

**Perbandingan Hasil Uji Kadar Aspal Menggunakan Alat *Marshall Test* dan Alat
*Reflux Extractor***
Comparison of Asphalt Content test Results Using a Marshall Test and Reflux Extractor

Arif Wahyu Nurillah¹⁾, Rofi Budi Hamduwibawa²⁾, Adhitya Surya Manggala³⁾
Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : arifwahyu586@gmail.com¹
Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : rofi.hamduwibawa@unmuhjember.ac.id²
Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : m4ngg4la@gmail.com³

Abstrak

Kadar aspal merupakan salah satu faktor yang sangat penting untuk diperhatikan. Kadar aspal yang digunakan dalam campuran beraspal menjadi salah satu penentu untuk menghasilkan perkerasan dengan kinerja yang baik sehingga bisa mencapai umur maksimum pelayanan jalan. Penelitian ini menggunakan aspal campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)* yang akan diuji menggunakan alat *Reflux Extractor* untuk dibandingkan dengan alat Marshall sehingga akan diketahui kesesuaian kadar aspal dalam campuran dengan kadar aspal yang telah direncanakan. Penelitian menggunakan material yang berasal dari AMP di Kabupaten Jember. Setelah itu membuat rancangan campuran yang mempertimbangkan proporsi berbagai bahan-bahan lain. Kegiatan selanjutnya yaitu pembuatan benda uji menggunakan JMF (*Job Mix Formula*) yang nantinya akan di uji kadar aspal optimumnya menggunakan pengujian Marshall test dan pengujian melalui alat reflux. Hasil penelitian menunjukkan Pada hasil pengujian Marshall telah diketahui bahwa pada kadar aspal 4,5% - 7,0% nilai VMA, *Stabilitas, Density*, Hasil bagi marshall, dan *flow* memenuhi spesifikasi. Untuk nilai kadar aspal efektif hanya kadar aspal 4,5% yang tidak memenuhi spesifikasi. Untuk nilai VFA hanya kadar aspal 6,0% - 7,0% yang memenuhi spesifikasi. Untuk nilai VIM hanya kadar aspal 7,0% yang memenuhi spesifikasi. pengujian ekstraksi kadar aspal dengan alat Refluks Ekstraktor didapatkan hasil didapatkan sesilih hasil ekstraksi dengan kadar aspal JMF masih memenuhi spesifikasi dengan nilai toleransi $\pm 0,3\%$ berdasarkan Spesifikasi Umum 2018.

Kata Kunci : *Marshall test, Reflux Extractor*, kadar aspal

Abstract

The level of asphalt is a significant factor to consider. The levels of asphalt used in paved mixtures serve as a basis for good performance production to a maximum life of road service. The study used tangible concrete mixed taral-the wearing course (latrines) that would be tested to reflux extractors in comparison with the Marshall's so that it would be known to match the levels of asphalt in the solution. Research USES materials from amps in jember county. Afterward, a mixed design takes into account the proportion of other ingredients. The next activity in which objects were developed was used by JMF (job mix formula), which would be tested at optimumnyam asphalt, by way of a Marshall test and testing through a reflux. Research shows that the Marshall test results have been found that at tar 4.5% - 7.0% vma value, stability, density, output for Marshall, and flow meets the specs. For the value of asphalt level effective only 4.5% of asphalt does not meet specs. Vfa only levels of asphalt 6.0% - 7.0% meet the specs. For a vim score only 7.0% of asphalt meets the specs. Testing for extraction level asphalt with external refluxes, extracts obtained obtained multiple extractions with JMF tarips still meet the specification of $\pm 0.3\%$ tolerance based on 2018 general specs.

Keywords: *Marshall test, Reflux Extractor, asphalt content*

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sebagian besar jalan yang ada di Indonesia menggunakan lapis perkerasan campuran aspal panas (*hot mix*). Campuran aspal yang merupakan produk dari *Asphalt Mixing Plant* (AMP) adalah campuran aspal panas yang terdiri dari lapisan aspal pasir dan latasir (*sand sheet*), lapis tipis aspal beton (laston), dan lapis aspal beton (laston), semua menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Kadar aspal merupakan salah satu faktor yang sangat penting diperhatikan untuk mencapai umur maksimum pelayanan jalan (Sukirman, 2003).

Kadar aspal yang baik dalam suatu campuran aspal panas adalah kadar aspal yang memenuhi parameter *Marshall*, yaitu *Voids In Mix* (VIM), *Void In Material Aggregate* (VMA), *Void Filled With Bitumen* (VFB), *stabilitas*, *flow* dan *Marshall Quotien* (MQ). Kadar aspal yang terbaik dan memenuhi parameter *Marshall* disebut dengan Kadar Aspal Optimum (KAO). Kadar aspal optimum ini tertuang dalam dokumen *Job Mix Formula* (JMF) yang menjadi pedoman operator AMP untuk memproduksi campuran aspal panas sesuai dengan dokumen kontrak (Dirjen Bina Marga, 2014).

Hilangnya kadar aspal menjadi permasalahan bagi pelaksana pekerjaan, dimana kadar aspal yang di produksi berbeda dengan *Job Mix Formula*. Sehingga perlu dilakukan pengujian ekstraksi, sehingga dapat diketahui apakah kadar aspal dalam campuran sesuai dengan kadar aspal optimum yang telah direncanakan.

Terdapat dua metode yang sering digunakan dalam pengujian kadar aspal, yaitu *sentrifuge* dan *reflux*. Metode *sentrifuge* memisahkan campuran dengan cara mengaduk larutan dan benda uji secara mekanis dan waktu pengujian relatif lebih cepat. Pada metode *reflux* memisahkan campuran dengan cara penguapan pelarut dan membutuhkan waktu pengujian yang relatif lebih lama Metode *Sentrifuge* merupakan metode yang paling umum digunakan. Hal ini dikarenakan kemudahannya dalam cara

penggunaannya serta waktu yang dibutuhkan juga tergolong singkat. Namun ada sedikit kekurangan pada tingkat ketelitian hasil ekstraksi, dimana rata rata nilai kadar aspal hasil ekstraksi lebih jauh daripada kadar aspal asli. Sedangkan pada Metode *Reflux*, cara penggunaan sedikit rumit dan membutuhkan waktu ekstraksi yang tergolong lama, tetapi hasil ekstraksinya lebih mendekati kadar aspal sesungguhnya.

Berdasarkan penjelasan dari dua metode diatas, maka dalam penelitian ini digunakan alat *Reflux Extractor* untuk dibandingkan dengan alat *Marshall* guna mengetahui kesesuaian kadar aspal dalam campuran dengan kadar aspal yang telah direncanakan. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan aspal campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC).

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah yang akan dibahas sebagai berikut :

1. Bagaimana menghitung kadar aspal optimum pada pengujian *Marshall* secara teoritis?
2. Bagaimana menganalisa uji kadar aspal menggunakan alat *Reflux Extractor* dibandingkan dengan uji kadar aspal optimum secara teoritis?

C. Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui Menghitung kadar aspal optimum pada pengujian *Marshall* secara teoritis.
2. Menganalisa uji kadar aspal menggunakan alat *Reflux Extractor* dibandingkan dengan uji kadar aspal optimum secara teoritis.

D. Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil Penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan informasi bagi yang mendalami bidang transportasi khususnya pada perkerasan jalan raya

- Mengetahui akan pentingnya kualitas pengendalian mutu pekerjaan perkerasan lentur

E. Batasan Masalah

Untuk memperjelas analisis penelitian, dilakukan batasan masalah sebagai berikut :

- Pengujian sampel pada masing-masing metode berdasarkan SNI yang ada.
- Uji material dan uji ekstraksi dilakukan dengan menggunakan alat yang ada pada Laboratorium Transportasi Universitas Muhammadiyah Jember.
- Pengujian Marshall dilakukan di CV. *Air Mix* Indonesia AMP yang ada di desa Glagahwero Kecamatan Kalisat Kabupaten Jember.
- Material aspal cair diambil dari AMP Bumi Karya Utama Garahan, material CA, MA diambil dari PT. Majers AMP Arjasa, untuk material FA dan NS diambil dari PT. Sunan Muria AMP.
- Alat yang digunakan untuk pengujian yaitu *Marshall Test* dan *Refluks Ekstraktor*.
- Pembahasan hanya mencakup dari hasil pengujian yang sudah dilakukan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

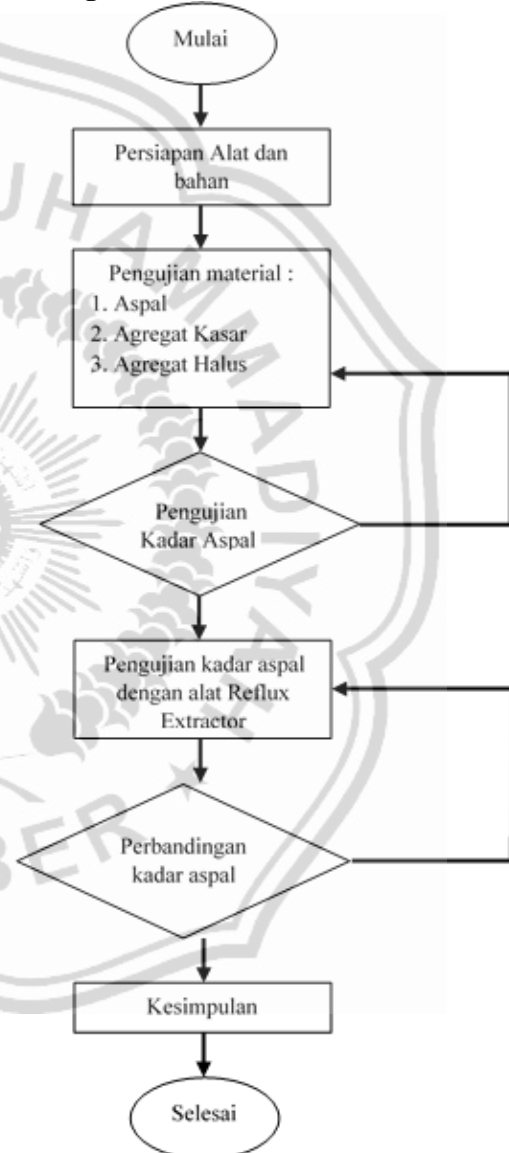
Pelaksanaan penelitian ini mulai dari pembuatan benda uji, perawatan, dan pengujian dilakukan di Laboratorium Transportasi Progam Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jember.

B. Langkah Kerja Penelitian

Diawali dengan Kegiatan mencari, mengumpulkan, dan mempelajari referensi yang mendukung penelitian, selanjutnya yaitu Pengambilan Material dan Data yang menunjang penelitian dari AMP yang ada di Kabupaten Jember, alat yang digunakan berasal dari Laboratorium Transportasi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jember. Yang digunakan untuk melakukan

Pengujian Material sehingga Rancangan Campuran (*Mix Design*) bisa ditentukan untuk menghasilkan Benda Uji sesuai JMF (*Job Mix Formula*) yang nantinya akan di uji kadar aspal optimumnya menggunakan Pengujian Marshall test dan alat *Reflux*. Hasil pengujian kemudian dianalisa dan dibahas untuk diambil Kesimpulan dan Saran

C. Bagan Alur Penelitian



A. Hasil Pengujian Material

Sebagai langkah awal dilakukan pengambilan material yang digunakan dalam penelitian ini, dimana material diambil dari beberapa AMP yang ada di kabupaten Jember. Yaitu untuk aspal cair diambil dari AMP Bumi Karya Utama yang berada di Garahan, Untuk CA dan MA diambil dari PT. Majers AMP yang berada di Arjasa, untuk FA dan Abu batu diambil dari PT. sunan Muria AMP yang berada di Kranjangan, dan untuk semen (*Filler*) yang digunakan adalah Semen Gresik.

1. Analisa Ayakan Agregat Kasar CA

Dari pengujian analisa ayakan pada agregat kasar CA didapatkan hasil seperti tabel berikut :

Tabel 1. Hasil Pengujian Analisa Ayakan Agregat kasar CA

NO. AYA KAN	Ukuran Saringan (mm)	Berat Masing" tertahan (gr)	Berat Jumlah Tertahan (gr)	Prosentase jml tertahan (%)	Prosentase jml lolos (%)
¾	19	0	0	0	100,00
½	12,5	0	0	0	100,00
3/8	9,5	699,5	699,5	69,95	30,05
4	4,75	278,5	978	97,8	2,20
8	2,36	1,5	979,5	97,95	2,05
16	1,18	0,2	979,7	97,97	2,03
30	0,6	0,5	980,2	98,02	1,98
50	0,3	1	981,2	98,12	1,88
100	0,15	2,5	983,7	98,37	1,63
200	0,075	4	987,7	98,77	1,23

(Sumber : Hasil Pengujian, 2023)

Dari hasil pengujian analisa ayakan agregat kasar CA mendapatkan nilai 100 % pada ayakan no. ¾, 100 % pada ayakan no. ½, 30,05 % pada ayakan no. 3/8, 2,20 % pada ayakan no. 4, 2,05 % pada ayakan no. 8, 2,03 % pada ayakan no. 16, 1,98 % pada ayakan no. 30, 1,88 % pada ayakan no. 50, 1,63 % pada ayakan no. 100, dan 1,23 % pada ayakan no. 200.

2. Analisa Ayakan Agregat Kasar MA

Dari hasil pengujian analisa ayakan agregat kasar MA didapatkan hasil seperti tabel berikut:

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Hasil Pengujian Analisa Ayakan Agregat Kasar MA

NO. AYA KAN	Ukuran Saringan (mm)	Berat Masing" tertahan (gr)	Berat Jumlah Tertahan (gr)	Prosentase jml tertahan (%)	Prosentase jml lolos (%)
¾	19	0	0	0	100
½	12,5	3,1	3,1	0,31	99,69
3/8	9,5	35,9	39	3,9	96,10
4	4,75	598,6	637,6	63,76	36,24
8	2,36	249,3	886,9	88,69	11,31
16	1,18	14,2	901,1	90,11	9,89
30	0,6	0	901,1	90,11	9,89
50	0,3	0	901,1	90,11	9,89
100	0,15	0	901,1	90,11	9,89
200	0,075	0	901,1	90,11	9,89

(Sumber : Hasil Pengujian, 2023)

Dari hasil pengujian analisa ayakan agregat kasar MA mendapatkan nilai 100 % pada ayakan no. ¾, 96,69 % pada ayakan no. ½, 96,10 % pada ayakan no. 3/8, 36,24 % pada ayakan no. 4, 11,31 % pada ayakan no. 8, 9,89 % pada ayakan no. 16, 9,89 % pada ayakan no. 30, 9,89 % pada ayakan no. 50, 9,89 % pada ayakan no. 100, dan 9,89 % pada ayakan no. 200.

