

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN BELERANG PADA ASPAL AC-WC TERHADAP NILAI STABILITAS DAN KELELAHAN MARSHALL**Surya Wenny**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara

Abstrak

Aspal beton sejak dulu menjadi bahan pembuatan jalan. Analisa penelitian ini untuk mengevaluasi pengaruh penambahan belerang pada aspal AC-WC terhadap nilai stabilitas dan kelelahan Marshall. Stabilitas dan kelelahan Marshall adalah parameter kunci dalam mengevaluasi kualitas campuran aspal. Kelelahan Marshall mengukur kemampuan campuran untuk mengatasi kelelahan akibat beban berulang. Pada tahap permulaan penelitian yang berlangsung di laboratorium teknik Universitas Islam Sumatera Utara, proses pengumpulan data dan evaluasi kualitas aspal serta agregat yang akan diterapkan dalam eksperimen campuran dilakukan. Aspal yang digunakan berasal dari berbagai sumber, termasuk aspal minyak yang didapat dari PT. Adhi Karya Patumbakk, Deli Serdang. Penelitian ini menggunakan aspal Pertamina dengan penetrasi 60/70 dan aspal Esso dengan penetrasi 60/70. 1. Untuk variasi 5% di dapat nilai Stability 162 kg, Bulk Density 2,20 gr/cc, flow 2.40 mm, VFA 62,67%, VIM 1,68%, dan VMA 16,34%. 2. Untuk variasi 7% di dapat nilai Stability 175 kg, Bulk Density 2,22 gr/cc, flow 2.61 mm, VFA 75,10%, VIM 1,47%, dan VMA 16,36%. 3. Untuk variasi 9% di dapat Stability 192 kg, Bulk Density 2,25 gr/cc, flow 3.44 mm, VFA 91,72%, VIM 2,16%, dan VMA 15,70%. 4. Untuk variasi Normal di dapat Stability 204 kg, Bulk Density 2,23 gr/cc, flow 3.60 mm, VFA 71,47%, VIM 3,46%, dan VMA 16,99%. 1. Berdasarkan pengujian karakteristik Marshall pada campuran LASTON AC-WC, Belerang digunakan menjadi bahan tambahan dengan variasi 5%, 7%, dan 9%, sejalan dengan standar spesifikasi Bina Marga 2018.

Sejarah Artikel*Submitted: 1 Juni 2024**Accepted: 6 Juni 2024**Published: 7 Juni 2024***Kata Kunci****Strategi Produk, Roman Pichler, E-Learning****PENDAHULUAN**

Aspal beton telah sejak dulu dipakai dalam konstruksi jalan, sebab dapat menahan beban berat kendaraan. Bahan ini bisa dari bahan lokal dan memiliki ketahanan yang baik pada cuaca. Seiring dengan peningkatan kebutuhan akan jalan, berbagai upaya dilakukan untuk menambah kualitas jalan. Salah satu upaya tersebut ialah pemakaian campuran aspal yang berkualitas, yang memiliki daya lekat tinggi, titik leleh di atas 60°C, dan penetrasi di atas 50.

Stabilitas dan kelelahan Marshall adalah parameter kunci dalam mengevaluasi kualitas campuran aspal. Stabilitas mengukur daya

tahan campuran terhadap deformasi permanen akibat beban lalu lintas, sementara kelelahan Marshall mengukur kemampuan campuran untuk mengatasi kelelahan akibat beban berulang. Metode Marshall melibatkan pembuatan dan pengujian sampel laboratorium campuran aspal untuk menentukan stabilitas dan kelelahan campuran. Belerang (Sulfur) adalah unsur nonlogam berwarna kuning cerah yang dapat ditemukan secara alami di dalam kerak bumi. Belerang memiliki sifat kimia yang unik. Pada suhu normal, belerang berbentuk padat dan rapuh. Namun, saat dipanaskan, belerang dapat berubah menjadi cair atau bahkan gas. Adapun fokus penelitian ini akan ditetapkan oleh rumusan masalah, yakni:

1. Bagaimana pengaruh penambahan belerang pada nilai stabilitas Marshall pada campuran aspal AC-WC?
2. Bagaimana pengaruh penambahan belerang pada nilai kelelahan Marshall pada campuran aspal AC-WC?
3. Apakah terdapat perubahan karakteristik fisik dan mekanik campuran aspal AC-WC akibat penambahan belerang?

