

# TESIS

## KAJIAN PENGARUH VARIASI KADAR PASIR DALAM CAMPURAN AC-WC TERHADAP SIFAT MARSHALL

Diajukan Guna Melengkapi Syarat  
Dalam Mencapai Magister Teknik (M.T)



OLEH :

NAMA : ARON RUMAHORBO  
NOMOR MAHASISWA : 173121009  
BIDANG KAJIAN UTAMA : GEOTEKNIK & JALAN RAYA

PROGRAM MAGISTER (S2) TEKNIK SIPIL  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU  
2021

TESIS

**KAJIAN PENGARUH VARIASI KADAR PASIR DALAM  
CAMPURAN AC-WC TERHADAP SIFAT MARSHALL**

Yang dipersiapkan dan diajukan oleh :


**ARON RUMAHORBO**

**NPM. 173121009**

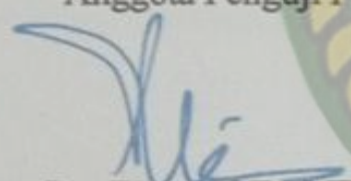
Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Pada tanggal 28 Desember 2021  
dan dinyatakan LULUS

**Dewan Penguji :**

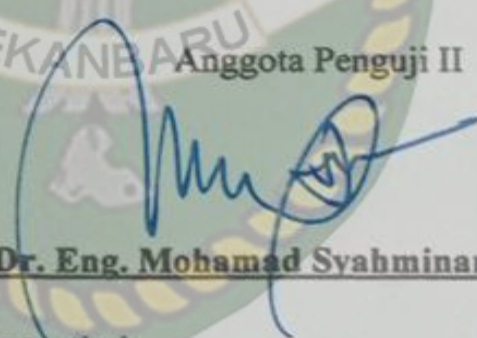
**Ketua Penguji**

  
**Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT**

**Anggota Penguji I**

  
**Dr. Elizar, ST., MT**

**Anggota Penguji II**

  
**Dr. Eng. Mohamad Syahminan, ST., MT**

Mengetahui

Direktur

**Program Pascasarjana Universitas Islam Riau**

  
**Prof. Dr. H. Yusri Munaf, SH., M.Hum**

LEMBAR PENGESAHAN

TESIS

KAJIAN PENGARUH VARIASI KADAR PASIR DALAM  
CAMPURAN AC-WC TERHADAP SIFAT MARSHALL

Yang dipersiapkan dan diajukan oleh :

UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
ARON RUMAHORBO  
NPM. 173121009

Telah disetujui oleh :

Pembimbing utama,

Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT

Tanggal : .....

Pembimbing Pendamping,

Dr. Elizar, ST. MT

Tanggal : .....

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
Untuk memperoleh gelar Magister Teknik

Tanggal : .....

Dr. Elizar, ST. MT

Ketua Prodi Magister Teknik Sipil

SURAT KEPUTUSAN DIREKTUR PASCASARJANA UNIVERSITAS ISLAM RIAU

NOMOR : 338 /KPTS/PPS/2022

TENTANG

PENUNJUKAN PEMBIMBING PENULISAN TESIS MAHASISWA  
PROGRAM MAGISTER (S2) TEKNIK SIPIL

DIREKTUR PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS ISLAM RIAU

1. Bahwa penulisan tesis merupakan tugas akhir dan salah satu syarat bagi mahasiswa dalam menyelesaikan studinya pada Program Magister (S2) Teknik Sipil PPS – UIR.
2. Bahwa dalam upaya meningkatkan mutu penulisan dan penyelesaian tesis, perlu ditunjuk pembimbing yang akan memberikan bimbingan kepada mahasiswa tersebut.
3. Bahwa nama – nama dosen yang ditetapkan sebagai pembimbing dalam Surat Keputusan ini dipandang mampu dan mempunyai kewenangan akademik dalam melakukan pembimbingan yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Direktur Program Pascasarjana Universitas Islam Riau.

1. Undang – Undang Nomor : 12 Tahun 2012 Tentang : Pendidikan Tinggi
2. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor : 8 Tahun 2012 Tentang Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia
3. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor : 37 Tahun 2009 Tentang Dosen
4. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor : 66 Tahun 2010 Tentang Pengelolaan dan Penyelenggaraan Pendidikan
5. Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor : 63 Tahun 2009 Tentang Sistem Penjamin Mutu Pendidikan
6. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor : 49 Tahun 2014 Tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi
7. Statuta Universitas Islam Riau Tahun 2018
8. Peraturan Universitas Islam Riau Tahun Nomor : 001 Tahun 2018 Tentang Ketentuan Akademik Bidang Pendidikan Universitas Islam Riau

**MEMUTUSKAN**

1. Menunjuk

No	Nama	Jabatan Fungsional	Bertugas Sebagai
1	Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT	Guru Besar	Pembimbing I
2	Dr. Elizar, S.T., M.T	Lektor	Pembimbing II

Untuk Penulisan Tesis Mahasiswa :

Nama : ARON RUMAHORBO

N.P.M : 173121009

Program Studi : MAGISTER TEKNIK SIPIL

Judul Proposal Tesis : KAJIAN PENGARUH VARIASI KADAR PASIR DALAM CAMPURAN AC-WC TERHADAP SIFAT MARSHALL

Tugas – tugas pembimbing adalah memberikan bimbingan kepada mahasiswa Program Magister (S2) Teknik Sipil dalam penulisan tesis.

Dalam pelaksanaan bimbingan supaya diperhatikan usul dan saran dari forum seminar proposal dan ketentuan penulisan tesis sesuai dengan Buku Pedoman Program Magister (S2) Teknik Sipil.

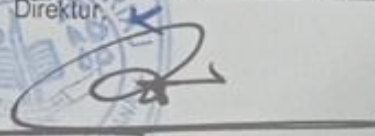
Kepada yang bersangkutan diberikan honorarium, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Riau.

Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan dengan ketentuan bila terdapat kekeliruan segera ditinjau kembali.

**KUTIPAN** : Disampaikan kepada yang bersangkutan untuk dapat diketahui dan diindahkan.

DITETAPKAN DI : PEKANBARU  
PADA TANGGAL : 04 April 2022

Direktur

  
Prof. Dr. H. Yusri Munaf, S.H., M.Hum  
NIP.195408081987011002

sampaikan kepada :

Rektor Universitas Islam Riau  
Program Magister (S2) Teknik Sipil PPS UIR



# PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS ISLAM RIAU

Jalan KH. Nasution No. 113 Gedung B Pascasarjana Universitas Islam Riau  
Marpoyan Damai, Pekanbaru, Riau

## SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

Nomor: 026/A-UIR/5-PPS/2022


Program Pascasarjana Universitas Islam Riau menerangkan:

Nama : ARON RUMAHORBO  
NPM : 173121009  
Program Studi : Magister Teknik Sipil

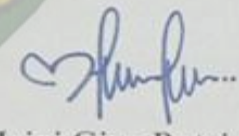
Telah melalui proses pemeriksaan kemiripan karya ilmiah (tesis) menggunakan aplikasi Turnitin pada tanggal 22 Februari 2022 dan dinyatakan memenuhi syarat batas maksimal tingkat kemiripan tidak melebihi 30 % (tiga puluh persen).

Demikian surat keterangan bebas plagiat ini dibuat sesuai dengan keadaan sebenarnya, agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui  
Ketua Prodi, Magister Teknik Sipil

  
Dr. Elizar, S.T., M.T.

Pekanbaru, 22 Februari 2022  
Staf Pemeriksa

  
Meini Giva Putri, S.Pd.

Lampiran :

- Turnitin Originality Report
- Arsip *meinigiva*

# Turnitin Originality Report

Processed on: 22-Feb-2022 10:48 WIB  
ID: 1768034254  
Word Count: 19800  
Submitted: 1

Similarity Index	Similarity by Source
26%	Internet Sources: 26%
	Publications: 9%
	Student Papers: 12%

KAJIAN PENGARUH VARIASI KADAR PASIR  
DALAM CAMPURAN AC-WC TERHADAP  
SIFAT MARSHALL By **Aron Rumahorbo**

3% match (Internet from 08-Feb-2015)

<http://ejournal.itp.ac.id/index.php/tsipil/article/download/174/172>

2% match (Internet from 11-Feb-2022)

<https://dspace.uil.ac.id/bitstream/handle/123456789/28921/15511195%20Sandy%20Pebrian%20Ramadhan.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

2% match ( )

**UTOMO, R. ANTARIKSO. "STUDI KOMPARASIPENGARUH GRADASI GABUNGAN DI LABORATORIUM DAN GRADASI HOT BIN ASPHALT MIXING PLANT CAMPURAN LASTON (AC-WEARING COURSE) TERHADAP KARAKTERISTIK UJI MARSHALL"**

2% match (Internet from 18-Jan-2022)

<https://jurnal.wastukanca.ac.id/index.php/teknicadok/article/download/139/97/>

2% match (Internet from 03-Nov-2018)

<http://www.summitama.com/Petunjuk%20Praktis%20SBMA.pdf>

1% match (Internet from 08-Feb-2015)

<http://ejournal.itp.ac.id/index.php/momentum/article/download/205/200>

1% match (Internet from 31-Jan-2022)

<https://123dok.com/document/gv193wgg-pemanfaatan-plastik-polivethylen-terephthalate-campuran-asphalt-concrete-material.html>

1% match (Internet from 08-Jan-2021)

<https://123dok.com/document/6zk0284y-pengaruh-gradasi-campuran-lapis-aspal-ditinjau-menggunakan-marshall.html>

1% match (Internet from 17-Nov-2020)

<https://123dok.com/document/6gm9p97y-pengaruh-pemadatan-parameter-marshall-campuran-treated-menurut-spesifikasi.html>

1% match (Internet from 21-Jan-2020)

<https://www.scribd.com/document/377059538/123dok-Studi-Perbandingan-Penggunaan-Retona-Blend-55-Dan-Aspal-PEN-60-2F70-Terhadap-Rancangan-Campuran>

1% match (Internet from 06-Jan-2020)

<https://www.scribd.com/document/386603551/6AB-II-pdf-pdf>

1% match (Internet from 21-Jan-2019)

<https://www.scribd.com/document/192805598/Contoh-Laporan-Fix-Bab-1-5>

1% match (Internet from 25-Aug-2021)

<https://text-id.123dok.com/document/eo0p10z-pengaruh-variabel-temperatur-pada-proses-pencampuran-terhadap-campuran-aspal-panas-asphalt-hotmix.html>

1% match (Internet from 15-Nov-2020)

<https://text-id.123dok.com/document/4yr157gg-perbandingan-kinerja-anti-stripping-agent-wetfix-be-dengan-derbo-401-un-2735-pada-ac-wc-yang-menggunakan-agregat-dari-patumbak-penelitian.html>

1% match (Internet from 16-Dec-2020)

<https://text-id.123dok.com/document/8vd7jx1y-kajian-karakteristik-campuran-aspal-beton-lapis-aus-ac-wc-menurut-spesifikasi-umum-bina-marga-edisi-2006-dan-2010.html>

1% match (Internet from 17-Nov-2020)

<http://eprints.itn.ac.id/2418/1/Untitled%2857%29.pdf>

1% match (Internet from 21-Feb-2022)

<https://docplayer.info/40551793-Vol-16-no-1-februari-2014-jurnal-momentum-issn-x.html>

1% match (Internet from 05-Jan-2020)

<https://pt.scribd.com/document/349252662/Skrip-Si>

1% match (student papers from 23-Mar-2020)

Submitted to Universitas Merdeka Malang on 2020-03-23

1% match (Internet from 29-Jul-2016)

<http://dokumen.tips/documents/bab-iv-analisa-dan-pembahasan-terhadap-basil-pengujian-material.html>

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mahasiswa Pascasarjana Universitas Islam Riau Program Magister Teknik Sipil peserta ujian konferehensif penelitian yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : ARON RUMAHORBO  
NPM : 173121009  
Program Studi : Magister Teknik Sipil  
Jenis Pendidikan : Strata Dua (S2)  
Judul Tesis : Kajian Pengaruh Variasi Kadar Pasir Dalam Campuran AC-WC Terhadap Sifat Marshall

Atas naskah yang di dapatkan pada ujian konferehensif ini beserta seluruh dokumentasi persyaratan yang melekat padanya dengan ini saya menyatakan :

1. Bahwa, Naskah tesis ini adalah benar hasil karya saya sendiri (tidak karya plagiat) yang saya tulis sesuai dan mengacuh kaidah - kaidah metode penelitian ilmiah dan penulisan karya ilmiah;
2. Bahwa, keseluruhan persyaratan adminitrasi, akademik dan keuangan yang melekat padanya benar telah saya penuhi sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan;
3. Bahwa, Apabila di kemudian hari ditemukan dan terbukti secara sah atau keseluruhan atas peryatan butir 1 dan butir 2 tersebut di atas, maka saya menyatakan bersedia menerima sanksi pembatalan hasil ujian konferehensif yang telah saya ikuti serta sanksi lainnya sesuai dengan ketentuan yang ada.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa tekanan daripihak manapun juga.

Pekanbaru,

Pelaku pernyataan,



ARON RUMAHORBO

## ABSTRACT

One type of road pavement that is often and widely implemented is flexible pavement. The strength of asphalt concrete is largely determined by the aggregate which provides great support for stability. Aggregate provides great support because it has the largest proportion in the asphalt concrete mixture, which is 90 – 95% of the weight of the mixture. Fine aggregate serves to fill and reduce the voids contained in the asphalt concrete mixture so that it plays a major role in the stability of asphalt concrete. Land sand as one of the natural materials available is very large in the Riau and surrounding areas and has an economic value that is relatively cheaper than rock ash.

The method used is laboratory testing with Marshall test equipment by making mixtures with variations in asphalt content of 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% and 6.5% and variations in sand content of 0%, 5% , 10%, 15% and 20%.

The results showed that the combined gradation of the AC-WC mixture with variations without the addition of sand (0%) and with the addition of 5% and 10% sand was within the limits of the combined gradation of the required specification mixture, while in the variation of the addition of sand 15% and 20% it was outside the specification limits. In planning the AC-WC mixture with Optimum Asphalt Content (KAO) it is known that marshall parameters such as stability, VIM, VMA, VFA, Flow, Marshall Quotient (MQ), Bulk Density (BD) with variations without the addition of sand (0%) and with the addition of 5% and 10% sand meets the specification requirements, while the addition of 15% sand does not meet the requirements at the VMA value of 14.5% which is below the required VMA value of 15%. From the Marshall parameter value at Optimum Asphalt Content (KAO) it can be concluded that with increasing sand content, the Stability and MQ values increase while asphalt content, VIM, VMA and Flow values decrease. The most optimum sand content that can be used for the AC-WC mixture is 10% and has the greatest technical stability value of 1,700 kg and flow of 3.05 mm.

**Keywords:** Sand content, Optimum asphalt content, Marshall parameters

## ABSTRAK

Salah satu jenis perkerasan jalan yang sering dan banyak dilaksanakan adalah perkerasan lentur (*flexible pavement*). Kekuatan beton aspal banyak ditentukan oleh agregat yang memberikan dukungan besar terhadap stabilitas. Agregat memberikan dukungan yang besar karena agregat memiliki proporsi terbesar dalam campuran beton aspal yaitu 90 – 95% dari berat campuran. Agregat halus berfungsi untuk mengisi dan mengurangi rongga-rongga yang terdapat dalam campuran beton aspal sehingga berperan besar dalam stabilitas beton aspal. Pasir darat sebagai salah satu bahan alam yang tersedia sangat besar di wilayah Riau dan sekitarnya dan mempunyai nilai ekonomi yang relatif lebih murah dibandingkan abu batu dapat dimanfaatkan sebagai salah satu bahan penyusun dalam campuran beton aspal (agregat halus). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kadar pasir pada uji *Marshall* pada campuran AC-WC terhadap karakteristik *Marshall* yaitu stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, *VIM*, *VFWA*, *VMA* dan *Bulk Density* dan kadar pasir yang paling optimum yang dapat digunakan pada campuran AC-WC.

Metode yang digunakan adalah pengujian laboratorium dengan alat uji *Marshall* dengan membuat campuran dengan variasi kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0% dan 6,5% serta variasi kadar pasir 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%.

Hasil penelitian diperoleh bahwa pada gradasi gabungan campuran AC-WC dengan variasi tanpa penambahan pasir (0%) dan dengan penambahan pasir 5% dan 10% berada di dalam batas gabungan gradasi campuran spesifikasi yang disyaratkan sedangkan pada variasi penambahan pasir 15% dan 20% berada di luar batas spesifikasi. Pada perencanaan campuran AC-WC dengan Kadar Aspal Optimum (KAO) diketahui bahwa parameter *Marshall* seperti *stability*, *VIM*, *VMA*, *VFA*, *Flow*, *Marhall Quotient (MQ)*, *Bulk Density (BD)* dengan variasi tanpa penambahan pasir (0%) dan dengan penambahan pasir 5% dan 10% memenuhi persyaratan spesifikasi sedangkan pada variasi penambahan pasir 15% tidak memenuhi persyaratan pada nilai *VMA* sebesar 14,5% yang berada di bawah nilai *VMA* yang disyaratkan yaitu 15%. Dari nilai parameter *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum (KAO) disimpulkan bahwa dengan bertambahnya kadar pasir menyebabkan nilai *Stability* dan *MQ* meningkat sedangkan kadar aspal, nilai *VIM*, *VMA* dan *Flow* menurun. Kadar pasir yang paling optimum yang dapat digunakan untuk campuran AC-WC adalah sebesar 10% dan memiliki nilai teknis *stability* yang paling besar yaitu 1.700 Kg dan *flow* 3,05 mm.

**Kata-kata Kunci** : Kadar pasir, Kadar aspal optimum, Parameter *Marshall*

## DAFTAR ISI

Lembar Judul .....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Surat Pernyataan Keaslian .....	iii
Ucapan Terimakasih .....	v
Kata Pengantar .....	vii
Daftar Isi .....	viii
Daftar Tabel .....	xi
Daftar Gambar .....	xiv
Abstract .....	xx
Abstrak .....	xxi
<b>BAB I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Penelitian .....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>

2.1. Penelitian-penelitian yang Pernah Dilakukan .....	5
2.2. Keaslian Penelitian .....	6
<b>BAB III. LANDASAN TEORI .....</b>	<b>8</b>
3.1. Lapisan Aspal Beton (Laston) .....	8
3.1.1 Jenis Lapis Aspal Beton (Laston) atau Asphalt Concrete (AC) .....	11
3.1.2 Sifat Volumetrik Campuran Beton Aspal Padat .....	12
3.2. Bahan Campuran Perkerasan Aspal .....	13
3.2.1 Agregat .....	14
3.3. Gradasi Agregat Campuran .....	18
3.4. Campuran Aspal Dengan Metode Marshall .....	21
3.4.1 Pengujian Material Agregat .....	21
3.4.2 Pengujian Material Aspal .....	21
3.4.3 Pembuatan Formula Campuran Rencana (FCR) .....	23
3.5. Parameter Pengujian Marshall .....	25
3.6. Dasar-dasar Perhitungan .....	28
3.7. Hipotesa .....	31
<b>BAB IV. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>32</b>
4.1. Waktu Penelitian .....	32
4.2. Lokasi Penelitian .....	32

4.3.	Bahan Penelitian .....	32
4.4	Peralatan Penelitian .....	33
4.5.	Tahapan Penelitian .....	35
<b>BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>38</b>
5.1	Hasil Pengujian Laboratorium .....	38
5.1.1	Hasil Pengujian Agregat .....	38
5.1.2	Hasil Komposisi Campuran Agregat .....	42
5.1.2.a	Hasil Komposisi Campuran Agregat Tanpa Pasir .....	42
5.1.2.b	Hasil Komposisi Campuran Agregat Dengan Penambahan Pasir 5% .....	57
5.1.2.c	Hasil Komposisi Campuran Agregat Dengan Penambahan Pasir 10% .....	72
5.1.2.d	Hasil Komposisi Campuran Agregat Dengan Penambahan Pasir 15% .....	86
5.1.2.e	Hasil Komposisi Campuran Agregat Dengan Penambahan Pasir 20% .....	99
5.1.3	Pembahasan Perbandingan Nilai Parameter Marshall AC-WC Tanpa Penambahan Pasir, AC-WC Dengan Penambahan Pasir 5%, 10% dan 15% .....	102
5.1.3.a	Perbandingan Nilai Marshall Pada Variasi	

Kadar Aspal ..... 102

5.1.3.b Perbandingan Nilai Marshall Pada Kadar Aspal

Optimum (KAO) ..... 109

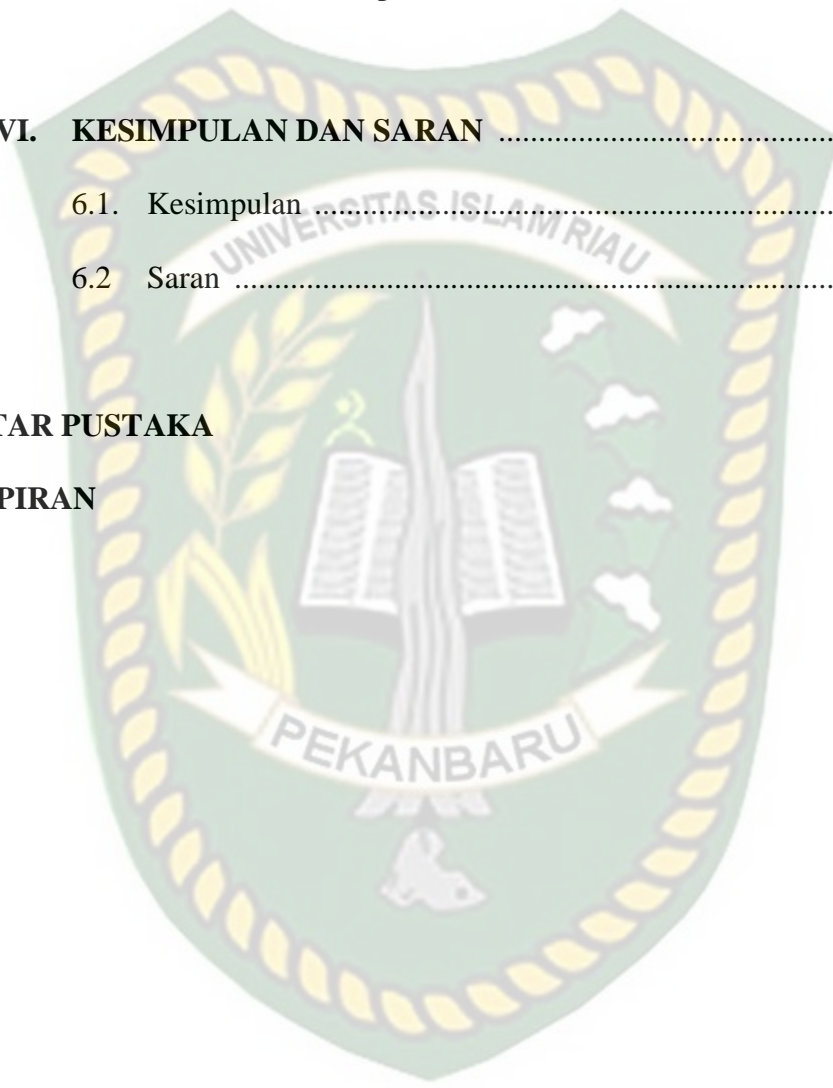
**BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN** ..... 112

6.1. Kesimpulan ..... 112

6.2. Saran ..... 113

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Ketentuan Agregat Kasar (Spesifikasi Bina Marga 2018 Rev. 2) .....	16
Tabel 3.2	Ukuran Material Agregat Kasar Penampung Dingin Untuk Campuran Beraspal (Spesifikasi Bina Marga 2018 Rev. 2) .....	17
Tabel 3.3	Ketentuan Agregat Kasar (Spesifikasi Bina Marga 2018 Rev. 2) .....	17
Tabel 3.4	Gradasi Agregat Campuran (Spesifikasi Bina Marga 2018 Rev. 2) ...	18
Tabel 3.5	Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC) (Spesifikasi Bina Marga 2018 Rev. 2) .....	19
Tabel 3.6	Ketentuan Viskositas & Temperatur Aspal Untuk Pencampuran dan Pematatan .....	20
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Sifat-Sifat Agregat Kasar .....	38
Tabel 5.2	Hasil Pemeriksaan Agregat Halus dan Agregat Kasar .....	39
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus (Pasir Plester / Pasir Pasang) .....	40
Tabel 5.4	Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat (Abu Batu) .....	41
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat (Medium) .....	41
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat (Coarse Agregat) .....	42
Tabel 5.7	Hasil Gabungan Gradasi Campuran Agregat Tanpa Penambahan Pasir Metode Analitis .....	43
Tabel 5.8	Hasil Pengujian Berat Jenis Gabungan Dari Campuran Tanpa Penambahan Pasir .....	45

Tabel 5.9 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal Pen 60/70 (Rabana Aspalindo) .	45
Tabel 5.10 Perhitungan Perkiraan Kadar Aspal Campuran dan Komposisi	
Agregat Tanpa Penambahan Pasir (Hasil Perhitungan) .....	47
Tabel 5.11 Hasil Pengujian Marshall Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC	
Tanpa Penambahan Pasir .....	57
Tabel 5.12 Hasil Gabungan Gradasi Campuran Agregat Dengan Penambahan	
Pasir 5% Metode Analitis .....	58
Tabel 5.13 Hasil Pengujian Berat Jenis Gabungan Dari Campuran Dengan	
Penambahan Pasir 5% .....	60
Tabel 5.14 Perhitungan Perkiraan Kadar Aspal Campuran dan Komposisi	
Agregat Dengan Penambahan Pasir 5% (Hasil Perhitungan) .....	61
Tabel 5.15 Hasil Pengujian Marshall Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC	
Dengan Penambahan Pasir 5% .....	71
Tabel 5.16 Hasil Gabungan Gradasi Campuran Agregat Dengan Penambahan	
Pasir 10% Metode Analitis .....	72
Tabel 5.17 Hasil Pengujian Berat Jenis Gabungan Dari Campuran Dengan	
Penambahan Pasir 10% .....	74
Tabel 5.18 Perhitungan Perkiraan Kadar Aspal Campuran dan Komposisi	
Agregat Dengan Penambahan Pasir 10% (Hasil Perhitungan) .....	75
Tabel 5.19 Hasil Pengujian Marshall Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC	
Dengan Penambahan Pasir 10% .....	85
Tabel 5.20 Hasil Gabungan Gradasi Campuran Agregat Dengan Penambahan	

Pasir 15% Metode Analitis .....	86
Tabel 5.21 Hasil Pengujian Berat Jenis Gabungan Dari Campuran Dengan Penambahan Pasir 15% .....	88
Tabel 5.22 Perhitungan Perkiraan Kadar Aspal Campuran dan Komposisi Agregat Dengan Penambahan Pasir 15% (Hasil Perhitungan) .....	89
Tabel 5.23 Hasil Pengujian Marshall Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 15% .....	99
Tabel 5.24 Hasil Gabungan Gradasi Campuran Agregat Dengan Penambahan Pasir 20% Metode Analitis .....	100
Tabel 5.25 Rangkuman Parameter Marshall Pada Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC Tanpa Penambahan Pasir , AC-WC dengan Penambahan Pasir 5%, 10% dan 15% .....	109

