



LAPIS PERKERASAN AC-BC MENGGUNAKAN CAMPURAN BERASPAL HANGAT (WARM MIX) DAN BAHAN TAMBAH ZEOLITE ECOPAL

Todo Mulya, Ayuningtyas Marisha, Siegfried Syafier, Ignatius Sudarsono

Universitas Langlangbuana, Bandung, Jawa Barat

todomulya@gmail.com

Abstrak

Campuran aspal hangat (*Warmix*) merupakan campuran yang memiliki suhu pencampuran serta pemadatan yang bisa dilaksanakan lebih rendah dari pada campuran panas (*hotmix*). Campuran ini mulai dikembangkan karena memiliki keramahan lingkungan dibanding dengan campuran aspal panas. Salah satu teknologi yang bisa digunakan guna mengurangi suhu pada campuran hangat adalah dengan penambahan bahan aditif. Zeolite bisa digunakan sebagai bahan tambah pada campuran aspal hangat, karena keunikannya yang mampu menyimpan air sehingga saat pencampuran serta pemadatan bisa dilakukan pada suhu yang lebih rendah. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui penurunan suhu pencampuran serta pemadatan pada campuran Asphalt Concrete – Binder Course (AC – BC) ditambah zeolite dengan variasi 1%, 1,5%, 2% terhadap berat total campuran dengan kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,5% . Pencampuran dilakukan pada suhu 123 – 130°C, serta pemadatan di suhu 111 - 115°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan zeolite sebesar 1,5% merupakan zeolite paling optimum dengan meningkatnya nilai stabilitas menjadi 1024 kg, untuk nilai VIM menjadi 4,19%. Sedangkan untuk nilai VMA serta Flow cenderung mengalami penurunan menjadi 13,22% serta 2,95 mm namun masih mendekati spesifikasi yang disyaratkan. Sehingga penambahan kadar zeolite 1,5% direkomendasikan untuk campuran ini.

Kata kunci: AC-BC, Campuran Hangat, Zeolite

Abstract

Warm asphalt mixture (Warmix) is a mixture that has a mixing and compaction temperature that can be carried out about 15 C lower than the hot mix (hotmix). This mixture was developed because it has environmental friendliness compared to hot mix asphalt. One technology that can be used to reduce the temperature in a warm mixture is the addition of additives. Zeolite can be used as an additive to warm asphalt mixtures, because of the uniqueness of zeolite which is able to store water so that mixing and compaction can be carried out at lower temperatures. This study was aimed to determine the decrease in mixing temperature and compaction in the Asphalt Concrete – Binder Course (AC – BC) mixture plus zeolite with variations of 1%, 1.5%, 2% to the total weight of the mixture with the optimum asphalt content (KAO) of 5, 5% without affecting the stability value. Mixing is carried out at a temperature of 123 – 130°C, and compaction at a temperature of 111 – 115°C. The results showed that the addition of 1.5% zeolite was the most optimum zeolite with an increase in the stability value to 1024 kg, for the VIM value to 4.19%. Meanwhile, the VMA and Flow values tend to decrease to 13.22% and 2.95 mm but are still close to the required specifications. So the addition of 1.5% zeolite content is recommended for this mixture.

Keywords : AC-BC, Warm Mix, Zeolite

PENDAHULUAN

Evolusi teknologi perkerasan jalan khususnya di Indonesia semakin pesat, baik dalam perkerasan kasar ataupun perkerasan lentur (Widayanti, 2019). Perkerasan lentur bisa dibedakan jadi beberapa jenis, salah satu jenis campuran aspal adalah campuran aspal hangat (*Warmix*) (Wirahaji et al., 2018). Pertumbuhan era yang semakin pesat menimbulkan lalu lintas harian rata-rata kendaraan terus bertambah. (Saleh et al., 2022) Salah satu jenis perkerasan lentur yang bisa diterapkan untuk mengatasi permasalahan kerusakan sebab repetisi beban kendaraan adalah campuran hangat (*warmix*). Jalan merupakan prasarana infrastruktur dasar dalam mendukung laju perekonomian serta berperan besar dalam perkembangan suatu daerah tersebut. Indonesia termasuk dalam negara berkembang dimana

sangat membutuhkan kuantitas dan kualitas jalan dalam rangka memenuhi kebutuhan masyarakat dengan berbagai kegiatan untuk menunjang perekonomian baik aksesibilitas maupun perpindahan barang dan jasa.