Penelitian ini bertujuan memahami apakah penambahan belerang memiliki dampak signifikan pada stabilitas dan lelehan dalam campuran aspal AC-WC.

METODE PENELITIAN

Penelitian awal dilakukan di laboratorium teknik Universitas Islam Sumatera Utara melibatkan pengumpulan data dan evaluasi kualitas aspal serta agregat yang akan digunakan dalam eksperimen campuran.

2.1 Pengumpulan Data

1. Data sekunder ialah Data yang dipakai berasal dari pengujian material yang sudah dilaksanakan oleh perusahaan dan diuji di Balai Pengujian Material. Data sekunder yang dipakai ialah aspal Pertamina 60/70 didapat dari PT. ADHI KARYA.
2. Data primer pada penelitian ini didapat dari laboratorium UISU, meliputi:
 - a. Berat jenis dari agregat
 - b. Hasil analisis saringan
 - c. Nilai dari pengujian Marshall

2.2 Prosedur Penelitian

Berikut adalah tahapan perencanaan melalui penelitian laboratorium:

1. Melakukan penyiapan alat serta bahan yang diperlukan dalam meneliti.

Melakukan inspeksi pada bahan material yang akan dipakai dalam penelitian.

2. Membuat rencana untuk contoh campuran lapisan aspal beton AC-WC.
3. Membuat rencana
4. Menguji menggunakan alat Marshall Test.
6. Menganalisis hasil uji untuk mendapatkan hasil tersebut.

2.3 Pemeriksaan Baham Campuran

1. Pemeriksaan Terhadap Agregat Kasar dan Halus
2. Pemeriksaan Terhadap Aspal

2.4 Prosedur Kerja

1. Perencanaan Campuran
2. Pembuatan Benda Uji
3. Uji Sampel
4. Penentuan Berat Jenis Bulk Gravity
5. Uji Stabilitas dan Kelelahan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gradasi agregat yang digabungkan untuk campuran aspal, yang ditampilkan dalam persentase berat agregat, wajib mematuhi batasan tertentu. Khusus untuk 48 Laston, harus pada batas atas dan batas bawah sejalan ketentuan Bina Marga 2018 Devisi 6 Seksi 6.3. Berdasarkan hasil analisis saringan, data agregat diperoleh dan data analisis saringan tersebut pada Tabel 1.

Tabel 1

Persentase Lolos Saringan %					
Saringan		Analisa Saringan			
No	Ukuran	Agregat Halus (FA)	Agregat Medium (MA)	Agregat Kasar (CA)	Filler (FF)
1	25	100	100	100	100
3/4"	19	100	100	100	100
1/2"	12,50	100	100	36	100
3/8"	9,50	100	94	5	100
No. 4	4,75	100	22	1	100
No. 8	2,36	77	5	0	100
No. 16	1,18	43	2	0	100
No. 30	0,60	20	1	0	100
No. 50	0,30	9	0	0	100
No. 100	0,15	4	0	0	100
No. 200	0,075	0	0	0	100

Sumber : Hasil Pemeriksaan Kombinasi Agregat (2023)

Tentukan Presentase Agregat kasar (%CA) Agregat Medium(%MA) Agregat Halus (%FA) dan Filler (FF) Menggunakan Metode Trial and Error dan Kalikan Presentase lolos setiap saringan dengan nilai presentase setiap fraksi Agregat Kasar (%CA) Agregat Medium(%MA) Agregat Halus (%FA) dan Filler (FF) Sesuai pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2

Fraksi Tiap Agregat		
Nama Agregat	Simbol	Jumlah (%)
Agregat Halus	FA%	55%
Agregat Medium	MA%	24%
Agregat Kasar	CA%	16%
Filler Abu batu	FILLER%	5%
TOTAL		100%

Sumber : Hasil Perencanaan Pencampuran Agregat (2023)