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	Alat Uji Marshall .....	34
Gambar 4.2	Bagan Alir Penelitian .....	37
Gambar 5.1	Kurva Gradasi Komposisi Campuran Agregat Tanpa Pasir .....	44
Gambar 5.2	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Stabilitas Marshall Campuran AC-WC Tanpa Penambahan Pasir .....	48
Gambar 5.3	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Rongga Dalam Campuran (VIM) AC-WC Tanpa Penambahan Pasir .....	49
Gambar 5.4	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Voids in Mineral Agregate (VMA) AC-WC Tanpa Penambahan Pasir .....	50
Gambar 5.5	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Kelelehan (flow) AC-WC Tanpa Penambahan Pasir .....	51
Gambar 5.6	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Hasil Bagi Marshall (Marshall Quotient) AC-WC Tanpa Penambahan Pasir .....	53
Gambar 5.7	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Rongga Terisi Aspal (VFA) AC-WC Tanpa Penambahan Pasir .....	54
Gambar 5.8	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Berat Jenis (Bulk Density) AC-WC Tanpa Penambahan Pasir .....	55
Gambar 5.9	Hasil Percobaan dan Pemilihan Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC Tanpa Penambahan Pasir .....	56

Gambar 5.10	Kurva Gradasi Komposisi Campuran Agregat Dengan Penambahan Pasir 5% .....	59
Gambar 5.11	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Stabilitas Marshall Campuran AC-WC Dengan Penambahan Pasir 5% .....	62
Gambar 5.12	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Rongga Dalam Campuran (VIM) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 5% .....	63
Gambar 5.13	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Voids in Mineral Agregate (VMA) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 5% .....	64
Gambar 5.14	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Kelelehan (flow) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 5% .....	65
Gambar 5.15	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Hasil Bagi Marshall (Marshall Quotient) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 5% ...	66
Gambar 5.16	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Rongga Terisi Aspal (VFA) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 5% .....	67
Gambar 5.17	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Berat Jenis (Bulk Density) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 5% .....	69
Gambar 5.18	Hasil Percobaan dan Pemilihan Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 5% .....	70
Gambar 5.19	Kurva Gradasi Komposisi Campuran Agregat Dengan Penambahan Pasir 10% .....	73
Gambar 5.20	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Stabilitas Marshall	

	Campuran AC-WC Dengan Penambahan Pasir 10% .....	76
Gambar 5.21	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Rongga Dalam Campuran (VIM) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 10% .....	77
Gambar 5.22	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Voids in Mineral Agregate (VMA) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 10% .....	78
Gambar 5.23	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Kelelehan (flow) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 10% .....	79
Gambar 5.24	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Hasil Bagi Marshall (Marshall Quotient) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 10% .	81
Gambar 5.25	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Rongga Terisi Aspal (VFA) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 10% .....	82
Gambar 5.26	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Berat Jenis (Bulk Density) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 10% .....	83
Gambar 5.27	Hasil Percobaan dan Pemilihan Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 10% .....	84
Gambar 5.28	Kurva Gradasi Komposisi Campuran Agregat Dengan Penambahan Pasir 15% .....	87
Gambar 5.29	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Stabilitas Marshall Campuran AC-WC Dengan Penambahan Pasir 15% .....	90
Gambar 5.30	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Rongga Dalam Campuran (VIM) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 15% .....	91
Gambar 5.31	Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Voids in Mineral Agregate	

(VMA) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 15% ..... 92

Gambar 5.32 Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Kelelahan (flow)

AC-WC Dengan Penambahan Pasir 15% ..... 93

Gambar 5.33 Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Hasil Bagi Marshall

(Marshall Quotient) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 15% . 94

Gambar 5.34 Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Rongga Terisi Aspal

(VFA) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 15% ..... 95

Gambar 5.35 Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Berat Jenis

(Bulk Density) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 15% ..... 97

Gambar 5.36 Hasil Percobaan dan Pemilihan Kadar Aspal Optimum (KAO)

AC-WC Dengan Penambahan Pasir 15% ..... 98

Gambar 5.37 Kurva Gradasi Komposisi Campuran Agregat Dengan Penambahan

Pasir 20% ..... 101

Gambar 5.38 Perbandingan Nilai Stability AC-WC Tanpa Penambahan Pasir,

AC-WC Dengan Penambahan Pasir 5%, 10% dan 15% ..... 102

Gambar 5.39 Perbandingan Nilai VIM AC-WC Tanpa Penambahan Pasir,

AC-WC Dengan Penambahan Pasir 5%, 10% dan 15% ..... 103

Gambar 5.40 Perbandingan Nilai VMA AC-WC Tanpa Penambahan Pasir,

AC-WC Dengan Penambahan Pasir 5%, 10% dan 15% ..... 104

Gambar 5.41 Perbandingan Nilai VFA AC-WC Tanpa Penambahan Pasir,

AC-WC Dengan Penambahan Pasir 5%, 10% dan 15% ..... 105

Gambar 5.42 Perbandingan Nilai Flow AC-WC Tanpa Penambahan Pasir,

AC-WC Dengan Penambahan Pasir 5%, 10% dan 15% ..... 106

Gambar 5.43 Perbandingan Nilai Marshall Quotient AC-WC Tanpa Penambahan

Pasir, AC-WC Dengan Penambahan Pasir 5%, 10% dan 15% .... 107

Gambar 5.44 Perbandingan Nilai Bulk Density AC-WC Tanpa Penambahan

Pasir, AC-WC Dengan Penambahan Pasir 5%, 10% dan 15% .... 108



## LAMPIRAN

- LAMPIRAN A : LAPORAN HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM AGREGAT
- LAMPIRAN B : CERTIFICATE OFF QUALITY SHELL BITUMEN 60/70 PT. RABANA ASPALINDO
- LAMPIRAN C : HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM CAMPURAN AC-WC TANPA PASIR, DENGAN PENAMBAHAN PASIR 5%, 10%, 15% DAN 20%
- LAMPIRAN D : FOTO DOKUMENTASI



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangunan konstruksi jalan di propinsi Riau khususnya dalam waktu 10 tahun terakhir ini terus meningkat. Hal ini dikarenakan tuntutan akan sarana transportasi yang terus meningkat. Di samping itu juga alokasi anggaran baik yang bersumber dari APBD dan APBN yang sangat besar untuk pembangunan-pembangunan yang dilaksanakan di propinsi Riau.

Salah satu jenis perkerasan jalan yang sering dan banyak dilaksanakan adalah perkerasan lentur (*flexible pavement*) dimana perkerasan ini menggunakan campuran beraspal sebagai lapis permukaan dan bahan berbutir sebagai lapisan di bawahnya. Kualitas jalan yang baik sangat dipengaruhi oleh kualitas bahan yang memenuhi persyaratan spesifikasi. Faktor lain yang menentukan juga pembuatan campuran beton aspal serta pelaksanaan penghamparan dan pemadatan di lapangan.

Struktur aspal beton terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal yang biasa dikerjakan secara campuran aspal panas (*hotmix*). Kekuatan beton aspal banyak ditentukan oleh agregat yang memberikan dukungan besar terhadap stabilitas. Agregat memberikan dukungan yang besar karena agregat memiliki proporsi terbesar dalam campuran beton aspal yaitu 90 – 95% dari berat campuran. Sedangkan bahan perekat dengan kadar aspal yang tinggi akan meningkatkan durabilitas tetapi tidak demikian dengan stabilitas. Untuk

mendapatkan hasil yang optimum maka diperlukan kadar aspal optimum sebagai dasar perencanaan campuran.

Agregat halus berfungsi untuk mengisi dan mengurangi rongga-rongga yang terdapat dalam campuran beton aspal sehingga berperan besar dalam stabilitas beton aspal. Pasir pasang atau pasir darat sebagai salah satu bahan alam yang tersedia sangat besar di wilayah Riau dan sekitarnya dengan sifat-sifat fisiknya yang lebih baik dari pasir laut seperti teksturnya sangat kasar dan ukuran partikel yang lebih besar serta mempunyai nilai ekonomi yang relatif lebih murah dibandingkan abu batu dapat dimanfaatkan sebagai salah satu bahan penyusun dalam campuran beton aspal (agregat halus) .

Dalam studi ini akan diteliti variasi kadar pasir dalam campuran beton aspal AC-WC terhadap sifat *Marshall*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi kadar pasir yang digunakan dalam campuran beton aspal AC-WC terhadap karakteristik *Marshall* yaitu stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, *VIM*, *VFWA*, *VMA* dan *density*.
2. Bagaimana kadar pasir yang paling optimum yang dapat digunakan dalam campuran beton aspal AC-WC

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maksud dan tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui berapa besar pengaruh variasi kadar pasir dalam campuran beton aspal terhadap nilai stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, *VIM*, *VFWA*, *VMA* dan *density*.
2. Mengetahui berapa besar kadar pasir yang paling optimum yang dapat digunakan dalam campuran beton aspal AC-WC.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

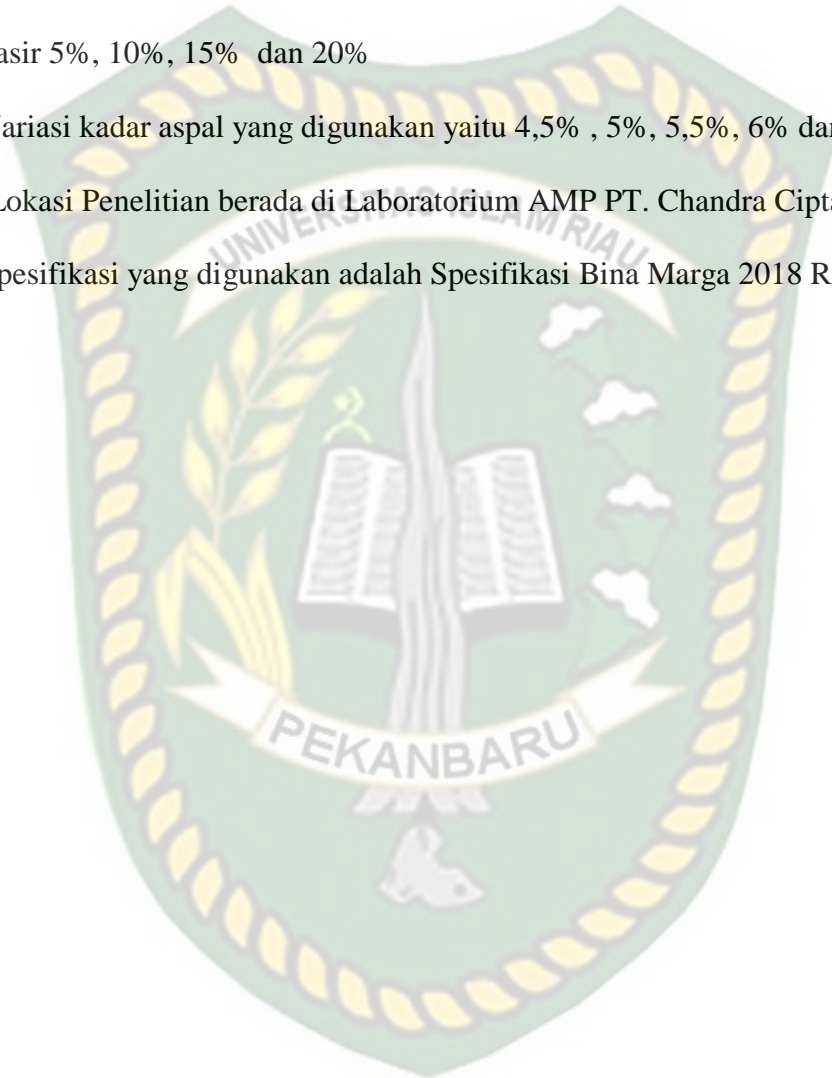
1. Dapat mengetahui pengaruh kadar pasir yang paling optimum yang dapat digunakan dalam perencanaan campuran beton aspal AC-WC.
2. Dapat menjadi referensi ilmu pengetahuan dalam bidang perkerasan jalan lentur terutama pelaksanaan konstruksi jalan di Propinsi Riau.

#### **1.5 Batasan Penelitian**

Mengingat luasnya permasalahan dalam suatu penelitian, baik itu tentang pengujian maupun bahan yang dipergunakan dan agar penelitian ini lebih terarah maka penelitian ini dibatasi sebagai berikut :

1. Pasir yang digunakan adalah pasir darat setempat hasil penggalian dan pencucian dari quarry-quarry wilayah Duri Riau dan sekitarnya.
2. Agregat kasar dan agregat halus (abu batu) yang digunakan berasal dari Pangkalan Propinsi Sumatra Barat.

3. Aspal yang digunakan Pen 60/70 dan hasil pemeriksaan aspal menggunakan data sekunder yaitu data dari distributor aspal.
4. Variasi kadar pasir yang digunakan yaitu tanpa pasir dan dengan penambahan pasir 5%, 10%, 15% dan 20%
5. Variasi kadar aspal yang digunakan yaitu 4,5% , 5%, 5,5%, 6% dan 6,5%
6. Lokasi Penelitian berada di Laboratorium AMP PT. Chandra Cipta Sarana.
7. Spesifikasi yang digunakan adalah Spesifikasi Bina Marga 2018 Rev. 2



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penelitian ini, dilakukan studi pustaka yang berkaitan dengan judul yaitu teori-teori mengenai perencanaan campuran beton aspal dan juga terhadap penelitian-penelitian yang pernah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya. Hal ini diperlukan guna untuk lebih memfokuskan rumusan masalah dan untuk pembahasan selanjutnya.

#### 2.1 Penelitian yang Pernah Dilakukan

Ramadhan (2020) telah melakukan penelitian pengaruh penggunaan pasir pantai panjang sebagai pengganti agregat halus terhadap karakteristik *AC-BC*. Penelitian ini menggunakan variasi substitusi pasir Pantai Panjang yaitu 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pasir Pantai Pasir Panjang pada variasi 0% sampai 75% dapat digunakan sebagai pengganti dalam campuran *AC-BC* walaupun hasilnya semakin menurun dari agregat halus Clereng. Hasil pengujian *Marshall* menunjukkan bahwa kemampuan campuran semakin menurun dan kelenturan pada campuran semakin bertambah yang dapat dilihat dengan substitusi pasir pantai 0% sampai 100%..

Ramadhan dan Suparma (2018) telah melakukan penelitian pengaruh penggunaan pasir kuarsa pada laston *AC-WC* sebagai pengganti agregat halus. Penelitian tersebut memakai 5 variasi dari pasir kuarsa dari hasil penelitian tersebut stabilitas campuran memenuhi spesifikasi yaitu lebih dari 800 Kg.

Refi (2015) telah melakukan studi efek pemakaian pasir laut sebagai agregat halus pada campuran aspal panas *AC-BC* dengan pengujian *Marshall*. Berdasarkan hasil penelitian, kadar optimum aspal pada pemakaian pasir sungai sebagai agregat halus yang digunakan dalam campuran beton aspal sebesar 7,5%, sedangkan pasir pantai sebesar 6,25%. Dilihat dari karakteristik nilai *marshall* dan kadar aspal optimum, kedua agregat tersebut memenuhi spesifikasi Bina Marga dan agregat halus pasir laut dapat digunakan untuk baan campuran aspal panas lapisan *AC-BC*.

Arifiardi dkk (2016) telah melakukan penelitian analisis pengaruh penggunaan pasir Pantai Carita sebagai campuran agregat halus pada lapis permukaan aspal beton terhadap persyaratan parameter *Marshall*. Pada penggunaan campuran 50% pasir pantai dan 50% pasir gunung memenuhi parameter *Marshall* pada perkerasan *AC-WC*. Pada penggunaan campuran 100% pasir pantai memenuhi persyaratan *flow*, *VMA*, *VFB* dan *VIM*. Namun pada *MQ* dan stabilitas tidak memenuhi syarat, sehingga tidak dapat digunakan sebagai substitusi keseluruhan sebagai agregat halus pada perkerasan *AC-WC*.

Zakaria dan Fauziah (2012) telah melakukan penelitian optimasi penggunaan pasir Bengawan Solo sebagai agregat halus pada campuran *AC-BC*. Penelitian tersebut memakai 5 variasi dari pasir Bengawan Solo. Hasil penelitian tersebut, nilai stabilitas memenuhi spesifikasi Bina Marga (2010).

## 2.2. Keaslian Penelitian

Berbeda dengan penelitian di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik *Marshall* laston lapis aus (*AC-WC*) menggunakan variasi kadar pasir 5%, 10%, 15% dan 20% dengan menggunakan material Pangkalan dan pasir setempat dengan berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2018 (revisi 2) dan untuk mengetahui berapa kadar pasir optimum yang dapat digunakan dalam campuran laston lapis aus (*AC-WC*).



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1. Lapisan Aspal Beton (Laston)

Lapis aspal beton adalah lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus (*well graded*) dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan *filler*, sedangkan aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat untuk lapis aspal beton harus terdiri dari salah satu aspal keras penetrasi 40/50, 60/70 dan 80/100 yang seragam, tidak mengandung air bila dipanaskan sampai suhu 175°C tidak berbusa dan memenuhi persyaratan sesuai dengan yang ditetapkan (Sukirman, 2016)

Perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis bertujuan untuk menerima beban kendaraan yang melaluinya dan meneruskan ke lapisan di bawahnya. Biasanya material yang digunakan pada lapisan-lapisan perkerasan jalan semakin ke bawah akan semakin berkurang kualitasnya. Karena lapisan yang berada di bawah lebih sedikit menahan beban, atau menahan beban lebih ringan (Sukirman, 2016).

Di Indonesia, aspal beton (*Asphalt Concrete* atau *AC*) yang disebut juga dengan Laston (Lapisan Aspal Beton) merupakan lapis permukaan struktural atau lapis pondasi atas. Aspal beton terdiri dari tiga macam lapisan, yaitu Laston Lapis Aus (*Asphalt Concrete-Wearing Course* atau *AC-WC*), Laston Lapis Permukaan Antara (*Asphalt Concrete - Binder Course* atau *AC-BC*) dan Laston Lapis Pondasi (*Asphalt Concrete- Base* atau *AC-Base*) (Sukirman, 2016).

*Asphalt Concrete -Wearing Course (AC-WC)* merupakan lapisan perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus. Walaupun bersifat non struktural, AC-WC dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan. AC-WC mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya.

Menurut Sukirman (2003), menjelaskan bahwa lapis aspal beton (Laston) digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Adapun karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran aspal beton campuran panas yaitu sebagai berikut :

1. Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur atau *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas setingkat dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan sebagian besar merupakan kendaraan berat menuntut stabilitas yang lebih besar dibandingkan dengan jalan dengan volume lalu lintas yang hanya terdiri dari kendaraan penumpang saja. Kestabilan yang terlalu tinggi akan menyebabkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat mengalami retak, disamping itu karena volume antar agregat akan berkurang, yang akan menyebabkan kadar aspal yang dibutuhkan pun rendah.
2. Durabilitas (keawetan / daya tahan), diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air

dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan kendaraan. Faktor-faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton adalah :

- a. Proses penuaan pada aspal yang dapat menyebabkan aspal akan menjadi lebih keras akibat pengaruh oksidasi dengan proses penguapan yang berakibat akan menurunnya daya lekat dan kekenyalan aspal.
  - b. Pengaruh air yang menyebabkan kerusakan atau kehilangan sifat daya lengket aspal dengan material agregat lainnya.
3. Kelenturan (fleksibilitas), pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan :
- a. Beban yang berlangsung lama yang berakibat terjadinya kelelahan pada lapis pondasi atau pada tanah dasar yang disebabkan oleh pembebanan sebelumnya.
  - b. Lendutan berulang yang disebabkan oleh waktu pembebanan lalu lintas yang berlangsung singkat.
4. Mudah dikerjakan (*Workability*), adalah campuran aspal agregat harus mudah dikerjakan saat penghamparan dan pemadatan untuk mencapai satuan berat jenis yang diinginkan tanpa mengalami kesulitan sampai mencapai tingkat kepadatan yang diinginkan dengan peralatan yang memungkinkan.
5. Tahan geser / kekesatan (*Skid Resistance*), yaitu kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga tidak mengalami slip baik diwaktu hujan atau basah

maupun diwaktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan dan ban kendaraan.

6. Ekonomis, adalah campuran harus menghasilkan jenis dan kombinasi bahan material sehingga mendapatkan suatu komposisi campuran dengan biaya yang paling murah namun sebesar mungkin memenuhi sifat-sifat yang diharapkan yakni mudah dalam pemeliharaan dan murah dalam pelayanan.
7. Kedap air yaitu campuran aspal agregat harus bersifat kedap air untuk melindungi lapisan perkerasan di bawahnya dari kerusakan yang disebabkan oleh air yang akan mengakibatkan campuran menjadi kehilangan kekuatan dan kemampuan untuk menahan beban lalu lintas.
8. Kekakuan (*Rigidity*), yaitu campuran aspal agregat harus memiliki modulus kekakuan yang tinggi sehingga mampu mendistribusikan tekanan akibat beban lalu lintas secara efektif.

### 3.1.1 Jenis Lapis Aspal Beton (Laston) atau *Asphalt Concrete (AC)*

Terdapat berbagai macam jenis beton aspal campuran panas yang digunakan untuk lapisan perkerasan jalan. Perbedaannya terletak pada jenis gradasi agregat dan kadar aspal yang digunakan. Pemilihan jenis beton aspal yang digunakan di suatu lokasi sangat ditentukan oleh fungsi beton aspal yang diharapkan, dan sifat beton aspal yang lebih diutamakan. Sebagai contoh, jika perkerasan jalan direncanakan akan digunakan untuk melayani lalu lintas kendaraan berat, maka sifat stabilitas lebih diutamakan. Ini berarti jenis beton aspal yang paling sesuai adalah beton aspal yang memiliki agregat campuran bergradasi baik. Pemilihan jenis beton aspal ini mempunyai konsekuensi rongga dalam campuran menjadi

sedikit, kadar aspal yang dapat dicampurkan juga berkurang, sehingga selimut aspal menjadi lebih tipis dan mudah retak. Berdasarkan Spesifikasi 2018 (revisi 2) Bina Marga, Laston terdiri dari 3 jenis yaitu :

1. Laston Lapis Aus (AC-WC), dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*). Ukuran agregat maksimum = 19 mm dan tebal nominal minimum AC-WC adalah 4 cm.
2. Laston Lapis Antara, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*). Ukuran agregat maksimum = 25,4 mm dan tebal nominal minimum AC-BC adalah 5 cm.
3. Laston Lapisan Pondasi, dikenal dengan nama AC-base (*Asphalt Concrete – Base*). Ukuran agregat maksimum = 37,5 mm dan tebal nominal minimum AC-Base adalah 6 cm.

### 3.1.2 Sifat Volumetrik Campuran Beton Aspal Padat

Beton aspal dibentuk dari agregat, aspal dan atau tanpa bahan tambahan, yang dicampur secara merata atau homogen di instalasi pencampur pada suhu tertentu. Campuran kemudian dihamparkan dan dipadatkan, sehingga terbentuk beton aspal padat. Secara analisis, dapat ditentukan sifat volumetrik dari beton aspal padat, baik yang dipadatkan di laboratorium, maupun di lapangan (Sukirman, 2016).

Parameter yang biasa digunakan adalah :

$V_{mb}$  = volume bulk beton aspal padat

*VMA* = volume rongga diantara butir agregat campuran, dalam beton aspal padat, termasuk yang terisi oleh aspal, (*Void in the Mineral Aggregate*)

*VIM* = volume rongga beton aspal padat (*Void In Mix*)

*VFA* = volume rongga beton aspal padat yang terisi oleh aspal (*Volume of voids Filled with Asphalt*)

Tebal film aspal atau tebal selimut aspal seringkali digunakan pula untuk menentukan karakteristik beton aspal.

*VIM* adalah volume rongga yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. *VIM* ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas, atau tempat jika aspal meleleh menjadi lunak akibat meningkatnya suhu udara. *VIM* yang terlalu besar akan mengakibatkan beton aspal padat berkurang kekedapannya, sehingga oksidasi aspal meningkat yang dapat mempercepat penuaan aspal dan menurunkan sifat durabilitas beton aspal. *VIM* yang terlalu kecil akan mengakibatkan perkerasan mengalami *bleeding* ketika suhu meningkat.

*VMA* adalah volume rongga didalam beton aspal padat jika seluruh selimut aspal dipadatkan. *VMA* akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal, atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka.

*VFA* adalah volume rongga antara agregat dari beton aspal padat yang terisi oleh aspal, disebut juga volume film atau selimut aspal.

### 3.2. Bahan Campuran Perkerasan Aspal

Bahan utama penyusun aspal beton (Laston) adalah campuran agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dengan bahan pengikat aspal dalam kondisi

suhu panas tinggi pada komposisi yang diteliti dan diatur oleh spesifikasi teknis. Jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC).

### 3.2.1 Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen (Djanasudirja.S, 1984). Agregat adalah bahan penyusun utama dalam perkerasan jalan, merupakan sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan (SNI, 1989). Agregat adalah kombinasi dari pasir, kerikil, batu pecah atau kombinasi material lain yang digunakan dalam campuran aspal beton. Pada perkerasan beton aspal yang dibuat melalui proses pencampuran panas, agregat mengisi 90-95% berat campuran atau 75-85% volume campuran. Oleh karena itu perlu diperhatikan dengan baik kualitas agregat yang akan dipakai, yaitu memperhatikan sifat-sifat dari agregat tersebut seperti gradasi dan ukuran butir, kebersihan, bentuk dan tekstur permukaan, kekuatan dan porositas. Langkah pertama sebelum dilakukan perancangan campuran adalah memilih fraksi agregat yang mungkin dapat dicampur. Seluruh sifat fisik agregat harus memenuhi persyaratan yang ada dalam spesifikasi pekerjaan. Sifat fisik seperti ketahanan dan kekerasan agregat, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis, dan daya lekat dengan aspal adalah sifat yang tidak dapat diubah atau diperbaiki, sedangkan sifat fisik seperti ukuran, bentuk dan gradasi masih dapat diperbaiki melalui proses tertentu. Diperlukan

pemeriksaan laboratorium mengenai mutu dari agregat itu sendiri. Dengan demikian agregat yang akan dipakai dalam penelitian dapat memenuhi sesuai dengan syarat yang ditentukan.

Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis, dan daya ikat aspal dengan agregat. Gradasi agregat menentukan besarnya rongga yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Agregat campuran yang terdiri dari agregat berukuran sama akan berongga banyak, karena tak terdapat agregat berukuran lebih kecil yang dapat mengisi rongga yang terjadi diantara butir yang lebih besar. Sebaliknya, jika campuran agregat terdistribusi dari agregat berukuran besar sampai kecil secara merata, maka rongga yang terjadi lebih sedikit. Hal ini disebabkan karena rongga yang terbentuk oleh susunan butir agregat berukuran besar, akan diisi oleh butir agregat berukuran lebih kecil. Berdasarkan ukuran butirnya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*). Batasan dari masing-masing agregat ini seringkali berbeda, sesuai institusi yang menentukannya.

Spesifikasi Umum 2018 (Revisi 2), mengelompokkan agregat menjadi 2 (dua) yaitu :

1. Agregat kasar, yaitu batuan yang tertahan pada saringan / ayakan 4,75 mm atau sama dengan saringan standar ASTM No. 4. Agregat kasar sangat penting

dalam membentuk kinerja karena stabilitas dari campuran diperoleh dari *interlocking* antar agregat. Ketentuan agregat kasar seperti pada Tabel 3.1 :

**Tabel 3.1** Ketentuan Agregat Kasar (Spesifikasi Bina Marga 2018 Rev.2)

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%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90 *)
	Lainnya		95/90 **)
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	SNI 8287: 2016 Perbandingan 1 : 5	Maks. 5%
	Lainnya		Maks. 10%
Material lolos Ayakan No.200		SNI ASTM C117: 2012	Maks. 1%

Catatan :

- \*) 100/90 menunjukkan bahwa menunjukkan bahwa 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih  
 \*\*) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

Tabel 3.1 menerangkan tentang syarat-syarat mengenai agregat kasar terutama kekekalan agregat, abrasi, kelekatan, butir pecah pada agregat kasar, partikel pipih dan lonjong dan material lolos ayakan no.200. Yaitu abrasi dengan mesin Los Angeles maksimum adalah 30% pada 500 putaran untuk campuran AC Modifikasi dan SMA dan maksimum 40 % pada 500 putaran untuk semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya, kelekatan agregat terhadap aspal minimum 95 %, angularitas agregat kasar 95/90 % artinya adalah dalam satu fraksi agregat harus tercapai minimum 95 % batu pecah dan dalam 95 % batu pecah tersebut harus 90 % batu pecah 2 sisi atau lebih. Partikel pipih dan lonjong maksimum 10 % dan material lolos ayakan no.200 maksimum 1 %.

