pp. 24-30.