3. Analisa Ayakan Agregat Halus FA

Dari hasil pengujian analisa ayakan agregat halus FA mendapatkan hasil seperti tabel berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian Analisa Ayakan Agregat Halus FA

NO. AYA KAN	Ukuran Saringan (mm)	Berat Masing" tertahan (gr)	Berat Jumlah Tertahan (gr)	Prosentase jml tertahan (%)	Prosentase jml lolos (%)
¾	19	0	0	0	100,00
½	12,5	0	0	0	100,00
3/8	9,5	2,7	2,7	0,54	99,46
4	4,75	15,7	18,4	3,68	96,32
8	2,36	78,6	97	19,4	80,60
16	1,18	118,5	215,5	43,1	56,90
30	0,6	89,3	304,8	60,96	39,04
50	0,3	58,9	363,7	72,74	27,26
100	0,15	66,6	430,3	86,06	13,94
200	0,075	40,3	470,6	94,12	5,88

(Sumber : Hasil Pengujian, 2023)

Dari hasil pengujian analisa ayakan agregat halus FA mendapatkan nilai 100 % pada ayakan no. ¾, 100 % pada ayakan no. ½, 99,46 % pada ayakan no. 3/8, 96,32 % pada ayakan no. 4, 80,60 % pada ayakan no. 8, 56,90 % pada ayakan no. 16, 39,04 % pada ayakan no. 30, 27,26 % pada ayakan no. 50, 13,94 % pada ayakan no. 100, dan 5,88 % pada ayakan no. 200.

4. Analisa Saringan Halus Abu Batu

Dari hasil pengujian analisa ayakan agregat halus abu batu mendapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Pengujian Analisa Ayakan Agregat Halus Abu Batu

NO. AYA KAN	Ukuran Saringan (mm)	Berat Masing" tertahan (gr)	Berat Jumlah Tertahan (gr)	Prosentase jml tertahan (%)	Prosentase jml lolos (%)
3/4	19	0	0	0	100,00
1/2	12,5	0	0	0	100,00
3/8	9,5	0	0	0	100,00
4	4,75	0	0	0	100,00
8	2,36	74,8	74,8	14,96	85,04
16	1,18	95,7	170,5	34,1	65,90
30	0,6	94,2	264,7	52,94	47,06
50	0,3	74	338,7	67,74	32,26
100	0,15	83,2	421,9	84,38	15,62
200	0,075	42,9	464,8	92,96	7,04

(Sumber : Hasil Pengujian, 2023)

Dari hasil pengujian analisa ayakan agregat halus abu batu mendapatkan nilai 100 % pada ayakan no. 3/4, 100 % pada ayakan no. 1/2, 100 % pada ayakan no. 3/8, 100 % pada ayakan no. 4, 85,04 % pada ayakan no. 8, 65,90 % pada ayakan no. 16, 47,06 % pada ayakan no. 30, 32,26 % pada ayakan no. 50, 15,62 % pada ayakan no. 100, dan 7,04 % pada ayakan no. 200.

5. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (CA dan MA)

Dari hasil pengujian berat jenis didapatkan hasil seperti tabel berikut :

Tabel 5. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar CA

Jenis Pengujian		Percobaan
Berat benda uji kering oven (Bk)	gram	998,0
Berat uji kering permukaan jenuh (Bj)	gram	1020,8
Berat benda uji dalam air (Ba)	gram	649,0
Berat Jenis (Bulk Spesific Gravity) = $Bk / Bj - Ba$		2,7
Berat Kering Permukaan Jenuh (Saturated Surface Dry) = $Bj / Bj - Ba$		2,7
Berat Jenis Semu (Aparent Spesific Gravity) = $Bk / Bk - Ba$		2,9
Penyerapan = $Bj - Bk / Bk \times 100\%$		2,3

(Sumber : Hasil Pengujian, 2023)

Tabel 6. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar MA

Jenis Pengujian		Percobaan
Berat benda uji kering oven (Bk)	gram	995,6
Berat uji kering permukaan jenuh (Bj)	gram	1018,0
Berat benda uji dalam air (Ba)	gram	582,0
Berat Jenis (Bulk Spesific Gravity) = $Bk / Bj - Ba$		2,3
Berat Kering Permukaan Jenuh (Saturated Surface Dry) = $Bj / Bj - Ba$		2,3
Berat Jenis Semu (Aparent Spesific Gravity) = $Bk / Bk - Ba$		2,4
Penyerapan = $Bj - Bk / Bk \times 100\%$		2,2

(Sumber : Hasil Pengujian, 2023)

a. Perhitungan hasil pengujian berat jenis

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan nilai berat jenis curah (*bulk specific gravity*) untuk agregat kasar yaitu 2,7 gram/cm³ dan 2,3 gram/cm³. Dan rata-rata berat jenis curah (*bulk specific gravity*) agregat kasar adalah sebesar 2,5 gram/cm³. Jadi untuk hasil pengujian berat jenis curah (*bulk spesific gravity*) sudah memenuhi persyaratan sesuai persyaratan SNI 03-1737-1989.

b. Perhitungan hasil pengujian berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Surface dry*)

Dari hasil pengujian didapatkan hasil 2,7 gram/cm³ dan 2,3 gram/cm³. Dan didapatkan rata-rata pada pengujian berat jenis kering permukaan agregat kasar yaitu 2,5 gram/cm³.

c. Perhitungan hasil pengujian berat jenis semu (*Apparevt Spesific Gravity*)

Dari pengujian berat jenis semu (*apparevt spesific gravity*) yang sudah dilakukan, didapatkan nilai 2,9 gram/cm³ dan 2,4 gram/cm³. Untuk nilai rata-rata dari pengujian berat jenis semu yaitu 2,65 gram/cm³.

d. Perhitungan hasil pengujian penyerapaan agregat terhadap air

Pada pengujian penyerapan (*absorbsi*) air terhadap agregat kasar didapatkan nilai sebesar 2,3 % dan 2,2 %. Nilai rata-rata penyerapan air agregat kasar yaitu sebesar 2,25 %. Jadi dari hasil pengujian yang telah dilakukan sudah memenuhi persyaratan sesuai persyaratan SNI 03-1737-1989.

6. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (FA dan NS)

Dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus mendapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 7. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus FA

Jenis Pengujian	Percobaan
Berat benda uji kering permukaan jenuh (S)(gram)	550,5
Berat picnometer + Air suling (Gram (B))	665,4
Berat picnometer + Benda uji SSD + Air (Gram (Bt))	988,5
Berat benda uji kering oven (Gram BK))	500,0
Berat Jenis (Bulk Specific Gravity) = $Bk/(B+500-Bt)$	2,8
Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) = $500/(B+500-Bt)$	2,8
Berat jenis semu (Apparent Specific Gravity) = $Bk/(B+Bk-Bt)$	2,8
Penyerapan (%) = $(500/Bk)/Bk*100\%$	0,20

(Sumber : Hasil Pengujian, 2023)

Tabel 8. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus Abu Batu

Jenis Pengujian	Percobaan
Berat benda uji kering permukaan jenuh (S)(gram)	559,8
Berat picnometer + Air suling (Gram (B))	660,8
Berat picnometer + Benda uji SSD + Air (Gram (Bt))	980,5
Berat benda uji kering oven (Gram (BK))	489,0
Berat Jenis (Bulk Specific Gravity) = $Bk/(B+500-Bt)$	2,7
Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) = $500/(B+500-Bt)$	2,8
Berat jenis semu (Apparent Specific Gravity) = $Bk/(B+Bk-Bt)$	2,9
Penyerapan (%) = $(500/Bk)/Bk*100\%$	0,21

(Sumber : Hasil Pengujian, 2023)

a. Hasil pengujian berat jenis (*Bulk Specific Gravity*)

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil 2,8 gram/cm³ dan 2,7 gram/cm³. Dan dari pengujian didapatkan nilai rata-rata berat jenis agregat halus sebesar 2,75gram/cm³.

b. Perhitungan hasil pengujian berat jenis curah kering permukaan

Pada pengujian berat jenis kering permukaan didapatkan nilai FA = 2,8 gram/cm³ dan NS = 2,8 gram/cm³. Nilai rata-rata dari hasil pengujian berat jenis kering permukaan adalah 2,8 gram/cm³.

c. Perhitungan hasil pengujian berat jenis semu

Setelah dilakukan pengujian didapatkan nilai berat jenis semu (*apparent*) agregat halus

Tabel 10. Gradasi Agregat Campuran

adalah 2,8 gram/cm³ dan 2,9 gram/cm³. Nilai rata-rata berat jenis semu (*apparent*) agregat halus sebesar 2,85 gram/cm³.

d. Perhitungan hasil pengujian penyerapan agregat halus terhadap air

Dari pengujian yang dilakukan didapatkan nilai penyerapan air agregat halus sebesar 0,20 % dan 0,21 %. Nilai penyerapan (*absorbsi*) agregat halus rata-rata adalah sebesar 0,20 %.

7. Keausan Agregat Kasar Dengan *Los Angeles Machine*

Dari hasil pengujian keausan (*abrasi*) agregat kasar *Los Angeles Machine* mendapatkan hasil seperti tabel berikut :

Tabel 9. Hasil Pengujian Keausan (Abrasi) Agregat Kasar

UKURAN SARINGAN	JUMLAH PUTARAN = 500 PUTARAN	
	BOLA BAJA = 11 BUAH	
TERTAHAN	SEBELUM PENGUJIAN (gr)	SETELAH PENGUJIAN (gr)
1/2"	2500	
3/8"	2500	
JUMLAH	5000	
DI SARING SARINGAN No. 12		
DEBU/KEAUSAN		1824,5
HASIL LOS ANGELES		3175,5
JUMLAH		5000
PERSEN KEAUSAN (%)		36,49%

(Sumber : Hasil Pengujian, 2023)

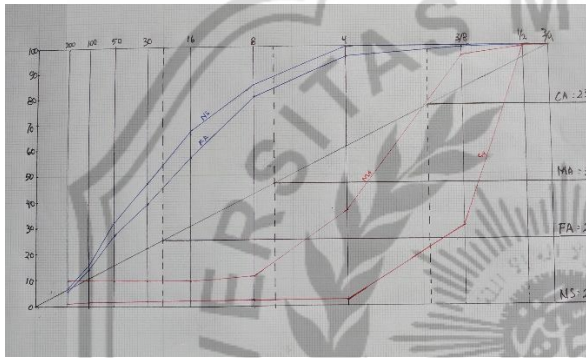
Dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 mensyaratkan keausan (*abrasi*) agregat kasar dengan *Los Angeles Machine* maksimal 40 %. Dari pengujian agregat kasar bergradasi B yang telah dilakukan mendapatkan nilai keausan agregat kasar sebesar 36,49%. Jadi nilai keausan (*abrasi*) agregat kasar memenuhi persyaratan.

B. Perhitungan Gradasi Agregat Campuran

Dari hasil pengolahan data pada setiap fraksi analisa saringan keseluruhan material yang di kombinasikan dengan nilai taksiran mendapatkan hasil seperti tabel di bawah ini :

ASTM Ukuran Saringan (inch)	ASTM Ukuran Saringan (mm)	GRADASI AGREGAT					GRADASI AGREGAT GABUNGAN					
		A	B	C	D	E	GRADASI AGREGAT CAMPURAN			LUAS PERMUKAAN AGREGAT CAMPURAN		
		CA	MA	FA	NS	FF	I + Filler	I Tanpa Filler	Gradasi Senjang WC	I		
3/4	19	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100	41,00		
1/2	12,5	100,00	99,69	100,00	100,00	100,00	99,90	99,90	90-100	40,96		
3/8	9,5	30,05	96,10	99,46	100,00	100,00	82,59	82,59	77-90	33,86		
NO.4	4,75	2,20	36,24	96,32	100,00	100,00	57,00	57,00	53-69	23,37		
NO. 8	2,36	2,05	11,31	80,60	85,04	100,00	42,36	42,21	33-53	34,61		
NO.16	1,18	2,03	9,89	56,90	65,90	100,00	32,39	32,05	21-40	51,92		
NO. 30	0,6	1,98	9,89	39,04	47,06	100,00	24,09	23,56	14-30	67,63		
NO.50	0,3	1,88	9,89	27,26	32,26	100,00	18,02	17,34	9-22	89,12		
NO.100	0,15	1,63	9,89	13,94	15,62	100,00	11,13	10,29	6-15	126,46		
NO. 200	0,075	1,23	9,89	5,88	7,04	98,78	7,27	6,36	4-9	208,26		
100%										717,19		
JUMLAH LUAS PERMUKAAN AGREGAT (M2/Kg)												
PERBANDINGAN	Z	CAMPURAN AGREGAT	CA	BP 10 - 15 mm	23%	23%						
			MA	BP 5 - 10 mm	31%	31%						
			FA	BP 0 - 5 mm	20%	20%						
			NS	PASIR	25%	25%						
			FF	FILLER	1%	1%						

(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2023)



Gambar 1. Grafik Komposisi
(Sumber : Hasil Pengujian, 2023)

Dari cara coba - coba diatas mendapat suatu komposisi gradasi campuran yang memenuhi spesifikasi. Dari hasil perhitungan campuran diatas diperoleh komposisi Fraksi CA 23%, Fraksi MA 31%, Fraksi FA 20%, Fraksi NS (abu batu) 25%, dan Filler 1%.

