

PENGARUH CAMPURAN ASPAL LAPIS AUS (AC – WC) MENGUNAKAN LIMBAH ABU BATU BARA SEBAGAI BAHAN FILLER

Sevani Reza Hanggara¹, Leni Sriharyani², Ida Hadijah³
Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro^{1,2,3}
Kl. KH. Dewantara No. 116 Iringmulyo Kota Metro
E-Mail : sevanirezah@gmail.com¹, lenisriharyani8@gmail.com²,
cv.sadakonsultan@yahoo.co.id³

ABSTRAK

Indonesia dengan kelimpahan hasil alamnya terutama dari pertambangan batu bara yang merupakan salah satu material yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar dalam suatu pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Setiap proses pembakaran batu bara menghasilkan sekitar 5% limbah padat berupa abu (*fly ash dan bottom ash*), dimana sekitar 10- 20% merupakan bottom ash dan sekitar 80-90% dari total abu yang dihasilkan adalah *fly ash*. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh limbah abu batu bara sebagai bahan filler pada campuran aspal lapis aus (AC – WC). Penelitian ini menggunakan uji marshall, untuk penelitian pengaruh campuran aspal lapis aus (AC – WC) menggunakan *filler* limbah abu batu bara dengan variasi campuran *filler* 0%, 2 %, 4%, 5%, 8%, 10%, dengan kadar aspal shell pen 60/70, 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,0% masing – masing kadar *filler* dan kadar aspal menghasilkan nilai yang berbeda – beda. Di dapat KAO 5,7%, 5,8%, 5,5%, 5,6%, 6,0%, 6,2%. Dari hasil penelitian nilai yang di ambil KAO dan filler untuk memenuhi spesifikasi bina marga 2018 revisi 2 yaitu *filler fly ash* 2% dan KAO 5,80%. Hasil dari variasi campuran filler 2% menggunakan fly ash dengan nilai uji density dan mashall didapat nilai VIM 3,94%, VMA 16,35%, VFB 74,77%, Stabilitas 1010,3 kg, Flow 3,30 mm, dan MQ 306,15 kg/mm. Dapat memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

Kata Kunci : Aspal Lapis Aus (AC – WC), Limbah Abu Batu Bara (Fly Ash),
JMF (Job Mix Formula) Uji Marshall

PENDAHULUAN

Perkerasan jalan merupakan hal utama untuk menunjang keamanan dan kenyamanan dalam bertransportasi. Perkerasan jalan harus mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi juga memiliki nilai yang ekonomis. Namun, dalam pemanfaatannya perkerasan jalan banyak mengalami gangguan atau kerusakan yang disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya mutu atau kualitas jalan yang tidak sesuai dengan klasifikasi jalan sehingga menyebabkan kinerja perkerasan jalan menurun dan umur jalan menjadi lebih singkat. Untuk mencegah terjadinya kerusakan pada permukaan perkerasan jalan, bisa ditambahkan bahan pengikat dapat berupa campuran agregat dan bahan tambahan lainnya untuk meningkatkan stabilitas dan durabilitas aspal tersebut.

Indonesia dengan kelimpahan hasil alamnya terutama dari pertambangan batu bara yang merupakan salah satu material yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar dalam suatu pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Setiap proses pembakaran batu bara menghasilkan sekitar 5% limbah padat berupa abu (*fly ash dan bottom ash*), dimana sekitar 10- 20% merupakan bottom ash dan sekitar 80-90% dari total abu yang dihasilkan adalah *fly ash*.

Fly ash dan bottom ash tergolong sebagai limbah B3 berbahaya karena mengandung oksida logam berat yang larut secara alami dan mencemari lingkungan. Bahan berbahaya dan beracun (B3) adalah sisa suatu usaha dan atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya beracun yang secara langsung atau tidak langsung dapat mencemari atau merusak lingkungan karena sifat atau konsentrasi dan jumlahnya. Sangat

berbahaya bagi lingkungan, kehidupan, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi *fly ash* dan *bottom ash* adalah dengan memanfaatkan dengan skala besar menjadi produk ramah lingkungan, yang memenuhi syarat kesehatan seperti memanfaatkannya sebagai bahan pengisi (*filler*) pada perkerasan lentur. Sehingga dapat mengatasi masalah keterbatasan tempat penumpukan/penampungan dan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu pada penelitian ini bertujuan untuk menggunakan *fly ash* sebagai bahan pengisi (*filler*) campuran aspal beton pada lapis permukaan AC-WC.