Tabel 3

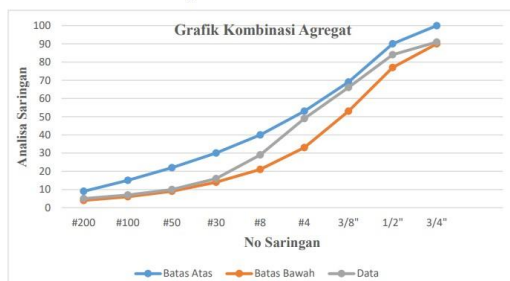
Persentase Lolos Saringan %						GRADASI GABUNGAN (%)
Saringan		Analisa Saringan				
No	Ukuran	Agregat Halus (%FA)	Agregat Medium (%MA)	Agregat Kasar (%CA)	Filler (%FF)	
1	25	100	100	100	100	100
3/4"	19	100	100	100	100	100
1/2"	12,50	100	100	36	100	91
3/8"	9,50	100	94	5	100	84
No. 4	4,75	100	21	0,5	100	66
No. 8	2,36	77	4	0	100	49
No. 16	1,18	43	2	0	100	29
No. 30	0,60	20	1	0	100	17
No. 50	0,30	9	0	0	100	10
No. 100	0,15	4	0	0	100	7
No. 200	0,075	0	0	0	100	5

Sumber : Hasil Pemeriksaan Kombinasi Agregat (2023)

Grafik Hasil Kombinasi Agregat Memenuhi Spesifikasi Bina dapat dilihat pada Grafik 1.

Grafik 1

Marga 2018 Devisi 6 dan Seksi 6.3



Sumber : Hasil Analisa Laboratorium (2023)

3.1 Hasil Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Diperiksanya berat jenis untuk penyerapan agregat kasar dilakukan dengan mengikuti prosedur yang ditetapkan oleh AASHTO T85-74 atau SNI 1970-2008. Data hasil uji berat ditemukan pada Tabel 5, sementara hasil uji ada di Tabel 6.

Tabel 5

Pengujian	Sampel
Berat Benda uji kering Oven gr (BK)	2880
Berat Benda Uji SSD gr (BJ)	3000
Berat dalam air gr	1898

Sumber : Hasil Analisa Laboratorium (2023)

Tabel 6

Pemeriksaan	Rumus	Sampel	Spek
Berat Jenis Bulk	BK-(BJ-BA)	2.61	Min 2,1
Berat Jenis Permukaan Jenuh SDD	BJ/(BJ-BA)	2.72	
Berat Jenis Semu (Apparent)	BK/(BK-BA)	2.93	
Penyerapan	(BJ-BK)/BKx100	0.04	Maks 2,5

Sumber : Hasil Analisa Laboratorium (2023)

Dari tabel 6 tersebut didapat hasil pemeriksaan bahwa untuk berat jenis 2,61 sementara berat jenis permukaan (SSD) 2,72, berat jenis semu (Apparent) 2,93 dan penyerapan 0,04. sifat fisik agregat kasar ini memenuhi syarat dan spesifikasi yang ditentukan dalam Spesifikasi Bina Marga 2018 Devisi 6 seksi 6.3, sehingga material pada agregat kasar tersebut dapat dipakai pada penelitian pencampuran aspal penetrasi 60/70.

3.2 Hasil Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Uji pada berat jenis untuk menyerap agregat halus dengan prosedur pemeriksaan mengikuti AASHTO T85-74 dan

ASTM C 1227-68 atau SNI 1970-2008. data uji berat jenis dan menyerap agregat halus bisa ditemukan pada tabel 8.