C. Kadar Aspal Optimum Rencana Benda Uji

Pada tahap kadar aspal optimum rencana ini digunakan untuk pengujian benda uji, hasil kadar aspal optimum rencana seperti tabel dibawah ini :

Tabel 11. Hasil Perhitungan KAO Rencana Benda Uji

PROPORSI AGREGAT (%)			PROPORSI CAMPURAN			VARIASI CAMPURAN AGREGAT									VARIASI KADAR ASPAL (AGREGATE STOCK PILE)																												
AGREGAT	DATA LAB		FCA	FF	FFA	Optimum Rencana	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI																					
	< #8	< #200				(%)	(%)																																				
						54%		57,64%								52,02%	54,44%	54,44%	54,44%	54,44%	54,44%	54,43%																					
						4%		3,83%								3,62%	3,62%	3,62%	3,62%	3,62%	3,62%	3,62%																					
						42%		38,52%								41,89%	41,88%	41,88%	41,88%	41,88%	41,88%	41,88%																					
JUMLAH	80,60	5,88				100%		100%																																			
COARSE AGREGAT	2,05%	1,23%	A			21,74%		23,00%								21,97%	21,85%	21,74%	21,62%	21,51%	21,39%																						
MEDIUM AGREGAT	11,31%	9,89%	B			29,30%		31,00%								29,61%	29,45%	29,30%	29,14%	28,99%	28,83%																						
FINE AGREGAT	80,60%	5,88%	C			18,90%		20,00%								19,10%	19,00%	18,90%	18,80%	18,70%	18,60%																						
Abu Batu	85,04%	7,04%	D			23,63%		25,00%								23,88%	23,75%	23,63%	23,50%	23,38%	23,25%																						
SEMEN	100%	89,78%	E			0,95%		1,00%								0,96%	0,95%	0,95%	0,94%	0,94%	0,93%																						
KADAR ASPAL	-	-																																									
KADAR ASPAL (%)		5,5%				6%		100%								4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%																						
RASIO			NS			1,00										100%	100%	100%	100%	100%	100%																						
			FA																																								
# Perkiraan awal kadar aspal rancangan (spesial teknik)																						-0,035 (% fraksi Ca) + 0,045 (% fraksi FA) + 0,18 (% filler) + konstanta																					
																						nilai konstanta untuk koston (AC) adalah 0,5 s/d 1,0																					
# dari gradasi agregat gabungan :																						Fraksi CA		57,64%								Fraksi FA		38,52%									
																						Filler		3,83%																			
# variasi kadar aspal adalah tiga kadar aspal di atas dan dua kadar aspal di bawah kadar aspal perkiraan yang sudah di bulatkan sampai 0,05 % terdekat																																											

(Sumber : Hasil Perhitungan, 2023)

Dari tabel diatas, dapat diambil nilai CA, FA, dan FF untuk menghitung rencana kadar

aspal optimum. Dari hasil perhitungan didapatkan hasil Pb 5,4% atau dibulatkan

sampai desimal 0,5 % terdekat menjadi 5,5%.

D. Kebutuhan Material Pada Setiap Kadar Aspal

Perhitungan berat kebutuhan material untuk setiap benda uji, dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 12. Kebutuhan Material Agregat

KADAR ASPAL	4,5 %	5,0 %	5,5 %	6,0 %	6,5 %	7,0 %	SATUAN
Coarse Agregat	263,58	262,20	260,82	259,44	258,06	256,68	Gram
Medium Agregat	355,26	353,40	351,54	349,68	347,82	345,96	Gram
Fine Agregat	229,20	228,00	226,80	225,60	224,40	223,20	Gram
Abu Batu	286,50	285,00	283,50	282,00	280,50	279,00	Gram
Semen	11,46	11,40	11,34	11,28	11,22	11,16	Gram

Kadar Aspal	54,00	60,00	66,00	72,00	78,00	84,00	Gram
	1200	1200	1200	1200	1200	1200	Gram

(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2023)

Dari hasil perhitungan pada tabel diatas, didapatkan berat kebutuhan material untuk bahan untuk satu buah benda uji. Dari berat benda uji tersebut akan dapat dilanjutkan pada tahap perencanaan Kadar Aspal Optimum.

E. Pengujian Campuran Aspal Dengan Metode Marshall Test

1. Hasil Pengujian Campuran Aspal Beda Uji

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai stabilitas dan *flow* seperti dibawah ini :

Tabel 13. Hasil Pengujian Marshall

Nomor benda uji	Kadar aspal (%)	Diameter (cm)	Ratarata (cm)	Tinggi (cm)	Ratarata (cm)	Ratarata (cm ³)	Angka korelasi	Berat kering (gr)	Ratarata (gr)	Berat jenuh (gr)	Ratarata (gr)	Berat dalam air (gr)	Ratarata (gr)	Hasil uji marshall				Angka korelasi
														Flow	Ratarata	Stabilitas	Ratarata	
1,1	4,5 %	10,10	10,10	6,80	6,70	545,02	0,93	1186,5	1187,00	1207,6	1210,36	680,4	679,95	327	339,67	125,00	118,33	45,10
1,2	4,5 %	10,10		6,60				1185,0		1205,1		678,2		358		132,00		
1,3	4,5 %	10,10		6,70				1189,5		1218,3		681,3		334		98,00		
2,1	5,0 %	10,10	10,10	6,60	6,67	528,99	0,96	1185,5	1186,50	1203,9	1208,74	683,8	681,69	385	352,67	140,00	121,67	45,11
2,2	5,0 %	10,10		6,70				1191,0		1215,3		681,9		362		112,00		
2,3	5,0 %	10,10		6,70				1183,0		1207,1		679,3		311		113,00		
3,1	5,5 %	10,10	10,10	6,70	6,70	537,01	0,93	1196,5	1193,17	1211,5	1213,96	686,1	678,47	335	376,33	110,00	97,00	45,18
3,2	5,5 %	10,10		6,70				1196,0		1218,4		678,7		417		90,00		
3,3	5,5 %	10,10		6,70				1187,0		1212,0		670,6		377		91,00		
4,1	6,0 %	10,10	10,10	6,50	6,70	520,98	1,00	1181,5	1191,00	1193,6	1206,44	677,5	681,85	351	337,67	117,00	100,67	45,12
4,2	6,0 %	10,10		6,90				1199,0		1213,5		686,0		302		91,00		
4,3	6,0 %	10,10		6,70				1192,5		1212,2		682,0		360		94,00		
5,1	6,5 %	10,10	10,10	6,80	6,77	545,02	0,93	1179,0	1192,50	1201,8	1207,78	667,0	678,36	328	337,33	72,00	101,00	45,12
5,2	6,5 %	10,10		6,70				1198,5		1209,4		683,0		326		108,00		
5,3	6,5 %	10,10		6,80				1200,0		1212,2		685,2		358		123,00		
6,1	7,0 %	10,10	10,10	6,50	6,63	520,98	1,00	1200,0	1194,83	1206,8	1203,72	685,6	676,91	426	374,67	119,00	105,33	45,12
6,2	7,0 %	10,10		6,70				1188,0		1200,6		670,5		383		87,00		
6,3	7,0 %	10,10		6,70				1196,5		1203,8		674,6		315		110,00		

(Sumber : Hasil Pengujian, 2023)

Dari hasil pengujian Marshall menunjukkan bahwa nilai stabilitas dan *flow* dari masing-masing kadar aspal menghasilkan nilai yang berbeda-beda.

