

PERBANDINGAN KARAKTERISTIK MARSHALL TEST MENGUNAKAN CAMPURAN PASIR BESI DARI DAERAH TAKENGON SEBAGAI PENGANTI SEBAGIAN AGREGAT HALUS

Marwan Lubis, Ronal HT. Simbolon, Renaldy Ghufrananda

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

marwan@ftuisu.ac.id; Ronal.h.t.simbolon@ftuisu.ac.id; renaldy2410@icloud.com

Abstrak

Jalan sebagai salah satu prasarana transportasi merupakan unsur penting dalam usaha memperlancar mobilitas suatu barang atau jasa guna meningkatkan perekonomian nasional. Untuk mewujudkan hal-hal tersebut, penyediaan prasarana transportasi darat tidak bisa terlepas dari penyediaan bahan penyusun konstruksi jalan itu sendiri. Pasir merupakan bahan alam yang tersedia sangat melimpah di Indonesia. Selama ini pasir hanya dimanfaatkan sebagai bahan bangunan, padahal pasir banyak mengandung mineral berharga yang mengandung unsur besi, titanium dan unsur lainnya yang bisa dimanfaatkan untuk bahan industri. Aceh dikenal sebagai provinsi yang kaya akan komoditas tambang, termasuk emas, perak, tembaga dan nikel. Pemerintah aceh telah menerbitkan data izin usaha pertambangan (IUP) komoditas mineral dan batu bara, termasuk izin untuk pasir besi (Dinas ESDM Aceh). Pada daerah Kabupaten Aceh Tengah Kecamatan Atulintang Desa Merah Mulyang terdapat pabrik pasir (CRUSHER) dimana pada pabrik tersebut terdapat pasir besi yang tidak kurang di optimalkan pemanfaatannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek pasir besi sebagai agregat halus pada campuran aspal panas (AC-WC), mengetahui besarnya nilai stabilitas dan karakteristik marshall pada campuran perkerasan (AC-WC) dengan menggunakan pasir besi, dan memperoleh hasil dengan menggunakan pasir besi pada campuran aspal (AC-WC) pada uji marshall. Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang sesuai dengan spesifikasi umum bina marga 2018. Pengujian pada penelitian ini menggunakan variasi campuran pasir besi 0%,40%,50%,60%,dan 70%. Dari penelitian ini diperoleh hasil nilai karakteristik Marshall berupa Stability, Flow, Voids In Mix (VIM), Voids In Mineral Agregat (VIM), Voids Filled Bitument (VFB), Marshall Quotient (MQ), dan Bulk Density. Setelah nilai-nilai parameter di dapatkan dengan menggunakan alat Marshal Testl di laboratorium jalan raya, untuk campuran aspal (AC-WC) dengan aspal pen 60/70, nilai Marshall Quotient dengan variasi campuran pasir besi 0% yaitu 1035,22 kg/mm, variasi 40% 1134,26 kg/mm, variasi 50% 1094 kg/mm, variasi 60% 1339 kg/mm, dan variasi 70% 1633 kg/mm. Berdasarkan hasil data penelitian yang didapat, nilai Marshall Quotient memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Disarankan dilakukan penelitian lanjutan penggunaan pasir besi ini sebagai bahan alternatif untuk jenis perkerasan lain, dengan menganalisa karakteristik lain yang belum diamati pada penelitian ini.

Kata Kunci : Pasir Besi, Trial And Error, Perencanaan, Campuran, Karakteristik, Marshall

I. PENDAHULUAN

Pasir merupakan bahan alam yang tersedia sangat melimpah di Indonesia. Selama ini pasir hanya dimanfaatkan sebagai bahan bangunan, padahal pasir banyak mengandung mineral berharga yang mengandung unsur besi, titanium dan unsur lainnya yang bisa dimanfaatkan untuk bahan industri. Di dalam pasir juga terkandung pasir besi yang merupakan sumber besi yang dalam pemanfaatannya masih belum optimal. Di Indonesia sampai saat ini masih terbatas penggunaannya, hanya digunakan sebagai bahan tambahan pada pabrik semen. Sementara pemanfaatan pasir besi di mancanegara seperti di negara Selandia Baru, pasir besi digunakan sebagai bahan baku pembuatan baja. Begitu juga di negara Cina yang sudah sejak lama menggunakan pasir besi sebagai bahan baku pembuatan baja. Bersama dengan melonjaknya lalu lintas jalan akhir-akhir ini bersamaan dengan minimnya anggaran biaya perawatan perkerasan jalan

dapat memacu banyaknya kehancuran jalan. Untuk menanggulangi kehancuran tersebut dibutuhkan kegiatan yaitu dengan cara kenaikan pemeliharaan jalan, perbaikan rancangan perkerasan jalan serta menambah mutu perkerasan jalan (IAI Rosyida, B Suprpto, A Rokhmawati, 2021).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