Di samping itu juga ada persyaratan ukuran nominal agregat kasar penampung dingin untuk campuran beraspal, seperti ditunjukkan pada tabel 3.2 berikut

**Tabel 3.2** Ukuran Nominal Agregat Kasar Penampung Dingin Untuk Campuran Beraspal (Spesifikasi Bina Marga 2018 Rev.2)

Jenis Campuran	Ukuran nominal agregat kasar penampung dingin ( <i>cold bin</i> ) minimum yang diperlukan (mm)			
	5 - 8	8 - 11	11 - 16	16 - 22
<i>Stone Matrix Asphalt</i> - Tipis	Ya	Ya		
<i>Stone Matrix Asphalt</i> - Halus	Ya	Ya	Ya	
<i>Stone Matrix Asphalt</i> - Kasar	Ya	Ya	Ya	Ya
	5 - 10	10 - 14	14 - 22	22 - 30
Lataston Lapis Aus	Ya	Ya		
Lataston Lapis Fondasi	Ya	Ya		
Laston Lapis Aus	Ya	Ya		
Laston Lapis Antara	Ya	Ya	Ya	
Laston Lapis Fondasi	Ya	Ya	Ya	Ya

2. Agregat halus, yang berasal dari sumber bahan manapun yang terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan lolos pada saringan / ayakan 4,75 mm atau sama dengan saringan standar ASTM No. 4. Agregat halus berfungsi memberi stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari campuran melalui *interlocking* dan gesekan antar partikel. Pasir alam sesuai dengan spesifikasi 2018 (revisi 2) Bina Marga dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melebihi 15 % terhadap berat total campuran. Adapun ketentuan agregat halus seperti pada Tabel 3.3 :

**Tabel 3.3** Ketentuan Agregat Halus (Spesifikasi Bina Marga 2018 Rev. 2)

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 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%

### 3. Bahan pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) sesuai ketentuan atau persyaratan dalam spesifikasi 2018 (revisi 2) Bina Marga dapat berupa debu batu kapur (*limestone dust*), atau debu kapur padam atau debu kapur magnesium atau dolomit yang sesuai dengan AASHTO M303-89(2014), atau semen atau abu terbang tipe C dan F.

### 3.3 Gradasi Agregat Gabungan

Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, seperti ketentuan yang disyaratkan dalam spesifikasi 2018 (revisi 2) pada tabel 3.4 berikut :

**Tabel 3.4** Gradasi Agregat Gabungan (Spesifikasi Bina Marga 2018 Rev. 2)

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat							
		<i>Stone Matrix Asphalt (SMA)</i>			<i>Lataston (HRS)</i>		<i>Laston (AC)</i>		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	<i>Base</i>	WC	BC	<i>Base</i>
1½"	37,5								100
1"	25			100				100	90 - 100
¾"	19		100	90 - 100	100	100	100	90 - 100	76 - 90
½"	12,5	100	90 - 100	50 - 88	90 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
⅜"	9,5	70 - 95	50 - 80	25 - 60	75 - 85	65 - 90	77 - 90	66 - 82	52 - 71
No.4	4,75	30 - 50	20 - 35	20 - 28			53 - 69	46 - 64	35 - 54
No.8	2,36	20 - 30	16 - 24	16 - 24	50 - 72	35 - 55	33 - 53	30 - 49	23 - 41
No.16	1,18	14 - 21					21 - 40	18 - 38	13 - 30
No.30	0,600	12 - 18			35 - 60	15 - 35	14 - 30	12 - 28	10 - 22
No.50	0,300	10 - 15					9 - 22	7 - 20	6 - 15
No.100	0,150						6 - 15	5 - 13	4 - 10
No.200	0,075	8 - 12	8 - 11	8 - 11	6 - 10	2 - 9	4 - 9	4 - 8	3 - 7

**Tabel 3.5** Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC) (Spesifikasi Bina Marga 2018 Rev. 2)

Sifat-Sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Lapis Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 <sup>(3)</sup>
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6		
	Maks.	0,6		
Rongga dalam campuran (%) <sup>(4)</sup>	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800		1800 <sup>(3)</sup>
	Maks.	-		-
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C <sup>(5)</sup>	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal) <sup>(6)</sup>	Min.	2,0		

Tabel 3.5 adalah Ketentuan Sifat-sifat Campuran Beraspal Panas yang disyaratkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 2). Meliputi jumlah tumbukan per bidang 75, rongga dalam campuran (%) minimal 3,0 dan maksimal 5,0, rongga dalam agregat (VMA) (%) minimal 15 % untuk lapis aus, 14% untuk lapis antara

dan 13 % untuk lapis fondasi, rongga terisi aspal (%) minimal 65 %, stabilitas Marshall (kg) minimal 800 kg untuk lapis aus dan lapis antara dan minimal 1.000 kg untuk lapis fondasi, pelelehan (mm) minimal 2 mm untuk lapis aus dan lapis antara dan 3 mm untuk lapis fondasi, Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C minimal 90 %, rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal) minimal 2,0 %.

**Tabel 3.6** Ketentuan Viskositas & Temperatur Aspal untuk Pencampuran dan Pematatan (Spesifikasi Bina Marga 2018 Rev. 2)

No	Prosedur Pelaksanaan	Viskositas Aspal (cSt)	Perkiraan Temperatur Aspal (°C)
			Tipe I
1	Pencampuran benda uji Marshall	170±20	155 ±1
2	Pematatan benda uji Marshall	280±30	145 ±1
3	Pencampuran, rentang temperatur sasaran	200 - 500	145 – 155
4	Menuangkan campuran aspal dari alat pencampur ke dalam truk	± 500	135 – 150
5	Pemasokan ke Alat Penghampar	500 – 1.000	130 – 150
6	Pematatan Awal (roda baja)	1.000 – 2.000	125 – 145
7	Pematatan Antara (roda karet)	2.000 – 20.000	90 – 125
8	Pematatan Akhir (roda baja)	< 20.000	>95

Tabel 3.6 menerangkan tentang ketentuan viskositas & temperatur aspal untuk pencampuran & pemadatan sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan dalam penelitian ini. Meliputi pencampuran benda uji Marshall  $170 \pm 20$  cSt, pemadatan benda uji Marshall  $2800 \pm 30$  cSt, pencampuran rentang temperatur sasaran 200 – 500 cSt, menuangkan campuran aspal dari alat pencampur ke dalam truk  $\pm 500$  cSt, pemasokan ke alat penghampar 500 – 1000 cSt., pemadatan awal (roda baja) 1.000 – 2.000 cSt, pemadatan antara (roda karet) 2.000 – 20.000 cSt dan pemadatan akhir (roda baja)  $< 20.000$  Cst.

### 3.4 Campuran Aspal dengan Metoda *Marshall*

Metoda *marshall test* adalah suatu metoda yang menggunakan rencana campuran untuk aspal, yang sebelumnya ditentukan oleh jumlah pemakaian bahan aspal yang tepat sehingga dapat menghasilkan komposisi yang baik, antara agregat dan aspal dengan persyaratan teknis. Campuran aspal dengan metoda Marshall dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (*stability*) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal.

#### 3.4.1 Pengujian Material Agregat

1. Perencanaan *Design Mix Formula* (DMF) Aspal dilakukan di laboratorium AMP PT. Chandra Cipta Sarana, menggunakan perencanaan gradasi campuran untuk lapisan permukaan Laston Lapis Aus (AC-WC) yang mengacu pada Spesifikasi 2018 (Revisi 2) Bina Marga.
- 2 Karakteristik uji Marshall dilakukan di laboratorium AMP PT. Chandra Cipta Sarana.

- 3 Uji abrasi dengan mesin Los Angeles dilakukan di laboratorium AMP PT. Chandra Cipta Sarana.

#### 3.4.2 Pengujian Material Aspal

Aspal yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah aspal pen 60/70. Semua standar pengujian mengikuti ketentuan yang telah ditetapkan didalam Spesifikasi Umum 2018 (Revisi 2) Bina Marga :

1. SNI 03 1968 1990, Metoda pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar
2. SNI 06 2432 1991, Metoda pengujian daktilitas bahan-bahan aspal
3. SNI 06 2433 1991, Metoda pengujian titik nyala dan titik bakar dengan alat cleveland open cup
4. SNI 06 2434 1991, Metoda pengujian titik lembek aspal dan ter
5. SNI 06 2440 1991, Metoda pengujian kehilangan berat minyak dan aspal dengan cara A
6. SNI 06 2441 1991, Metoda pengujian berat jenis aspal padat
7. SNI 06 2456 1991, Metoda pengujian penetrasi bahan-bahan bitumen
8. SNI 03 3640 1994, Metoda pengujian kadar aspal dengan cara ekstraksi menggunakan soklet
9. SNI 06 6721 2002, Metoda pengujian kekentalan aspal cair dengan alat saybolt
10. SNI 03 6893-2002, Metoda pengujian berat jenis maksimum campuran beraspal
11. RSNI M 01 2003, Metoda pengujian campuran beraspal dengan alat Marshall

12. RSNI M-06-2004, Cara uji campuran beraspal panas untuk ukuran agregat maksimum dari 25,4 mm (1 inci) sampai dengan 38 mm (1,5 inci) dengan alat Marshall
13. RSNI M-07-2004, Cara uji campuran beraspal panas untuk ukuran agregat dengan alat Marshall

#### 3.4.3 Pembuatan Formula Campuran Rencana (FCR)

Berdasarkan material dari *stock pile* atau bin dingin (*cold bin*) skala laboratorium, meliputi :

- (1) Pengujian gradasi agregat dan menentukan kombinasi beberapa fraksi agregat sehingga memenuhi spesifikasi gradasi yang ditentukan.
- (2) Hitung perkiraan kadar aspal optimum rencana ( $P_b$ ). Kadar aspal total dalam campuran adalah kadar aspal efektif yang menyelimuti butir agregat, mengisi pori antara agregat, ditambah dengan kadar aspal yang terserap masuk ke dalam pori-pori masing-masing butir agregat. Perkiraan kadar aspal rencana ( $P_b$ ) dihitung berdasarkan Persamaan (3.1)

$$P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% Filler) + K \quad (3.1)$$

Dimana:

$P_b$  = kadar aspal optimum perkiraan

$CA$  = agregat kasar tertahan saringan No. 8

$FA$  = agregat halus lolos No. 8 dan tertahan No. 200

$Filler$  = agregat halus lolos saringan No. 200, tdk termasuk mineral asbuton

$K$  = Konstanta, dengan nilai 0,5 untuk penyerapan agregat yang rendah dan nilai 1,0 untuk penyerapan agregat yang tinggi.

Catatan:

- 1) Kadar aspal perkiraan yang diperoleh dibulatkan mendekati angka 0,5 % yang terdekat. Misal dari perhitungan didapat 6,3 %, dibulatkan menjadi 6,5 %, atau bila didapat 5,7 %, dibulatkan menjadi 5,5 %.
- 2) Melakukan pengujian Marshall dan volumetrik: rongga diantara agregat (*VMA*), rongga dalam campuran (*VIM*) dan rongga terisi aspal (*VFA*) dari benda uji yang telah dibuat, pada kadar aspal yang bervariasi. Benda uji (briket) dibuat pada kadar aspal perkiraan (*Pb*), dua varian nilai kadar aspal di atas nilai *Pb* dan dua varian nilai kadar aspal di bawah nilai *Pb* dengan interval masing-masing kadar aspal adalah 0,5%. Pada setiap varian kadar aspal dibuat benda uji berupa briket.
- 3) Selain itu benda uji disiapkan pula untuk menentukan berat jenis maksimum campuran yang belum dipadatkan (*Gmm*).
- 4) Untuk mencari nilai stabilitas sisa (*Marshall Immersion*), buat minimum 3 (tiga) contoh uji tambahan dengan satu kadar aspal yaitu pada kadar aspal optimum.
- 5) Mengevaluasi hasil pengujian dan menentukan kadar aspal optimum dari campuran dengan langkah-langkah:
  - a) Gambarkan di dalam grafik hubungan antara kadar aspal dengan hasil pengujian
  - b) Kepadatan
  - c) Stabilitas
  - d) Kelelahan

- e) MQ
- f) VMA
- g) VFA
- h) VIM

### 3.5 Parameter Pengujian Marshall

Laston Lapis Aus (AC-WC) adalah laston yang dibentuk dari agregat kasar, agregat halus, *filler* (semen) dan aspal tanpa bahan aditif tambahan yang dicampur secara merata atau *homogeny* pada suhu tertentu. Campuran kemudian dihamparkan dan dipadatkan, sehingga terbentuk Laston (AC) padat. Sifat-sifat campuran Laston (AC) dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian Marshall antara lain:

#### 1. Stabilitas Marshall

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Menurut Fredy, stabilitas merupakan parameter yang menunjukkan batas maksimum beban yang dapat diterima oleh suatu campuran beraspal saat terjadi keruntuhan yang dinyatakan dengan kilogram. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetannya berkurang.

#### 2. Kelelehan (*Flow*)

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas, nilai *flow* merupakan nilai dari masing - masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Hanya saja dial *flow* biasanya dalam satuan mm (milimeter). Menurut Fredy, suatu campuran yang

memiliki kelelahan yang rendah akan lebih kaku dan kecenderungan untuk mengalami retak dini pada usia pelayanannya.

3. Hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*)

Hasil bagi Marshall merupakan hasil bagi stabilitas dengan kelelahan. Menurut Fredy, semakin tinggi nilai *MQ*, maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. *Marshall Quotient* dapat dihitung dengan Persamaan (3.2)

$$\text{Marshall Quotient} = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}} \quad (3.2)$$

4. Rongga Terisi Aspal (*VFA* atau *VFB*)

Rongga terisi aspal (*VFA*) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (*VMA*) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Rongga terisi aspal (*VFA* atau *VFB*) dapat dihitung dengan Persamaan (3.3)

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \quad (3.3)$$

Dimana:

*VFA* = rongga udara yang terisi aspal, persentase dari *VMA*, (%)

*VMA* = rongga udara pada mineral agregat, persentase dari volume total, (%)

*VIM* = rongga udara pada campuran setelah pemadatan, (%)

5. Rongga Antar Agregat (*VMA*)

Rongga antar agregat (*VMA*) adalah ruang rongga di antara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Perhitungan *VMA* terhadap campuran adalah dengan rumus berikut, jika komposisi campuran ditentukan

sebagai persen berat dari campuran total, maka *VMA* dihitung dengan Persamaan (3.4)

$$VMA = 100 - \left( \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \right) \quad (3.4)$$

Dengan pengertian:

*VMA* = Rongga dalam agregat mineral (persen volume curah)

*Gsb* = Berat jenis curah agregat

*Ps* = Agregat, persen berat total campuran

*Gmb* = Berat jenis curah campuran padat (ASTM D 2726)

Atau, jika komposisi campuran ditentukan sebagai persen berat agregat, maka *VMA* dihitung dengan Persamaan (3.5)

$$VMA = 100 - \frac{Gmb}{Gsb} \times \frac{100}{(100 + Pb)} \times 100 \quad (3.5)$$

Dimana :

*Pb* = Aspal, persen berat agregat

*Gmb* = Berat jenis curah campuran padat

*Gsb* = Berat jenis curah agregat

#### 6. Rongga Udara (*VIM*)

Rongga udara dalam campuran (*Va*) atau *VIM* dalam campuran perkerasan beraspal atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal.

Volume rongga udara dalam campuran (*VIM*) dapat ditentukan dengan Persamaan (3.6)

$$VIM = 100 \times \frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \quad (3.6)$$

Dimana:

$VIM$  = Rongga udara dalam campuran padat, persen dari total volume.

$Gmm$  = Berat jenis maksimum campuran.

$Gmb$  = Berat jenis curah campuran padat.

### 3.6 Dasar - dasar Perhitungan

Dasar – dasar perhitungan ini dibuat berdasarkan formula baku yang ada pada spesifikasi Bina Marga 2018 (Revisi 2). Jika tidak ada maka mengacu pada perhitungan Standard Nasional Indonesia (SNI).

#### 1. Berat Jenis Bulk dan Apparent Total Agregat

Agregat total terdiri atas 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 gravity*). Kedua macam berat jenis dari total agregat tersebut dapat dihitung dalam Persamaan (3.7)

Berat Jenis Kering (*Bulk Specific gravity*) dari total agregat

$$Gsb_{tot \text{ agregat}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{Gsb_1} + \frac{P_2}{Gsb_2} + \frac{P_3}{Gsb_3} + \dots + \frac{P_n}{Gsb_n}} \quad (3.7)$$

Dengan pengertian :

$Gsb \text{ tot agregat}$  = Berat Jenis agregat gabungan, (gr/cc)

$Gsb_1, Gsb_2, \dots, Gsb_n$  = Berat Jenis kering dari masing – masing agregat 1,2,3,...n ,(gr/cc)

$P_1, P_2, P_3, \dots$  = Persentase berat dari masing – masing agregat, (%)

Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) dapat dihitung dengan Persamaan (3.8)

$$Gsb_{\text{tot agregat}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{Gsa_1} + \frac{P_2}{Gsa_2} + \frac{P_3}{Gsa_3} + \dots + \frac{P_n}{Gsa_n}} \quad (3.8)$$

Dengan pengertian :

$Gsb_{\text{tot agregat}}$  = Berat Jenis agregat gabungan, (gr/cc)

$Gsa_1, Gsa_2, \dots, Gsa_n$  = Berat Jenis kering dari masing – masing agregat, (gr/cc)

$P_1, P_2, P_3, \dots$  = Prosentase berat dari masing – masing agregat, (%)

## 2. Berat Jenis Efektif Agregat

Berat jenis efektif campuran ( $G_{se}$ ), kecuali rongga udara dalam partikel agregat yang menyerap aspal dapat dihitung dengan rumus yang biasanya digunakan berdasarkan hasil pengujian kepadatan maksimum teoritis dapat dihitung dengan Persamaan (3.9)

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}} \quad (3.9)$$

Dengan pengertian :

$G_{se}$  = berat jenis efektif/ *effective specific gravity*, (gr/cc)

$G_{mm}$  = Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)

$P_{mm}$  = Persen berat total campuran (=100)

$P_b$  = Prosentase kadar aspal terhadap campuran, (%)

$P_s$  = Kadar agregat, persen terhadap total campuran, (%)

$G_b$  = Berat jenis aspal

Berat jenis efektif agregat  $G_{se}$  dapat ditentukan juga dengan menggunakan Persamaan (3.10)

$$G_{se} = \frac{G_{se} + G_{sa}}{2} \quad (3.10)$$

Dengan pengertian :

$G_{se}$  = Berat jenis maksimum campuran, (gr/cc)

$G_{sb}$  = Berat jenis kering agregat / *Bulk specific gravity*, (gr/cc)

$G_{sa}$  = Berat jenis semu agregat / *apparent specific gravity*, (gr/cc)

### 3. Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran,  $G_{mm}$  pada masing-masing kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga masing – masing kadar aspal. Berat jenis maksimum dapat ditentukan dengan AASHTO T.209-90. Berat Jenis Maksimum Campuran  $G_{mm}$  dapat dihitung dengan Persamaan (3.11)

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} - \frac{P_b}{G_b}} \quad (3.11)$$

Dengan pengertian :

$G_{mm}$  = Berat Jenis maksimum campuran, (gr/cc)

$P_{mm}$  = Persen berat total campuran (=100)

$P_s$  = Persentase kadar aspal terhadap total campuran, (%)

$P_b$  = Persentase kadar aspal terhadap total campuran, (%)

$G_{se}$  = Berat jenis efektif / *effective specific gravity*, (gr/cc)

$G_b$  = Berat jenis aspal, (gr/cc)

#### 4. Berat Jenis Bulk Campuran Padat

Kadar aspal efektif ( $P_{be}$ ) campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya akan menentukan kinerja perkerasan beraspal. Rumus aspal efektif Berat Jenis Bulk Campuran Padat  $P_{be}$  dapat dihitung dengan Persamaan (3.12)

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} P_s \quad (3.12)$$

Dimana :

$P_{be}$  = Kadar aspal efektif, persen total campuran, (%)

$P_b$  = Kadar aspal, persen total campuran, (%)

$P_{ba}$  = Penyerapan aspal, persen total agregat, (%)

$P_s$  = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran, (%)

#### 3.7 Hipotesa

Penelitian ini dilandasi oleh suatu hipotesa. Ditolak atau diterimanya hipotesa tersebut ditentukan oleh hasil akhir penelitian. Sehingga penelitian bisa saja sesuai dengan hipotesa atau berbeda dengan perkiraan hipotesa yang direncanakan. Dalam penelitian ini dapat diambil satu hipotesa yaitu :

1. Karakteristik *Marshall Test* seperti nilai *Stability* akan meningkat seiring dengan meningkatnya kadar pasir dalam campuran AC-WC.

## BAB IV

### METODE PENELITIAN

#### 4.1. Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu persiapan, pengambilan sampel, percobaan laboratorium, analisa data dan pembahasan. Adapun pembagian tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut ;

1. Persiapan : 10 September 2021 sd 21 Oktober 2021
2. Pengambilan Sampel : 22 Oktober 2021 sd 01 November 2021
3. Percobaan Laboratorium : 02 November 2021 sd 05 Desember 2021

#### 4.2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium milik PT. Chandra Cipta Sarana yang terletak di jalan Kulim KM. 8 Duri Kecamatan Mandau. Laboratorium tersebut menggunakan peralatan yang sudah terkalibrasi dengan standar SNI. Kemudian untuk analisa data dilakukan di Pekanbaru dan di kampus Universitas Islam Riau.

#### 4.3. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan untuk campuran Laston Lapis Aus (AC-WC) harus sesuai dengan spesifikasi dan beragam pengujian dilakukan untuk menjamin bahan yang digunakan memiliki sifat-sifat yang diinginkan. Agregat yang digunakan berasal dari dua sumber agar diperoleh sifat-sifat teknis yang berbeda. Sebagai sebuah komponen penting dari campuran aspal yang digunakan

harus sesuai dengan kondisi lingkungan dan memenuhi spesifikasi. Dalam penelitian ini, pengujian bahan-bahan dilakukan dengan menggunakan prosedur SNI. Jika prosedur pengujian tidak terdapat pada SNI, digunakan prosedur – prosedur lain seperti AASHTO dan ASTM.

Bahan – bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Aspal Pen 60/70 dari PT. Rabana Aspalindo
2. Agregat quarry Pangkalan ( agregat kasar, agregat halus dan abu batu ) dan dipecah di *Stone Crusher* PT. Ansar Terang Chrusindo Jl Raya Pekanbaru – Bangkinang.
3. Pasir darat dari quarry lokasi setempat (Duri).

#### 4.4. Peralatan Penelitian

1. Alat uji pemeriksaan aspal antara lain : alat uji penetrasi, alat uji titik lembek, alat uji titik nyala, dan titik bakar, alat uji daktilitas, alat uji berat jenis (piknometer dan timbangan), alat uji kelarutan.
2. Alat uji pemeriksaan Agregat  
Alat uji yang digunakan untuk pemeriksaan agregat antara lain: Mesin *Los Angeles* (tes abrasi), saringan standar, alat pengering (*oven*), timbangan berat, alat uji berat jenis (piknometer, timbangan, pemanas), alat uji indeks kepipihan, bak perendam, tabung *sand equivalent*, alat saringan uji *soundness*.
3. Alat uji karakteristik campuran agregat aspal  
Alat uji yang digunakan adalah seperangkat alat untuk metode Marshall, seperti dalam Gambar 4.1:



**Gambar 4.1** Alat Uji Marshall

Gambar 4.1 adalah Alat uji *Marshall Test* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan flow meter. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flow meter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji *Marshall test* berbentuk silinder berdiameter 4 inci dan tinggi 2,5 inci (Sukirman, 2003).

#### 4.5. Tahapan Penelitian

Agar tujuan dan sasaran penelitian dapat dicapai sesuai yang diharapkan perlu ditentukan tahapan penelitian yang akan dilaksanakan :

1. Pengadaan Material

Untuk pengadaan material dalam penelitian ini mengambil material dari quarry Pangkalan yang meliputi agregat kasar, agregat halus, abu batu dan pasir pasang atau pasir darat dari lokasi quarry setempat (Duri) dan sekitarnya. Material yang berasal dari quarry Pangkalan tersebut diambil dari *Stone Crusher* milik PT. Ansar Terang Crushindo yang terletak di Jalan Raya Pekanbaru – Bangkinang.

2. Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material dilakukan di laboratorium jalan raya PT. Chandra Cipta Sarana di Duri – Riau.

3. Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Adapun pemeriksaan material meliputi, analisa saringan, angularitas, abrasi, berat jenis dan parameter lainnya yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

4. *Mix Design*

Dalam campuran / *Mix Design* penelitian ini mengacu pada standar Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2). Di dalam spesifikasi tersebut sudah terdapat aturan yang baku dalam tata cara pembuatan Mix Desain.

5. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dalam penelitian ini dilakukan di laboratorium PT. Chandra Cipta Sarana di Duri - Riau. Dalam pengerjaannya dibantu oleh

laboran, kepala labor dan peneliti sendiri. Alat-alat yang digunakan sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan.

6. Pengujian Karakteristik Marshall

Parameter Marshall yang di uji meliputi *Stability*, *Flow*, *Marshall Quotient*, *Bulk Density*, *VIM*, *VMA* dan *VFA*. Adapun alat-alat laboratorium yang digunakan untuk pengujian tersebut sudah dikalibrasi sesuai dengan ketentuan dan persyaratan. Hasil pengujian yang telah didapatkan kemudian disusun dalam sebuah format laporan hasil awal pengujian.