TIJAUAN PUSTAKA

Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan konstruksi yang berfungsi untuk melindungi tanah dasar (*subgrade*) dan lapisan-lapisan pembentuk perkerasan lainnya supaya tidak mengalami tegangan dan regangan yang berlebihan dari beban lalu lintas di atasnya. Perkerasan jalan harus memberikan permukaan yang rata dan memiliki nilai kekesatan tertentu agar tidak terlalu licin, dengan umur pelayanan yang cukup panjang, serta pemeliharaan yang minimum.

Struktur perkerasan jalan terdiri dari beberapa lapisan material yang tersusun di atas tanah dasar. Komponen lapisan ini terdiri dari berbagai jenis bahan granuler yang memberikan dukungan penting terhadap kapasitas struktural sistem perkerasan, terutama pada perkerasan lentur. Material berkualitas tinggi diletakkan di bagian atas, sementara kualitas material di lapisan bawah semakin menurun (Hardiyatmo, 2015). Hal ini disebabkan oleh tegangan yang ditimbulkan oleh beban roda lalu lintas yang semakin berkurang seiring dengan kedalaman lapisan.

Fungsi Perkerasan

Fungsi utama perkerasan adalah menyebarkan beban roda ke area permukaan tanah dasar yang lebih luas di bandingkan luas kontak roda dan perkerasan, sehingga

mereduksi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar, Yaitu pada tekanan Dimana tanah dasar tdak mengalami deformasi berlebihan selama masa pelayanan perkerasan.

Filler

Sebagai *filler* dapat dipergunakan abu batu kapur, abu batu atau semen portland. Perlu diperhatikan agar bahan tersebut tidak tercampur dengan kotoran atau bahan lain yang tidak dikehendaki dan dalam keadaan kering (kadar air maksimum 1%) serta berat jenis minimum 2%.

Selain ketentuan diatas ada beberapa sifat karakteristik agregat yang perlu ditinjau dalam perencanaan perkerasan jalan yaitu ukuran dan gradasi, kebersihan agregat, daya tahan agregat, bentuk dan tekstur agregat, daya lekat terhadap aspal, berat jenis dan penyerapan

Abu Batu Bara

Abu batu bara *fly ash* adalah material yang sangat halus yang berasal dari sisa pembakaran batu bara. Abu batu bara dapat dijadikan *filler* karena ukuran partikelnya yang sangat halus yang lolos saringan bila disaring dengan menggunakan saringan No. 200 (75 micron) dan mengandung unsur pazzolan, sehingga dapat berfungsi sebagai bahan pengisi rongga dan pengikat pada aspal beton

Komponen utama dari *fly ash* batubara yang berasal dari pembangkit listrik adalah *silika* (SiO_2), *alumina* (Al_2O_3), *besi oksida* (Fe_2O_3), *Kalsium* (CaO) dan sisanya adalah *magnesium*, *potassium*, *sodium*, *titanium*, dan belerang dalam jumlah yang sedikit.

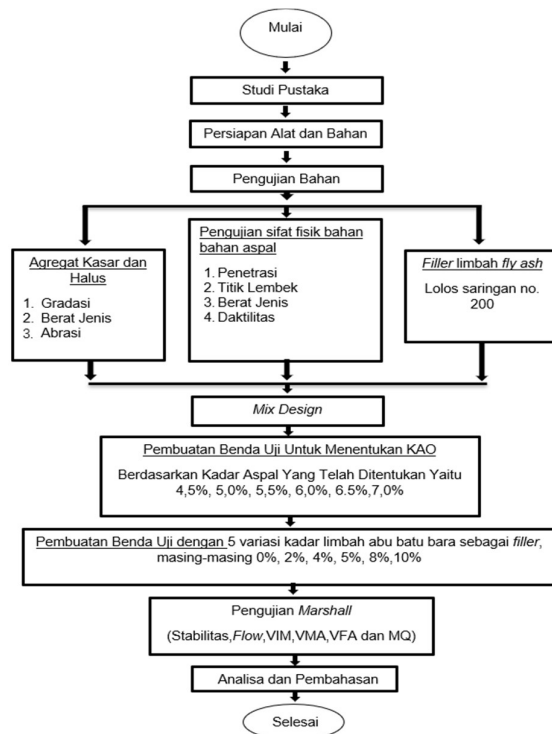
Secara fisik, abu terbang dari pembakaran batu bara ini memiliki karakter tertentu. Bentuknya berupa butiran halus, seperti bola padat dan berongga. Partikelnya berukuran sangat kecil sekitar 0,075 mm saja. Sedangkan kerapatannya ada diangka antara 2100 hingga 3000 kg/m³.