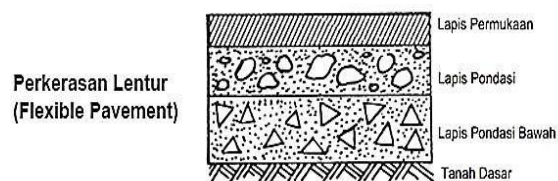
Dalam melakukan pengerjaan skripsi ini saya mengambil beberapa referensi – referensi dari penelitian terdahulu yaitu:

1. “Penggunaan Pasir Besi Sebagai Agregat Halus Pada Beton Aspal Lapisan Aus” (Sumarni Hamid Aly, Taufik Takdir, Jurnal Transportasi Vol. 11 No. 2 Agustus 2011:123-134).
2. “Perbandingan Karakteristik Pengujian Marshall Campuran Aspal Dengan Filler Pasir Besi Dan Abu Batu” (Hery Awan Susanto, 2020)

3. “Analisis Pengaruh Serbuk Besi Sebagai Substitusi Agregat Halus pada Laston Lapis Aus (HRS-WC) Terhadap Kinerja Jalan Beraspal”(Moch Nasrulloh, Ibnu Sholichin, Aulia Dewi Fatikasari, 2024)

2.2 Konstruksi Jalan Raya

Perkerasan jalan raya merupakan suatu komponen yang sangat penting dalam memenuhi kelancaran pergerakan lalu lintas. Perkerasan jalan yang digunakan pada umumnya terdiri atas tiga jenis yaitu perkerasan lentur, perkerasan kaku dan perkerasan komposit. Diantara ketiga jenis perkerasan tersebut yang paling dominan di gunakan adalah jenis perkerasan lentur (Flexible Pavement).



Gambar 1. Susunan Perkerasan Lentur Jalan Raya

2.3 Lapisan Aspal Beton (Laston)

aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas (Waani,2013). Lapis aspal beton (Laston) merupakan salah satu lapisan struktur Jalan raya yang terdiri atas gabungan agregat dengan aspal keras, dicampur, diamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Agar mendapatkan mutu pekerjaan yang baik, sesuai dengan spesifikasi, dalam hal ini Lapisan Aspal Beton (Laston) mampu melayani arus lalu lintas yang melewatinya. (Sukirman 2012). Menurut Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Beton aspal dengan campuran gradasi menerus memiliki komposisi dari agregat kasar, agregat halus, mineral pengisi (filler) dan aspal (bitumen) sebagai pengikat. Ciri lainnya memiliki sedikit rongga dalam struktur agregatnya, saling mengunci satu dengan yang lainnya, oleh karena itu beton aspal memiliki sifat stabilitas tinggi. Berdasarkan fungsinya aspal beton laston pada campuran beraspal panas dapat diklasifikasikan sebagai berikut : (Sukirman, 2003)

1. Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)
2. Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)
3. Asphalt Concrete-Base (AC-Base)

2.4 Aspal

Aspal merupakan material berwarna hitam atau coklat, pada temperature ruang bentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai temperature suhu tertentu, aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat dimasukan kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam atau peleburan. Jika temperature mulai

turun maka aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis) (Silvia Sukirman, 1999).

2.5 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain berupa hasil alam atau buatan berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton dan aspal. Menurut ukurannya agregat terbagi dua yaitu agregat kasar dan agregat halus.

Agregat adalah partikel mineral yang berbentuk butiran-butiran yang merupakan salah satu penggunaan dalam kombinasi dengan berbagai macam tipe mulai dari sebagai bahan material di semen untuk membentuk beton, lapis pondasi jalan, material pengisi dan lain-lain. (Harold N. Atkins, PE 1997). Selain itu agregat juga dibagi berdasarkan ukuran butirannya menurut Bina Marga Tahun 2018 yaitu

1. Agregat Kasar yaitu yang tertahan saringan No. 4 (4,75mm)
2. Agregat Medium yaitu yang tertahan di saringan No.8 (2,36mm)
3. Agregat Halus yaitu yang lolos saringan No.4 (4,75mm) dan tertahan saringan No.200
4. Lapisan aspal beton laston merupakan salah satu jenis lapisan aspal yang sebagian besar lolos saringan No.200.

2.6 Pedoman

Konstruksi dan Bangunan (Penggunaan Agregat Slag Besi dan Baja untuk Campuran Beraspal Panas Pd T-04-2005-B)

Tabel 1. Persyaratan agregat slag kasar dan halus

Sifat-sifat agregat slag	Metoda Pengujian	Satuan	Slag besi (BFS)	slag baja B O S atau E A S
Berat jenis - bulk - SSD - Apparent	SNI 03-1969-1990	Kg/m ³	min 2,5	min 3,3
Penyerapan terhadap air	SNI 03-1969-1990	%	maks 3	maks 3
Kerusakan agregat dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	%	maks 40	maks 40
Kekakuan bentuk agregat terhadap larutan natrium atau magnesium sulfat	SNI 03-3407-1994	%	-	maks 4
Kekakuan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	%	min 95	min 95
Nilai setara pasir (*)	SNI 03-4426-1997	%	min 50	min 50
Partikel pipih dan lonjong (**)	ASTM D 4791	%	maks 10	maks 10
Material lolos saringan No 200	SNI 03-4142 - 1996	%	kasar maks 1 halus maks 1	kasar maks 1 halus maks 8

Catatan : (*) Sifat setara pasir untuk agregat slag halus
(**) Pengujian dengan perbandingan lengan alat uji terhadap poros 1 : 5.