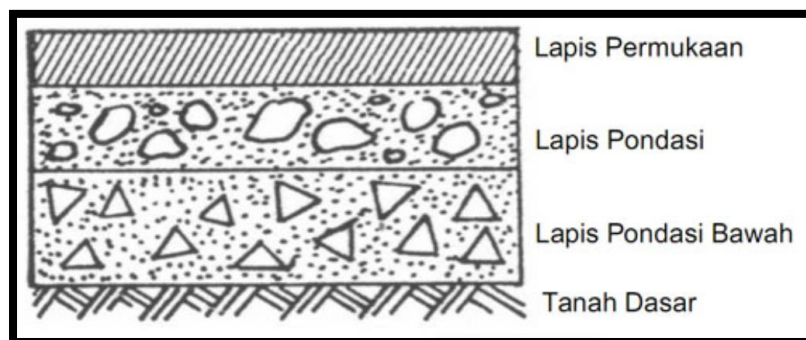
Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 09/PRT/M/2008 tentang Sistem Manajemen K3 Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum, (UMUM, 2008) diperlukannya suatu sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja yang dapat meliputi tentang struktur organisasi, perencanaan, tanggung jawab, pelaksanaa, prosedur, proses dan sumber daya yang dibutuhkan bagi pengembangan penerapan, pencapaian, pengkajian, dan pemeliharaan kebijakan keselamatandan kesehatan kerja guna terciptanya tempat kerja yang selamat, aman, efisien dan produktif (Sholihah, 2018).

Campuran aspal hangat (*warmix*) merupakan teknologi yang dikembangkan guna memungkinkan pencampuran, serta proses pemadatan pada suhu yang lebih rendah (Handoko & Sunaryo, 2014). Namun perlu di ketahui bersama apakah penambahan bahan aditif ini memiliki pengaruh buruk pada campuran. Maka dari itu penulis melakukan serangkaian penelitian untuk mengetahui nilai optimum pencampuran dari kadar zeolite yaitu 1%, 1,5%, dan 2%.

METODE PENELITIAN

Lapisan Perkerasan Lentur

Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode Marshal (Nurani, 2015). Sama halnya dengan jenis lapisan perkerasan kaku dan komposit (Bamher, 2020), lapisan perkerasan lentur memiliki beberapa lapisan penyusun guna menyebarkan beban repetisi beban kendaraan yang akan dijelaskan di bawah ini.



Gambar 1 Jenis-Jenis lapisan perkerasan (Nur et al., 2021)

Lapisan permukaan (*surface course*)

Lapis yang terletak sangat atas disebut dengan lapis permukaan (*surface course*), berfungsi sebagai berikut:

- Lapis perkerasan penahan beban beroda, lapisan yang memiliki stabilitas tinggi untuk menahan beban roda sepanjang masa pelayanan.
- Lapisan kedap air yang berarti menghindari air hujan jatuh terhadap lapisan permukaan sehingga air hujan tidak menyerap ke lapisan dibawahnya serta melemahkan lapisan-lapisan di bawahnya.
- Lapis keausan (*wear layer*) adalah lapisan yang mudah aus karena menerima gesekan langsung dari rem kendaraan. Lapisan ini mendistribusikan beban ke lapisan bawah, memungkinkan lapisan lain dengan kapasitas beban rendah guna mendukung beban.