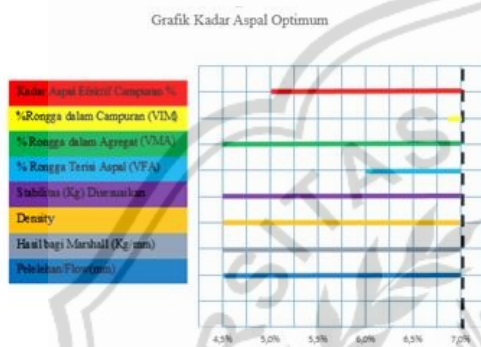
2. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall

Rekapitulasi hasil dari pengujian Marshall seperti tabel dibawah ini :

Tabel 14. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall

Kadar Aspal (%)	Kadar Aspal Efektif Campuran (%)	% Rongga dalam Campuran (VIM)	% Rongga Dalam Agregat (VMA)	% Rongga Terisi Aspal (VFA)	Stabilitas (Kg) Disesuaikan	% Rongga dalam Campuran pada kepadatan membal (Density)	Hasil bagi Marshall (kg/mm)	Pelelehan/Flow (mm)
4,5%	3,64%	9,25%	17,40%	46,83%	4963,66	2,24	1461,33	3,40
5,0%	4,15%	8,05%	17,39%	53,73%	5269,16	2,25	1494,09	3,53
5,5%	4,66%	8,33%	18,71%	55,48%	4075,45	2,23	1082,94	3,76
6,0%	5,17%	5,92%	17,66%	66,46%	4542,35	2,27	1345,22	3,38
6,5%	5,68%	6,00%	18,78%	68,08%	4238,34	2,25	1256,42	3,37
7,0%	6,19%	4,67%	18,70%	75,01%	4752,39	2,27	1268,43	3,75
SPEK	>4	3,00 - 5,00	Min. 15%	Min. 65%	Min. 800	Min. 2,00	Min. 250	2,00 - 4,00

(Sumber : Pengolahan Data, 2023)



Gambar 2. Grafik Kadar Aspal Optimum
(Sumber : Hasil Pengujian, 2023)

Dari tabel rekapitulasi hasil pengujian Marshall pada kondisi kadar aspal perkiraan menunjukkan bahwa nilai karakteristik dari masing-masing campuran aspal yang menggunakan kadar aspal dengan rentang 4,5% - 7,0% menghasilkan yang nilai berbeda-beda. Nilai tersebut memenuhi dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Dan pada grafik rekapitulasi hasil pengujian telah diketahui bahwa pada kadar aspal 4,5% - 7,0% nilai VMA, Stabilitas, Density, Hasil bagi marshall, dan flow memenuhi spesifikasi. Untuk nilai VFA hanya kadar aspal 6,0% - 7,0% yang memenuhi spesifikasi. Untuk nilai VIM hanya kadar aspal 7,0% yang memenuhi spesifikasi. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa kadar aspal 7,0% semua persyaratan terpenuhi.

F. Hasil Analisa Karakteristik Pengujian Marshall

Berdasarkan hasil dari pengujian marshall test didapatkan nilai karakteristik yang berbeda-beda. Analisa karakteristik

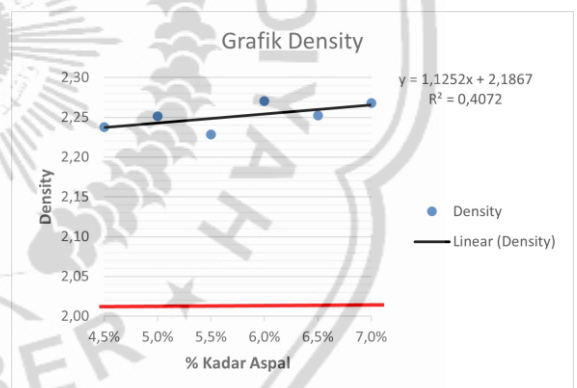
campuran lapis aspal beton (*Laston*) AC-WC dengan semen sebagai *Filler* pada kondisi kadar aspal optimum berdasarkan uji marshall.

1. Hubungan Kepadatan (*Density*) dengan Variasi Kadar Aspal

Tabel 15. Karakteristik Density

No.	Variasi Kadar Aspal (%)	Density (gr/cc)
1	4,5%	2,24
2	5,0%	2,25
3	5,5%	2,23
4	6,0%	2,27
5	6,5%	2,25
6	7,0%	2,27

(Sumber : Pengolahan Data, 2023)



Gambar 3. Grafik Hubungan Kepadatan (*Density*) dengan Variasi Kadar Aspal
(Sumber : Hasil Pengolahan)

Kepadatan (*density*) adalah perbandingan antara massa benda terhadap volumenya. Nilai kepadatan campuran lapis aspal beton (*Laston*) AC-WC ini dengan nilai kadar aspal yang berbeda.

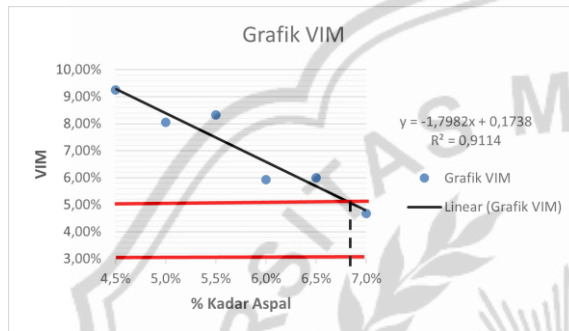
2. Hubunga VIM (*Void In Mixture*) dengan Variasi Kadar Aspal

VIM (*Void In Mixture*) adalah persentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan.

Tabel 16. Hasil Karakteristik VIM (*Void In Mixture*)

No.	Variasi Kadar Aspal (%)	Density (gr/cc)
1	4,5%	2,24
2	5,0%	2,25
3	5,5%	2,23
4	6,0%	2,27
5	6,5%	2,25
6	7,0%	2,27

(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2023)



Gambar 4. Grafik Hubungan VIM (*Void In Mix*) dengan Variasi Kadar Aspal

(Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2023)

Nilai VIM yang kecil atau lebih kecil dari 3% menyebabkan campuran akan bersifat kedap air dan akan mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan yang pada akhirnya akan mengalami kerusakan yaitu alur plastis dan gelombang. Dan sebaliknya jika nilai VIM yang besar atau lebih dari 5% akan mengakibatkan retak dini, pelepasan butir (*revelling*), dan pengelupasan (*stripping*).

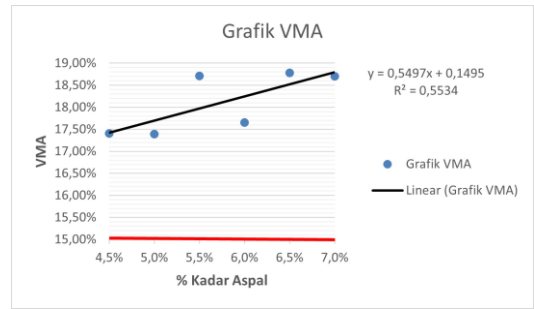
3. Hubungan VMA (*Void In Mineral Aggregate*) dengan Variasi Kadar Aspal

VMA (*Voids in Mineral Aggregate*) adalah jumlah kandungan rongga dalam campuran termasuk kadar aspal efektif dan dihitung terhadap volume total benda uji.