Sumber: Pedoman Konstruksi dan Bangunan penggunaan agregat slag besi dan baja untuk campuran beraspal panas Pd T-04-2005-B

Tabel 2. Persyaratan agregat slag kasar dan halus

Ukuran ayakan	(mm)	% Berat Yang Lolos			
		Laston (HRS) ⁽¹⁾		Laston (AC) ⁽²⁾	
ASTM		WC	Base	WC	BC
1 1/2"	37,5				
1"	25				
3/2"	19	100	100	100	100
3/4"	12,5	90 - 100	90-100	90-100	90-100
3/8"	9,5	75 - 85	65 - 100	Mak 90	Mak 90
No.8	2,36	50 - 72	35 - 55	28-58	23 - 49
No.16	1,18				
No.30	0,600	35 - 60	15 - 35		
No.200	0,075	6 - 12	2 - 9	4 - 10	4 - 8
DAERAH LARANGAN					
No.4	4,75				39,5
No.8	2,36			39,1	34,6
No.16	1,18			25,6-31,6	22,3-28,3
No.30	0,600			19,1-23,1	16,7-20,7
No.50	0,300			15,5	13,7

Sumber: Pedoman Konstruksi dan Bangunan penggunaan agregat slag besi dan baja untuk campuran beraspal panas Pd T-04-2005-B

2.7 Pasir Besi

Pasirbesi adalah salah satu sumber daya alam yang banyak digunakan dalam berbagai sector industri, utamanya industri semen dan pembuatan baja. Pasir besi memiliki warna abu-abu gelap dan kehitaman, semakin tinggi kandungan Fe (besi) di dalamnya maka warnanya akan semakin hitam. Pasir besi sendiri terdiri dari campuran magnetit, Fe₃O₄, dan sejumlah kecil titanium, silika, mangan, kalsium, hingga vanadium..

Dalam pencampuran agregat pasir besi terdapat persyaratan yang harus dipenuhi, persyaratan yang harus diikuti berdasarkan Pedoman Konstruksi dan Bangunan penggunaan agregat slag besi dan baja untuk campuran beraspal panas Pd T-04-2005-B

2.8 Suhu atau temperature

Tabel 3. Ketetapan Viskositas dan Temperatur Aspal untuk Pencampuran dan Pemadatan

No	Prosedur Pelaksanaan	Viskositas Aspal (PA.S)	Suhu Campuran (°C) Pen 60/70
1	Pencampuran benda uji Marshall	0,2	155 ± 1
2	Pemadatan benda uji Marshall	0,4	140 ± 1
3	Pencampuran rentang temperatur sasaran	0,2 – 0,5	145 – 155
4	Menuangkan campuran dari AMP ke dalam truk	± 0,5	135 – 150
5	Pasokan ke alat penghamparan (paver)	0,5 – 1,0	130 – 150
6	Penggilasan awal (roda baja)	1 – 2	125 – 145
7	Penggilasan kedua (roda karet)	2 – 20	100 – 125
8	Penggilasan akhir (roda baja)	< 20	> 95

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2018

2.9 Karakteristik Campuran Beraspal

Tujuan karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas, keawetan atau durabilitas, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (fatiquerisistance), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air, dan kemudahan pelaksanaan (workability).

2.10 Rancangan Campuran Aspal (Design Mix Formula)

Rancangan campuran dilaksanakan setelah pemeriksaan apakah agregat dan aspal yang akan dipergunakan memenuhi spesifikasi material campuran. Di Indonesia terdapat dua metode rancangan campuran, yaitu metode Marshall yang dikembangkan oleh The Asphalt Institute dan Metode CQCMU yang dikembangkan di Indonesia mengacu pada British Standard (Sukirman,2007)

2.11 Pengujian Marshall Test

Pengujian kinerja beton aspal padat dilakukan melalui pengujian Marshall, dikembangkan pertama

kali oleh Bruce Marshall dan dilanjutkan oleh U.S Corps Engineer (Sukirman,2007).