Lapisan pondasi atas (*base course*)

Lapis perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah serta lapis permukaan disebut dengan lapis pondasi atas Lapis pondasi atas berfungsi sebagai berikut:

- Lapisan pondasi atas (*base course*) bisa menerima beban lebih berat dibandingkan lapis permukaan
- Lapis pondasi atas (*base course*) terletak diantara lapis pondasi bawah serta lapis permukaan.

Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)

Lapis pondasi bawah merupakan perkerasan yang berada diantara lapis pondasi atas serta

tanah dasar. Lapis pondasi bawah ini berfungsi sebagai :

- a. Lapis subbase penting untuk pengembangan jalan aspal karena untuk meluaskan beban roda ke tanah dasar. Lapisan ini wajib kuat, wajib memiliki CBR 20% serta Indeks Plastisitas (PI) $\leq 10\%$.
- b. Efisiensi pemakaian bahan. Hal ini disebabkan bahan pondasi di bagian dasar relatif lebih murah di bandingkan dengan lapisan perkerasan di atasnya.
- c. Lapis peresapan, sehingga air tanah tidak mengendap di pondasi.
- d. Lapisan awal dalam pelaksanaan, supaya pekerjaan bisa berjalan mudah. Perihal ini berhubungan dengan keadaan yang dipaksa oleh lapangan, tanah dasar harus segera tertutup dari dampak cuaca, ataupun daya dukung tanah dasar yang melemah menahan roda – roda alat besar.
- e. Lapis guna menghindari partikel tidak kasar di lapisan di bawahnya ialah tanah dasar guna naik ke lapis pondasi atas.

Lapisan tanah dasar (*subgrade*) Lapisan tanah dasar merupakan lapisan tanah setebal 150-1001cm dibawah lapisan pondasi bawah.

Material Untuk Perkerasan Jalan Lentur Dengan Bahan Tambah Zeolite Ecopal

Letak *batching plant* baik beton dan aspal yang jauh dari lokasi pekerjaan proyek sering menjadi kendala karena untuk beton ditakutkan mutu beton saat sampai di lokasi proyek menurun (Adi, 2017), begitu pun untuk aspal, maka dari itu aspal hangat ini di peruntukkan bagi lokasi pekerjaan proyek dan *batching plant* jauh di mana di takutkan suhu campuran beraspal saat di lapangan sudah dibawah standar. Menurut (Sentosa et al., 2018) Untuk pembuatan campuran beraspal hangat berikut beberapa material yang kami gunakan:

a. Agregat

Agregat merupakan suatu material kaku yang merupakan bagian dasar dari lapisan aspal jalan (Diansari & Sipil, 2016), agregat dipandang sebagai bagian penting untuk lapisan atas jalan, karena jumlah normal dalam campuran aspal umumnya berkisar antara 90% - 95% dari berat gabungan lengkap, atau 175% - 85% dari volume gabungan yang bagi sebagian orang tidak seluruhnya diselesaikan dengan sifat penggunaan mutlak. Dengan mengikuti garis – garis ini, sifat aspal jalan sangat dipengaruhi oleh gagasan total dan kombinasi selanjutnya dengan bahan yang berbeda. Pada pengujian ini agregat yang di gunakan terdiri dari 4 fraksi yaitu: agregat 2-3 cm, 1-2 cm, screen, dan abu batu.

b. Aspal

Aspal dicirikan selaku bahan yang lengket (*cementitious*), berwarna gelap gelap atau coklat redup, dengan komponen utama adalah bitumen. Bitumen merupakan zat lengket kuat (*cementitious*) mempunyai warna gelap atau redup, yang diperoleh dari alam atau karena ciptaan (Nurani, 2015). Bitumen sebagian besar memiliki campuran hidrokarbon kaya tar, aspal atau pitch. Pada pengujian ini digunakan aspal pertamina pen 60/70

c. Bahan Pengisi

Bahan pengisi atau *filler* merupakan bagian dari agregat tidak kasar dengan minimal 75% saringan lolos No.200 dengan (0,075). Fungsi filler yaitu pengisi rongga pada campuran beraspal. Pada pengujian ini pengujian menggunakan semen.