Tabel 17. Hasil Karakteristik VMA (*Void In Mineral Aggregate*).

No.	Variasi Kadar Aspal (%)	VMA (%)
1	4,5%	17,40%
2	5,0%	17,39%
3	5,5%	18,71%
4	6,0%	17,66%
5	6,5%	18,78%
6	7,0%	18,70%

(Sumber : Pengolahan Data, 2023)



Gambar 5. Grafik Hubungan VMA (*Void In Mineral Aggregate*) dengan Variasi Kadar Aspal

(Sumber : Pengolahan Data, 2023)

Nilai VMA yang terlalu kecil atau kurang dari 15% dapat menyebabkan lapisan aspal yang dapat menyelimuti agregat menjadi tipis dan mudah teroksidasi, dan sebaliknya akan menyebabkan *bleeding*.

4. Hubungan VFA (*Void Fillet With Asphalt*) dengan Variasi Kadar Aspal

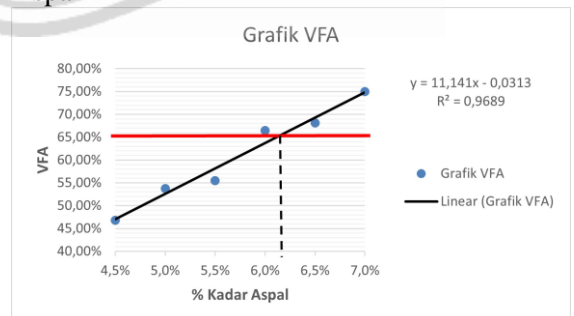
VFA (*Void Filled With Asphalt*) adalah volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal atau volume selimut aspal atau rongga terisi aspal.

Tabel 18. Hasil Karakteristik VFA (*Void Filled With Asphalt*)

No.	Variasi Kadar Aspal (%)	VFA (%)
1	4,5%	46,83%
2	5,0%	53,73%
3	5,5%	55,48%
4	6,0%	66,46%
5	6,5%	68,08%
6	7,0%	75,01%

(Sumber : Pengolahan Data, 2023)

Gambar 6. Grafik Hubungan VFA (*Void Filled With Asphalt*) dengan Variasi Kadar Aspal



(Sumber : Pengolahan Data, 2023)

Nilai VFA dipengaruhi oleh persentase kadar aspal, dan berat jenis, serta penyerapan agregat. Apabila nilai karakteristik VFA besar maka akan banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran aspal terhadap udara dan air menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan aspal yang berjumlah besar apabila menerima beban yang berat dan panas akan mencari rongga yang kosong. Jika rongga yang tersedia sedikit dan semua telah terisi, aspal akan naik kepermukaan yang kemudian terjadi *bleeding*.

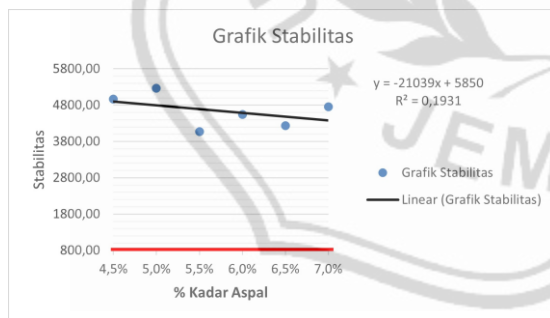
5. Hubungan Stabilitas Marshall dengan Variasi Kadar Aspal

Stabilitas adalah maksimum beban yang dapat ditahan oleh campuran beraspal hingga terjadi runtuh. Kemampuan saling mengunci antar agregat (*interlocking*) merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas tersebut, sehingga mengakibatkan ikatannya semakin kuat yang pada akhirnya akan meningkatkan nilai Stabilitas.

Tabel 19. Hasil Karakteristik Stabilitas

No.	Variasi Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)
1	4,5%	4963,66
2	5,0%	5269,16
3	5,5%	4075,45
4	6,0%	4542,35
5	6,5%	4238,34
6	7,0%	4752,39

(Sumber : Pengolahan Data, 2023)



Gambar 7. Grafik Hubungan Stabilitas Marshall dengan Variasi Kadar Aspal

(Sumber : Pengolahan Data, 2023)

6. Hubungan Flow dengan Variasi Kadar Aspal

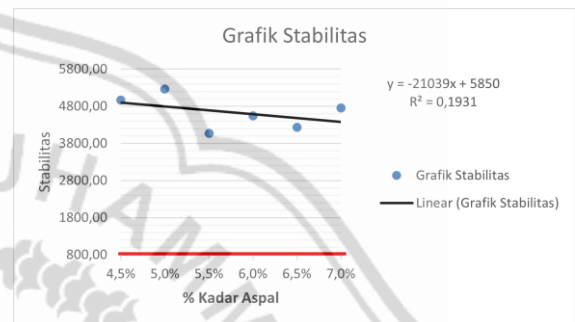
Flow atau kelelahan plastis merupakan besaran deformasi yang terjadi sebelum terjadi keruntuhan. Faktor-faktor yang menentukan tinggi rendahnya nilai kelelahan

(*flow*) antar lain komposisi agregat, berat jenis, dan penyerapan agregat serta kadar aspal dalam campuran.

Tabel 20. Hasil Karakteristik Flow

No.	Variasi Kadar Aspal (%)	Flow (mm)
1	4,5%	3,40
2	5,0%	3,53
3	5,5%	3,76
4	6,0%	3,38
5	6,5%	3,37
6	7,0%	3,75

(Sumber : Pengolahan Data, 2023)



Gambar 8. Grafik Hubungan Flow dengan Variasi Kadar Aspal

(Sumber : Pengolahan Data, 2023)

G. Pengujian Campuran Aspal Dengan Metode Reflux Extractor

Dari hasil pengujian ekstraksi campuran aspal menggunakan alat *Reflux Extractor* didapatkan nilai yang berbeda dengan JMF (*Job Mix Formula*).

Tabel 21. Hasil Pengujian Ekstraksi Menggunakan Alat Reflux Extractor

Uraian	Satuan	4,50 %	5,00 %	5,50 %	6,00 %	6,50 %	7,00 %
Rangka+kertas saring+benda uji	gr	834	837	834	837	837	834
Rangka+kertas saring	gr	334	337	334	337	337	334
Berat benda uji (W1)	gr	500	500	500	500	500	500
Berat benda uji (W1)	gr	500	500	500	500	500	500
Berat air (W2)	gr	0	0	0	0	0	0
Berat benda uji kering	gr	500	500	500	500	500	500
Rangka+kertas saring+agregat	gr	812	812	804	805,5	804	797
Rangka+kertas saring	gr	334	337	334	337	337	334
Berat agregat Hasil Ekstraksi (W3)	gr	478	475	470	468,5	467	463
Kertas saring+mineral	gr	5	5,4	7,5	5,5	5,5	5,38
Kertas saring	gr	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Berat mineral (W4)	gr	0,5	0,9	3	1	1	0,88
Berat agregat Hasil Ekstraksi (W3)	gr	478	475	470	468,5	467	463
Berat mineral (W4)	gr	0,5	0,9	3	1	1	0,88
Berat total agregat	gr	478,5	475,9	473	469,5	468	463,88
Berat benda uji kering	gr	500	500	500	500	500	500
Berat total agregat	gr	478,	475,	473	469,	468	463,