2.12 Kadar Aspal Rencana

Perkiraan awal kadar aspal optimum dapat direncanakan setelah dilakukan pemilihan dan penggabungan pada tiga fraksia gregat. Sedangkan perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$P_b = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA + 0,18(\%FF) + K$$

2.13 Berat Jenis Bulk dan Apparent Total Agregat

Agregat total terdiri dari fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi/filler yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda, baik berat jenis kering (bulk specific gravity) dan berat jenis semu (*apparent grafity*). Setelah didapatkan kedua macam berat jenis pada masing masing agregat pada pengujian material agregat maka berat jenis dari total agregat tersebut dapat dihitung dalam persamaan berikut :

1. Berat jenis kering (bulk specific gravity) dari total agregat

$$G_{sbto} \text{ tagregat} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sb1}} + \frac{P_2}{G_{sb2}} + \frac{P_3}{G_{sb3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{sbn}}}$$

2. Berat jenis semu (apparent specific gravity) dari total agregat

$$G_{Satot} \text{ agregat} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sa1}} + \frac{P_2}{G_{sa2}} + \frac{P_3}{G_{sa3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{san}}}$$

2.14 Berat Jenis Efektifitas Agregat

Berat jenis maksimum campuran (G_{mm}) diukur dengan AASHTO T.20990, maka berat jenis efektif campuran (G_{se}), kecuali rongga udara dalam partikel agregat yang menyerap aspal dapat dihitung dengan rumus berikut yang biasanya digunakan berdasarkan hasil pengujian kepadatan maksimum teoritis.

$$G_{Setot} \text{ agregat} = \frac{p_{mm} - p_b}{\frac{p_{mm}}{G_{mm}} + \frac{p_b}{G_b}}$$

Berat jenis efektif total agregat dapat ditentukan juga dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$G_{se} = \frac{G_{sb} + G_{sa}}{2}$$

2.15 Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis Maksimum (G_{mm}) campuran untuk masingmasing kadar aspal dapat dihitung menggunakan berat jenis efektif (G_{se}) rata-rata sebagai berikut :

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{P_s + P_b}$$

2.16 Berat Jenis Bulk Campuran Padat

Perhitungan berat jenis bulk campuran setelah pemadatan (G_{mb}) dinyatakan dalam gram/cc dengan rumus sebagai berikut :

$$G_{se} = \frac{G_{sb} + G_{sa}}{2}$$

2.17 Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total, tidak terhadap berat campuran. Perhitungan penyerapan aspal (P_{ba}) adalah sebagai berikut:

$$P_{ba} = 100 - \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{se} \times G_{sb}} G_b$$

2.18 Kadar Aspal Efektif

Rumus Kadar aspal efektif adalah :

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} P_s$$

2.19 Rongga di antara mineral agregat void in the Mineral Agregat (VMA)

VMA dihitung berdasarkan berat jenis bulk (G_{sb}) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume bulk campuran yang di padatkan. VMA dapat dihitung pula terhadap berat campuran total atau terhadap berat agregat total. Perhitungan VMA terhadap campuran adalah dengan rumus berikut:

1)

$$V_{ma} = 100 - \left[\frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \right]$$

Terhadap Berat Campuran Total

2) Terhadap Berat Agregat Total

$$V_{MA} = 100 - \left[\frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100 + P_b)} \times 100 \right]$$

2.20 Rongga di dalam campuran Void In The Compacted Mixture (VIM)

Rongga udara dalam campuran (V_a) atau VIM dalam campuran persen beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$VIM = 100 - \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}$$

2.21 Rongga udara yang terisi aspal Voids Filled with Bitumen (VFB)

Rongga terisi aspal (VFB) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Rumus adalah sebagai berikut :

$$VFB = 100 \times \frac{(VMA - VIM)}{VMA}$$

2.22 Stabilitas

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Untuk nilai stabilitas, nilai yang ditunjukkan pada jarum dial perlu dikonversikan terhadap alat Marshall.

2.23 Flow

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas seperti di atas Nilai flow berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Hanya saja untuk alat uji jarum dial flow biasanya sudah dalam satuan mm (millimeter)

2.24 Hasil Bagi Marshall Marshall Quotient (MQ)

Hasil bagi Marshall Marshall Quotient (MQ) merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelahan. Sifat Marshall tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$MQ = \frac{MS}{MF}$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini metode yang diterapkan adalah metode research study penelitian di laboratorium jalan raya. pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan hasil dan informasi mengenai nilai karakteristik Marshall Test dengan melakukan pengujian pencampuran sebagian agregat pasir besi terhadap Aspal (dengan Aspal Penetrasi 60/70. Dalam penelitian ini agar tidak menyalahi aturan maka penelitian ini berpedoman kepada spesifikasi Bina Marga 2018 Divisi 6 seksi 6.3, dalam hal tersebut mengacu juga pada standar nasional Indonesia (AASTHO).

3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di laboratorium jalan raya Universitas Islam Sumatera Utara.

Waktu penelitian dimulai setelah penyiapan peralatan, bahan penelitian dan pengujian marshall test di laksanakan 1 minggu dimulai pada tanggal 5 Mei 2025 sampai 9 Mei 2025.