d. Zeolite

Zeolite adalah mineral yang mengandung air yang mengandung ion natrium, kalium, dan barium (KHIQMAH, 2015). *Zeolite* juga disebut "saringan molekuler"/"mata jaring molekuler" (*molecular sieves*) karena memiliki pori-pori berukuran molekul yang memungkinkan mereka untuk memisahkan/menyaring molekul dengan ukuran tertentu. Melepaskan air saat dipanaskan, tetapi cenderung mengikat molekul air di udara lembab. Reaksi ini memungkinkan untuk proses pencampuran dan pemadatan campuran aspal di lakukan pada suhu yang lebih rendah

Jenis-Jenis Pengujian

Metoda yang kami gunakan adalah dengan melakukan pengujian agregat, aspal, dan pengujian campuran (*Marshall*) Standarisasi pengujian pengujian menggunakan spesifikasi binamarga tahun 2018 sebagai acuan (Edison, 2014). Dibawah ini merupakan jenis-jenis pengujian yang pengujian lakukan.

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Mn 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemasatan	SNI 03-6877-2002	Min 45%
Gumpalan Lempung dan Butir - butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	Maks 10%

Gambar 1 Tabel Pengujian Agregat Halus (Spesifikasi Bina Marga 2018)

Pengujian		Metoda Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks 12%
	magnesium sulfat		Maks 18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	Maks 6%
		500 putaran	Maks 30%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks 8%
		500 putaran	Maks 40%
Kekekalan bentuk agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min 95%
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90 *)
	Lainnya		95/100 **)
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4791-10 Perbandingan 1 : 5	Maks 5%
	Lainnya		Maks 10%
Material lolos Ayakan No. 200		SNI ASTM C117:2012	Maks 1%

Gambar 2 Tabel Pengujian Agregat Kasar (Spesifikasi Bina Marga 2018)

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen 60 - 70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				Elastometer Sintetis	
				PG70	PG76
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70	Dilaporkan	
2	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik $\geq 1,0$ kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
3	Viskositas Kinematis 135°C (cSt) ³	ASTM D2170-10	≥ 300	≤ 3000	
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	Dilaporkan	
5	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	-	
6	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 230	
7	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-14	≥ 99	≥ 99	
8	Berat Jenis	SNI 2441:1011	$\geq 1,0$	-	
9	Stabilitas Penyimpanan Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-	$\leq 2,2$	

Gambar 3 Tabel Pengujian Aspal Pen 60-70 (Spesifikasi Bina Marga 2018)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Agregat

Untuk pengujian ini pengujian menggunakan 4 fraksi agregat yaitu split berukuran 2-3 cm, split 1-2 cm, screen, dan abu batu. Berikut hasil pengujian agregat.