7. Pembahasan dan Analisa Data

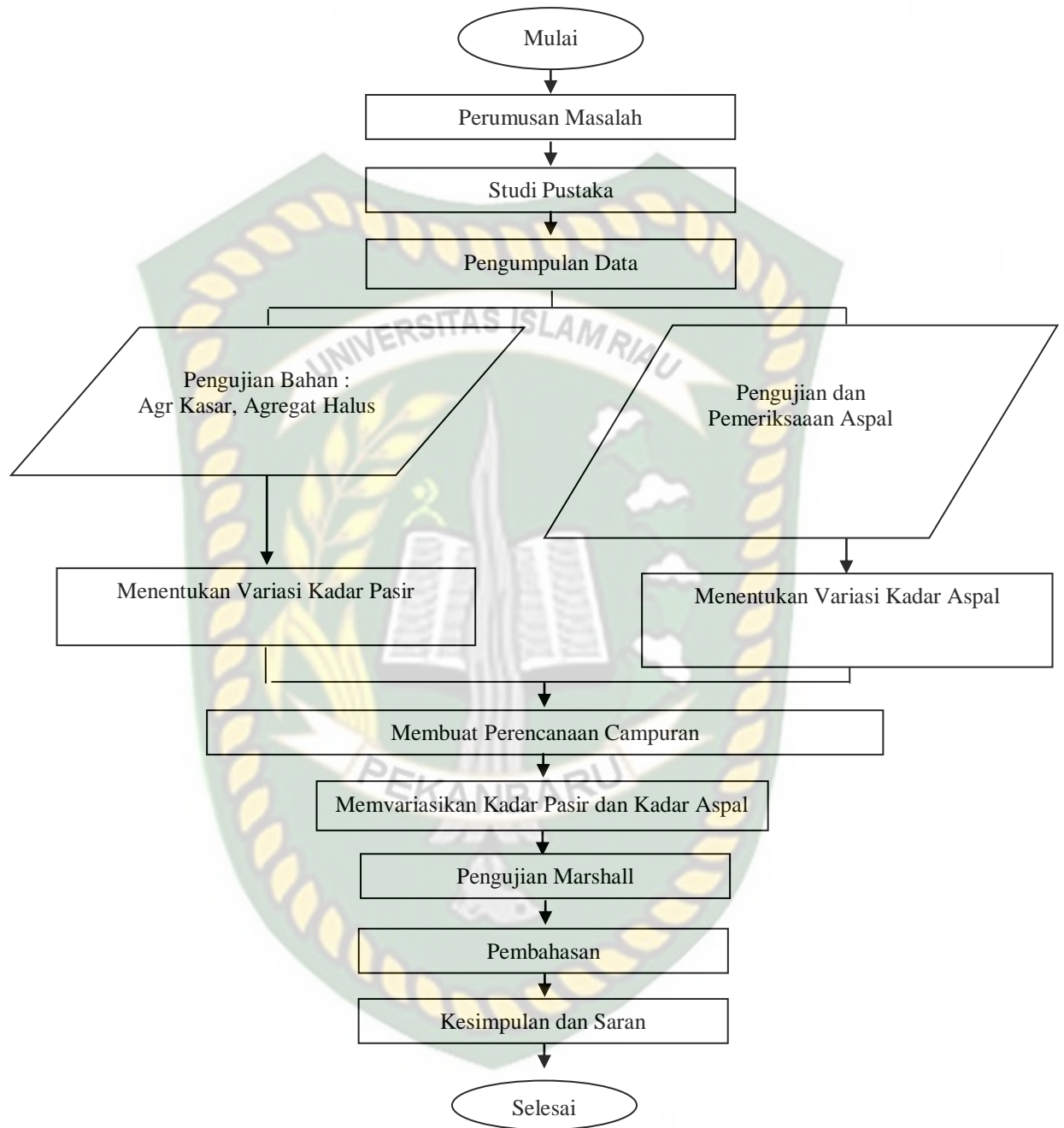
Pembahasan dan analisa data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan rumus dan teori yang ada pada Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2) dan referensi buku atau penelitian lainnya. Hasil laporan awal dari laboratorium diolah dengan *software MS Excel* dan ditulis dalam bentuk format *MS Word*. Analisa data tersebut akan disesuaikan dengan garis besar rencana penelitian ini.

8. Kesimpulan dan Saran

Merupakan rangkuman dari bab di depan dan berisi tentang kesimpulan penelitian. Saran penelitian ditujukan kepada peneliti selanjutnya dan para pihak yang terkait dalam penelitian ini. Sehingga diharapkan penelitian ini membawa manfaat dan berguna bagi *stakeholders* dan penelitian kedepan.

9. Selesai

Tahapan penelitian dalam bentuk bagan alir dapat dilihat pada Gambar 4.2



**Gambar 4.2** Bagan alir penelitian



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

**Perpustakaan Universitas Islam Riau**



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Hasil Pengujian Laboratorium

Pengujian material dilakukan dengan acuan Spesifikasi Teknis Bina Marga 2018 (Revisi 2) yang mengacu juga dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) , ASTM dan AASHTO. Pengujian material meliputi sifat agregat kasar, agregat halus dan *filler*. Sedangkan sifat fisik aspal Pen 60/70 menggunakan hasil test fisik yang sudah ada.

##### 5.1.1 Hasil Pengujian Agregat

Sebelum dilaksanakan pengujian Marshall terlebih dahulu dilakukan pengujian sifat-sifat agregat kasar untuk bahan Laston AC WC. Bahan agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.8 (2,36 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki. Hasil dari pengujian sifat-sifat agregat kasar ditampilkan pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1** Hasil Pengujian Sifat-Sifat Agregat Kasar

No	Pengujian	Standard	Spesifikasi	Nilai	Ket.
1	Kekekalan agregat bentuk terhadap larutan natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks 12%	2%	Memenuhi
2	Abrasi atau keausan dengan mesin Los Angeles	100 putaran	Maks. 6%		Memenuhi
		500 putaran		Maks. 30%	17.61
3	Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439: 2011	>95	>95	Memenuhi
4	Butir pecah pada agregat kasar	SNI 7619: 2012	95/90	100	Memenuhi
5	Partikel pipih dan lonjong	ASTM D 4791	Maks.10%	0%	Memenuhi
6	Material lolos ayakan No. 200	SNI 03-4142: 1996	Maks. 2%	0.35%	Memenuhi

Dari Tabel 5.1 tersebut didapat hasil pemeriksaan bahwa sifat fisik agregat kasar memenuhi syarat dan spesifikasi yang ditentukan dalam Spesifikasi Bina Marga 2018 (Revisi 2). Sehingga material tersebut dapat digunakan dalam penelitian ini.

Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, agregat adalah merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu antara 90-95%. Dengan demikian daya dukung dan keawetan perkerasan jalan ditentukan oleh sifat agregat dan hasil dengan material lainnya (Sukirman, 2003). Hasil dari pengujian analisa agregat ditampilkan pada Tabel 5.2.

**Tabel. 5.2** Hasil Pemeriksaan Agregat Halus dan Agregat Kasar

Ukuran Saringan		Persen Lolos (%)			
Inci	Mm	Pasir Plester	Abu Batu (FA)	B. Pecah 3/8 (MA)	B. Pecah ¾ (CA)
1 ½"		100.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.00	100.00	100.00	100.00	100.00
¾ "	19.00	100.00	100.00	100.00	100.00
½ "	12.50	100.00	100.00	100.00	35.50
3/8 "	9.50	100.00	100.00	80.42	19.74
# 4	4.75	100.00	100.00	13.85	2.42
# 8	2.36	99.81	74.42	6.97	0.76
# 16	1.18	97.19	57.22	5.41	
# 30	0.600	85.68	45.88	4.78	
# 50	0.300	46.42	32.96	4.47	
# 100	0.160	6.16	19.34	3.90	
# 200	0.075	3.84	10.59	3.47	

Tabel 5.2 adalah hasil pemeriksaan laboratorium gradasi agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus berupa pasir sungai dan abu batu dan agregat kasar

berupa batu pecah 3/8 (*medium aggregate*) dan batu pecah 3/4 (*course aggregate*). Pemeriksaan gradasi agregat halus dan agregat kasar dilakukan dengan mengikuti prosedur dan sesuai dengan syarat dalam spesifikasi.

Persyaratan spesifikasi berat jenis yang harus dipenuhi agar agregat dapat dipergunakan sebagai bahan campuran pada lapisan atas perkerasan lentur jalan yaitu minimum untuk berat jenis bulk adalah 2,2 gr/cc serta nilai penyerapan (*absorption*) maksimum adalah 3,0 %

#### 1. Agregat Pasir Plester atau Pasir darat yang dicuci

Pasir plester atau pasir darat diambil dari quarry Duri dan sekitarnya

**Tabel 5.3** Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus (Pasir Plester/Pasir Darat)

Item Pengujian	Satuan	Berat Jenis				Hasil Pengujian	Spek	Ket.
		Tertahan # No. 4		Lolos # No.4				
		Sampel		Sampel				
		I	II	I	II			
Berat Jenis Bulk	Gr/cc			2.591	-	<b>2,591</b>	Min. 2,2	Memenuhi
Berat Jenis SSD	Gr/cc			2.606	-	<b>2,606</b>	-	-
Berat Jenis Semu	Gr/cc			2.628	-	<b>2,628</b>	Min. 2,5	Memenuhi
Penyerapan	%			0.543	-	<b>0,543</b>	Mak. 3,0	Memenuhi

Dari Tabel 5.3 tersebut didapat hasil pemeriksaan berat jenis bulk adalah 2,591 gr/cc, berat jenis SSD adalah 2,606 gr/cc, berat jenis semu adalah 2,628 gr/cc dan penyerapan 0,543 %. Untuk material pasir plester atau pasir pasang sebagai agregat halus memenuhi kedua persyaratan dengan nilai berat jenis bulk 2,591 gr/cc dengan batasan untuk berat jenis bulk minimum 2,2 gr/cc dan penyerapan 0,543 % dengan batas penyerapan maksimum sebesar 3,0 %.

## 2. Agregat Abu Batu (FA)

**Tabel 5.4** Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus (Abu Batu)

Item Pengujian	Satuan	Berat Jenis				Hasil Pengujian	Spek	Ket.
		Tertahan # No. 4		Lolos # No.4				
		Sampel		Sampel				
		I	II	I	II			
Berat Jenis Bulk	Gr/cc			2.591		<b>2.591</b>	Min. 2,2	Memenuhi
Berat Jenis SSD	Gr/cc			2.615		<b>2.615</b>	-	-
Berat Jenis Semu	Gr/cc			2.655		<b>2.655</b>	Min. 2,5	Memenuhi
Penyerapan	%			0.929		<b>0,929</b>	Mak. 3,0	Memenuhi

Dari Tabel 5.4 didapat hasil pemeriksaan bahwa untuk material abu batu sebagai agregat halus memenuhi kedua persyaratan dengan nilai berat jenis bulk 2,591 gr/cc dengan batasan untuk berat jenis bulk minimum 2,2 gr/cc dan penyerapan 0,929 % dengan batas penyerapan maksimum sebesar 3,0 %, agregat ini dapat digunakan sebagai agregat halus campuran aspal laston AC-WC.

## 3. Agregat Batu Pecah 3/8

**Tabel 5.5** Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar (*Medium Aggregate*)

Item Pengujian	Satuan	Berat Jenis				Hasil Pengujian	Spek	Ket.
		Tertahan # 3/8"		Lolos # 3/8"				
		Sampel		Sampel				
		I	II	I	II			
Berat Jenis Bulk	Gr/cc	2.633	2.626	-	-	<b>2.629</b>	Min. 2,2	Memenuhi
Berat Jenis SSD	Gr/cc	2.654	2.642	-	-	<b>2.648</b>	-	-
Berat Jenis Semu	Gr/cc	2.688	2.669	-	-	<b>2.679</b>	Min. 2,5	Memenuhi
Penyerapan	%	0.782	0.619	-	-	<b>0.701</b>	Mak. 3,0	Memenuhi

Dari Tabel 5.5 didapat hasil pemeriksaan bahwa untuk material batu pecah 3/8 sebagai agregat kasar memenuhi kedua persyaratan dengan nilai berat jenis bulk 2,629 gr/cc dengan batasan untuk berat jenis bulk minimum 2,2 gr/cc dan penyerapan 0,701` % dengan batas penyerapan maksimum sebesar 3,0 %., agregat ini dapat digunakan sebagai agregat kasar campuran aspal laston AC-WC dalam penelitian ini.

#### 4. Agregat Batu Pecah 3/4

**Tabel 5.6** Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar (*Coarse Aggregate*)

Item Pengujian	Satuan	Berat Jenis				Hasil Pengujian	Spek	Ket.
		Tertahan # No. 4		Lolos # No.4				
		Sampel		Sampel				
		I	II	I	II			
Berat Jenis Bulk	Gr/cc	2.645	2.650			<b>2,647</b>	Min. 2,2.	Memenuhi
Berat Jenis SSD	Gr/cc	2.653	2.660			<b>2,657</b>	-	-
Berat Jenis Semu	Gr/cc	2.668	2.678			<b>2,673</b>	Min. 2,5	Memenuhi
Penyerapan	%	0.323	0.391			<b>0,357</b>	Mak. 3,0	Memenuhi

Dari Tabel 5.6 didapat hasil pemeriksaan untuk material batu pecah 3/4 sebagai agregat kasar memenuhi kedua persyaratan dengan nilai berat jenis bulk 2,647 gr/cc dengan batasan untuk berat jenis bulk minimum 2,2 gr/cc dan penyerapan 0,357 % dengan batas penyerapan maksimum sebesar 3.0 %.

#### 5.1.2 Hasil Komposisi Campuran Agregat

##### 5.1.2.a Hasil Komposisi Campuran Agregat Tanpa Penambahan Pasir

Untuk mendapatkan gradasi gabungan campuran yang sesuai dengan persyaratan spesifikasi campuran laston AC-WC, dimana gradasi campuran tidak

boleh keluar dari batas gradasi yang disyaratkan dan sedapat mungkin harus berada di tengah-tengah batas gradasi. maka terlebih dahulu harus ditentukan gradasi agregat yang cocok dengan memilih persentase yang sesuai dari masing-masing fraksi agregat. Menentukan komposisi campuran agregat dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu metode analitis, metode grafis dan metode matrik.

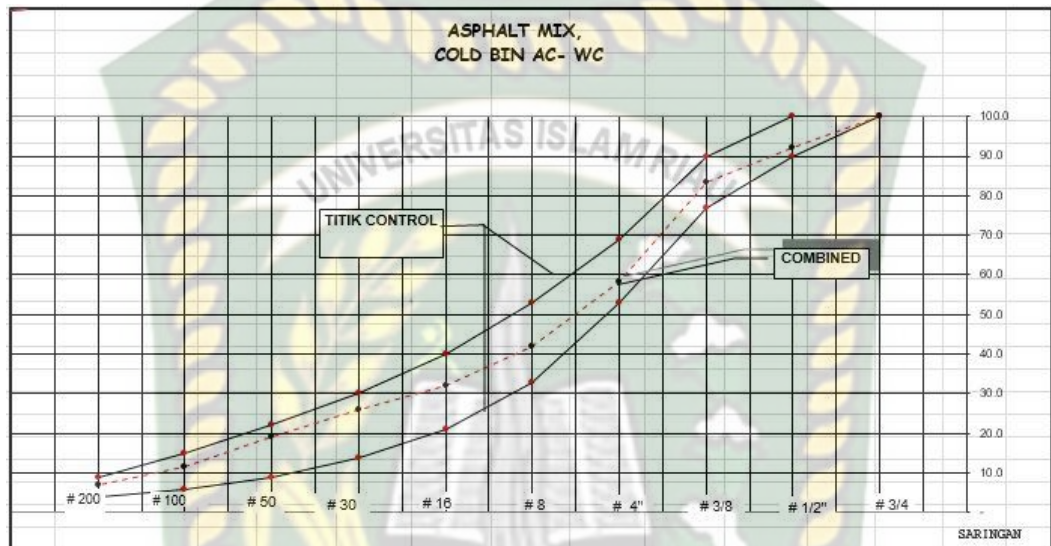
Dari hasil gradasi masing-masing agregat yang telah dilaksanakan, maka dapat dilakukan analisa komposisi campuran agregat dengan metode analitis.

**Tabel 5.7** Hasil Gabungan Gradasi Campuran Agregat Tanpa Penambahan Pasir Metode Analitis

Ukuran Saringan		Gradasi Campuran				Hasil Komb. Camp.	Spesifikasi			Ket.
		Pasir Plester (PP)	Abu Batu (FA)	Medium Agregat (MA)	Coarse Agregat (CA)		Kurva Ideal	Min.	Maks.	
Inci	mm	(PP)	(FA)	(MA)	(CA)					
1 "	25.00	-	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	Masuk
3/4 "	19.00	-	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	Masuk
1/2 "	12.50	-	100.00	100.00	35.50	92.26	95.00	90.00	100.00	Masuk
3/8 "	9.50	-	100.00	80.42	19.74	83.51	83.50	77.00	90.00	Masuk
# 4	4.75	-	100.00	13.85	2.42	58.14	61.00	53.00	69.00	Masuk
# 8	2.36	-	74.42	6.97	0.76	41.97	43.00	33.00	53.00	Masuk
# 16	1.18	-	57.22	5.41		32.22	30.50	21.00	40.00	Masuk
# 30	0.60	-	45.88	4.78		25.99	22.00	14.00	30.00	Masuk
# 50	0.30	-	32.96	4.47		19.03	15.50	9.00	22.00	Masuk
# 100	0.16	-	19.34	3.90		11.62	10.50	6.00	15.00	Masuk
# 200	0.075	-	10.59	3.47		6.83	6.50	4.00	9.00	Masuk
% Camp.	<i>Pasir Plester (PP)</i>					0.00				
Agregat	<i>Abu Batu (FA)</i>					53.00				
Terhadap	<i>Medium Agg.(MA)</i>					35.00				
Berat	<i>Coarse Agg. (CA)</i>					12.00				
Total	Total Persentase (%)					100.00				
Total Luas Permukaan Agregat (M <sup>2</sup> /Kg)						7.10				

Tabel 5.7 merupakan hasil perhitungan gabungan gradasi campuran agregat yaitu pasir plester, abu batu, *medium aggregate*, dan *course aggregate*.

Untuk melihat gabungan gradasi campuran agregat terhadap persyaratan spesifikasi apakah memenuhi persyaratan batas gradasi yang disyaratkan dan berada di tengah-tengah batas gradasi. Hasil dari grafik kurva gradasi campuran agregat ditampilkan pada Gambar 5.1.



**Gambar 5.1** Kurva Gradasi Komposisi Campuran Agregat Tanpa Penambahan Pasir

Gambar 5.1 adalah hasil perhitungan Tabel 5.7. Pada Tabel 5.7 dilakukan beberapa perhitungan untuk mendapatkan komposisi yang tepat dan ternyata diperoleh hasil komposisi campuran agregat yang berada pada batas gradasi yang disyaratkan serta berada di tengah-tengah batas gradasi spesifikasi. Adapun komposisi tersebut adalah abu batu 53 %, *medium aggregate* 35 % dan *coarse aggregate* 12 %.

#### 1. Hasil Pengujian Berat Jenis Gabungan dari Campuran

Sebagai parameter dan formula untuk menganalisa campuran aspal panas maka perlu pengujian berat jenis maksimum dari campuran agregat. Dimana berat jenis maksimum campuran ini akan mempengaruhi rongga *density* dari campuran

aspal panas. Sifat dari campuran aspal panas ditentukan oleh analisis rongga *density*. Hasil dari pengujian ditampilkan pada Tabel 5.8.

**Tabel 5.8** Hasil Pengujian Berat Jenis Gabungan dari Campuran

Item Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian
		Berat Jenis Agregat Dari Campuran
Berat Jenis Maksimum Agregat dari Sampel	Gr/cc	
Berat Jenis Maksimum Agregat (Gmm) dari Sampel dengan Gmm test, AASHTO T 209-90	Gr/cc	
Berat Jenis Curah Agregat (Gsb)	Gr/cc	<b>2.611</b>
Berat Jenis Effektif Agregat (Gse)	Gr/cc	<b>2,638</b>
Berat Jenis Apparent Agregat (Gsa)	Gr/cc	<b>2,665</b>
Penyerapan (Pba)	%	<b>0,404</b>

## 2. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal Pen 60/70

Aspal Pen 60/70 merupakan aspal dengan penetrasi minimum 60 dan maksimum 70. Pemeriksaan sifat fisik aspal Pen 60/70 ditampilkan pada Tabel 5.9.

**Tabel 5.9** Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal Pen 60/70 (Rabana Aspalindo)

No	Jenis Pengujian	Metode	Spek	Aspal Pen 60/70	Keterangan
1.	Specific Gravity	ASTM D70	Report	1.035	Memenuhi
2.	Density @ 15°C	ASTM D70	Report	1.038	Memenuhi
3.	Ductility @ 15°C	ASTM D113	Min 100	150+	Memenuhi

Tabel 5.9 Lanjutan

No	Jenis Pengujian	Metode	Spek	Aspal Pen 60/70	Keterangan
4.	Flash Point	ASTM D92	Min 276	358	Memenuhi
5.	Loss on Heating	ASTM D6	Max. 0.2	0.01	Memenuhi
6.	Penetration @ 25°C	ASTM D5	Min. 60 Max. 70	66	Memenuhi
7.	Penetration of Residue after Loss	ASTM D6/D5	Min. 80	92	Memenuhi
8.	Softening point	ASTM D36	Min. 46 Max. 54	48.8	Memenuhi
9.	Solubility of Trichloroethylene	ASTM D2042	Min. 99.5	99.96	Memenuhi

### 3. Hasil Pengujian *Marshall*

Dari penelitian di laboratorium untuk campuran *AC-WC* tanpa penambahan pasir menggunakan material *quary* Pangkalan, didapatkan parameter pengujian *Marshall* meliputi *Bulk Density*, *VIM (Voids In Mix)*, *VFA (Voids Filled Asphalt)*, *VMA (Voids Mineral Aggregate)*, *Stability*, *Flow* dan *Marshall Quotient*.

Berdasarkan pemilihan gradasi agregat campuran yang telah dilaksanakan, untuk rancangan campuran agregat dengan aspal perlu dilakukan perhitungan perkiraan kadar aspal rencana (*Pb*). Perkiraan kadar aspal rencana ini dihitung berdasarkan nilai *CA (Coarse Aggregate)*, *FA (Fine Aggregate)* dan *FF (Fraksi*

*Filler*) dari kombinasi campuran agregat yang telah ditetapkan yaitu hasil analisis kombinasi campuran agregat metode analitis.

**Tabel 5.10** Perhitungan Perkiraan Kadar Aspal Campuran dan Komposisi Agregat Tanpa Penambahan Pasir

KADAR ASPAL						
<b>Perkiraan kadar aspal rancangan untuk percobaan laboratorium</b>						
Pb	=	0.035 (% CA)+0.045 (%FA)+ 0.18 (% FF)+ Konstanta				
	=	0.035 (58.03%)+0.045 (35.14%)+ 0.18 (% 6.83)+ 0.50				
Pb	=	5.34	%			
Pb	=	5.50	%	(Perkiraan awal kadar aspal)		
CA	=	Agregat kasar tertahan saringan no. 8		=	58.03 %	
FA	=	Agregat halus lolos saringan no. 8 dan tertahan no. 200		=	35.14 %	
FF	=	Agregat halus lolos saringan no. 200		=	6.83 %	
Pb	=	Kadar aspal perkiraan awal				
Konstanta	=	0.50 - 1.00				

Sumber : Hasil Perhitungan

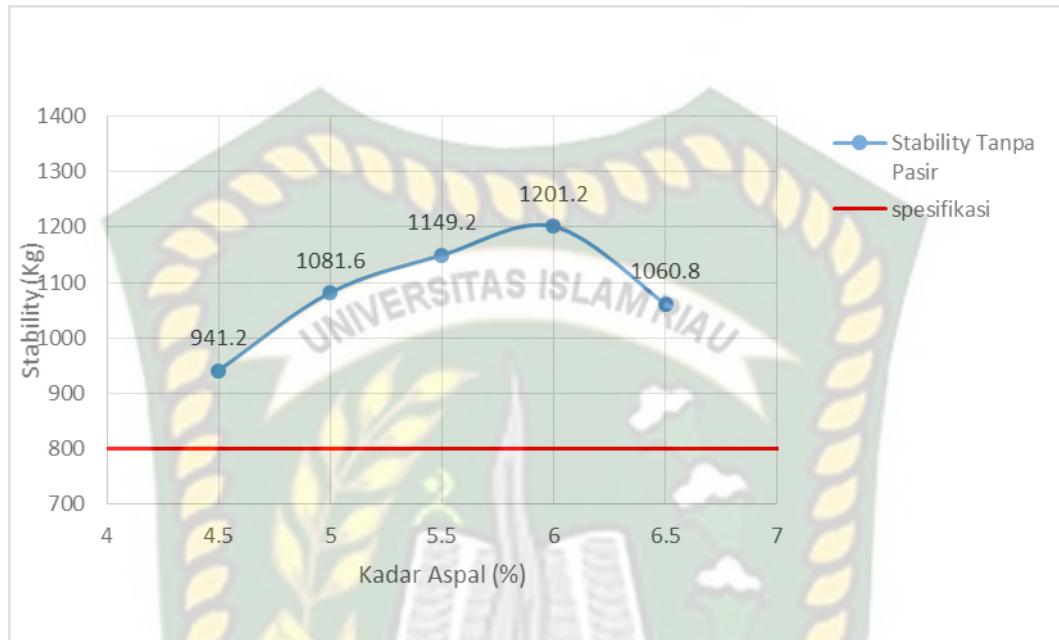
Pada Tabel 5.10 dijelaskan bahwa digunakan parameter  $P_b$  untuk menentukan kadar aspal rancangan.  $P_b = 0,035 ( \% CA ) + 0,045 ( \% FA ) + 0,18 ( \% FF ) + \text{konstanta}$  dengan  $P_b = 0,035 ( 58,03 ) + 0,045 ( 35,14 ) + 0,18 ( 6,83 ) + 0,50$  didapat nilai  $P_b = 5,34 \%$ , dan dibulatkan menjadi  $P_b = 5,50 \%$  yang dijadikan perkiraan awal kadar aspal. Sesuai dengan standar Bina Marga maka diambil dua parameter di bawah dan dua parameter di atas. Sehingga didapatkan nilai percobaan variasi kadar aspal sebesar, 4,5%, 5,0%, 5,5 %, 6,0 % dan 6,5 %.

Selanjutnya dibuat benda uji dengan komposisi awal campuran berdasarkan Tabel 5.10 yaitu *Course Aggregate* (CA) = 58,03 %, *Fine Aggregate* (FA) =35,14 % dan *Filler* (FF) = 6,83 % .

a. Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas *Marshall*

Stabilitas Marshall adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi alur (*flow*) yang dinyatakan dalam kilogram.

Grafik hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas Marshall dibuat sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 (Revisi 2) seperti dalam Gambar 5.2.

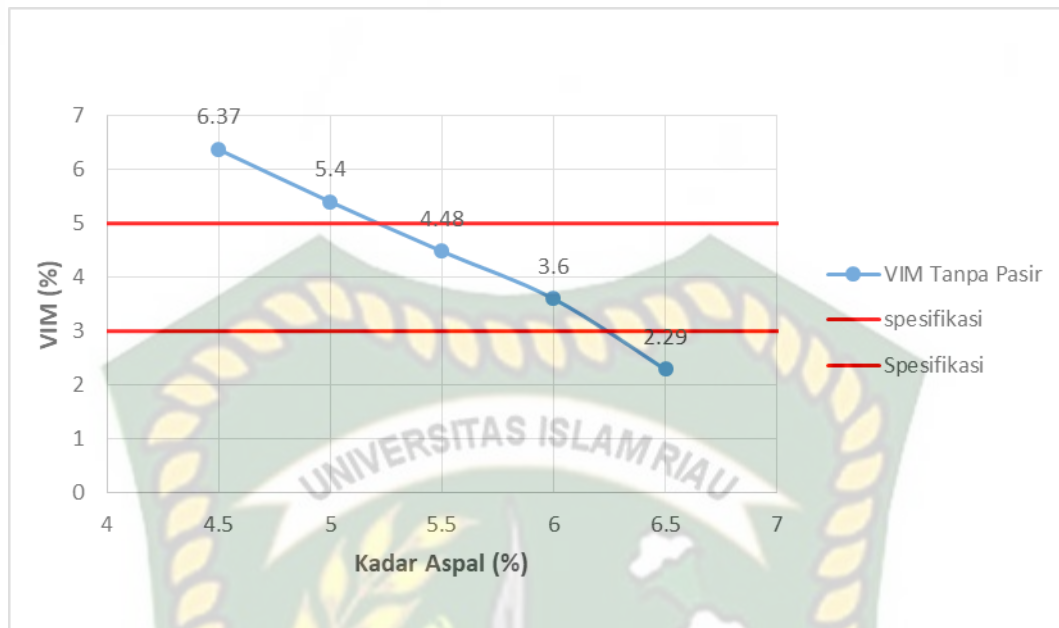


**Gambar 5.2** Hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas Marshall campuran AC-WC tanpa penambahan pasir

Gambar 5.2 adalah grafik hasil penelitian untuk menentukan nilai stabilitas AC-WC dimana pada kadar aspal 6,0% nilai stabilitas mencapai nilai optimum nya. Sedangkan pada kadar aspal 6,5% nilai stabilitas kembali turun. Dapat diambil kesimpulan bahwa semakin tinggi kadar aspal belum tentu nilai stabilitas akan semakin tinggi.

b. Hubungan Kadar Aspal dengan Rongga dalam Campuran (*VIM*)

*Voids in Mix (VIM)* menunjukkan persentase rongga dalam campuran. Nilai *VIM* berpengaruh terhadap keawetan dari campuran aspal agregat, semakin tinggi nilai *VIM* menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat *porous*. Hubungan antara kadar aspal dengan Rongga Dalam Campuran (*VIM*) seperti Gambar 5.3.