3.3 Bahan Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan ini merupakan penelitian Research perencanaan campuran beraspal

panas dengan menggunakan material-material yang berasal dari daerah setempat. Dalam penelitian ini, pengujian bahan- bahan dilakukan dengan Acuan spesifikasi bina marga 2018 Divisi 6 Seksi 6.3 dan Prosedur sesuai SNI. adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini :

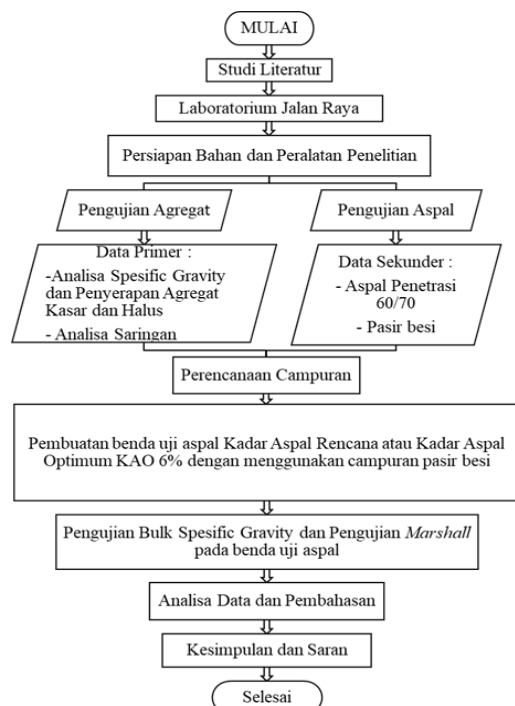
1. Agregat Kasar berasal dari Panglong Selamat Jaya
2. Agregat Halus berasal dari Panglong Selamat Jaya
3. Aspal Minyak Pen 60/70, PT Rapi Arjasa
4. Pasir besi berasal dari Takengon

3.4 Peralatan Penelitian

1. Peralatan persiapan benda uji aspal (AC-WC)
2. Peralatan pengujian marshalltest

3.5 Tahapan Penelitian

1. Pengujian Bahan
2. Pengujian Aspal
3. Perencanaan Campuran Aspal (AC-WC)
4. Pengujian Menggunakan Marshall Test
5. Analisa dan Pembahasan
6. Kesimpulan



Gambar 2. Bagan Alur Penelitian (FlowChart)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemeriksaan Bahan Campuran Aspal Laston (AC-WC)

Sebelum digunakan sebagai bahan pada campuran aspal (AC-WC), semua material atau bahan penyusun dalam pembuatan aspal (AC-WC) harus melakukan pengujian karakteristiknya terlebih dahulu. Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah material yang digunakan telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 dan Seksi 6.3 dalam hal tersebut mengacu juga dengan Standar Nasional Indonesia (SNI, ASTM dan AASHTO)

4.2 Hasil Pengujian Agregat

Sebelum melakukan pengujian pada karakteristik *Marshall test*, terlebih dahulu melakukan pengujian pada agregat kasar, agregat medium, halus dan abu batu atau Filler. Pengujian agregat yang dilakukan meliputi analisa sarinan, berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan agregat halus.

Hasil dari pengujian yang dilakukan ini harus memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 dalam hal tersebut juga mengacu dengan Standar Nasional Indonesia (SNI, ASTM dan AASHTO)

4.3 Hasil Pengujian Aspal

Dalam Penelitian ini, aspal yang digunakan untuk bahan ikat pada pembuatan benda uji aspal keras Pertamina Pen 60/70 adalah data sekunder. Yaitu data hasil pemeriksaan karakteristik aspal keras yang dilakukan perusahaan PT.RAPIARJASA, Jl Sawi No.32D Petisah Hulu Kec Medan Baru kota Medan yang mana pengujian Aspal dilakukan di laboratorium Universitas Politeknik Kota Medan. Hasil pengujian pemeriksaan aspal pen 60/70 dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4. hasil pemeriksaan karakteristik aspal pen 60/70

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 (2024)

4.4 Hasil Mix Design

Tujuan perencanaan mix design adalah untuk melakukan pencampuran antara agregat dan aspal dengan ukuran dan komposisi yang telah ditetapkan sehingga dari pencampuran dapat diketahui kadar aspal yang optimal melalui pemeriksaan berikutnya sesuai pada acuan Bina Marga 2018 divisi 6 seksi 6.3.