Tabel 7

Pengujian	Sampel gr
Berat benda uji kering permukaan jenuh	500
Berat piknometer diisi air (25°C) gram (B)	930
Berat piknometer + benda uji SSD + air (25°C) gram (BT)	1224
Berat benda uji kering oven gram (BK)	473

Sumber : Hasil Analisa Laboratorium (2023)

Tabel 8

Pemeriksaan	Rumus	Sampel	Spek
Berat Jenis Bulk	$BK/(B+500-BT)$	2.69	Min 2.1
Berat Jenis Permukaan Jenuh SDD	$500/(B+500-BT)$	2.69	
Berat Jenis Semu (Apparent)	$BK/(B+BK-BT)$	2.97	
Penyerapan	$(500-BK)/BK*100$	0.057	Maks 3

Sumber : Hasil Analisa Laboratorium (2023)

Dari tabel tersebut didapat hasil pemeriksaan bahwa untuk berat jenis 2,69 sementara berat jenis permukaan (SSD) 2,69, berat jenis semu (Apparent) 2,97 dan menyerap 0.057. sifat fisik agregat kasar ini sesuai spesifikasi yang ditetapkan dalam spesifikasi Bina Marga 2018 Devisi 6 seksi 6.3, sehingga material pada agregat kasar tersebut dapat dipakai pada penelitian pencampuran aspal penetrasi 60/70.

3.3 Hasil Pengujian Aspal

Aspal yang dipakai sebagai bahan pengikat dalam membuat sampel uji aspal keras Pertamina Pen 60/70 merupakan data sekunder. yang mana uji Aspal di lakukan dilaboratorium UISU Kota Medan. Karakteristik aspal Pertamina Pen 60/70 dari hasil pemeriksaan di Tabel 8.

Tabel 8

No	Jenis Pengujian	Speks	Hasil Uji	Metode Pengujian	Satuan
1	Penetrasi pada 25°C	Min 60	65.2	SNI 06-2456-2011	Mm/gr/detik
2	Titik Lembek	Min 53	54.5	SNI 06-2434-2011	°C
3	Diktilitas pada 25°C 5cm/menit	Min 232	234	SNI 06-2432-2011	cm
4	Titik Nyala	Min 232	320	SNI 06-2433-2011	°C
5	Berat Jenis	Min 1	1,03	SNI 06-2441-2011	gr

Sumber : Hasil Analisa Laboratorium PT Rapi Arjasa (2023)

Hasil laboratorium menunjukkan aspal keras Pertamina Pen 60/70 sesuai Devisi 6 dan Seksi 6.3, dan bisa dipakai untuk bahan pengikat pada campuran beton aspal.

3.4 Hasil Sampel Benda Uji Aspal Laston AC-WC

Setelah dilakukan pembuatan benda uji Aspal Laston AC-WC pada benamam air laut dan tawar dengan durasi waktu rendaman 24 jam di Laboratorium sesuai perencanaan di atas maka di dapat hasil sampel benda uji yaitu berat kering aspal, berat semu aspal (SSD) dan berat air aspal sebagai berikut:

Tabel 9

Kadar Belerang%	Berat Kering Benda Uji Aspal (gr)			Berat Kering Permukaan Ssd (gr)			Berat Benda Uji Dalam Air (gr)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
5%	991	996	1010	1010	1016	1039	643	648	654
7%	1068	1047	1047	1094	1066	1085	692	682	686
9%	1071	1044	1027	1089	1061	1044	708	687	672
Normal	1131	1137	1142	1144	1150	1152	637	635	634

Sumber : Hasil Analisa Laboratorium (2023)

Dari tabel tersebut hasil data sampel tinggi benda uji aspal dan angka kolerasinya dan tahapan selanjutnya pengujian

setiap sampel menggunakan alat Marshall Test yang mana pengujiannya dilakukan dengan perendaman setiap sampel dengan alat waterbath selama 30-40 sesuai prosedur dan tahapan selanjutnya angkat sampel dan masukkan ke dalam Cincin Proving Ring alat Marshall Test dan didapatkan nilai stabilitas dan nilai Flow hasil uji benda uji tersebut. Adapun data hasil Marshall Test nilai Stabilitas dan Flow pada rendaman air tawar dan air laut di tabel 10:

Tabel 10

Kadar Belerang%	Pembacaan Dial Sampel I		Pembacaan Dial Sampel II		Pembacaan Dial Sampel III	
	Stabilitas	Flow	Stabilitas	Flow	Stabilitas	Flow
5%	256	1030	228	1068	263	1145
7%	366	972	359	1055	340	370
9%	320	1182	323	905	230	989
Normal	255	637	292	456	274	532

Sumber : Hasil Analisa Laboratorium (2023)