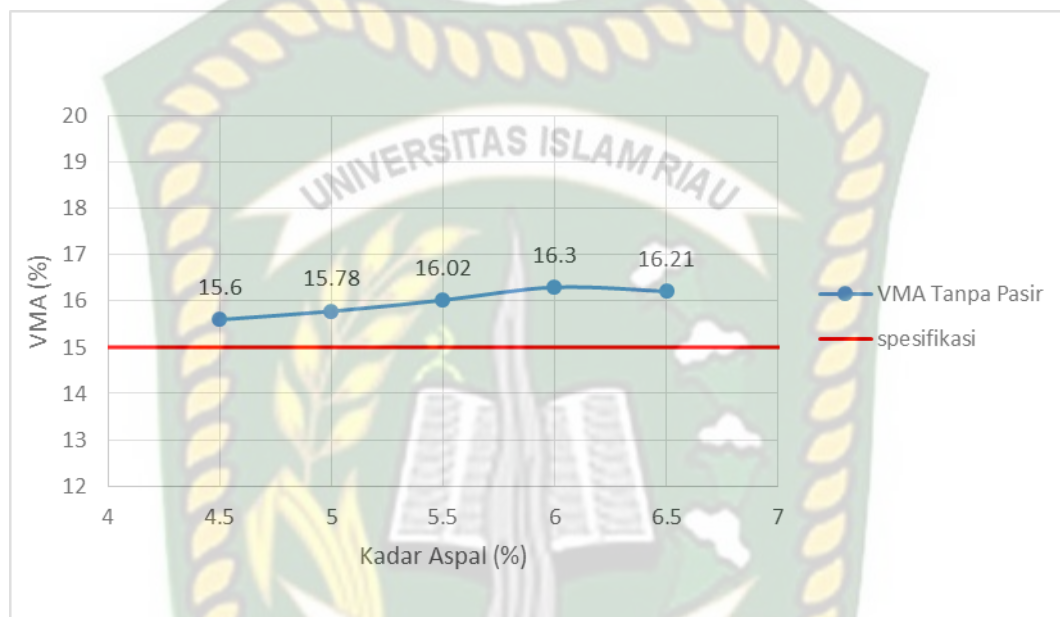
**Gambar 5.3** Hubungan antara kadar aspal dengan rongga dalam campuran (*VIM*) AC-WC tanpa penambahan pasir

Gambar 5.3 adalah grafik hubungan antara kadar aspal dengan rongga dalam campuran (*VIM*) tanpa penambahan pasir. Dari nilai *VIM* di atas dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai *VIM* akan semakin kecil. Hal ini disebabkan dengan banyaknya aspal dalam campuran maka akan mengisi rongga-rongga dalam campuran sehingga rongga dalam campuran semakin mengecil. Semakin kecil rongga dalam campuran maka campuran beraspal akan makin kedap air, namun nilai *VIM* yang terlalu kecil akan mengakibatkan *bleeding*. Sebaliknya bila nilai *VIM* yang terlalu besar akan mengakibatkan campuran bersifat *porous*. Adapun perbandingan dengan campuran AC-WC dengan penambahan pasir 5 %, 10 %, 15 %, 20% dan 25 % seperti Gambar 5.3.

c. Hubungan Kadar Aspal dengan *Voids In Mineral Aggregate (VMA)*

Rongga antar agregat (*VMA*) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak

termasuk volume aspal yang diserap agregat). Hubungan antara kadar aspal dengan *Voids In Mineral Aggregate (VMA)* dalam penelitian ini diambil dengan 5 (lima) variasi percobaan kadar aspal yaitu : 4,5 %, 5,0%, 5,5%, 6,0% dan 6,5% seperti pada Gambar 5.4.



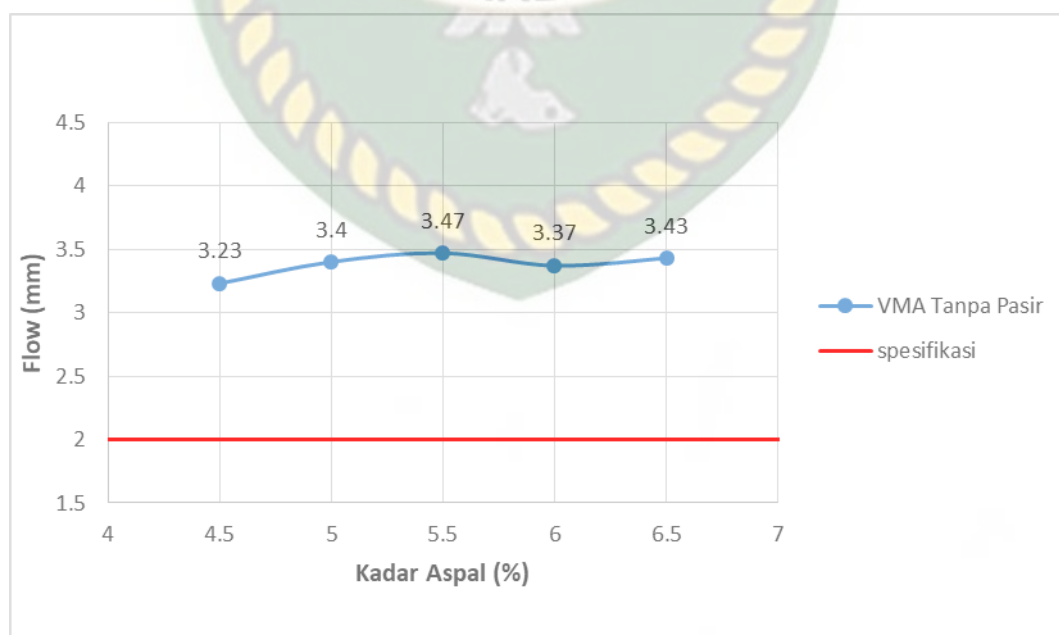
**Gambar 5.4** Hubungan antara kadar aspal dengan *Voids In Mineral Aggregate (VMA)* AC-WC tanpa penambahan pasir

Gambar 5.4 menerangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan rongga antar agregat atau *Voids In Mineral Aggregate (VMA)* AC-WC tanpa penambahan pasir. Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai *VMA* untuk AC-WC tanpa penambahan pasir dengan variasi kadar aspal yaitu minimum 15,60% dan maksimum 16,30%. Agregat bergradasi menerus memberikan rongga antar butiran *VMA* yang kecil dan menghasilkan stabilitas yang tinggi tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. *VMA* yang terlalu kecil menyebabkan aspal yang menyelimuti agregat terbatas, sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan pada campuran aspal. Dalam penelitian ini

nilai VMA pada kadar aspal 4,5% sampai dengan 6,0% cenderung naik sedangkan pada kadar aspal 6,5% nilai VMA turun seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Kenaikan nilai *Voids In Mineral Aggregate* (VMA) mengindikasikan rongga diantara partikel agregat dapat menampung jumlah kadar aspal yang besar, sehingga kerapatan diantara butiran agregat lebih bagus atau memenuhi standar spesifikasi yaitu minimum 15 %.

d. Hubungan Kadar Aspal dengan Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan (*flow*) adalah deformasi vertikal yang terjadi mulai awal pembebanan sampai kondisi stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Besarnya nilai *flow* dinyatakan dalam mm. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar aspal, viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan. Hubungan antar kadar aspal dengan kelelahan dapat dilihat pada Gambar 5.5.

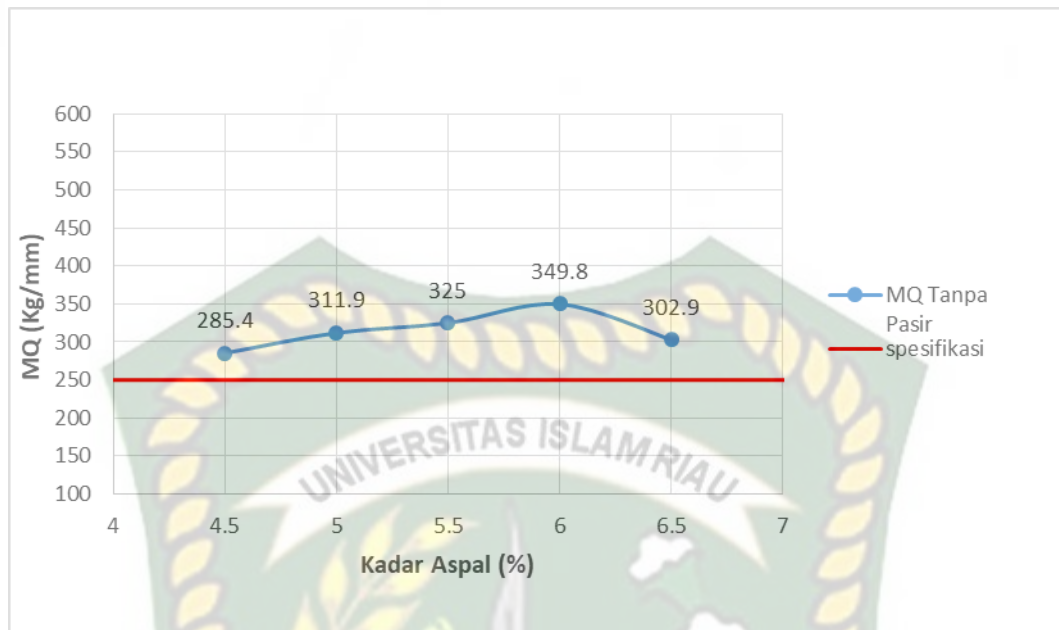


**Gambar 5.5** Hubungan antara kadar aspal dengan kelelahan (*flow*) AC-WC tanpa penambahan pasir

Dari Gambar 5.5 didapat grafik hasil percobaan hubungan antara keelehan dengan 5 variasi kadar aspal. Penambahan kadar aspal mulai dari 4,5% sampai dengan 5,5% nilai keelehan mengalami kenaikan. Hal ini mengidentifikasi bahwa penambahan kadar aspal masih mampu mengisi rongga antar butiran agregat sehingga campuran bersifat plastis atau memenuhi standar yang ditetapkan dalam spesifikasi minimum 2,0 mm. Sedangkan penambahan kadar aspal dari 5,5% sampai dengan 6,0% nilai keelehan mengalami penurunan dan naik kembali pada penambahan aspal dari 6,0% sampai dengan 6,5%.

e. Hubungan Kadar Aspal dengan Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*)

Hubungan antara kadar aspal dengan hasil bagi Marshall diperoleh dari hasil percobaan laboratorium dengan lima variasi kadar aspal ditampilkan dalam bentuk Gambar 5.6. Nilai MQ adalah hasil bagi dari stabilitas dan keelehan. Nilai hasil bagi Marshall (MQ) menyatakan sifat kekakuan suatu campuran. Bila nilai hasil bagi Marshall terlalu tinggi, maka campuran akan cenderung terlalu kaku dan mudah retak. Sebaliknya bila terlalu rendah, maka perkerasan menjadi terlalu lentur dan cenderung kurang stabil.



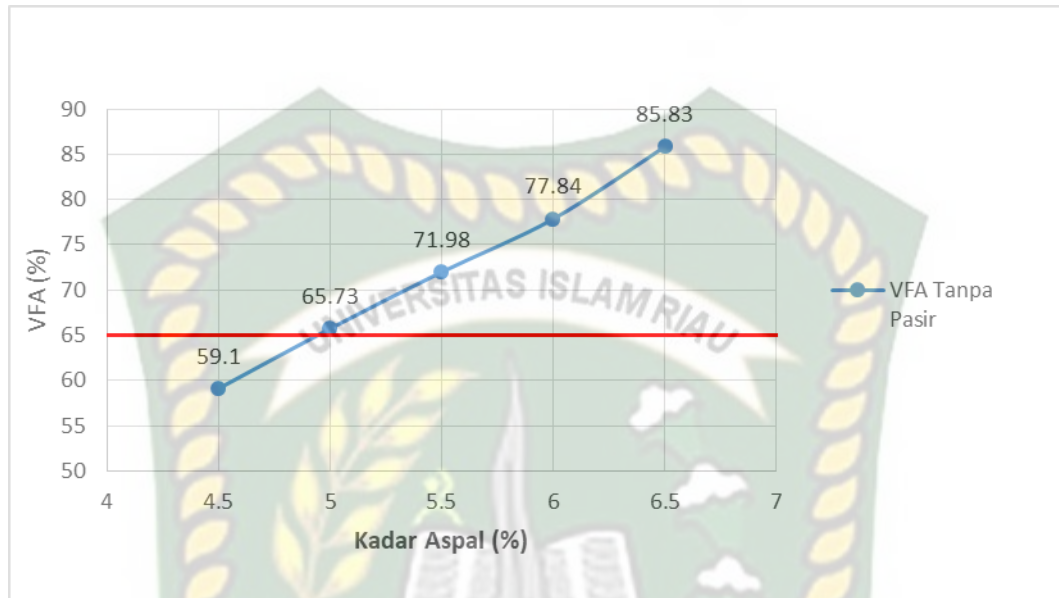
**Gambar 5.6** Hubungan antara kadar aspal dengan hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) AC-WC tanpa penambahan pasir

Gambar 5.6 adalah hasil percobaan hubungan antara kadar aspal dengan hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) AC-WC tanpa penambahan pasir. Dari gambar pada kadar aspal 4,5%, 5,0% , 5,5% dan 6,0% nilai MQ mengalami kenaikan namun penambahan kadar aspal pada 6,5% nilai MQ mengalami penurunan yang signifikan. Adapun nilai syarat minimum untuk AC-WC sesuai spesifikasi adalah 250 kg/mm. Jadi semua variasi kadar aspal masih dalam rentang yang disyaratkan.

f. Hubungan Kadar Aspal dengan *Voids Filled Asphalt (VFA)*

*VFA* adalah rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan yang dinyatakan dalam persen terhadap rongga antar butiran agregat (*VMA*), sehingga antara nilai *VMA* dan *VFA* mempunyai kaitan yang sangat erat. Faktor – faktor yang mempengaruhi *VFA* antara lain kadar aspal, gradasi agregat, energi pematat (jumlah dan temperatur pemadatan), dan absorpsi agregat. Dalam

penelitian ini dilakukan percobaan dengan 5 variasi kadar aspal dengan hasil seperti dalam Gambar 5.7.



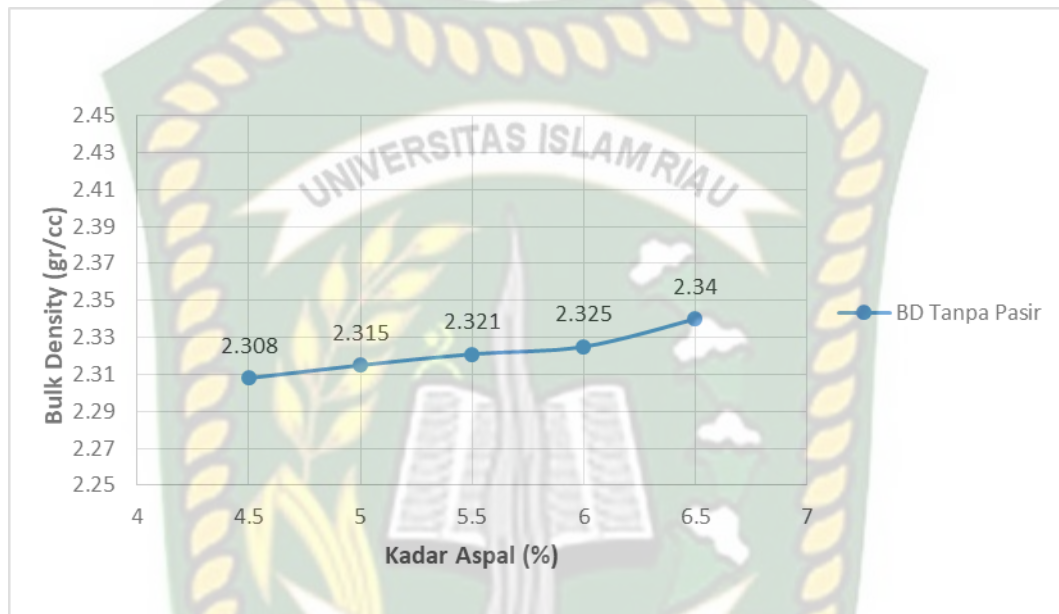
**Gambar 5.7** Hubungan antara kadar aspal dengan rongga terisi aspal (VFA) AC-WC tanpa penambahan pasir

Gambar 5.7 adalah hasil percobaan hubungan antara kadar aspal dengan rongga terisi aspal (VFA) dengan 5 variasi kadar aspal. Pada kadar aspal 4,5% nilai VFA tidak memenuhi syarat minimum dalam spesifikasi yaitu minimum 65 % sehingga tidak bisa dipakai dalam perencanaan kadar aspal optimum (KAO). Nilai VFA cenderung bertambah tinggi seiring dengan bertambahnya kadar aspal.

g. Hubungan Kadar Aspal dengan Berat Jenis Bulk (*Bulk Density*)

Berat jenis bulk campuran atau *bulk density* merupakan hasil bagi dari berat campuran di udara dengan isi benda uji. Nilai *bulk density* (*BD*) adalah nilai berat campuran per satuan volume setelah dipadatkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai *bulk density* di antaranya temperatur pemadatan dan komposisi bahan penyusun, semakin bertambahnya kadar aspal semakin banyak rongga-rongga udara yang terisi aspal sehingga kerapatan semakin tinggi. Nilai

*BD* diperoleh dari pengolahan atau percobaan laboratorium dengan 5 (lima) variasi kadar aspal kemudian diformulasikan menggunakan Spesifikasi 2018 (Revisi 2) Bina Marga. Didapat besarnya nilai *bulk density* yang dituangkan dalam Gambar 5.8

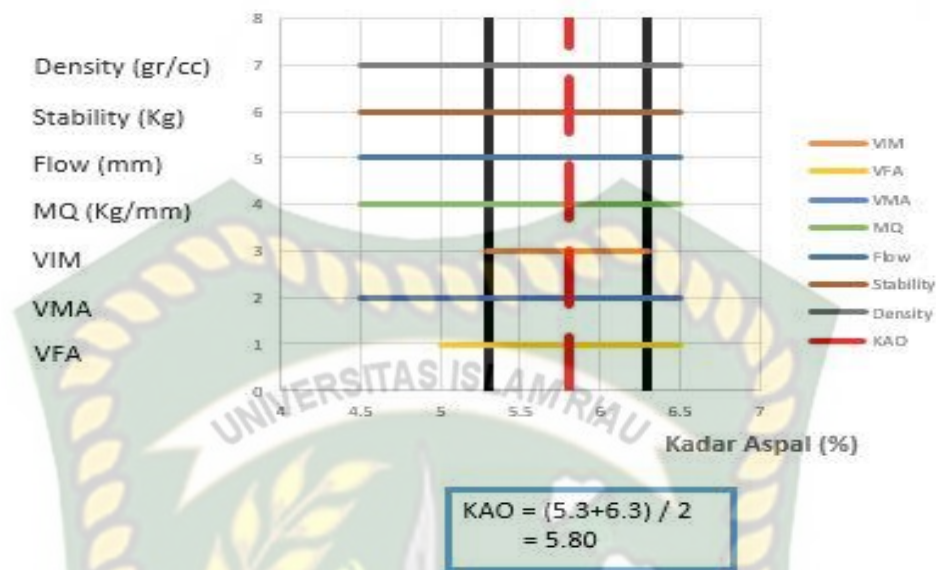


**Gambar 5.8** Hubungan antara kadar aspal dengan berat jenis bulk (*bulk density*) AC-WC tanpa penambahan pasir

Gambar 5.8 menunjukkan hasil percobaan yaitu semakin tinggi kadar aspal maka akan semakin besar nilai berat jenis campuran (*bulk density*). Besarnya nilai *bulk density* mengindikasikan campuran semakin padat.

#### 4. Perhitungan Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC Tanpa Penambahan Pasir

Dari rangkuman hasil pengujian Marshall pada AC-WC tanpa penambahan pasir dengan 5 variasi kadar aspal sehingga didapat nilai parameter Marshall yaitu *stability*, *Flow*, *Marshall Quotient (MQ)*, *VIM*, *VMA*, *VFA* dan *Bulk Density*, maka dapat ditentukan kadar aspal optimum (KAO) yang akan dipakai sebagai kadar aspal rancangan pengujian dalam penelitian ini. Gambar 5.9 menunjukkan KAO untuk AC-WC tanpa penambahan pasir.



**Gambar 5.9** Hasil percobaan dan pemilihan kadar aspal optimum (KAO) AC-WC tanpa penambahan pasir

Gambar 5.9 adalah penentuan kadar aspal optimum untuk AC-WC tanpa penambahan pasir yang akan digunakan sebagai kadar aspal rancangan pada percobaan *Marshall Test*. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa batasan persentase kadar aspal yang memenuhi semua persyaratan spesifikasi laston AC-WC yaitu pada kadar aspal 5,3% ~ 6,3%. Sehingga nilai KAO adalah  $5,3\% + ((6,3\% - 5,3\%)/2) = 5,80\%$ .

5. Hasil Pengujian Marshall pada Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC tanpa penambahan pasir

Pengujian Marshall dengan kadar aspal optimum, dimana kadar aspal ini dijadikan sebagai kadar aspal ketetapan untuk campuran laston AC-WC menggunakan material Pangkalan dan pasir plester atau pasir darat setempat, dibuat sampel sebanyak 3 (tiga) buah masing-masing kadar aspal sebesar 5,8%. Pengujian Marshall ini juga dilakukan untuk mendapatkan berat jenis bulk

campuran (%), rongga udara (%), *VMA* (%), *VFA* (%), stabilitas (kg), kelelahan (mm) dan *Marshall Quotient* (kg/mm). Hasil percobaan *Marshall Test* dari kadar aspal optimum ditampilkan pada Tabel 5.11

**Tabel 5.11** Hasil Pengujian Marshall Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC Tanpa Penambahan Pasir

Variasi	Kadar Aspal (%)	Parameter Marshall Pada Kadar Aspal Optimum (KAO)							Keterangan
		Bulk Density (gr/cc)	Void In Mix (VIM) (%)	Void Mineral Agregat (VMA) (%)	Void Filled Asphalt (VFA) (%)	Stability (Kg)	Flow (mm)	Marshall Quotient (Kg/mm)	
Tanpa Pasir	5.80	2.324	4.10	16.30	75.49	1,196.00	3.44	347.00	Memenuhi
Spesifikasi			3 - 5	Min. 15	Min. 65	Min. 800	Min. 2	Min. 250	

Tabel 5.11 adalah hasil pengujian *Marshall* pada kadar aspal optimum AC-WC tanpa penambahan pasir, yaitu *bulk density* didapat nilai 2,324 Gr/cc, *VIM* 4,10 %, *VMA* 16,30 %, *VFA* 75,49 %, *Stability* 1.196,00 Kg, *Flow* 3,44 mm dan *Marshall Quotient* 347 Kg/mm. Seluruh nilai parameter masih dalam batas yang disyaratkan spesifikasi.

#### 5.1.2.b Hasil Komposisi Campuran Agregat Dengan Penambahan Pasir 5%

Untuk mendapatkan gradasi gabungan campuran yang sesuai dengan persyaratan spesifikasi campuran laston AC-WC, dimana gradasi campuran tidak boleh keluar dari batas gradasi yang disyaratkan dan sedapat mungkin harus berada di tengah-tengah batas gradasi. maka terlebih dahulu harus ditentukan gradasi agregat yang cocok dengan memilih persentase yang sesuai dari masing-

masing fraksi agregat. Menentukan komposisi campuran agregat dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu metode analitis, metode grafis dan metode matrik.

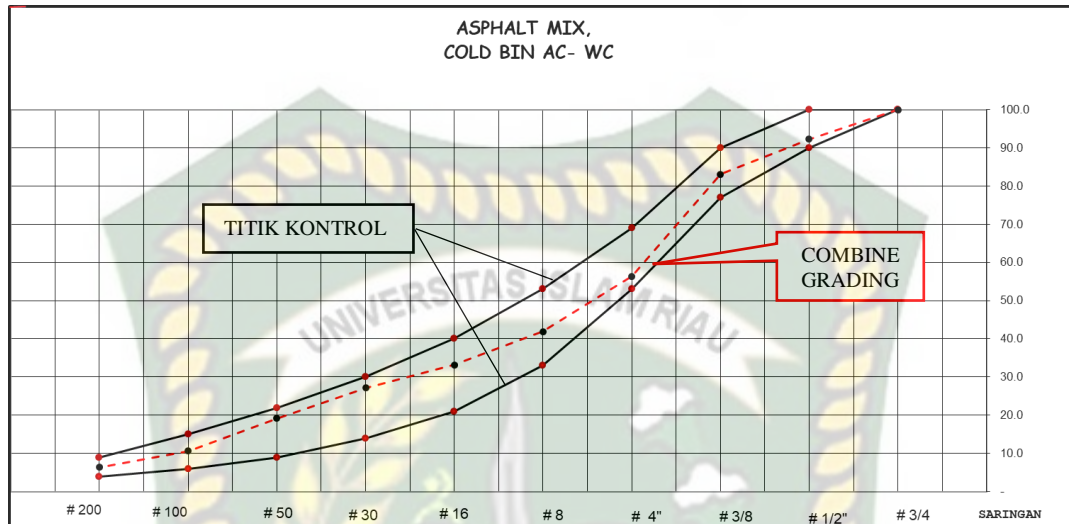
Dari hasil gradasi masing-masing agregat yang telah dilaksanakan, maka dapat dilakukan analisa komposisi campuran agregat dengan metode analitis.

**Tabel 5.12** Hasil Gabungan Gradasi Campuran Agregat Dengan Penambahan Pasir 5% Metode Analitis

Ukuran Saringan		Gradasi Campuran				Hasil Komb. Camp.	Spesifikasi			Ket.
		Pasir Plester (PP)	Abu Batu (FA)	Medium Agregat (MA)	Coarse Agregat (CA)		Kurva Ideal	Min.	Maks.	
Inci	mm	(PP)	(FA)	(MA)	(CA)					
1 "	25.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	Masuk
3/4 "	19.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	Masuk
1/2 "	12.50	100.00	100.00	100.00	35.50	92.26	95.00	90.00	100.00	Masuk
3/8 "	9.50	100.00	100.00	80.42	19.74	83.51	83.50	77.00	90.00	Masuk
# 4	4.75	100.00	100.00	13.85	2.42	58.14	61.00	53.00	69.00	Masuk
# 8	2.36	99.81	74.42	6.97	0.76	43.24	43.00	33.00	53.00	Masuk
# 16	1.18	97.19	57.22	5.41		34.22	30.50	21.00	40.00	Masuk
# 30	0.60	85.68	45.88	4.78		27.98	22.00	14.00	30.00	Masuk
# 50	0.30	46.42	32.96	4.47		19.71	15.50	9.00	22.00	Masuk
# 100	0.16	6.16	19.34	3.90		10.96	10.50	6.00	15.00	Masuk
# 200	0.075	3.84	10.59	3.47		6.49	6.50	4.00	9.00	Masuk
% Camp. Agregat Terhadap Berat Total	Pasir Plester (PP)					5.00				
	Abu Batu (FA)					48.00				
	Medium Agg. (MA)					35.00				
	Coarse Agg. (CA)					12.00				
	Total Persentase (%)					100.00				
	Total Luas Permukaan Agregat (M <sup>2</sup> /Kg)					7.01				

Tabel 5.12 merupakan hasil perhitungan gabungan gradasi campuran agregat yaitu pasir plester, abu batu, *medium aggregate*, dan *course aggregate*. Untuk melihat gabungan gradasi campuran agregat terhadap persyaratan spesifikasi apakah memenuhi persyaratan batas gradasi yang disyaratkan dan

berada di tengah-tengah batas gradasi. Hasil dari grafik kurva gradasi campuran agregat ditampilkan pada Gambar 5.10.