Tabel 5. Perencanaan Nilai Campuran Agregat

Kadar Aspal 6%			
Keterangan	Fraksi	Rumus	Jumlah agregat
Kadar Aspal	PB =6%	$6\% \cdot 1200$	72
Agregat Kasar	CA= 16%	$(1200-72) \cdot 16\%$	180.48
Agregat Medium	MA = 24%	$(1200-72) \cdot 24\%$	270.72
Agregat Halus	FA= 55%	$(1200-72) \cdot 55\%$	620.40
Filler	FF =5%	$(1200-72) \cdot 5\%$	56.40
Total			1200

Sumber : Hasil Perencanaan Campuran Agregat (2025)

4.5 Hasil Parameter Marshall Test

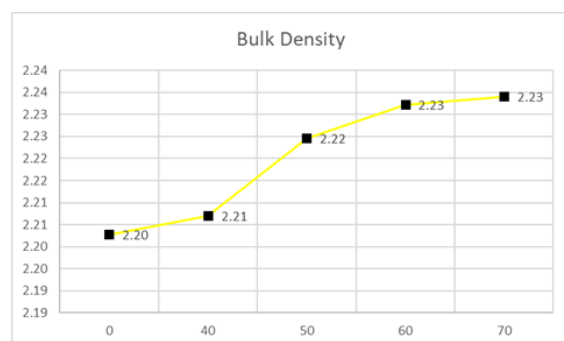
Nilai Parameter Marshall Test di peroleh dengan melakukan perhitungan terhadap hasil dari pengujian di Laboratorium Jalan Raya Universitas Islam Sumatera Utara. Untuk hasil data sampel benda uji campuran aspal, perhitungan parameter marshall dan hasil stabilitas flow dapat di lihat pada lampiran. Perhitungan nilai karakteristik Marshall Test mengacu pada spesifikasi Bina Marga 2018 Devisi 6 Seksi 6.3 dan (Sukirman 2007).

Tabel 6. Hasil Data Rekapitulasi Karakteristik Marshall

Karakteristik Marshall	Variasi Campuran Pasir Besi					Spesifikasi
	0%	40%	50%	60%	70%	
Bulk Density	2.20	2.21	2.22	2.23	2.23	2
VMA	16.87	16.72	16.05	15.77	15.69	>15
VFB	72.41	73.07	77.65	79.42	79.46	> 65
VIM	4.77	4.59	3.83	3.50	3.42	> 3 - 5
Stabilitas	3371.22	3685.20	3471.93	4152.14	4881.41	>800
Flow	3.27	3.23	3.17	3.10	2.98	>2 - 4
MQ	1035.22	1134.26	1094.07	1339.73	1633.79	> 250

Sumber : Hasil Analisa Perhitungan Marshall Test (2025)

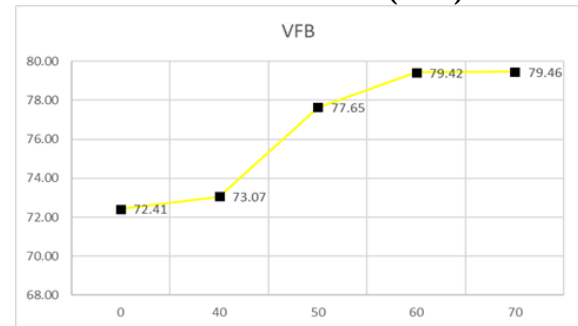
4.6 Hasil Bulk Density

**Gambar 3. Grafik Nilai Bulk Density**

Sumber: Hasil Analisa data Penelitian (2025)

Dari Gambar 3 ini dapat dilihat bahwa nilai Bulk Density pada kadar aspal 6% variasi campuran pasir besi 0%, 40%, 50%, 60% dan 70% berada di atas batas minimum 2 g/cc, artinya kadar aspal tersebut memenuhi spesifikasi bina marga 2018.

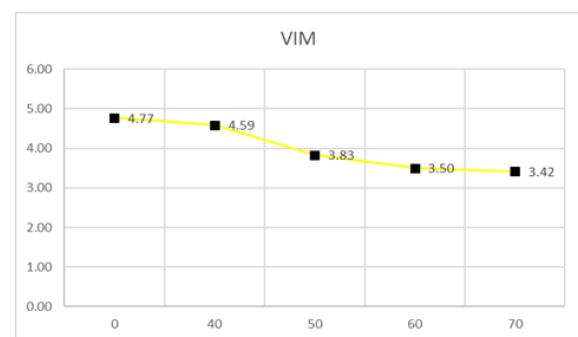
4.7 Hasil Void Filled Bitumen (VFB)

**Gambar 4. Grafik Nilai Void Filled Bitumen (VFB).**

Sumber: Hasil Analisa data Penelitian (2025)

Dari Gambar 4. ini dapat dilihat bahwa nilai VFB pada kadar aspal 6% variasi campuran pasir besi 0%, 40%, dan 50%, 60% dan 70% berada di atas batas minimum 65%, yang artinya kadar aspal tersebut sudah memenuhi spesifikasi bina marga 2018.