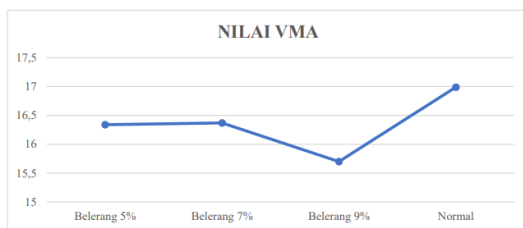
3.5 Perhitungan Prameter Marshall Test
Perhitungan nilai karekteristik Marshall Test berpatokan pada spesifikasi Bina Marga 2018Devisi 6 Seksi 6.3 dan (Sukirman 2007). Berikut data rekapitulasi Marshall Test rendaman air 24 jam sebagai berikut:

Tabel 11

No	Karakteristik Campuran	Jenis Aspal			
		5%	7%	9%	Normal
1	Bulk Density (gr/cc)	2.20	2.22	2.25	2.23
2	Stability (kg)	256	366	320	255
3	Flow (mm)	10.3	9.72	8.37	6.37
4	VFA (%)	62.67	75.10	91.72	71.47
5	VIM (%)	1.68	1.47	2.16	3.46
6	VMA (%)	16.34	16.36	15.70	16.99

Sumber : Hasil Data Analisa Penelitian (2023)

Grafik 2

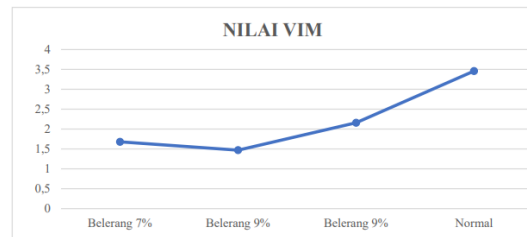


Sumber : Hasil Analisa Data Penelitian (2023)

Grafik 2 menerangkan grafik (VMA) rendaman air tawar selama 24 jam memiliki hubungan antara kadar aspal dengan Voids Mineral Agregat (VMA) pada aspal pen 60/70 dimana setiap kadar aspal mempunyai nilai berbeda. Dimana hasil untuk kadar belerang

5% nilai VMA adalah 16,34%, kadar Belerang 7% didapat nilai VMA sebesar 16,36 %, dan kadar aspal 9% di dapat nilai VMA sebesar 15,70%. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa kadar belerang 7% memiliki nilai VMA tertinggi, sementara kadar belerang 9% memiliki nilai terendah,berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2018 Devisi 6 dan Seksi 6.3.

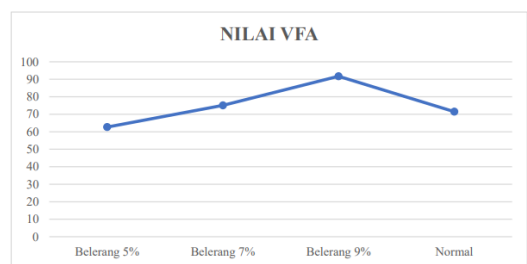
Grafik 3



Sumber : Hasil Analisa Data Penelitian (2023)

Grafik menerangkan grafik hubungan antar kadar aspal dengan Voids In Mix (VIM) pada aspal pen 60/70 dengan pengujian pada rendaman air 24 jam. Bertambahnya kadar aspal maka nilai VIM semakin mengecil. Dimana hasil untuk kadar Belerang 5% nilai VIM adalah 1,68%, untuk kadar belerang 7% di dapat nilai VIM sebesar 1,47%, dan untuk kadar Belerang 9% di dapat nilai VIM sebesar 2,16%. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa kadar belerang 9% memiliki nilai VIM tertinggi, sementara kadar belerang 7% memiliki nilai VIM terendah.

Grafik 4



Sumber : Hasil Analisa Data Penelitian (2023)

Grafik 4 menerangkan hubungan antar kadar aspal dengan Void Filled Bitumen (VFA) pada belerang 60/70 Pada pengujian Aspal Laston Ac-Wc dengan rendaman air 28 jam dimana terjadi perbedaan hasil yang dimiliki setiap kadar belerang rencana. Dimana hasil untuk kadar belerang 5% nilai VFA adalah 62,67%, kadar belerang 7% didapat nilai VFA sebesar 75,10%, dan kadar belerang 9% didapat nilai VFA sebesar 91,72%.