No.	Jenis pengujian	Metode pengujian	Hasil pengujian				Spesifikasi	Satuan
			Split 2-3	Split 1-2	Screen	Abu - Batu		
1	Berat jenis							
	<i>Bulk</i>	SNI 03-1969-2008	2,65	2,65	2,62	2,57	-	-
	<i>SSD</i>	&	2,68	2,68	2,65	2,60	-	%
	<i>Apparent</i>	SNI 03-1970-2008	2,72	2,73	2,71	2,66	-	-
2	Penyerapan	SNI 03-1969 -2008	1,02	1,14	1,32	1,26	Max 3	%
3	Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997						
	<i>Agregat halus</i>					63,74	Min 50	%
4	Angularitas dengan Uji Kadar Rongga	SNI 03-6877-2002				42,16	Min 45	%
5	Butir Pecah pada Agegat Kasar	SNI 7619:2012	100/100	100/100			Min 95/90	%
6	Abrasi (500 Putaran)	SNI 2417 : 2008						
	<i>Gabungan (Kelas B)</i>		17,159				Maks 40	%
7	Material lolos ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2002						
	<i>Agregat kasar</i>		0,623	1,038	0,960		Maks 1	%
	<i>Agregat halus</i>					10,434	Maks 10	%
8	Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439 : 2011					Min. 95	%
9	Patikel Piph Lonjong	SNI 8287 : 2016	99				Maks. 10	%
10	Gumpalan Lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996				1,347	Maks. 1	%
11	Analisa saringan	SNI ASTM C136:2012						
	1 1/2" (36,1 mm)							% lolos
	1" (25,4 mm)		100,00					% lolos
	3/4" (19,1 mm)		71,37	74,02				% lolos
	1/2" (12,7 mm)		15,81	13,52	98,65			% lolos
	3/8" (9,5 mm)		3,15	2,59	62,07	67,2		% lolos
	# 4 (4,76 mm)		0,30	0,22	5,23	3,5		% lolos
	# 8 (2,36 mm)		0,24	0,15	0,87	1,0		% lolos
	# 16 (1,18 mm)		0,22	0,13	0,62	0,8		% lolos
	# 30 (0,60 mm)		0,20	0,12	0,58	0,8		% lolos
	# 50 (0,30 mm)		0,19	0,12	0,57	0,8		% lolos
	# 100 (0,149 mm)		0,16	0,08	0,52	0,7		% lolos
	# 200 (0,075 mm)		0,12	0,02	0,41	0,6		% lolos

Gambar 4 Tabel Hasil Pengujian Agregat (Hasil Pengujian 2022)

2. Hasil Pengujian Aspal

Pada pengujian ini penguji menggunakan aspal Pen 60/70, berikut hasil pengujian aspal pen 60/70.

No.	Jenis pengujian	Metode Pengujian	Hasil Pengujian Aspal Pen 60 - 70	Spesifikasi	Satuan
1	Penetrasi pada 25 °C	SNI 2456 : 2011	63	60 - 70	0,1 mm
2	Titik Lembek	SNI 2434:2011	55,00	48 - 56	°C
3	Viskositas Kinematis 135 °C	ASTM D2170-10	498,27	≥ 300	cSt
	Viskositas Pemadatan		111-115 °C		°C
	Viskositas Pencampuran		124-129°		°C
4	Daktilitas pada 25 °C	SNI 2432:2011	> 140	Min 100	cm
5	Titik Nyala	SNI 2433:2011	324	> 232	°C
6	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i>	SNI 2438 : 2015	99,434	Min 99	%
7	Berat Jenis	SNI 2441:2011	1,033	≥ 1,0	-
Pengujian Residu Hasil TFOT (SNI 06-2440-1991)					
8	Berat yang hilang Setelah TFOT	SNI 06-2440-1991	0,0118	Max 0,2	%
9	Penetrasi pada 25 °C Setelah TFOT	SNI 2456-2011	84,000	Min 80	%
10	Daktilitas pada 25 °C Setelah TFOT	SNI 2432:2011	> 140	Min 100	cm

Gambar 5 Tabel Hasil Pengujian Aspal (Hasil Pengujian 2022)

3. Daftar Timbangan

Berikut daftar timbangan untuk tiap sampel dimana tiap sampel memiliki masa 1200 gram, penguji memiliki 3 variabel sampel yang berbeda sesuai kadar *zeolite* yaitu 1%, 1,5%, dan 2%.

Kadar Aspal Rencana	5,50%	5,50%	5,50%
	marshall	marshall	marshall
Total campuran	1200	1200	1200
Total aspal	66,0	66,0	66,0
Kadar Zeolite	1%	1,5%	2%
Berat Agregat	1134,0	1134,0	1134,0
2-3 (SPLIT) 17,0%	190,9	189,9	188,9
1-2 (SPLIT) 9,0%	101,0	100,5	100,0
0.5 - 1 (SCREEN) 28,0%	314,4	312,8	311,2
0 - 0.5 (ABU BATU) 45,0%	505,2	502,6	500,1
Semen (Filler) 1,0%	11,2	11,2	11,1
Zeolite (1%;1,5%;2,0%)	11,3	17,0	22,7
Berat Kumulatif Agregat			
2-3 (SPLIT)	190,9	189,9	188,9
1-2 (SPLIT)	291,9	290,4	288,9
0.5 - 1 (SCREEN)	606,3	603,2	600,1
0 - 0.5 (ABU BATU)	1111,5	1105,8	1100,2
Semen (Filler)	1122,7	1117,0	1111,3
Zeolite (1%;1,5%;2,0%)	1134	1134	1134