Abu batu atau fly ash atau abu terbang mengandung beberapa kandungan kimia berbahaya karena merupakan limbah dari hasil pembakaran batu bara.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan pengumpulan data yang berguna bagi proses penelitian. Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data primer di peroleh dari hasil pengujian sifat-sifat fisis agregat, Analisa saringan, pengujian Marshall, dan penentuan kadar aspal optimum (KAO) berdasarkan metode Marshall. Sedangkan data sekunder di peroleh dari hasil pengujian sifat-sifat fisis aspal dan data pendukung yang di peroleh dari buku, artikel jurnal, brosur-brosur dan literaturanya. Setelah semua hasil dari pemeriksaan sifat-sifat fisis material dan disesuaikan dengan spesifikasi.

Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian (Sevani Reza Hanggara, 2024)

Dalam penelitian ini terdapat 5 variasi kadar limbah abu batu bara (fly ash) sebagai filler, masing-masing 0%, 2%, 4%, 5%, 8%, 10% Pada penelitian ini

dipakai kadar aspal sebesar 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5% dan 7,0%, dari berat agregat 1200 gram. Jumlah benda uji yang akan dibuat ada 108 Benda Uji.

Tabel. 1 Jumlah Benda Uji

Benda Uji	Variasi Kadar Campuran						
	Kadar Aspal	Kadar Filler Abu batu bara					
3 buah	4,5%	0%	2%	4%	5%	8%	10%
3 buah	5,0%	0%	2%	4%	5%	8%	10%
3 buah	5,5%	0%	2%	4%	5%	8%	10%
3 buah	6,0%	0%	2%	4%	5%	8%	10%
3 buah	6,5%	0%	2%	4%	5%	8%	10%
3 buah	7,0%	0%	2%	4%	5%	8%	10%

Total Sampel : 108 benda uji

Sevani Reza Hanggara, 2024

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pada penelitian ini di Laboraturium PT. Tri Citra Perdana, Pesawaran, Lampung. Memperoleh data bahwasannya Analisa gradasi agregat, data hasil sifat fisis agregat, data hasil sifat fisis aspal, data hasil pengujian Marshall dan hasil penentuan Kadar Apal Optimum (KAO).

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat ½ dan Penyerapan

No	Sifat Agregat	Satuan	Sampel A	Sampel B	Rata-rata
1	Berat jenis bulk	Gram	2,634	2,625	2,629
	Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)	Gram	2,598	2,584	2,591
2	Berat jenis semu	Gram	2,698	2,696	2,694
3	Penyerapan	%	1,403	1,1571	1,483

Sevani Reza Hanggara, 2024

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan agregat sedang

No.	Sifat Agregat	Satuan	Sampel A	Sampel B	Rata-rata
1	Berat jenis bulk	Gram	2,559	2,568	2,564
2	Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)	Gram	2,506	2,514	2,509
3	Berat jenis semu	Gram	2,652	2,659	2,655
4	Penyerapan	%	2,190	2,162	2,176

Sevani Reza Hanggara, 2024

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan penyerapan Abu Batu

No	Sifat Agregat	Satuan	Sampel A	Sampel B	Rata rata
1	Berat jenis bulk	Gram	2,564	2,552	2,558
2	Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)	Gram	2,506	2,495	2,501
3	Berat jenis semu	Gram	2,657	2,646	2,652
4	Penyerapan	%	2,270	2,291	2,281