**Gambar 5.10** Kurva Gradasi Komposisi Campuran Agregat Dengan Penambahan Pasir 5%

Gambar 5.10 adalah hasil perhitungan Tabel 5.12. Pada Tabel 5.12 dilakukan beberapa perhitungan untuk mendapatkan komposisi yang tepat dan ternyata diperoleh hasil komposisi campuran agregat yang berada pada batas gradasi yang disyaratkan serta berada di tengah-tengah batas gradasi spesifikasi. Adapun komposisi tersebut adalah pasir plester 5 %, abu batu 48 %, *medium aggregate* 35 % dan *coarse aggregate* 12 %.

#### 1. Hasil Pengujian Berat Jenis Gabungan dari Campuran

Sebagai parameter dan formula untuk menganalisa campuran aspal panas maka perlu pengujian berat jenis maksimum dari campuran agregat. Dimana berat jenis maksimum campuran ini akan mempengaruhi rongga *density* dari campuran aspal panas. Sifat dari campuran aspal panas ditentukan oleh analisis rongga *density*. Hasil dari pengujian ditampilkan pada Tabel 5.13.

**Tabel. 5.13** Hasil pengujian berat jenis agregat campuran dengan penambahan pasir 5%

Item Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian
		Berat Jenis Agregat Dari Campuran
Berat Jenis Maksimum Agregat dari Sampel	Gr/cc	
Berat Jenis Maksimum Agregat (Gmm) dari Sampel dengan Gmm test, AASHTO T 209-90	Gr/cc	
Berat Jenis Curah Agregat (Gsb)	Gr/cc	<b>2.612</b>
Berat Jenis Effektif Agregat (Gse)	Gr/cc	<b>2,638</b>
Berat Jenis Apparent Agregat (Gsa)	Gr/cc	<b>2,665</b>
Penyerapan (Pba)	%	<b>0,389</b>

### 3. Hasil Pengujian Marshall

Dari penelitian di laboratorium untuk campuran AC-WC tanpa pasir menggunakan material *quary* Pangkalan, didapatkan parameter pengujian Marshall meliputi *Bulk Density*, *VIM (Voids In Mix)*, *VFA (Voids Filled Asphalt)*, *VMA (Voids Mineral Aggregate)*, *Stability*, *Flow* dan *Marshall Quotient*.

Berdasarkan pemilihan gradasi agregat campuran yang telah dilaksanakan, untuk rancangan campuran agregat dengan aspal perlu dilakukan perhitungan perkiraan kadar aspal rencana (*Pb*). Perkiraan kadar aspal rencana ini dihitung berdasarkan nilai *CA (Coarse Aggregate)*, *FA (Fine Aggregate)* dan *FF (Fraksi Filler)* dari kombinasi campuran agregat yang telah ditetapkan yaitu hasil analisis kombinasi campuran agregat metode analitis.

**Tabel 5.14** Perhitungan Perkiraan Kadar Aspal Campuran dan Komposisi Agregat Dengan Penambahan Pasir 5%

KADAR ASPAL			
Perkiraan kadar aspal rancangan untuk percobaan laboratorium			
Pb	=	0.035 (% CA)+0.045 (%FA)+ 0.18 (% FF)+ Konstanta	
	=	0.035 (56.76%)+0.045 (36.75%)+ 0.18 (% 6.49)+ 0.50	
Pb	=	5.31 %	
Pb	=	5.50 %	(Perkiraan awal kadar aspal)
CA	=	Agregat kasar tertahan saringan no. 8	= 56.76 %
FA	=	Agregat halus lolos saringan no. 8 dan tertahan no. 200	= 36.75 %
FF	=	Agregat halus lolos saringan no. 200	= 6.49 %
Pb	=	Kadar aspal perkiraan awal	
Konstanta	=	0.50 - 1.00	

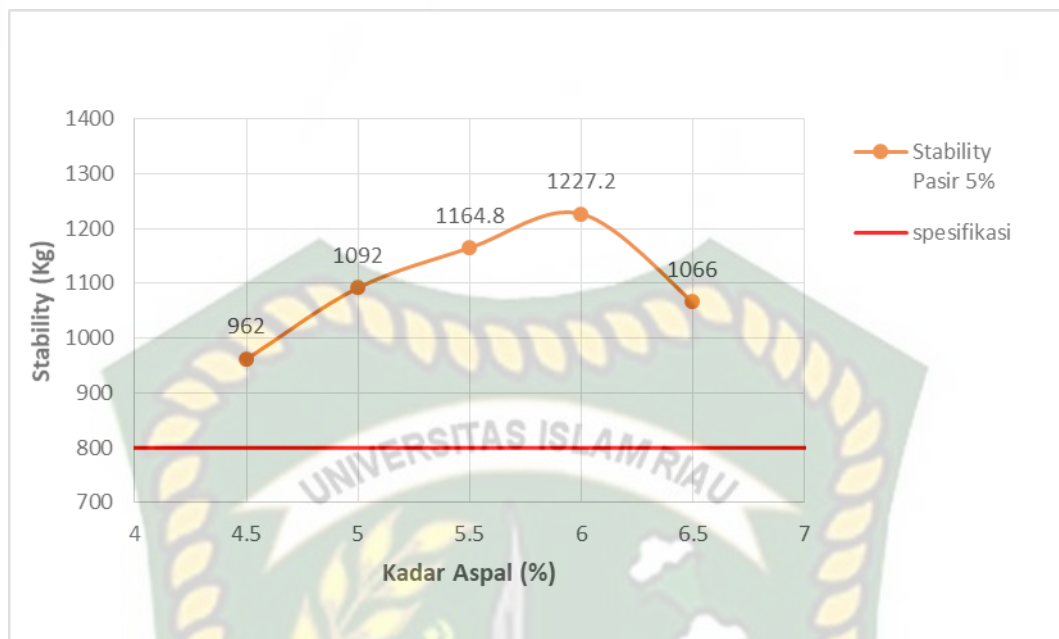
Sumber : Hasil Perhitungan

Pada Tabel 5.14 dijelaskan bahwa digunakan parameter  $P_b$  untuk menentukan kadar aspal rancangan.  $P_b = 0,035 ( \% CA ) + 0,045 ( \% FA ) + 0,18 ( \% FF ) + \text{konstanta}$  dengan  $P_b = 0,035 ( 56,76 ) + 0,045 ( 36,75 ) + 0,18 ( 6,49 ) + 0,50$  didapat nilai  $P_b = 5,31 \%$ , dan dibulatkan menjadi  $P_b = 5,50 \%$  yang dijadikan perkiraan awal kadar aspal. Sesuai dengan standar Bina Marga maka diambil dua parameter di bawah dan dua parameter di atas. Sehingga didapatkan nilai percobaan variasi kadar aspal sebesar, 4,5%, 5,0%, 5,5 %, 6,0 % dan 6,5 %.

Selanjutnya dibuat benda uji dengan komposisi awal campuran berdasarkan Tabel 5.14 yaitu *Course Aggregate (CA)* = 56.76 %, *Fine Aggregate (FA)* = 36,75 % dan *Filler (FF)* = 6,49 % .

a. Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas *Marshall*

Stabilitas Marshall adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi alur (*flow*) yang dinyatakan dalam kilogram. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas Marshall dibuat sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 (Revisi 2) seperti dalam Gambar 5.11.

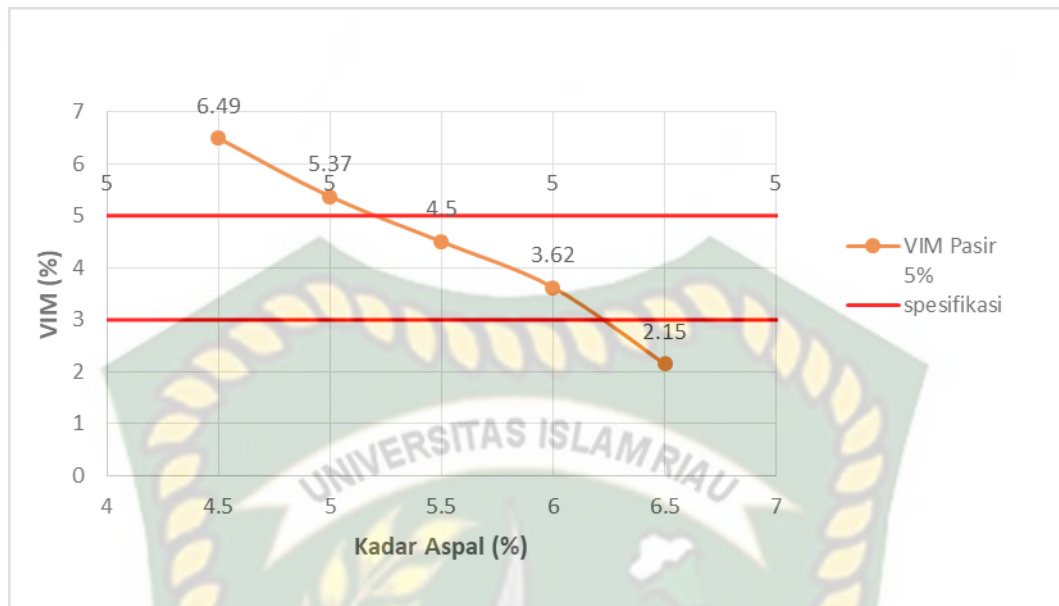


**Gambar 5.11** Hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas Marshall dengan penambahan pasir 5%

Gambar 5.11 adalah grafik hasil penelitian untuk menentukan nilai stabilitas AC-WC dengan penambahan pasir 5% dimana pada kadar aspal 6,0% nilai stabilitas mencapai nilai optimumnya. Sedangkan pada kadar aspal 6,5% nilai stabilitas kembali turun. Dapat diambil kesimpulan bahwa semakin tinggi kadar aspal belum tentu nilai stabilitas akan semakin tinggi.

b. Hubungan Kadar Aspal dengan Rongga dalam Campuran (*VIM*)

*Voids in Mix (VIM)* menunjukkan persentase rongga dalam campuran. Nilai *VIM* berpengaruh terhadap keawetan dari campuran aspal agregat, semakin tinggi nilai *VIM* menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat *porous*. Hubungan antara kadar aspal dengan Rongga Dalam Campuran (*VIM*) seperti Gambar 5.12.



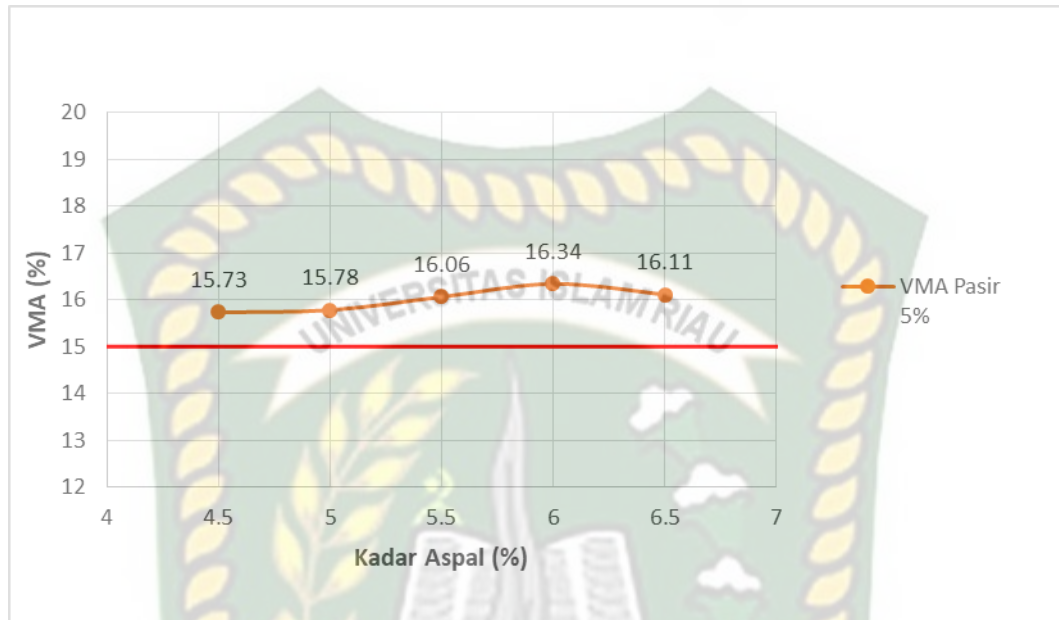
**Gambar 5.12** Hubungan antara kadar aspal dengan rongga dalam campuran (*VIM*) dengan penambahan pasir 5%

Gambar 5.12 adalah grafik hubungan antara kadar aspal dengan rongga dalam campuran (*VIM*) dengan penambahan pasir 5%. Dari nilai *VIM* di atas dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai *VIM* akan semakin kecil. Hal ini disebabkan dengan banyaknya aspal dalam campuran maka akan mengisi rongga-rongga dalam campuran sehingga rongga dalam campuran semakin mengecil. Semakin kecil rongga dalam campuran maka campuran beraspal akan makin kedap air, namun nilai *VIM* yang terlalu kecil akan mengakibatkan *bleeding*. Sebaliknya bila nilai *VIM* yang terlalu besar akan mengakibatkan campuran bersifat *porous*.

c. Hubungan Kadar Aspal dengan *Voids In Mineral Aggregate (VMA)*

Rongga antar agregat (*VMA*) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Hubungan antara kadar aspal dengan *Voids In Mineral Aggregate (VMA)* dalam penelitian ini diambil dengan 5

(lima) variasi percobaan kadar aspal yaitu : 4,5 %, 5,0%, 5,5%, 6,0% dan 6,5% seperti pada Gambar 5.13.



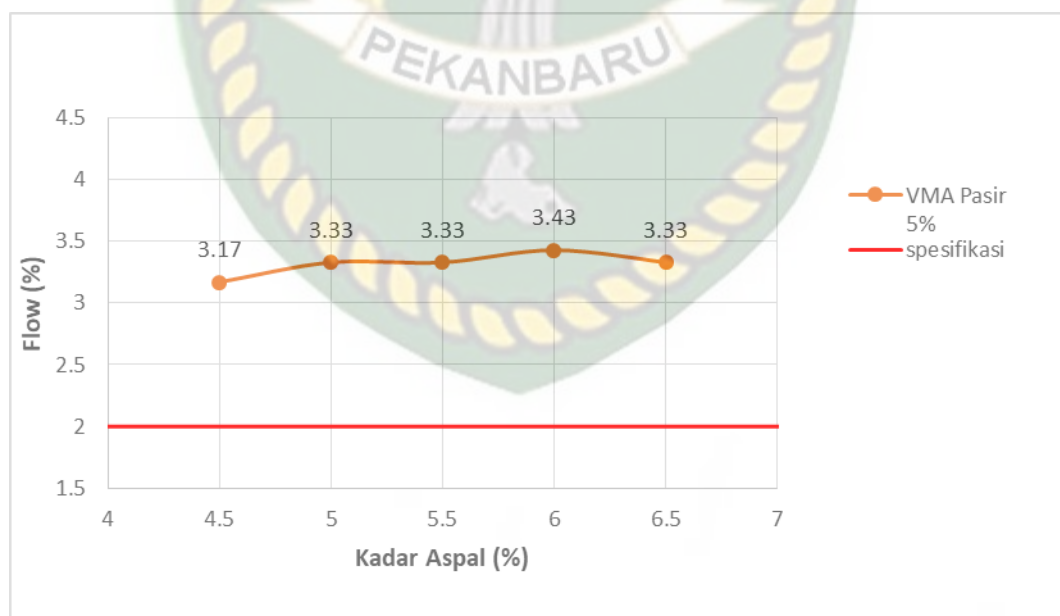
**Gambar 5.13** Hubungan antara kadar aspal dengan *Voids In Mineral Aggregate (VMA) AC-WC* dengan penambahan pasir 5%

Gambar 5.13 menerangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan rongga antar agregat atau *Voids In Mineral Aggregate (VMA) AC-WC* dengan penambahan pasir 5%. Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai *VMA* untuk *AC-WC* dengan penambahan pasir 5% dengan variasi kadar aspal yaitu minimum 15,73% dan maksimum 16,34%. Agregat bergradasi menerus memberikan rongga antar butiran *VMA* yang kecil dan menghasilkan stabilitas yang tinggi tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. *VMA* yang terlalu kecil menyebabkan aspal yang menyelimuti agregat terbatas, sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan pada campuran aspal. Dalam penelitian ini nilai *VMA* pada kadar aspal 4,5% sampai dengan 6,0% cenderung naik sedangkan pada kadar aspal 6,5% nilai *VMA* turun seiring dengan bertambahnya kadar aspal.

Kenaikan nilai *Voids In Mineral Aggregate (VMA)* mengindikasikan rongga diantara partikel agregat dapat menampung jumlah kadar aspal yang besar, sehingga kerapatan diantara butiran agregat lebih bagus atau memenuhi standar spesifikasi yaitu minimum 15 %.

d. Hubungan Kadar Aspal dengan Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan (*flow*) adalah deformasi vertikal yang terjadi mulai awal pembebanan sampai kondisi stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Besarnya nilai *flow* dinyatakan dalam mm. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar aspal, viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan. Hubungan antar kadar aspal dengan kelelahan dapat dilihat pada Gambar 5.14.

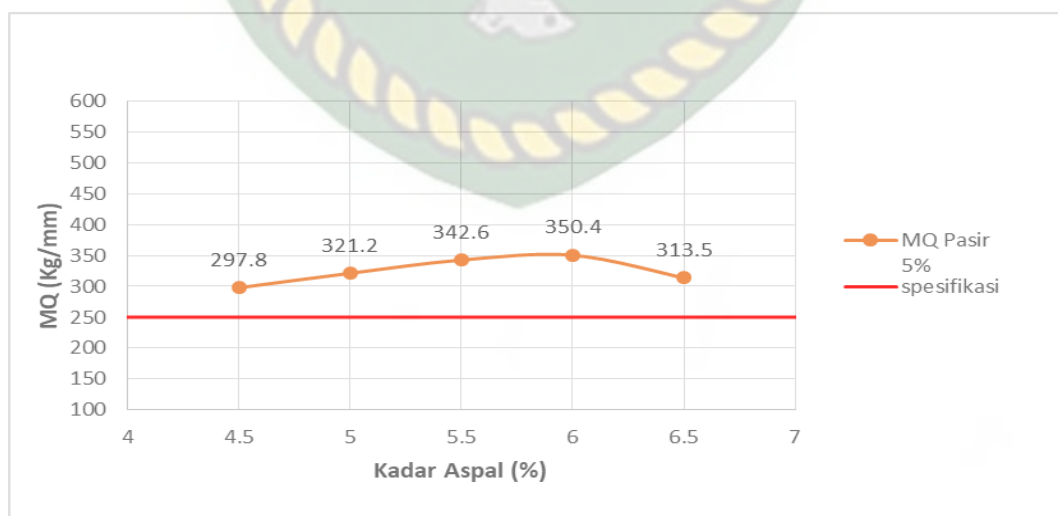


**Gambar 5.14** Hubungan antara kadar aspal dengan kelelahan (*flow*) AC-WC dengan penambahan pasir 5%

Dari Gambar 5.14 didapat grafik hasil percobaan hubungan antara kelelahan dengan 5 variasi kadar aspal. Penambahan kadar aspal mulai dari 4,5% sampai dengan 6,0% nilai kelelahan mengalami kenaikan. Hal ini mengidentifikasi bahwa penambahan kadar aspal masih mampu mengisi rongga antar butiran agregat sehingga campuran bersifat plastis atau memenuhi standar yang ditetapkan dalam spesifikasi minimum 2,0 mm. Sedangkan penambahan kadar aspal dari 6,5% nilai kelelahan mengalami penurunan.

e. Hubungan Kadar Aspal dengan Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*)

Hubungan antara kadar aspal dengan hasil bagi Marshall diperoleh dari hasil percobaan laboratorium dengan lima variasi kadar aspal ditampilkan dalam bentuk Gambar 5.15. Nilai MQ adalah hasil bagi dari stabilitas dan kelelahan. Nilai hasil bagi Marshall (MQ) menyatakan sifat kekakuan suatu campuran. Bila nilai hasil bagi Marshall terlalu tinggi, maka campuran akan cenderung terlalu kaku dan mudah retak. Sebaliknya bila terlalu rendah, maka perkerasan menjadi terlalu lentur dan cenderung kurang stabil.

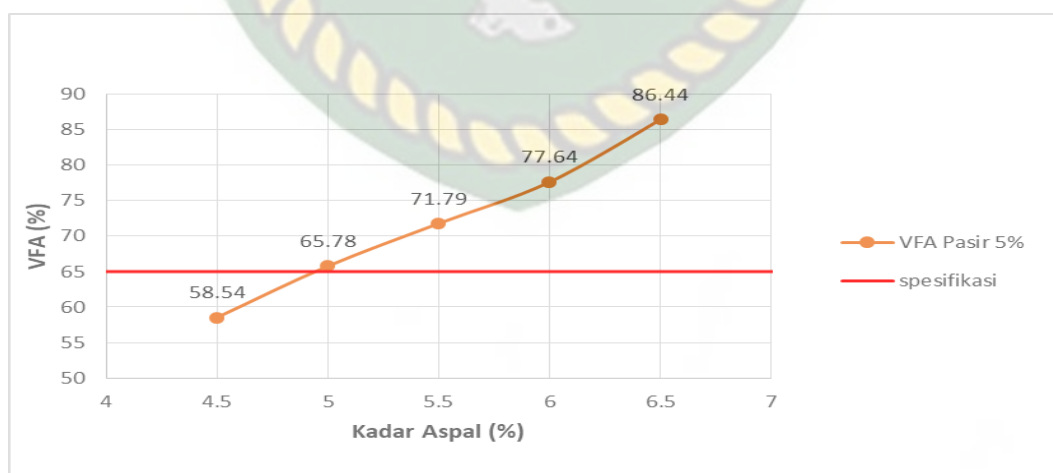


**Gambar 5.15** Hubungan antara kadar aspal dengan hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) AC-WC dengan penambahan pasir 5%

Gambar 5.15 adalah hasil percobaan hubungan antara kadar aspal dengan hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) AC-WC dengan penambahan pasir 5%. Dari gambar pada kadar aspal 4,5%, 5,0% , 5,5% dan 6,0% nilai MQ mengalami kenaikan namun penambahan kadar aspal pada 6,5% nilai MQ mengalami penurunan yang signifikan. Adapun nilai syarat minimum untuk AC-WC sesuai spesifikasi adalah 250 kg/mm. Jadi semua variasi kadar aspal masih dalam rentang yang disyaratkan.

f. Hubungan Kadar Aspal dengan *Voids Filled Asphalt* (VFA)

VFA adalah rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan yang dinyatakan dalam persen terhadap rongga antar butiran agregat (VMA), sehingga antara nilai VMA dan VFA mempunyai kaitan yang sangat erat. Faktor – faktor yang mempengaruhi VFA antara lain kadar aspal, gradasi agregat, energi pemadat (jumlah dan temperatur pemadatan), dan absorpsi agregat. Dalam penelitian ini dilakukan percobaan dengan 5 variasi kadar aspal dengan hasil seperti dalam Gambar 5.16.

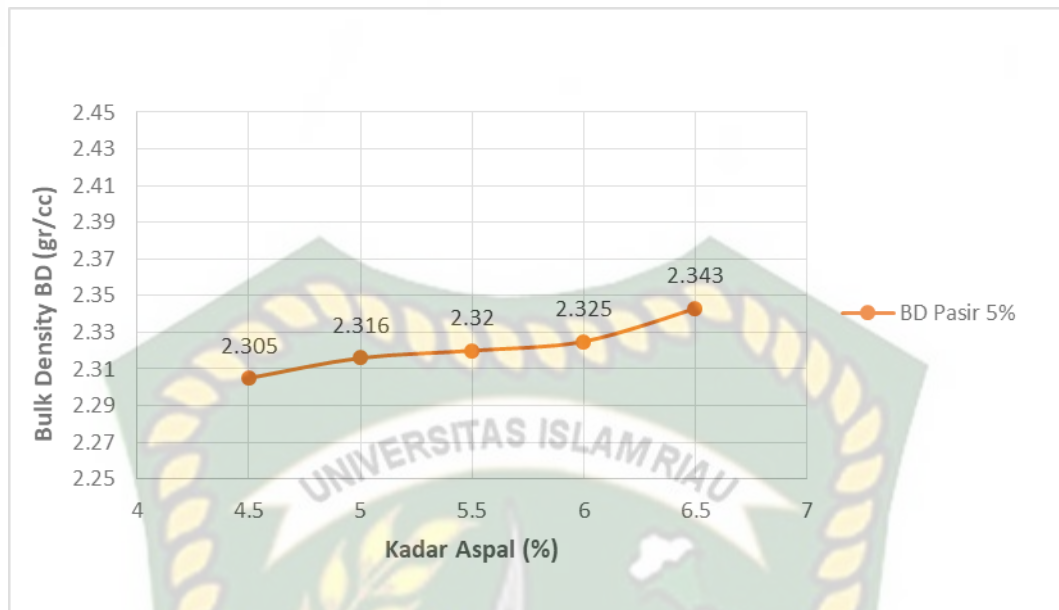


**Gambar 5.16** Hubungan antara kadar aspal dengan rongga terisi aspal (VFA) AC-WC dengan penambahan pasir 5%

Gambar 5.16 adalah hasil percobaan hubungan antara kadar aspal dengan rongga terisi aspal (*VFA*) dengan 5 variasi kadar aspal. Pada kadar aspal 4,5% nilai *VFA* tidak memenuhi syarat minimum dalam spesifikasi yaitu minimum 65 % sehingga tidak bisa dipakai dalam perencanaan kadar aspal optimum (*KAO*). Nilai *VFA* cenderung bertambah tinggi seiring dengan bertambahnya kadar aspal.

g. Hubungan Kadar Aspal dengan Berat Jenis Bulk (*Bulk Density*)

Berat jenis bulk campuran atau *bulk density* merupakan hasil bagi dari berat campuran di udara dengan isi benda uji. Nilai *bulk density* (*BD*) adalah nilai berat campuran per satuan volume setelah dipadatkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai *bulk density* di antaranya temperatur pemadatan dan komposisi bahan penyusun, semakin bertambahnya kadar aspal semakin banyak rongga-rongga udara yang terisi aspal sehingga kerapatan semakin tinggi. Nilai *BD* diperoleh dari pengolahan atau percobaan laboratorium dengan 5 (lima) variasi kadar aspal kemudian diformulasikan menggunakan Spesifikasi 2018 (Revisi 2) Bina Marga. Didapat besarnya nilai *bulk density* yang dituangkan dalam Gambar 5.17.