Tabel 6 Daftar Timbangan (Hasil Pengujian 2022)

4. Hasil Uji Marshall

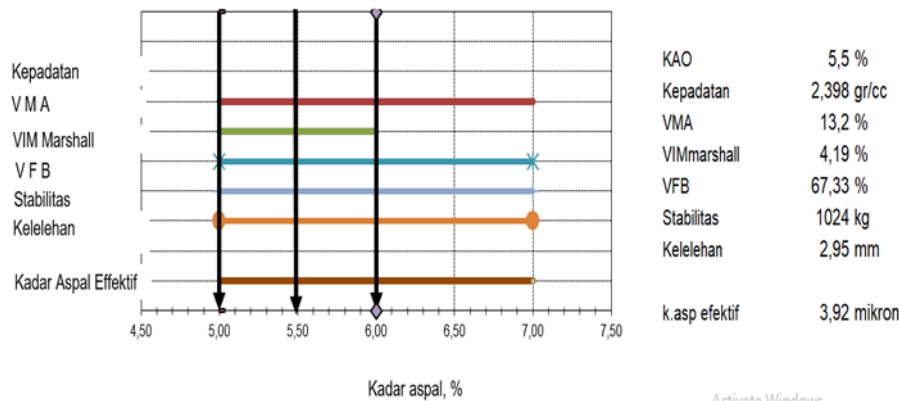
Hasil uji marshall dilakukan tiga kali untuk setiap kadar *zeolite*, pengujian ini

bertujuan untuk mengetahui nilai stabilitas dari campuran aspal hangat dan hasil bagi marshall.

Kode Briket	Kadar Aspal		Berat Benda Uji			Isi Benda Uji	Kepadatan	Berat Jenis Campuran Maksimum (teoritis)	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terhadap Campuran (VIM)	Rongga Terisi Aspal (VFB)	Stabilitas			Pelelehan	Hasil Bagi Marshall	Kadar Aspal Efektif	Tebal Film Aspal
	thd Berat Agregat	thd Berat Campuran	Kering	SSD	Dalam Air							Bacaan Pada Alat	Kalibrasi Proving Ring	Setelah Dikoreksi				
a	b	$c=100/(100+b)*b$	d	e	f	g=e-f	h=d/g	$i=100/((100-c)/v+c/w)$	$j=100-(h*(100-c)/u)$	$k=100-(100*(h/i))$	$l=100*(j-k)/j$	m	$n=m*kal\ prov\ ring$	$o=n*kor.v\ ol$	p	q=o/p	$r=c-((x/100)*(100-c))$	s
1	1,0	5,5	1182,5	1188,5	686,9	501,6	2,357	2,500	14,58	5,70	60,89	71	889,3	924,9	1,80	513,8	3,92	8,00
2	1,0	5,5	1182,6	1188,7	688,7	500,0	2,365	2,500	14,30	5,39	62,29	84	1052,2	1094,3	2,30	475,8	3,92	8,00
3	1,0	5,5	1182,0	1190,1	682,4	507,7	2,328	2,500	15,64	6,87	56,05	73	914,4	951,0	2,55	372,9	3,92	8,00
		5,5	1182,4	1189,1	686,0		2,350	2,500	14,84	5,99	59,75	76		990,1	2,22	454,2	3,92	8,00
1	1,5	5,5	1182,8	1178,0	677,1	500,9	2,361	2,500	14,44	5,55	61,59	74	926,9	964,0	1,70	567,1	3,92	8,00
2	1,5	5,5	1182,9	1185,9	685,2	500,7	2,362	2,500	14,40	5,50	61,80	77	964,5	1003,1	1,50	668,7	3,92	8,00
3	1,5	5,5	1183,5	1189,6	682,0	507,6	2,332	2,500	15,52	6,74	56,58	75	939,5	977,0	1,90	514,2	3,92	8,00
		5,5	1183,1	1184,5	681,4		2,352	2,500	14,79	5,93	59,99	75		981,4	1,70	583,3	3,92	8,00
1	2,0	5,5	1186,1	1190,9	688,6	502,3	2,361	2,500	14,44	5,55	61,59	79	989,6	1029,1	1,55	664,0	3,92	8,00
2	2,0	5,5	1180,0	1184,0	686,4	497,6	2,371	2,500	14,08	5,14	63,45	80	1002,1	1042,2	2,00	521,1	3,92	8,00
3	2,0	5,5	1184,5	1189,7	685,4	504,3	2,349	2,500	14,89	6,05	59,39	71	889,3	924,9	3,10	298,4	3,92	8,00
		5,5	1183,5	1188,2	686,8		2,361	2,500	14,47	5,58	61,48	77		998,7	2,22	494,5	3,92	8,00