Sevani Reza Hanggara,2024

Table 5. Hasil Pengujian Abrasi

		Jumlah Putaran = 500 Putaran	
Ukuran Saringan	Tertahan	I Berat (a)	II Berat (b)
76,2 (3")	63,5 (2 1/2")		
63,5 (2 1/2")	50,8 (2")		
50,8 (2")	36,1 (1 1/2")		
36,1 (1 1/2")	25,4 (1")		
25,4 (1")	19,1 (3/4")		
19,1 (3/4")	12,7 (1/2")	2501,0	2500,0
12,7 (1/2")	9,52 (3/8")	2502,0	2502,0
9,52 (3/8")	6,35 (1/4")		
6,35 (1/4")	4,75 (No.4)		
4,75 (No.4)	2,36 (No.8)		
Jumlah Berat		5003,0	5002,0
Berat Tertahan Saringan No.12 Sesudah Percoaan (c)		3846	4023

Sevani Reza Hanggara,2024

Hasil dari penelitian abrasi 21,35% sesuai dengan hasil pengujian yang di lakukan di laboratorium untuk abrasi memenuhi syarat spesifikasi SNI 03-2417-2008 maks 40%

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Penetrasi Aspal pen 60/70

Penetrasi	Penetrasi Aspal (0,1mm) untuk benda uji nomor		Penetrasi Aspal (0,1mm)
	I	II	
1	66	65	
2	67	66	
Rata-rata	66,5	65,5	66

Sevani Reza Hanggara,2024

Rata-rata penetrasi dari kedua sampel tersebut adalah 66. Berdasarkan SNI 06-2456-1991 pen 60/70 berkisar antara 60-79. Jadi penetrasi sampel tersebut masuk dalam spesifikasi.

Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

No	Kegiatan	Satuan	Hasil Pengujian	
			Benda Uji I	Benda Uji II
1	Berat Piknometer	gram	28,90	28,90
2	Berat Piknometer + Tutup + Air	gram	52,00	52,00
3	Berat Piknometer + Tutup + Aspal	gram	35,69	35,70
4	Berat Piknometer + Tutup + Air + Aspal	gram	52,23	52,20
5	Berat Jenis Aspal	gram	1,035	1,030

Sevani Reza Hanggara,2024

Rata-rata Berat Jenis dari kedua sampel tersebut adalah 1,033 gr/cm³. Berdasarkan SNI 06-2441-2011 nilai Berat Jenis Aspal pen 60/70 Modifikasi ≥ 1. Jadi berat jenis sampel tersebut masuk dalam spesifikasi.

Tabel 8. Hasil Pemeriksaan Titik Lembek

No.	Suhu Yang Diamati (°C)	Waktu		Titik Lembek Rata-rata (°C)
		Sampel I	Sampel II	
1.	5	0'00"	0'00"	
2.	10	5'03"	5'03"	
3.	15	9'32"	9'32"	
4.	20	10'46"	10'46"	
5.	25	13'11"	13'11"	
6.	30	16'35"	16'35"	
7.	35	18'49"	18'49"	
8.	40	20'01"	20'01"	
9.	45	23'28"	23'28"	
10.	50	27'02"	27'02"	
11.	53	30'34"	30'34"	
12.	57	-	33'12"	
Bacaan titik lembek(°C)				55

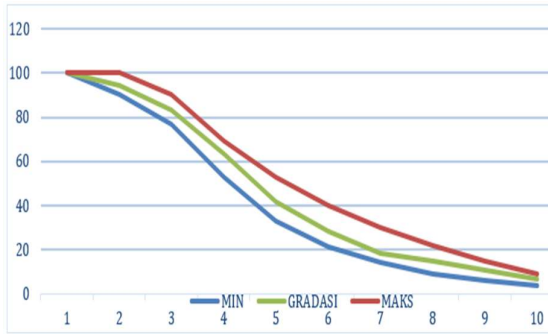
Sevani Reza Hanggara,2024

Menurut spesifikasi SNI 2434 : 2011 yaitu untuk jenis aspal pen 60/70 titik lembek ≥ 48 °C. Hasil pengujian menunjukkan kedua sampel memenuhi persyaratan dengan titik lembek sebesar 55°C.