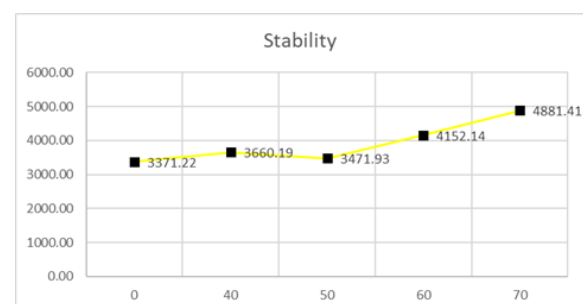
4.8 Hasil Void in Mix (VIM)

**Gambar 5. Grafik Nilai Void in Mix (VIM).**

Sumber: Hasil Analisa data Penelitian (2025)

Dari Gambar 5 ini dapat dilihat bahwa nilai VIM pada kadar aspal 6% variasi campuran pasir besi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% berada di atas batas minimum 3%, yang artinya kadar aspal tersebut sudah memenuhi spesifikasi bina marga 2018.

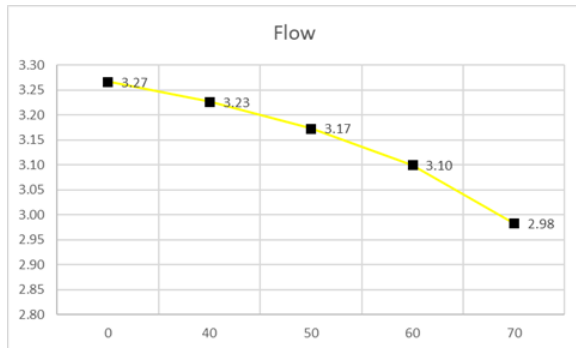
4.9 Hasil Stabilitas Marshall Test

**Gambar 6. Grafik Nilai Stabilitas**

Sumber: Hasil Analisa data Penelitian (2025)

Dari Gambar 6 ini dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada kadar aspal 6% variasi campuran pasir besi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% berada di atas batas minimum 800 (kg), yang artinya kadar aspal tersebut sudah memenuhi spesifikasi bina marga 2018

4.8 Hasil Marshall TestFlow

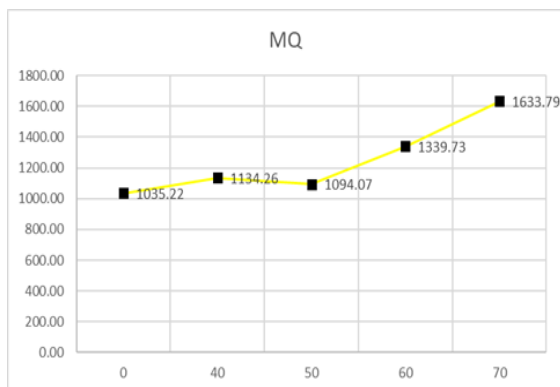


Gambar 7. Grafik Nilai Flow

Sumber: Hasil Analisa data Penelitian (2025)

Dari Gambar 7 ini dapat dilihat bahwa nilai flow pada kadar aspal 6% variasi campuran pasir besi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% berada di atas batas minimum 2 (mm), yang artinya kadar aspal tersebut sudah memenuhi spesifikasi bina marga 2018.

4.12 Hasil Marshall Quotient (MQ)



Gambar 8. Grafik MQ

Sumber: Hasil Analisa data Penelitian (2025)

Dari Gambar 8 ini dapat dilihat bahwa nilai kelelahan MQ pada kadar aspal 6% variasi campuran pasir besi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% berada di atas batas minimum 250 (kg/mm), yang artinya kadar aspal tersebut sudah memenuhi spesifikasi bina marga 2018.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan terhadap Pengujian Campuran aspal menggunakan agregat halus pasir besi pada

campuran aspal (ACWC) dengan Aspal Penetrasi 60/70. Pengaruh dari penggunaan agregat halus pasir besi terhadap sebagian Campuran Aspal (AC-WC) dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengaruh Penggunaan Pasir Besi

Dari hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium bahwa Pasir besi dapat digunakan menjadi bahan campuran agregat halus pada lapisan aspal, berdasarkan dari hasil penelitian ini, variasi pasir yang lebih banyak dicampur dengan menggunakan pasir besi memiliki pengaruh stabilitas yang lebih besar dalam hal kekuatan dan kekakuan lapisan aspal dibandingkan dengan yang sedikit dicampur dengan pasir besi. Jadi besi dapat digunakan menjadi bahan agregat halus dengan arti tidak mengganti bahan agregat halus sepenuhnya ataupun hanya bisa sebagai bahan campuran saja, dan juga pasir besi dapat digunakan untuk jalan jalan yang dilalui oleh kendaraan berat seperti Truk. Karena nilai ketahanan (stabilitas) yang tinggi serta nilai leleh yang sangat rendah.

2. Spesifikasi campuran variasi pasir Besi

Dari hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium bahwa campuran pasir besi layak digunakan dalam pembuatan campuran aspal AC-WC, dengan 120 syarat pasir besi harus disesuaikan dengan hanya memakai sebagian agregat pasir besi yang tersaring dalam pengujian analisa saringan

3. Karakteristik yang Memenuhi dan Tidak Memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018:

- Bulk Density Memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018.
- VMA Memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018.
- VFB Memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018.
- VIM Memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018.
- Stabilitas Memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018.
- Flow spesifikasi umum Bina Marga 2018.
- MQ d spesifikasi umum Bina Marga 2018.