Gambar 7 Tabel Hasil Uji Marshall (Hasil Pengujian 2022)

Setelah dilakukan uji marshall, akan dilakukan hasil analisis perbandingan kadar aspal terhadap karakteristik campuran beraspal hangat berupa grafik. (Nento et al., 2022) Dibawah ini merupakan resume perbandingan hasil analisis hasil pengujian aspal hangat dengan campuran zeolite 1,5%. Penguji menunjuk kadar zeolite 1,5% karena memiliki kadar hasil bagi marshall tertinggi.



Tabel 8 Resume Hasil Analisis Karakteristik Campuran (Hasil Pengujian 2022)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang penguji lakukan dapat disimpulkan bahwa Suhu untuk mencapai kadar aspal optimum. Setelah mempelajari dan melaksanakan penelitian pada agregat dan aspal, didapatkan kadar aspal optimum (KAO) yang dihasilkan adalah 5,5 pada suhu 153-159 derajat Celcius. Hasil tes *marshall* Selain itu, hasil pengujian Marshall pada campuran aspal dengan bahan aditif *zeolite* dapat ditarik kesimpulan bahwa Kadar pencampuran Optimum untuk *zeolite* ialah 1,5%. Nilai stabilitas sebesar 1024 kilogram, memenuhi spesifikasi yang disyaratkan (minimal 1000 kilogram). Nilai Flow Sebesar 2,95 mm, memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. (3-5 mm). Nilai VIM Sebesar 4,19 %, memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. (3-5 %). Nilai VMA sebesar 13,22 %, mendekati spesifikasi yang disyaratkan. (Min 14%). Nilai VFB Sebesar 67,33 %, memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. (min 65%). Marshall quotient sebesar 510,6 kg/mm, memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. (min 350kg/mm). Nilai Kepadatan sebesar 2,398 gram/cc.

Suhu pemadatan, dalam pencampuran *zeolite* ini suhu yang digunakan untuk pemadatan ialah 111-115 °C dibanding dengan memakai Hotmix biasa yang memiliki suhu pemadatan pada 141-145 °C. Dan suhu untuk pencampuran warmix yaitu 124-129°C bila dibandingkan dengan suhu untuk pencampuran hotmix yaitu 153-159°C Dengan berkurangnya suhu ini yang mungkin bisa menjadi nilai tambah guna mengurangi nilai pencemaran udara yang keluar dikala proses pencampuran serta pemadatan, juga bisa mengurangi nilai kecelakaan kerja. Dan dengan suhu 124-129°C bisa dikategorikan sebagai aspal hangat. Melihat dari hasil nilai yang didapatkan, dirasa campuran zeolit yang ditambahkan kedalam campuran serta dapat diaplikasikan. Peningkatan stabilitas Ada pula hasil lain yang didapat ialah stabilitas untuk campuran zeolit menjadi meningkat yang awal mulanya 1006 Kg, menjadi 1024 Kg yaitu meningkat sejumlah 1,8%.