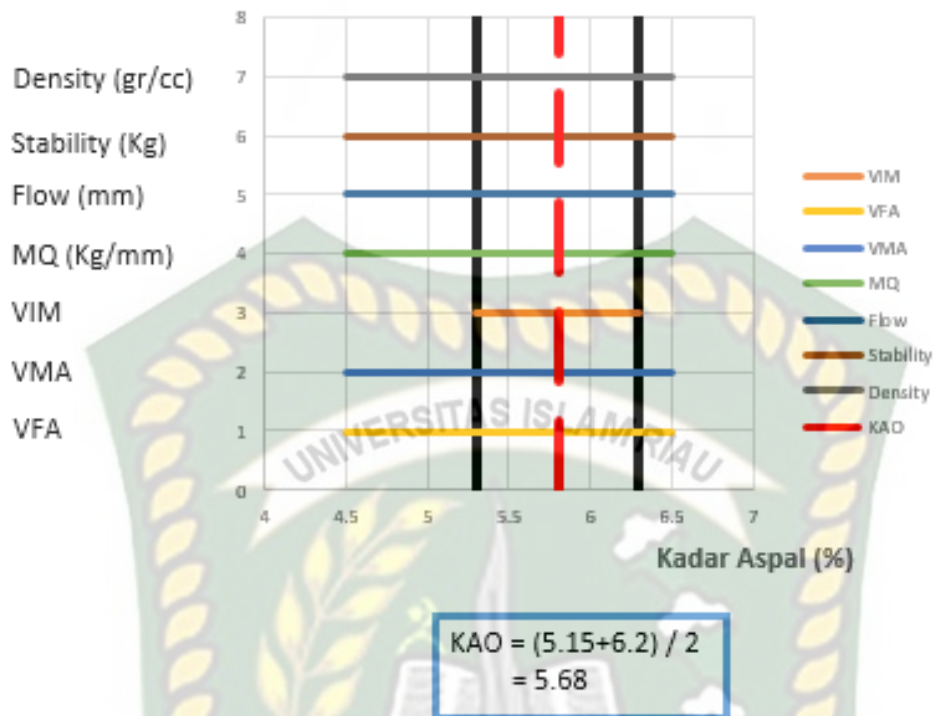


**Gambar 5.17** Hubungan antara kadar aspal dengan berat jenis bulk (*bulk density*) AC-WC dengan penambahan pasir 5%

Gambar 5.17 menunjukkan hasil percobaan yaitu semakin tinggi kadar aspal maka akan semakin besar nilai berat jenis campuran (*bulk density*). Besarnya nilai *bulk density* mengindikasikan campuran semakin padat.

#### 4. Perhitungan Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 5%

Dari rangkuman hasil pengujian *Marshall* pada AC-WC dengan penambahan pasir 5% dengan 5 variasi kadar aspal sehingga didapat nilai parameter *Marshall* yaitu *stability*, *Flow*, *Marshall Quotient (MQ)*, *VIM*, *VMA*, *VFA* dan *Bulk Density*, maka dapat ditentukan kadar aspal optimum (KAO) yang akan dipakai sebagai kadar aspal rancangan pengujian dalam penelitian ini. Gambar 5.18 menunjukkan KAO untuk AC-WC dengan penambahan pasir 5%.



**Gambar 5.18** Hasil percobaan dan pemilihan kadar aspal optimum (KAO) AC-WC dengan penambahan pasir 5%

Gambar 5.18 adalah penentuan kadar aspal optimum untuk AC-WC dengan penambahan pasir 5% yang akan digunakan sebagai kadar aspal rancangan pada percobaan *Marshall Test*. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa batasan persentase kadar aspal yang memenuhi semua persyaratan spesifikasi laston AC-WC yaitu pada kadar aspal 5,15% ~ 6,2%. Sehingga nilai KAO adalah  $5,15\% + ((6,2\% - 5,15\%)/2) = 5,68\%$ .

5. Hasil Pengujian Marshall pada Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC dengan penambahan pasir 5%

Pengujian Marshall dengan kadar aspal optimum, dimana kadar aspal ini dijadikan sebagai kadar aspal ketetapan untuk campuran laston AC-WC menggunakan material Pangkalan dan pasir plester atau pasir pasang setempat,

dibuat sampel sebanyak 3 (tiga) buah masing-masing kadar aspal sebesar 5,68%. Pengujian *Marshall* ini juga dilakukan untuk mendapatkan berat jenis bulk campuran (%), rongga udara (%), *VMA* (%), *VFA* (%), stabilitas (kg), kelelahan (mm) dan *Marshall Quotient* (kg/mm). Hasil percobaan *Marshall Test* dari kadar aspal optimum ditampilkan pada Tabel 5.15

**Tabel 5.15** Hasil Pengujian Marshall Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 5%

Variasi	Kadar Aspal (%)	Parameter Marshall Pada Kadar Aspal Optimum (KAO)							Keterangan
		Bulk Density (gr/cc)	Void In Mix (VIM) (%)	Void In Mineral Agregat (VMA) (%)	Void Filled Asphalt (VFA) (%)	Stability (Kg)	Flow (mm)	Marshall Quotient (Kg/mm)	
Dengan Pasir 5%	5.68	2.325	4.06	16.10	73.89	1,200.00	3.40	353.00	Memenuhi
Spesifikasi			3 - 5	Min. 15	Min. 65	Min. 800	Min. 2	Min. 250	

Tabel 5.15 adalah hasil pengujian *Marshall* pada kadar aspal optimum AC-WC dengan penambahan pasir 5%, yaitu *bulk density* didapat nilai 2,325 Gr/cc, *VIM* 4,06 %, *VMA* 16,10 %, *VFA* 73,89 %, *Stability* 1.200,00 Kg, *Flow* 3,40 mm dan *Marshall Quotient* 353 Kg/mm. Seluruh nilai parameter masih dalam batas yang disyaratkan spesifikasi.

### 5.1.2.c Hasil Komposisi Campuran Agregat Dengan Penambahan Pasir 10%

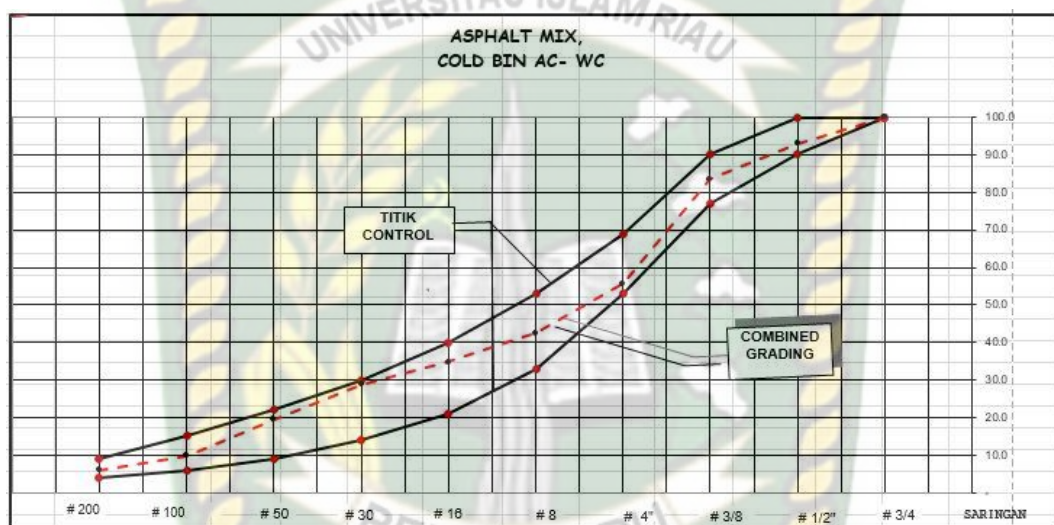
Untuk mendapatkan gradasi gabungan campuran yang sesuai dengan persyaratan spesifikasi campuran laston AC-WC, dimana gradasi campuran tidak boleh keluar dari batas gradasi yang disyaratkan dan sedapat mungkin harus berada di tengah-tengah batas gradasi. maka terlebih dahulu harus ditentukan gradasi agregat yang cocok dengan memilih persentase yang sesuai dari masing-masing fraksi agregat. Menentukan komposisi campuran agregat dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu metode analitis, metode grafis dan metode matrik.

Dari hasil gradasi masing-masing agregat yang telah dilaksanakan, maka dapat dilakukan analisa komposisi campuran agregat dengan metode analitis.

**Tabel 5.16** Hasil Gabungan Gradasi Campuran Agregat Dengan Penambahan Pasir 10% Metode Analitis

Ukuran Saringan		Gradasi Campuran				Hasil Komb. Camp.	Spesifikasi			Ket.
		Pasir Plester (PP)	Abu Batu (FA)	Medium Agregat (MA)	Coarse Agregat (CA)		Kurva Ideal	Min.	Maks.	
Inci	mm	(PP)	(FA)	(MA)	(CA)					
1 "	25.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	Masuk
3/4 "	19.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	Masuk
1/2 "	12.50	100.00	100.00	100.00	35.50	92.91	92.26	90.00	100.00	Masuk
3/8 "	9.50	100.00	100.00	80.42	19.74	83.53	83.51	77.00	90.00	Masuk
# 4	4.75	100.00	100.00	13.85	2.42	55.67	58.14	53.00	69.00	Masuk
# 8	2.36	99.81	74.42	6.97	0.76	42.55	44.51	33.00	53.00	Masuk
# 16	1.18	97.19	57.22	5.41		34.72	36.22	21.00	40.00	Masuk
# 30	0.60	85.68	45.88	4.78		28.78	29.97	14.00	30.00	Masuk
# 50	0.30	46.42	32.96	4.47		19.57	20.38	9.00	22.00	Masuk
# 100	0.16	6.16	19.34	3.90		9.88	10.30	6.00	15.00	Masuk
# 200	0.075	3.84	10.59	3.47		5.97	6.15	4.00	9.00	Masuk
% Camp.	<i>Pasir Plester (PP)</i>					10.00				
Agregat	<i>Abu Batu (FA)</i>					43.00				
Terhadap	<i>Medium Agg.(MA)</i>					35.00				
Berat	<i>Coarse Agg. (CA)</i>					12.00				
Total	Total Persentase (%)					100.00				
Total Luas Permukaan Agregat (M <sup>2</sup> /Kg)						6.92				

Tabel 5.16 merupakan hasil perhitungan gabungan gradasi campuran agregat yaitu pasir plester, abu batu, *medium aggregate*, dan *course aggregate*. Untuk melihat gabungan gradasi campuran agregat terhadap persyaratan spesifikasi apakah memenuhi persyaratan batas gradasi yang disyaratkan dan berada di tengah-tengah batas gradasi. Hasil dari grafik kurva gradasi campuran agregat ditampilkan pada Gambar 5.19.



**Gambar 5.19** Kurva Gradasi Komposisi Campuran Agregat Dengan Penambahan Pasir 10%

Gambar 5.19 adalah hasil perhitungan Tabel 5.16. Pada Tabel 5.16 dilakukan beberapa perhitungan untuk mendapatkan komposisi yang tepat dan ternyata diperoleh hasil komposisi campuran agregat yang berada pada batas gradasi yang disyaratkan serta berada di tengah-tengah batas gradasi spesifikasi. Adapun komposisi tersebut adalah pasir plester 10 %, abu batu 43 %, *medium aggregate* 35 % dan *coarse aggregate* 12 %.

#### 1. Hasil Pengujian Berat Jenis Gabungan dari Campuran

Sebagai parameter dan formula untuk menganalisa campuran aspal panas maka perlu pengujian berat jenis maksimum dari campuran agregat. Dimana berat jenis maksimum campuran ini akan mempengaruhi rongga *density* dari campuran aspal panas. Sifat dari campuran aspal panas ditentukan oleh analisis rongga *density*. Hasil dari pengujian ditampilkan pada Tabel 5.17.

Tabel. 5.17 Hasil pengujian berat jenis agregat campuran dengan penambahan pasir 10%

Item Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian
		Berat Jenis Agregat Dari Campuran
Berat Jenis Maksimum Agregat dari Sampel	Gr/cc	
Berat Jenis Maksimum Agregat (Gmm) dari Sampel dengan Gmm test, AASHTO T 209-90	Gr/cc	
Berat Jenis Curah Agregat (Gsb)	Gr/cc	<b>2.612</b>
Berat Jenis Effektif Agregat (Gse)	Gr/cc	<b>2,638</b>
Berat Jenis Apparent Agregat (Gsa)	Gr/cc	<b>2,665</b>
Penyerapan (Pba)	%	<b>0,389</b>

### 3. Hasil Pengujian *Marshall*

Dari penelitian di laboratorium untuk campuran AC-WC tanpa pasir menggunakan material *quary* Pangkalan, didapatkan parameter pengujian *Marshall* meliputi *Bulk Density*, *VIM (Voids In Mix)*, *VFA (Voids Filled Asphalt)*, *VMA (Voids Mineral Aggregate)*, *Stability*, *Flow* dan *Marshall Quotient*.

Berdasarkan pemilihan gradasi agregat campuran yang telah dilaksanakan, untuk rancangan campuran agregat dengan aspal perlu dilakukan perhitungan

perkiraan kadar aspal rencana ( $P_b$ ). Perkiraan kadar aspal rencana ini dihitung berdasarkan nilai  $CA$  (*Coarse Aggregate*),  $FA$  (*Fine Aggregate*) dan  $FF$  (*Fraaksi Filler*) dari kombinasi campuran agregat yang telah ditetapkan yaitu hasil analisis kombinasi campuran agregat metode analitis.

**Tabel 5.18** Perhitungan Perkiraan Kadar Aspal Campuran dan Komposisi Agregat Dengan Penambahan Pasir 10%

KADAR ASPAL						
Perkiraan kadar aspal rancangan untuk percobaan laboratorium						
$P_b$	=	$0.035 (\% CA) + 0.045 (\% FA) + 0.18 (\% FF) + \text{Konstanta}$				
	=	$0.035 (56.45\%) + 0.045 (36.40\%) + 0.18 (\% 6.15) + 0.50$				
$P_b$	=	5.26	%			
$P_b$	=	5.50	%	(Perkiraan awal kadar aspal)		
$CA$	=	Agregat kasar tertahan saringan no. 8	=	57.45	%	
$FA$	=	Agregat halus lolos saringan no. 8 dan tertahan no. 200	=	36.40	%	
$FF$	=	Agregat halus lolos saringan no. 200	=	6.15	%	
$P_b$	=	Kadar aspal perkiraan awal				
Konstanta	=	0.50 - 1.00				

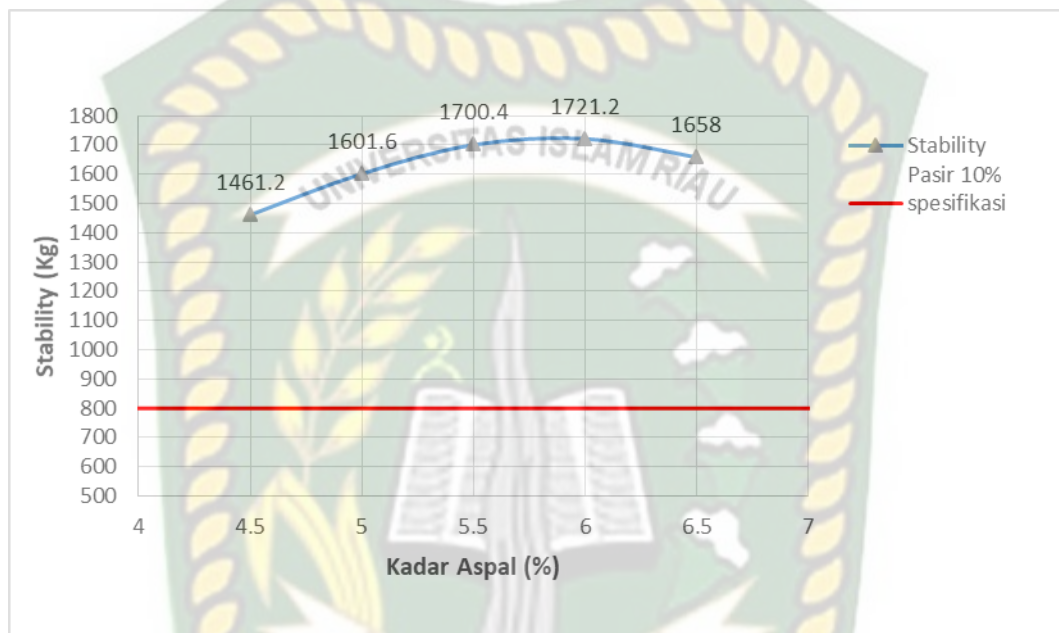
Sumber : Hasil Perhitungan

Pada Tabel 5.18 dijelaskan bahwa digunakan parameter  $P_b$  untuk menentukan kadar aspal rancangan.  $P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% FF) + \text{konstanta}$  dengan  $P_b = 0,035 (57,45) + 0,045 (36,40) + 0,18 (6,15) + 0,50$  didapat nilai  $P_b = 5,26 \%$ , dan dibulatkan menjadi  $P_b = 5,50 \%$  yang dijadikan perkiraan awal kadar aspal. Sesuai dengan standar Bina Marga maka diambil dua parameter di bawah dan dua parameter di atas. Sehingga didapatkan nilai percobaan variasi kadar aspal sebesar, 4,5%, 5,0%, 5,5 %, 6,0 % dan 6,5 %.

Selanjutnya dibuat benda uji dengan komposisi awal campuran berdasarkan Tabel 5.18 yaitu *Course Aggregate* ( $CA$ ) = 57,45 %, *Fine Aggregate* ( $FA$ ) = 36,40 % dan *Filler* ( $FF$ ) = 6,15 % .

a. Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas *Marshall*

Stabilitas Marshall adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi alur (*flow*) yang dinyatakan dalam kilogram. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas Marshall dibuat sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 (Revisi 2) seperti dalam Gambar 5.20.



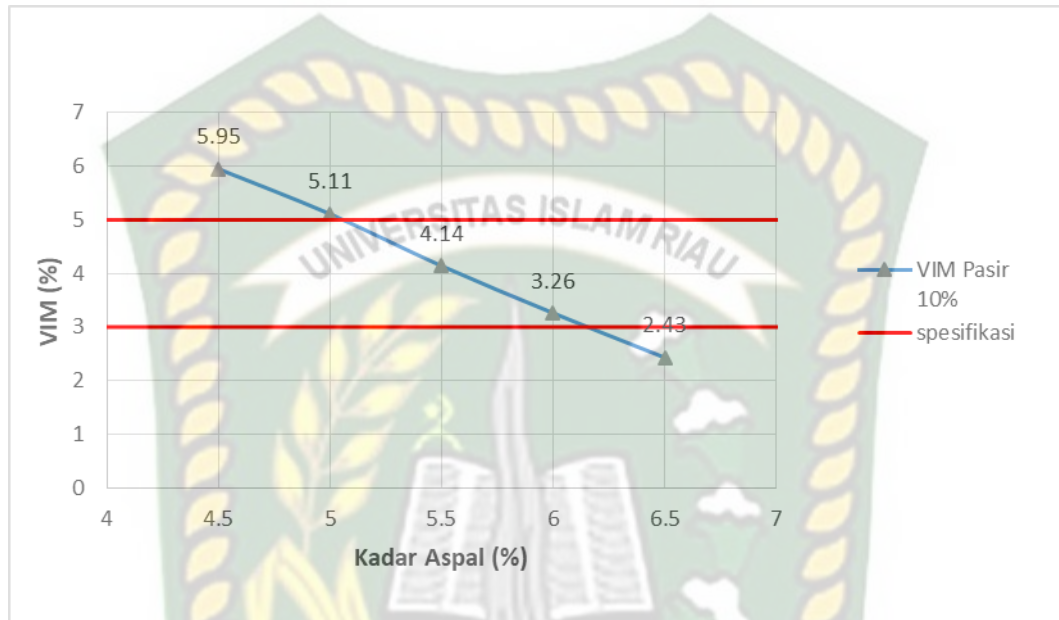
**Gambar 5.20** Hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas Marshall dengan penambahan pasir 10%

Gambar 5.20 adalah grafik hasil penelitian untuk menentukan nilai stabilitas AC-WC dengan penambahan pasir 10% dimana pada kadar aspal 6,0% nilai stabilitas mencapai nilai optimumnya. Sedangkan pada kadar aspal 6,5% nilai stabilitas kembali turun. Dapat diambil kesimpulan bahwa semakin tinggi kadar aspal belum tentu nilai stabilitas akan semakin tinggi.

b. Hubungan Kadar Aspal dengan Rongga dalam Campuran (*VIM*)

*Voids in Mix (VIM)* menunjukkan persentase rongga dalam campuran. Nilai *VIM* berpengaruh terhadap keawetan dari campuran aspal agregat, semakin tinggi nilai *VIM* menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga

campuran bersifat *porous*. Hubungan antara kadar aspal dengan Rongga Dalam Campuran (*VIM*) seperti Gambar 5.21.

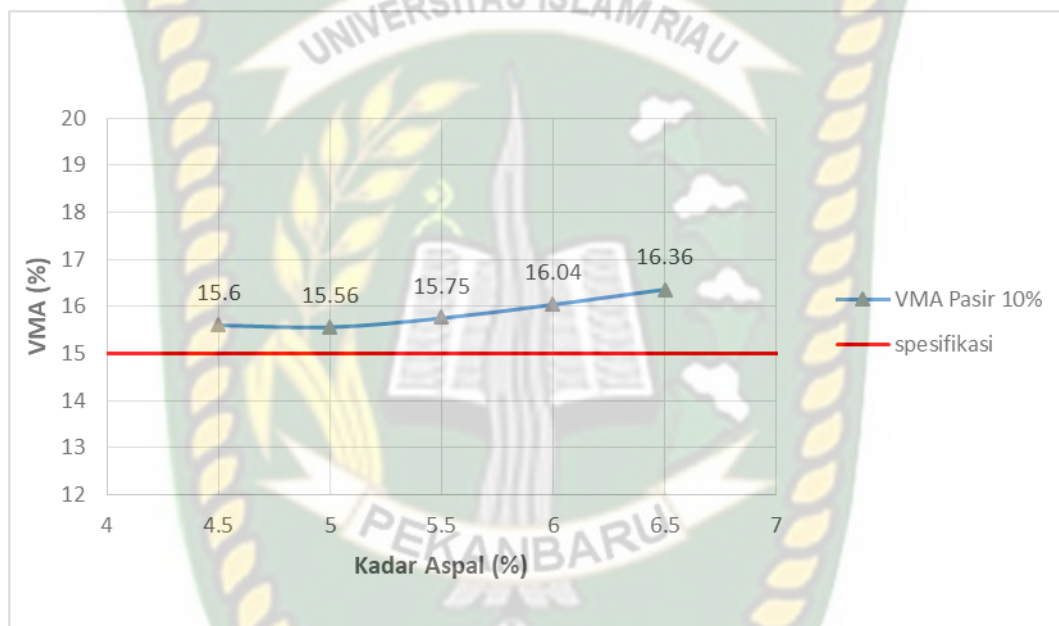


**Gambar 5.21** Hubungan antara kadar aspal dengan rongga dalam campuran (*VIM*) dengan penambahan pasir 10%

Gambar 5.21 adalah grafik hubungan antara kadar aspal dengan rongga dalam campuran (*VIM*) dengan penambahan pasir 10%. Dari nilai *VIM* di atas dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai *VIM* akan semakin kecil. Hal ini disebabkan dengan banyaknya aspal dalam campuran maka akan mengisi rongga-rongga dalam campuran sehingga rongga dalam campuran semakin mengecil. Semakin kecil rongga dalam campuran maka campuran beraspal akan makin kedap air, namun nilai *VIM* yang terlalu kecil akan mengakibatkan *bleeding*. Sebaliknya bila nilai *VIM* yang terlalu besar akan mengakibatkan campuran bersifat *porous*.

c. Hubungan Kadar Aspal dengan *Voids In Mineral Aggregate (VMA)*

Rongga antar agregat (*VMA*) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Hubungan antara kadar aspal dengan *Voids In Mineral Aggregate (VMA)* dalam penelitian ini diambil dengan 5 (lima) variasi percobaan kadar aspal yaitu : 4,5 %, 5,0%, 5,5%, 6,0% dan 6,5% seperti pada Gambar 5.22.



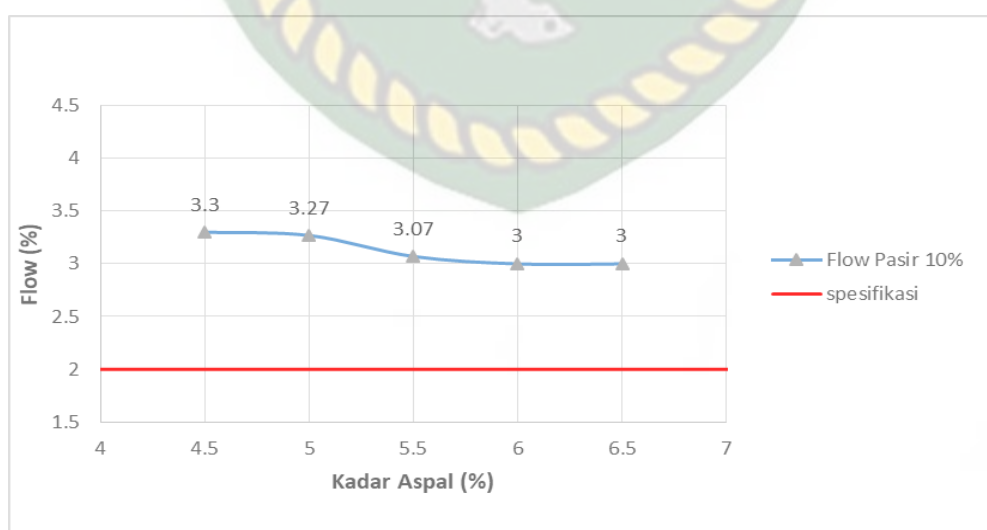
**Gambar 5.22** Hubungan antara kadar aspal dengan *Voids In Mineral Aggregate (VMA)* AC-WC dengan penambahan pasir 10%

Gambar 5.22 menerangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan rongga antar agregat atau *Voids In Mineral Aggregate (VMA)* AC-WC dengan penambahan pasir 10%. Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai *VMA* untuk AC-WC dengan penambahan pasir 10% dengan variasi kadar aspal yaitu minimum 15,56% dan maksimum 16,36%. Agregat bergradasi menerus memberikan rongga antar butiran *VMA* yang kecil dan menghasilkan stabilitas yang tinggi tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. *VMA* yang terlalu

kecil menyebabkan aspal yang menyelimuti agregat terbatas, sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan pada campuran aspal. Dalam penelitian ini nilai VMA pada kadar aspal 4,5% sampai dengan 6,5% cenderung naik seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Kenaikan nilai *Voids In Mineral Aggregate* (VMA) mengindikasikan rongga diantara partikel agregat dapat menampung jumlah kadar aspal yang besar, sehingga kerapatan diantara butiran agregat lebih bagus atau memenuhi standar spesifikasi yaitu minimum 15 %.

d. Hubungan Kadar Aspal dengan Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan (*flow*) adalah deformasi vertikal yang terjadi mulai awal pembebanan sampai kondisi stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Besarnya nilai *flow* dinyatakan dalam mm. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar aspal, viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan. Hubungan antar kadar aspal dengan kelelahan dapat dilihat pada Gambar 5.23.