Tabel 10. Hasil Pengujian Gradasi Gabungan

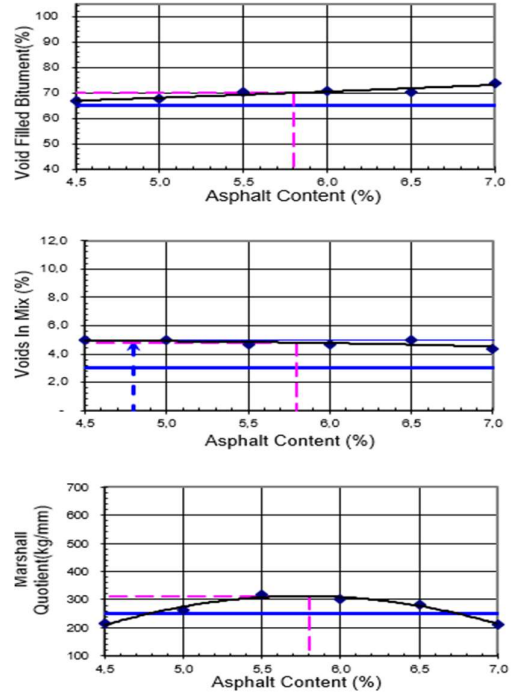
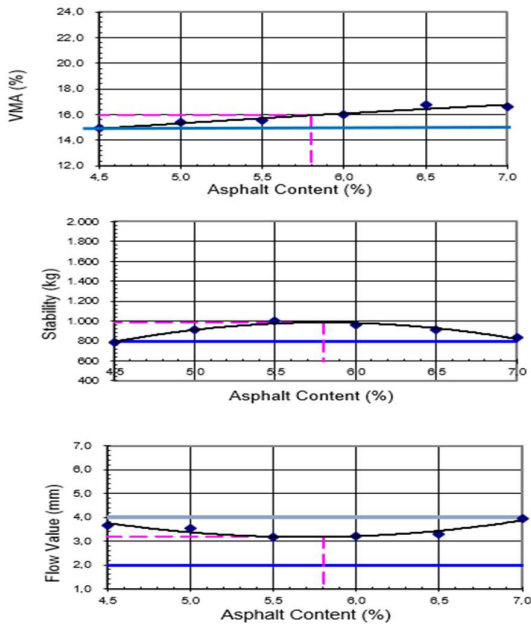
No	mm	a	b	c	d	e	min	maks
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100	100
1/2"	12	75,44	100,00	100,00	100,00	100,00	94,35	100
3/8"	9.5	36,73	90,79	100,00	100,00	100,00	83,24	100
#4	4.75	12,35	33,63	98,45	100,00	100,00	63,17	100
#8	2.36	5,35	2,87	72,50	100,00	100,00	41,72	100
#16	1.18	1,14	0,40	48,21	100,00	100,00	28,50	100
#30	0.6	0,00	0,22	27,60	100,00	100,00	18,30	100
#50	0.3	0,00	0,21	20,40	100,00	100,00	14,84	100
#100	0.15	0,00	0,19	11,81	98,37	96,64	10,60	100
#200	0.075	0,00	0,12	5,47	75,13	78,26	6,47	100

Sevani Reza Hanggara,2024



Gambar 2. Grafik Gradasi Gabungan (sevani reza hanggara,2024)

Grafik Hasil Pengujian Marshall

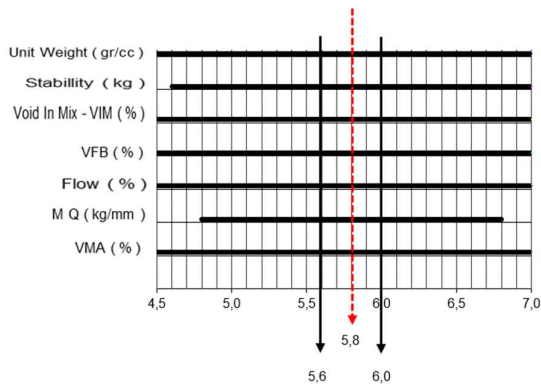


Gambar 3. Gambar Grafik hasil uji marshall (sevani reza hanggara,2024)

Grafik dari hasil pengujian marshall, kemudian dapat di tentukan kadar aspal optimum.Kadar aspal optimum adalah kadar aspal yang menunjukkan kondisi campuran aspal AC - WC yang memenuhi persyaratan spesifikasi bina marga meliputi Density, VMA, VIM, Stabilitas, Flow dan MQ

Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal Optimum adalah jumlah aspal yang digunakan dalam campuran agar dapat memenuhi persyaratan density, VIM, VMA, VFB, Stabilitas, Flow, MQ, dan dengan penambahan *filler* yang sesuai.