DAFTAR PUSTAKA

- adi, A. S. (2017). Penggunaan Abu Batubara Hasil Pembakaran Asphalt Mixing Plant (Amp) Sebagai Bahan Campuran Lapis Aspal Beton (Laston). *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 13(1), 31–44.
- Bamher, B. G. (2020). Analisis Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 Pada Proyek Jalan Baru Batas Kota Singaraja-Mengwitani, Buleleng. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Diansari, S., & Sipil, J. (2016). Aspal Modifikasi Dengan Penambahan Plastik Low Linear Density Poly Ethylene (Lldpe) Dintinjau Dari Karakteristik Marshall Dan Uji Penetrasi Pada Lapisan Aspal Aspal Beton (Ac-Bc). *Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Lampung*.
- Edison, B. (2014). Karakteristik Campuran Aspal Panas (Asphalt Concrete-Binder Course) Menggunakan Aspal Polimer. *Jurnal Aptek*, 2(1), 60–71.
- Handoko, D., & Sunaryo, S. (2014). Analisa Pengaruh Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Pekerja Bangunagedung Penataan Ruang Kementerian Pekerjaan Umum. *Konstruksia*, 5(2).
- Khiqmah, N. U. R. V. (2015). Pengembangan Teknik Adsorpsi Dengan Menggunakan Ion Exchanger Berbasis Zeolit-Karbon Aktif Untuk Produksi Air Sanitasi (Development Of Adsorption Techniques Using The Ion Exchanger Zeolite-Based Activated Carbon For The Production Sanitation Water). *Undip*.
- Nento, S., Djau, R. A., Bumulo, N., & Dayanti, W. (2022). Analisis Karakteristik Marshall Campuran Ac-Wc Menggunakan Filler Abu Batu Zeolit. *Gorontalo Journal Of Infrastructure And Science Engineering*, 4(2), 67–76.
- Nur, N. K., Mahyuddin, M., Bachtiar, E., Tumpu, M., Mukrim, M. I., Irianto, I., Kadir, Y.,

-
- Arifin, T. S. P., Ahmad, S. N., & Masdiana, M. (2021). Perancangan Perkerasan Jalan. Yayasan Kita Menulis.
- Nurani, P. (2015). Pengaruh Penggunaan Zeolit Alam Terhadap Karakteristik Campuran Warm Mix Asphalt. *Proceeding Of The 18th Fstpt Internasional Symposium*, 27–30.
- Saleh, A., Anggraini, M., & Hardianto, R. (2022). Perkerasan Jalan Lentur (Teori Dan Aplikasi). *Media Sains Indonesia*.
- Sentosa, L., Subagio, B. S., Rahman, H., & Yamin, R. A. (2018). Aktivasi Zeolit Alam Asal Bayah Dengan Asam Dan Basa Sebagai Aditif Campuran Beraspal Hangat (Warmmixed Asphalt). *Jurnal Teknik Sipil*, 25(3).
- Sholihah, Q. (2018). Implementasi Sistem Manajemen K3 Pada Konstruksi Jalan Sebagai Upaya Pencegahan Kecelakaan Kerja. *Buletin Profesi Insinyur*, 1(1), 25–31.
- Umum, K. B. P. (2008). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 09/Per/M/2008.
- Widayanti, N. (2019). Analisis Kelelahan (Fatigue) Lapis Perkerasan Lentur Pada Campuran Aspal Beton Menggunakan Agregat Buatan Fly Ash Geopolimer. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wirahaji, I. B., Wardani, A. A. A. C., & Widyatmika, M. A. (2018). Kendala Penggunaan Asbuton Pada Proyek Jalan Di Indonesia. *Widya Teknik*, 11(02), 33–42.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)