		5	9		5		88
Berat aspal	gr	21,5	24,1	27	30,5	32	36,1 2
Kadar aspal = $\frac{(W1-W2)-(W3+W4)}{(W1-W2)} \times 100\%$		4,30	4,82	5,40	6,10	6,40	7,22

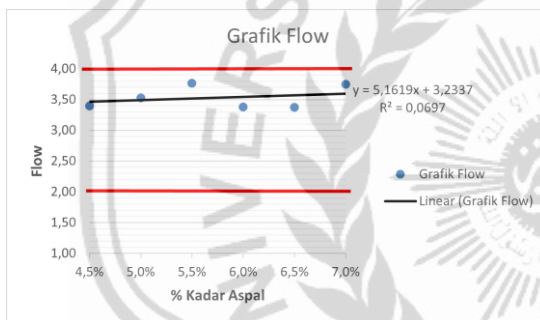
(Sumber : Hasil Pengujian, 2023)

Tabel 22. Perbedaan JMF dengan Hasil Uji Ekstraksi

N o.	Kadar Aspal JMF (%)	Hasil uji Refluks (%)	Selisih (%)	Toleransi Spek (%)	Keterangan
1	4,5	4,30	0,20	±0,3	Memenuhi
2	5,0	4,82	0,18	±0,3	Memenuhi
3	5,5	5,40	0,10	±0,3	Memenuhi
4	6,0	6,10	-0,10	±0,3	Memenuhi
5	6,5	6,40	0,10	±0,3	Memenuhi
6	7,0	7,22	-0,22	±0,3	Memenuhi

(Sumber : Hasil Pengujian, 2023)

Dari hasil diatas maka didapatkan gambar grafik sebagai berikut :



Gambar 9. Grafik Perbandingan Kadar Aspal JMF dengan Hasil Ekstaksi
(Sumber : Pengolahan Data, 2023)

Dari hasil uji ekstraksi diatas maka dapat diambil kesimpulan bahwa perbandingan kadar aspal mengalami penambahan pada kadar aspal 6,0% dan 7,0%, dan untuk kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,5% mengalami pengurangan. Selisih pada masing-masing kadar aspal yaitu selisih 0,20% untuk kadar aspal 4,5%, selisih 0,18% untuk kadar aspal 5,0%, selisih 0,10% untuk kadar aspal 5,5% dan 6,5%, selisih -0,10% untuk kadar aspal 6,0%, dan selisih -0,22% untuk kadar aspal 7,0%. Dalam hal ini hasil kadar aspal hasil pengujian ekstraksi dengan alat Refluks Ekstraktor masih memenuhi persyaratan untuk

nilai toleransi $\pm 0,3$ % berdasarkan Spesifikasi Umum 2018.

5. Penutup

A. Kesimpulan

1. Dari hasil perhitungan JMF didapat variasi kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,0% dengan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) 5,5%. Pada hasil pengujian Marshall telah diketahui bahwa pada kadar aspal 4,5% - 7,0% nilai VMA, Stabilitas, Density, Hasil bagi marshall, dan flow memenuhi spesifikasi. Untuk nilai kadar aspal efektif hanya kadar aspal 4,5% yang tidak memenuhi spesifikasi. Untuk nilai VFA hanya kadar aspal 6,0% - 7,0% yang memenuhi spesifikasi. Untuk nilai VIM hanya kadar aspal 7,0% yang memenuhi spesifikasi.

2. Pada pengujian ekstraksi kadar aspal dengan alat Refluks Ekstraktor didapatkan hasil pada kadar aspal 4,5% didapatkan nilai 4,30%, kadar aspal 5,0% didapatkan nilai 4,82%, kadar aspal 5,5% didapatkan nilai 5,40% kadar aspal 6,0% didapatkan nilai 6,10%, kadar aspal 6,5% didapatkan nilai 6,40%, dan kadar aspal 7,0% didapatkan nilai 7,22%. Dari hasil analisa pengujian tersebut didapatkan selisih hasil ekstraksi dengan kadar aspal JMF masih memenuhi spesifikasi dengan nilai toleransi $\pm 0,3$ % berdasarkan Spesifikasi Umum 2018.

B. Saran

1. Disarankan untuk lebih teliti dan hati – hati dalam hal pengujian material dan juga waktu pembuatan benda uji.
2. Perlu juga untuk penelitian dengan campuran bahan pengisi (Filler) yang berbeda.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrohman, Y., & Setyawan, A. (2017). Pembuatan Job Mix Formula Untuk Porus Aspal Dan Evaluasi Campuran Dari Penerapan Pada Jalan Lingkungan. 1296.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). *Spesifikasi Umum 2018*. Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 16/SE/Db/2020, Revisi 2, 6.1-6.104.

- Dwipayana, I. K. (2018). *PERBANDINGAN KADAR ASPAL HASIL EKSTRAKSI PADA CAMPURAN ASPAL AC-BC* (Studi Kasus: Simpang Semarapura–Watu Klotok).
- Hayati, N. N., Sulistyono, S., & Satryo, R. B. (2014). *Perbandingan Hasil Uji Ekstraksi Campuran AC-BC Menggunakan Metode Refluks Dan Metode Sentrifus*, 22–24.
- Kamba, C. (2013). *Pengaruh Penentuan Kadar Aspal Optimum terhadap Kualitas Desain Campuran Beraspal*. Proceeding Seminar Teknik Sipil UKI Paulus Makassar, August, 87–95.
- Kementrian Pekerjaan Umum. (2018). *Pedoman Spesifikasi Teknis Campuran Beraspal Dengan Asbuton*. Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952.
- Maulana, Y., Sukirman, S., & Zurni, R. (2015). *Studi Kadar Aspal Optimum Menggunakan Alat Marshall dan Alat Percentage Refusal Density*. Jurnal Itenas, 2(1), 1–10.
- Putri, L. D., Wiyono, S., & Puri, A. (2015). *Kajian Kadar Aspal Hasil Ekstraksi Penghamparan Dan Mix Design Pada Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (ACWC) Gradasi Halus*, 2, 978–979.
- RSNI M-01-2003. (2003). *Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall*. Pustran-Balitbang PU, 1–18.
- SNI 8279:2016 : *Metode Uji Kadar Aspal Campuran Beraspal Panas dengan Cara Ekstraksi Menggunakan Tabung Refluks Gelas*.
- RSNI M-05-2004 : *Cara Uji Ekstraksi Kadar Aspal dari Campuran Beraspal Menggunakan Tabung Refluk Gelas*.
- Tri, M. (2021). *Pengaruh Kapur Sebagai Filler Pada Karakteristik Campuran Aspal Beton (AC-WC)*, 1–8.
- Wirahaji, I. (2012). *Analisis kadar aspal optimum laston lapis aus pada ruas jalan simpang sakah-simpang blahbatuh (studi kasus paket pemeliharaan berkala jalan tahun anggaran 2011)*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, 16(2), 117–131.