Gambar 4. Grafik Kadar Optimum (KAO) (Sevani Reza Hanggara, 2024)

KAO dibuat garis bilangan rentang terhadap parameter – parameter spesifikasi, yaitu Unit Weight, Stability, Flow, VIM, VFA, VMA, dan MQ. Kemudian dibuat garis lurus untuk menentukan KAO. Pada variasi tambahan 2% filler *Fly ash* didapat KAO sebesar 5,80%

Tabel 11. Hasil Uji Kadar Aspal Optimum

Benda Uji	KAO	VIM	VMA	VFB	Stability	Flow	MQ
	%	%	%	%	Kg	Mm	Kg/Mm
Sampel 1	5,80	3,94	16,35	74,77	1010,3	3,30	306,15
Sampel 2	5,80	4,00	16,76	73,89	1102,1	2,90	380,03
Spesifikasi	3 – 5	Min 15	Min 65	Min 800	2 – 4	-	-

Sevani Reza Hanggara, 2024

Dalam penelitian, kadar aspal merupakan faktor kunci yang memengaruhi kualitas campuran Laston. Pada penelitian di laboratorium yang telah dilaksanakan untuk mendapatkan hasil dari parameter sifat fisik agregat serta karakteristik Marshall. Dari hasil analisis laboratorium didapat KAO 5,80% pada variasi *Filler Fly Ash* 2% yang memenuhi syarat bina marga 2018 revisi 2. Dari hasil analisis di aboraturium dapat diterapkan dilapangan.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari hasil penelitian penggunaan filler limbah abu batu bara (*fly ash*) maka ditarik Kesimpulan yang di dapat adalah :

1. Hasil dari perhitungan variasi campuran filler 2% menggunakan *fly ash* didapat Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,80% dengan nilai uji density dan mashall didapat nilai VIM 3,94%, VMA 16,35%, VFB 74,77%, Stabilitas 1010,3 kg, Flow 3,30 mm, dan MQ 306,15 kg/mm. Dapat memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.
2. Dari hasil pengujian di laboratorium limbah abu batu bara sebagai filler lolos saringan no 200 yaitu 78,26% yang Dimana spesifikasi bina marga 2018 tidak kurang dari 75% terhadap beratnya. Maka dari hasil tersebut limbah abu batu bara memenuhi spesifikasi bina marga 2018.
3. Berdasarkan hasil pengujian untuk penelitian pengaruh campuran aspal lapis aus (AC – WC) menggunakan filler limbah abu baru bara dengan variasi campuran filler 0%, 2 %, 4%, 5%, 8%, 10%, dengan kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,0% masing – masing kadar filler dan kadar aspal menghasilkan nilai yang berbeda – beda. Setiap penambahan filler *fly ash* maka nilai KAO berbeda – beda yaitu nilai KAO dengan Kadar filler *fly ash* 0% mendapat nilai KAO 5,70%, filler *fly ash* 2% mendapat nilai KAO 5,80%, filler ash 4% mendapat nilai KAO 5,50%, filler *fly ash* 5% mendapat nilai KAO 5,60%, filler *fly ash* 8% mendapat nilai KAO 6,00%, filler *fly ash* 10% mendapat nilai KAO 6,20%. Maka nilai yang di ambil nilai KAO dan filler untuk memenuhi spesifikasi bina marga 2018 revisi 2 yaitu filler *fly ash* 2% dan KAO 5,80% sudah memenuhi persyaratan.

Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan ada beberapa hal yang dapat disarankan, adalah sebagai berikut :

1. Daur ulang limbah abu batu bara merupakan salah satu alternatif yang penulis guna meminimalisir limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun).
2. Penggunaan bahan tambah atau bahan pengganti dapat dilakukan untuk

- percobaan lebih mendalam serta pengembangan dari penelitian ini misalnya menggunakan Abu Batu Bara sebagai bahan *filler*
3. Untuk penelitian selanjutnya, penggunaan *filler* abu batu bara untuk mengurangi persentase campuran kadar *fly ash* agar dapat lebih maksimal.
 4. Di perlu ketelitian yang tinggi saat dalam proses penimbangan material karena berpengaruh kualitas uji density dan marshall.
 5. Diperlukan memeriksa suhu secara berskala dalam pencampuran pembuatan benda uji agar hasil dapat maksimal, karena suhu sangat berpengaruh terhadap kualitas benda uji.

DAFTAR LITERATUR

- Abdullah, Z. Z., Wesli, W., & Akbar, S. J. (2017). *Penggunaan abu batu bara sebagai filler pada campuran aspal beton AC-BC*. Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil, 6(2), 121-130.
- Amanda, A. S. 2020. *Limbah Padat Pembakaran Batubara: Potensi Sumber Daya Non-Konvensional di Masa Depan? – Pusat Kajian Sumberdaya Bumi Non-Konvensional* <https://ugrg.ft.ugm.ac.id/artike>. 27 juli 2024(15.24).
- Anonim, (2020) *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Edisi Revisi ke iv. Metro. Universitas Muhammadiyah Metro
- Cahyono, T., Purwanto, H., Setiobudi, A., & Firdaus, M. (2021). *Pengaruh Penambahan Bubuk Batu Bara Sebagai Filler pada Campuran Aspal AC WC*. Jurnal Deformasi, 6(2), 87-93.
- Hadijah, I., & Amrulloh, R. (2017). *Pengaruh Tambahan Serat Polypropylene Terhadap Campuran Aspal Beton AC-WC*. Tapak (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil, 6(1). 102-112
- Hadijah, I., & Sriharyani, L. (2022). *Analisis Pengujian Marshall Pada Aspal Concrete-Binder Course Dengan Campuran Lateks*. Tapak (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil, 12(1), 109-123.
- Hardiyatmo, H. C. (2011). *Perancangan Perkerasan Jalan Dan Penyelidikan Tanah*. Edisi 1. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Lizar, J. A., & Wawan, W. (2021). *Karakteristik Campuran Aspal AC-WC Menggunakan Filler Spent Bleaching Earth Sebagai Filler Pengganti Abu Batu*. Jurnal Teknik Sipil Terapan (JTST), 80-90.
- Marga, Bina. "Spesifikasi umum 2018." Direktorat Jendral Bina Marga 2018 (2020): 1-6.
- Nur Khaerat Nur., dkk. (2020). *Perencanaan Perkerasan Jalan*. Edisi Pertama. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Rachman, F., Syammaun, T., & Heikal, F. (2019). *Pengaruh Limbah Batu Bara Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Marshall Dan Indeks Kekuatan Sisa (Iks) Pada Campuran Aspal Beton AC-WC*. Tameh, 8(1), 23-33.
- Rodhiah, A., Yani, I., & Mahdi, M. (2023). *Analisis Fly Ash terhadap Filler pada campuran Aspal Porus*. Jurnal Rekayasa Teknik dan Teknologi (REKATEK), 7(2), 82-90.
- Rosyad, F. (2017). *Analisis Pengaruh Kehalusan Abu Terbang (Flyash) Terhadap Stabilitas Dan Kepadatan Campuran Beton Aspal (AC-WC)*. Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil, 6(1). 100-110
- Sugeha, A. L. R., Sulandari, E., & Suyono, R. S. (2018). *Pemanfaatan Limbah Abu Batu bara sebagai filler pada campuran Laston*. JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang, 5(3). 83-97

- Saoadang, H. (2004). *Perancangan Perkerasan Jalan Raya*. Edisi Pertama Bandung: Nova.
- Silvia Sukirman. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Edisi Pertama. Bandung: Nova.
- Soehartono, I. (2014). *Teknologi Aspal dan Penggunaannya Dalam Kontruksi Perkerasan Jalan*. Edisi 1. Yogyakarta: Andi
- Sukirman, S. (2010). *Perancangan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Edisi Revisi dari buku Perkerasan lentur jalan raya. Bandung : Nova.
- Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Edisi pertama. Bandung: Institut Teknologi Nasional.