KESIMPULAN

Berikut adalah beberapa kesimpulan yang didapat:

1. Berdasarkan uji karakteristik Marshall pada campuran LASTON AC-WC, Belerang digunakan menjadi bahan tambahan, variasi 5%, 7%, dan 9% dengan berpatokan pada standart Bina Marga 2018.
2. Berdasarkan hasil uji karakteristik Marshall di campuran Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) dengan menambah Belerang dalam variasi persentase tertentu:
 - a. Untuk variasi 5% di dapat nilai Stability 256 kg, Bulk Density 2,20 gr/cc, flow 10,3 mm, VFA 62,67%, VIM 1,68%, dan VMA 16,34%.
 - b. Untuk variasi 7% di dapat nilai Stability 366 kg, Bulk Density 2,22 gr/cc, flow 9,72 mm, VFA 75,10%, VIM 1,47%, dan VMA 16,36%.
 - c. Untuk variasi 9% di dapat Stability 320 kg, Bulk Density 2,25 gr/cc, flow 8,37 mm, VFA 91,72%, VIM 2,16%, dan VMA 15,70%.
 - d. Untuk variasi Normal di dapat Stability 225 kg, Bulk Density 2,23 gr/cc, flow 6,37 mm, VFA 71,47%, VIM 3,46%, dan VMA 16,99%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayun, Q. (2017). PENGARUH PENAMBAHAN SULFU TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL DAN PERMEABILITAS PADA ASPAL BERPORI.
- Bahri, S. (2014). PENGARUH PENAMBAHAN BELERANG DALAM HOTMIX JENIS AC-BC TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL. I(10).
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; DirektoratJenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Jalan dan Jembatan (General Specifications of Bina Marga 2018 for Road Works and Bridges). Mashuri, & Patunrangi, J. (2011). Perubahan karakteristik mekanis aspal yang ditambahkan sulfur sebagai bahan tambah.
- Nurdajat, D., & Elkhasnet. (2007). Perbaikan Sifat Agregat Dengan Belerang Untuk Meningkatkan Kinerja Campuran Beraspal. Jurnal Teknik Sipil ITENAS, 5(1), 17–25
- Saleh, S. M., Anggraini, R., & Aquina, H. (2014). Karakteristik Campuran Aspal Porus dengan Substitusi Styrofoam pada Aspal Penetrasi 60 / 70. 21(3), 241–250.
- Setiawan, A. (2012). Pengaruh Sulfur Terhadap Karakteristik Marshall Asphalti Concrete Wearing Course (Ac-Wc). Journal of Transportation Management and Engineering, 2(1), 12. Retrieved from <https://media.neliti.com/media/publications/210653-none.pdf>
- Sitohang, O., & Sinuhaji, S. (2018). Penggunaan Abu Vulkanik Sinabung Terhadap Stabilitas Campuran Aspal Beton (Hot Mix). 1(2), 79–94.
- SNI 03-1996. (1990) Spesifikasi Analisa Saringan Agregat Halus Dan Kasar
- SNI 03-6723. (2002) Spesifikasi Bahan Pengisi Untuk Campuran Aspal
- Sukirman, S. (1999). Perkerasan Lentur Jalan Raya
- Tarigan, R. R., & Saragih, L. V. R. (2017). PEMANFAATAN ABU VULKANIK GUNUNG SINABUNG SEBAGAI FILLER DAN SERBUK BAN BEKAS 69 SEBAGAI BAHAN PENGGANTI ASPAL PEN 60/70 PADA CAMPURAN PANAS AC-WC.01(01), 1–10.
- Tombeq, C. V., Manoppo, M. R. E., & Sendow, T. K. (2019). Pemanfaatan Sedimen Transport Abu Vulkanik (Gunung Soputan) Sebagai Bahan Substitusi Pada Abu Batu Dalam Campuran Aspal HRS – WC GRADASI SEMI SENJANG. 7(3), 309-318.