4. Nilai Stabilitas Dan Karakteristik Marshall

Dari hasil penelitian pada pengujian menggunakan alat Marshall test di Laboratorium didapatkan nilai stabilitas dan karakteristik Marshall yang dilakukan dengan campuran pasir besi, pada Variasi 0% didapat nilai bulkdensity sebesar 2.20 gr/cm³, stabilitas 3371,22 Kg, VMA 16.87%, VFB 72,41%, VIM 5,77%, Flownya 3,05mm dan nilai MQ nya 1035,22 Kg/mm. Pada Variasi 40% didapat nilai bulkdensity 2.21 gr/cm³, stabilitas 3685,20 Kg, VMA 16.72%, VFB 73.07%, VIM 4,59%, Flow 3,23 mm dan nilai MQ nya 1134,26 Kg/mm. Pada Variasi 50% didapat nilai bulkdensity 2.22 gr/cm³ stabilitas 3471,22 Kg, VMA 16,05%,

VFB 77,62%, VIM 3.83%, Flow 2,57 mm dan nilai MQ nya 1094,07 Kg/mm. Pada Variasi 60% didapat nilai bulk density 2.23 gr/cm³, stabilitas 4152.14 Kg, VMA 15,77%, VFB 79.42%, VIM 3,50%, Flow 3,37 mm dan nilai MQ nya 1339,7 Kg/mm. Pada Variasi 70% didapat nilai bulkdensity 2.23 gr/cm³, stabilitas 4881,41 Kg, VMA 15.69%, VFB 79,46%, VIM 3,42%, Flow 2,98 mm, dan nilai MQ nya 1633,79 Kg/mm.

5.1 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka penulis menyampaikan beberapa saran yang terkait pada penelitian ini, antara lain sebagai berikut:

1. Untuk dapat melakukan penelitian lebih lanjut dan juga dapat mengembangkan penelitian ini seperti pemilihan pemakaian jenis lapisan aspal yang berbeda, material yang berbeda, dan juga kadar aspal yang berbeda.
2. Penelitian tentang penggunaan pasir besi sebagai campuran agregat halus pada aspal perlu dilanjutkan. Untuk itu disarankan agar dilakukan penelitian lanjutan penggunaan pasir besi ini sebagai bahan alternatif untuk jenis perkerasan yang lain, dengan menganalisis karakteristik lain yang belum diamati pada penelitian ini, seperti ketebalan film aspal, pengaruh temperatur, dan prosedur pemadatan.
3. Perlu adanya kajian lanjutan dengan menggunakan spesifikasi Bina Marga terbaru. Sehingga penelitian terus berkembang seiring dengan terbitnya acuan baru Standar Nasional Indonesia, maka dapat diketahui perbedaan terkait dengan campuran aspal panas pada umumnya dan lapisan (AC-WC) pada khususnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Anies, Muh Kasim, Juwita Siraman, and Akrimawati Anju Mandaya, 2019, *Studi Perencanaan Lapisan Permukaan Jalan Jenis Beton Aspal AC-WC dengan Pemanfaatan Limbah Plastik Pet sebagai Bahan Tambah.* Jurnal Teknik Sipil MACCA 4.2): 161-176.
- [2]. Firda, Ani, et al., 2022, *Pengaruh Penambahan Plastik (PolyethyleneTerephthalate) Pada Campuran AC-WC (AsphaltConcrete–WearingCourse) Terhadap Karakteristik Marshall.* Jurnal Deformasi 7.2: 127-144.
- [3]. Iqbal, I., Saleh, S. M., & Isya, M., 2018. *Uji Marshall Terhadap Campuran Ac-Wc Dengan Substitusi Kolaborasi Limbah Pet Dan Sbb Ke Dalam Aspal Penetrasi 60/70.* Jurnal Teknik Sipil, 1(3), 627-636.
- [4]. Rahayu, P., Rifqi, M. G., & Amin, M. S. U. 2021. *Pengaruh Penambahan Plastik Tipe PET (PolyethyleneTerephthalate) Terhadap Campuran Laston ACWC.* Journal Of Applied Civil Engineering And Infrastructure Technology, 2(1), 1-5.
- [5]. Suprayitno, Suprayitno, et al., 2019, *Studi Penggunaan Variasi Campuran Meterial Plastik Jenis High Density Polyethylene (Hdpe) Pada Campuran Beraspal Untuk Lapis Aus Ac-Wc (Asphalt Concrete Wearing Course).* Paduraksa: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa 8.2 (2019): 222-233
- [6]. Suhardi, Suhardi, Priyo Pratomo, and Hadi Ali., 2016, *Studi Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Dengan Penambahan Limbah Botol Plastik.* Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain 4.2 : 284-293