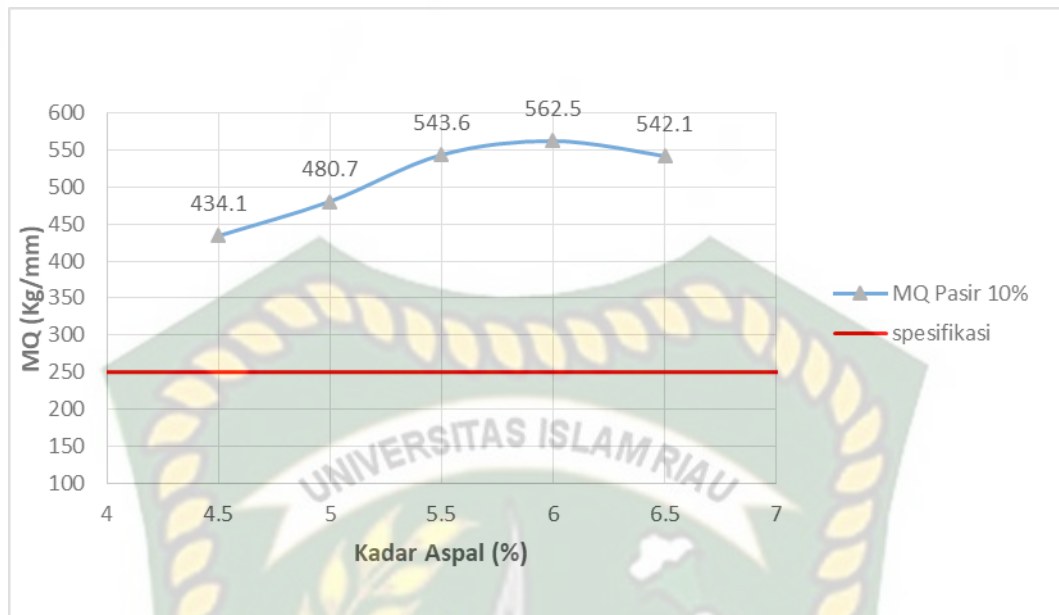


**Gambar 5.23** Hubungan antara kadar aspal dengan kelelahan (*flow*) AC-WC dengan penambahan pasir 10%

Dari Gambar 5.23 didapat grafik hasil percobaan hubungan antara keelehan dengan 5 variasi kadar aspal. Penambahan kadar aspal mulai dari 4,5% sampai dengan 6,0% nilai keelehan mengalami penurunan dan kadar aspal dari 6,0% sampai 6,5% nilai *flow* tetap. Hal ini mengidentifikasikan bahwa penambahan kadar aspal sudah tidak mampu mengisi rongga antar butiran agregat sehingga campuran bersifat plastis atau memenuhi standar yang ditetapkan dalam spesifikasi minimum 2,0 mm.

e. Hubungan Kadar Aspal dengan Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*)

Hubungan antara kadar aspal dengan hasil bagi Marshall diperoleh dari hasil percobaan laboratorium dengan lima variasi kadar aspal ditampilkan dalam bentuk Gambar 5.24. Nilai MQ adalah hasil bagi dari stabilitas dan keelehan. Nilai hasil bagi Marshall (MQ) menyatakan sifat kekakuan suatu campuran. Bila nilai hasil bagi Marshall terlalu tinggi, maka campuran akan cenderung terlalu kaku dan mudah retak. Sebaliknya bila terlalu rendah, maka perkerasan menjadi terlalu lentur dan cenderung kurang stabil.



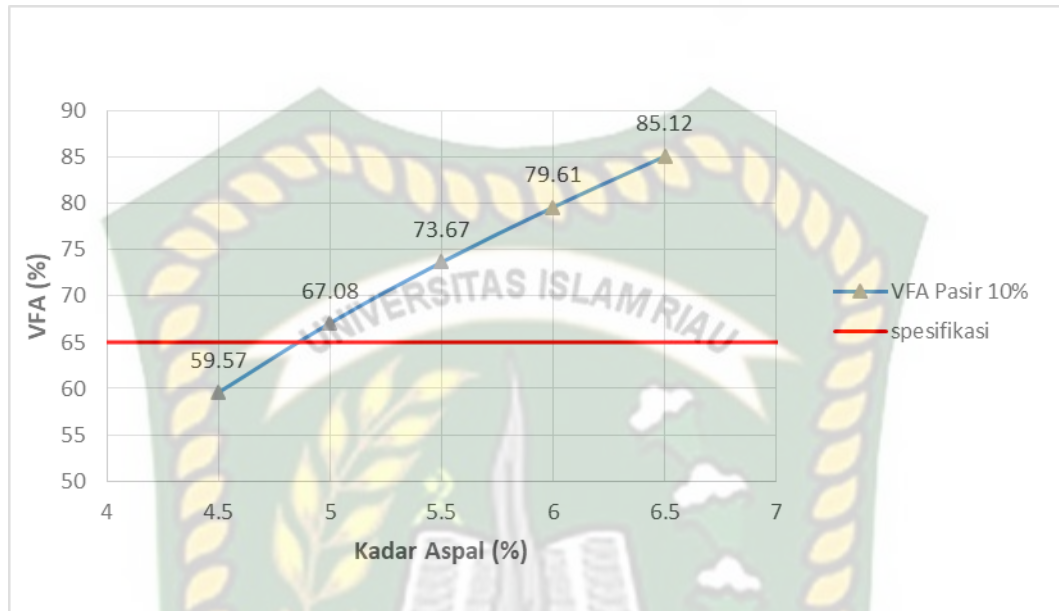
**Gambar 5.24** Hubungan antara kadar aspal dengan hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) AC-WC dengan penambahan pasir 10%

Gambar 5.24 adalah hasil percobaan hubungan antara kadar aspal dengan hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) AC-WC dengan penambahan pasir 10%. Dari gambar pada kadar aspal 4,5%, 5,0% , 5,5% dan 6,0% nilai MQ mengalami kenaikan namun penambahan kadar aspal pada 6,5% nilai MQ mengalami penurunan yang signifikan. Adapun nilai syarat minimum untuk AC-WC sesuai spesifikasi adalah 250 kg/mm. Jadi semua variasi kadar aspal masih dalam rentang yang disyaratkan.

f. Hubungan Kadar Aspal dengan *Voids Filled Asphalt (VFA)*

*VFA* adalah rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan yang dinyatakan dalam persen terhadap rongga antar butiran agregat (*VMA*), sehingga antara nilai *VMA* dan *VFA* mempunyai kaitan yang sangat erat. Faktor – faktor yang mempengaruhi *VFA* antara lain kadar aspal, gradasi agregat, energi pemadat (jumlah dan temperatur pemadatan), dan absorpsi agregat. Dalam

penelitian ini dilakukan percobaan dengan 5 variasi kadar aspal dengan hasil seperti dalam Gambar 5.25.



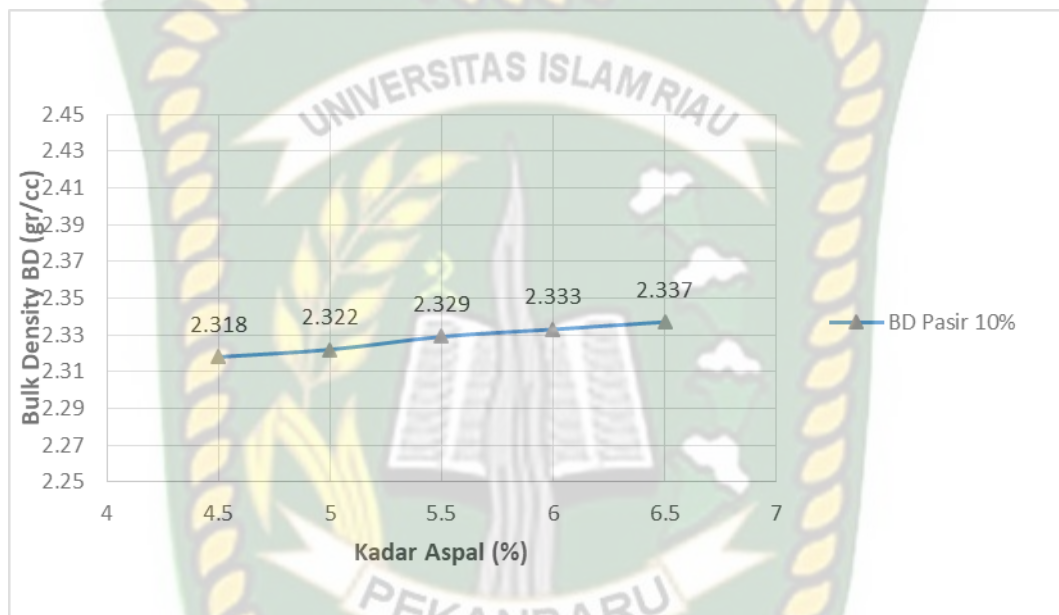
**Gambar 5.25** Hubungan antara kadar aspal dengan rongga terisi aspal (*VFA*) AC-WC dengan penambahan pasir 10%

Gambar 5.25 adalah hasil percobaan hubungan antara kadar aspal dengan rongga terisi aspal (*VFA*) dengan 5 variasi kadar aspal. Pada kadar aspal 4,5% nilai *VFA* tidak memenuhi syarat minimum dalam spesifikasi yaitu minimum 65% sehingga tidak bisa dipakai dalam perencanaan kadar aspal optimum (KAO). Nilai *VFA* cenderung bertambah tinggi seiring dengan bertambahnya kadar aspal.

g. Hubungan Kadar Aspal dengan Berat Jenis Bulk (*Bulk Density*)

Berat jenis bulk campuran atau *bulk density* merupakan hasil bagi dari berat campuran di udara dengan isi benda uji. Nilai *bulk density* (*BD*) adalah nilai berat campuran per satuan volume setelah dipadatkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai *bulk density* di antaranya temperatur pemadatan dan komposisi bahan penyusun, semakin bertambahnya kadar aspal semakin banyak

rongga-rongga udara yang terisi aspal sehingga kerapatan semakin tinggi. Nilai *BD* diperoleh dari pengolahan atau percobaan laboratorium dengan 5 (lima) variasi kadar aspal kemudian diformulasikan menggunakan Spesifikasi 2018 (Revisi 2) Bina Marga. Didapat besarnya nilai *bulk density* yang dituangkan dalam Gambar 5.26.



**Gambar 5.26** Hubungan antara kadar aspal dengan berat jenis bulk (*bulk density*) AC-WC dengan penambahan pasir 10%

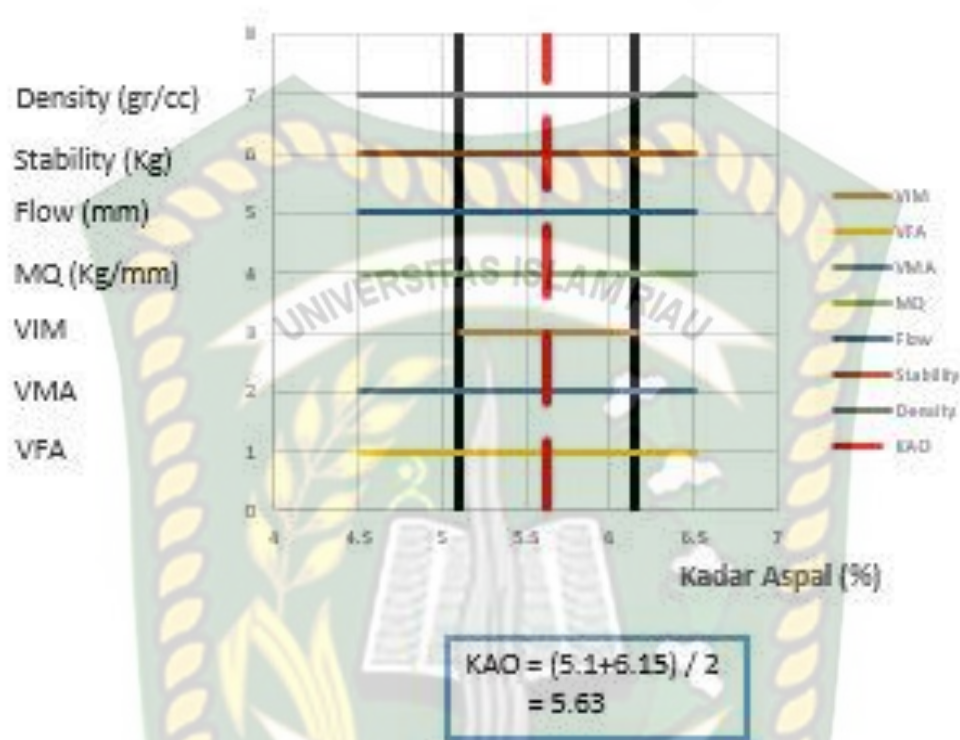
Gambar 5.26 menunjukkan hasil percobaan yaitu semakin tinggi kadar aspal maka akan semakin besar nilai berat jenis campuran (*bulk density*). Besarnya nilai *bulk density* mengindikasikan campuran semakin padat.

#### 4. Perhitungan Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 10%

Dari rangkuman hasil pengujian *Marshall* pada AC-WC dengan penambahan pasir 10% dengan 5 variasi kadar aspal sehingga didapat nilai parameter *Marshall* yaitu *stability*, *Flow*, *Marshall Quotient (MQ)*, *VIM*, *VMA*, *VFA* dan *Bulk Density*, maka dapat ditentukan kadar aspal optimum (KAO) yang

akan dipakai sebagai kadar aspal rancangan pengujian dalam penelitian ini.

Gambar 5.18 menunjukkan KAO untuk AC-WC dengan penambahan pasir 10%.



**Gambar 5.27** Hasil percobaan dan pemilihan kadar aspal optimum (KAO) AC-WC dengan penambahan pasir 10%

Gambar 5.27 adalah penentuan kadar aspal optimum untuk AC-WC dengan penambahan pasir 10% yang akan digunakan sebagai kadar aspal rancangan pada percobaan *Marshall Test*. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa batasan persentase kadar aspal yang memenuhi semua persyaratan spesifikasi laston AC-WC yaitu pada kadar aspal 5,1% ~ 6,15%. Sehingga nilai KAO adalah  $5,1\% + ((6,15\% - 5,1\%)/2) = 5,63\%$ .

5. Hasil Pengujian Marshall pada Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC dengan penambahan pasir 10%

Pengujian Marshall dengan kadar aspal optimum, dimana kadar aspal ini dijadikan sebagai kadar aspal ketetapan untuk campuran laston AC-WC menggunakan material Pangkalan dan pasir plester atau pasir pasang setempat, dibuat sampel sebanyak 3 (tiga) buah masing-masing kadar aspal sebesar 5,63%. Pengujian *Marshall* ini juga dilakukan untuk mendapatkan berat jenis bulk campuran (%), rongga udara (%), *VMA* (%), *VFA* (%), stabilitas (kg), kelelahan (mm) dan *Marshall Quotient* (kg/mm). Hasil percobaan *Marshall Test* dari kadar aspal optimum ditampilkan pada Tabel 5.19

**Tabel 5.19** Hasil Pengujian Marshall Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 10%

Variasi	Kadar Aspal (%)	Parameter Marshall Pada Kadar Aspal Optimum (KAO)							Keterangan
		Bulk Density (gr/cc)	Void In Mix (VIM) (%)	Void In Mineral Agregat (VMA) (%)	Void Filled Asphalt (VFA) (%)	Stability (Kg)	Flow (mm)	Marshall Quotient (Kg/mm)	
Dengan Pasir 10%	5.63	2.330	3.90	15.90	75.20	1,700.00	3.05	557.00	Memenuhi
Spesifikasi			3 - 5	Min. 15	Min. 65	Min. 800	Min. 2	Min. 250	

Tabel 5.19 adalah hasil pengujian *Marshall* pada kadar aspal optimum AC-WC dengan penambahan pasir 10%, yaitu *bulk density* didapat nilai 2,330 Gr/cc, *VIM* 3,90 %, *VMA* 15,90 %, *VFA* 75,20 %, *Stability* 1.700,00 Kg, *Flow* 3,05 mm dan *Marshall Quotient* 557 Kg/mm. Seluruh nilai parameter masih dalam batas yang disyaratkan spesifikasi.

#### 5.1.2.d Hasil Komposisi Campuran Agregat Dengan Penambahan Pasir 15%

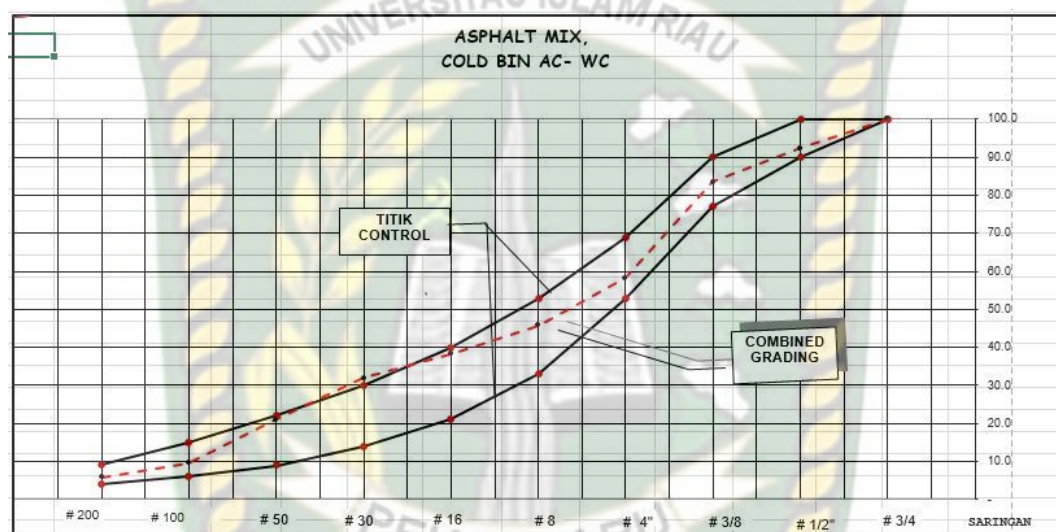
Untuk mendapatkan gradasi gabungan campuran yang sesuai dengan persyaratan spesifikasi campuran laston AC-WC, dimana gradasi campuran tidak boleh keluar dari batas gradasi yang disyaratkan dan sedapat mungkin harus berada di tengah-tengah batas gradasi. maka terlebih dahulu harus ditentukan gradasi agregat yang cocok dengan memilih persentase yang sesuai dari masing-masing fraksi agregat. Menentukan komposisi campuran agregat dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu metode analitis, metode grafis dan metode matrik.

Dari hasil gradasi masing-masing agregat yang telah dilaksanakan, maka dapat dilakukan analisa komposisi campuran agregat dengan metode analitis.

**Tabel 5.20** Hasil Gabungan Gradasi Campuran Agregat Dengan Penambahan Pasir 15% Metode Analitis

Ukuran Saringan		Gradasi Campuran				Hasil Komb. Camp.	Spesifikasi			Ket.
		Pasir Plester (PP)	Abu Batu (FA)	Medium Agregat (MA)	Coarse Agregat (CA)		Kurva Ideal	Min.	Maks.	
Inci	Mm	(PP)	(FA)	(MA)	(CA)					
1 "	25.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	Masuk
3/4 "	19.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	Masuk
1/2 "	12.50	100.00	100.00	100.00	35.50	92.26	95.00	90.00	100.00	Masuk
3/8 "	9.50	100.00	100.00	80.42	19.74	83.51	83.50	77.00	90.00	Masuk
# 4	4.75	100.00	100.00	13.85	2.42	58.14	61.00	53.00	69.00	Masuk
# 8	2.36	99.81	74.42	6.97	0.76	45.78	43.00	33.00	53.00	Masuk
# 16	1.18	97.19	57.22	5.41		38.22	30.50	21.00	40.00	Masuk
# 30	0.60	85.68	45.88	4.78		31.96	22.00	14.00	30.00	Tidak Masuk
# 50	0.30	46.42	32.96	4.47		21.05	15.50	9.00	22.00	Masuk
# 100	0.16	6.16	19.34	3.90		9.64	10.50	6.00	15.00	Masuk
# 200	0.075	3.84	10.59	3.47		5.81	6.50	4.00	9.00	Masuk
% Camp.	<i>Pasir Plester (PP)</i>					15.00				
Agregat	<i>Abu Batu (FA)</i>					38.00				
Thd Berat	<i>Medium Agg.(MA)</i>					35.00				
Total	<i>Coarse Agg. (CA)</i>					12.00				
Total Persentase (%)						100.00				
Total Luas Permukaan Agregat (M <sup>2</sup> /Kg)						6.83				

Tabel 5.20 merupakan hasil perhitungan gabungan gradasi campuran agregat yaitu pasir plester, abu batu, *medium aggregate*, dan *course aggregate*. Untuk melihat gabungan gradasi campuran agregat terhadap persyaratan spesifikasi apakah memenuhi persyaratan batas gradasi yang disyaratkan dan berada di tengah-tengah batas gradasi. Hasil dari grafik kurva gradasi campuran agregat ditampilkan pada Gambar 5.28.



**Gambar 5.28** Kurva Gradasi Komposisi Campuran Agregat Dengan Penambahan Pasir 15%

Gambar 5.28 adalah hasil perhitungan Tabel 5.20. Pada Tabel 5.20 dilakukan beberapa perhitungan untuk mendapatkan komposisi yang tepat dan ternyata diperoleh hasil komposisi campuran agregat yang berada di luar batas gradasi yang disyaratkan yaitu batas gradasi spesifikasi. Adapun komposisi tersebut adalah pasir plester 15 %, abu batu 38 %, *medium aggregate* 35 % dan *coarse aggregate* 12 %.

#### 1. Hasil Pengujian Berat Jenis Gabungan dari Campuran

Sebagai parameter dan formula untuk menganalisa campuran aspal panas maka perlu pengujian berat jenis maksimum dari campuran agregat. Dimana berat jenis maksimum campuran ini akan mempengaruhi rongga *density* dari campuran aspal panas. Sifat dari campuran aspal panas ditentukan oleh analisis rongga *density*. Hasil dari pengujian ditampilkan pada Tabel 5.21.

**Tabel. 5.21** Hasil pengujian berat jenis agregat campuran dengan penambahan pasir 15%

Item Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian
		Berat Jenis Agregat Dari Campuran
Berat Jenis Maksimum Agregat dari Sampel	Gr/cc	
Berat Jenis Maksimum Agregat (Gmm) dari Sampel dengan Gmm test, AASHTO T 209-90	Gr/cc	
Berat Jenis Curah Agregat (Gsb)	Gr/cc	<b>2.613</b>
Berat Jenis Effektif Agregat (Gse)	Gr/cc	<b>2,638</b>
Berat Jenis Apparent Agregat (Gsa)	Gr/cc	<b>2,663</b>
Penyerapan (Pba)	%	<b>0,374</b>

### 3. Hasil Pengujian *Marshall*

Dari penelitian di laboratorium untuk campuran AC-WC tanpa pasir menggunakan material *quary* Pangkalan, didapatkan parameter pengujian *Marshall* meliputi *Bulk Density*, *VIM (Voids In Mix)*, *VFA (Voids Filled Asphalt)*, *VMA (Voids Mineral Aggregate)*, *Stability*, *Flow* dan *Marshall Quotient*.

Berdasarkan pemilihan gradasi agregat campuran yang telah dilaksanakan, untuk rancangan campuran agregat dengan aspal perlu dilakukan perhitungan

perkiraan kadar aspal rencana ( $P_b$ ). Perkiraan kadar aspal rencana ini dihitung berdasarkan nilai  $CA$  (*Coarse Aggregate*),  $FA$  (*Fine Aggregate*) dan  $FF$  (*Fraaksi Filler*) dari kombinasi campuran agregat yang telah ditetapkan yaitu hasil analisis kombinasi campuran agregat metode analitis.

**Tabel 5.22** Perhitungan Perkiraan Kadar Aspal Campuran dan Komposisi Agregat Dengan Penambahan Pasir 15%

KADAR ASPAL							
Perkiraan kadar aspal rancangan untuk percobaan laboratorium							
$P_b$	=	0.035 (% CA)+0.045 (%FA)+ 0.18 (% FF)+ Konstanta					
	=	0.035 (54.22%)+0.045 (39.97%)+ 0.18 (% 5.81)+ 0.50					
$P_b$	=	5.24	%				
$P_b$	=	5.50	%	(Perkiraan awal kadar aspal)			
CA	=	Agregat kasar tertahan saringan no. 8		=	54.22	%	
FA	=	Agregat halus lolos saringan no. 8 dan tertahan no. 200		=	39.97	%	
FF	=	Agregat halus lolos saringan no. 200		=	5.81	%	
$P_b$	=	Kadar aspal perkiraan awal					
Konstanta	=	0.50 - 1.00					

Sumber : Hasil Perhitungan

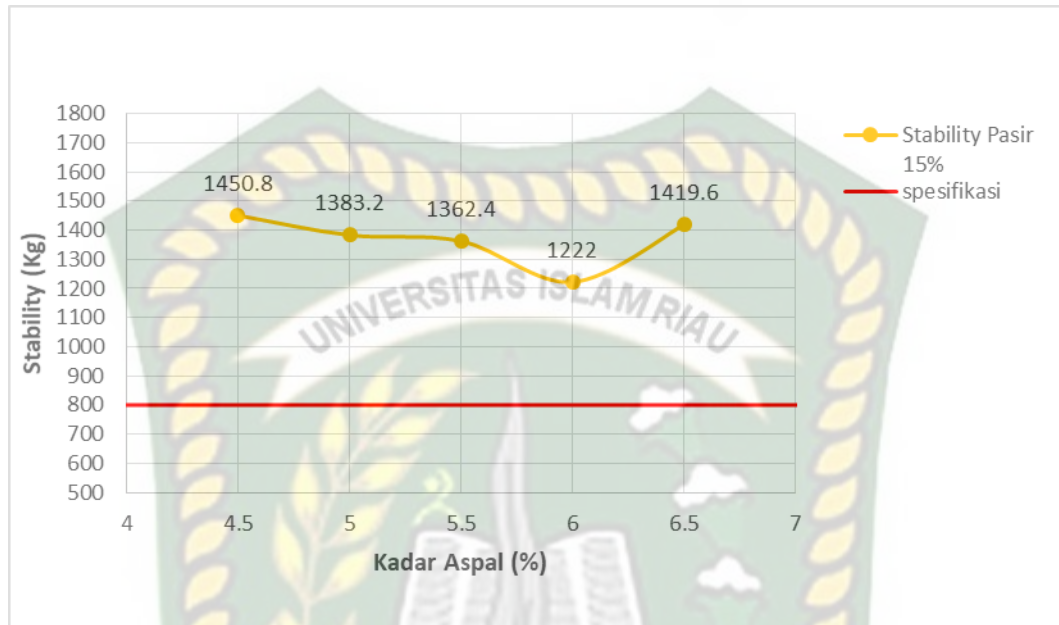
Pada Tabel 5.22 dijelaskan bahwa digunakan parameter  $P_b$  untuk menentukan kadar aspal rancangan.  $P_b = 0,035 ( \% CA ) + 0,045 ( \% FA ) + 0,18 ( \% FF ) +$  konstanta dengan  $P_b = 0,035 ( 54,22 ) + 0,045 ( 39,97 ) + 0,18 ( 5,81 ) + 0,50$  didapat nilai  $P_b = 5,24 \%$ , dan dibulatkan menjadi  $P_b = 5,50 \%$  yang dijadikan perkiraan awal kadar aspal. Sesuai dengan standar Bina Marga maka diambil dua parameter di bawah dan dua parameter di atas. Sehingga didapatkan nilai percobaan variasi kadar aspal sebesar, 4,5%, 5,0%, 5,5 %, 6,0 % dan 6,5 %.

Selanjutnya dibuat benda uji dengan komposisi awal campuran berdasarkan Tabel 5.18 yaitu *Course Aggregate* ( $CA$ ) = 54,22 %, *Fine Aggregate* ( $FA$ ) = 39,97 % dan *Filler* ( $FF$ ) = 5,81 % .

a. Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas *Marshall*

Stabilitas Marshall adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi alur (*flow*) yang dinyatakan dalam kilogram.

Grafik hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas Marshall dibuat sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 (Revisi 2) seperti dalam Gambar 5.29.

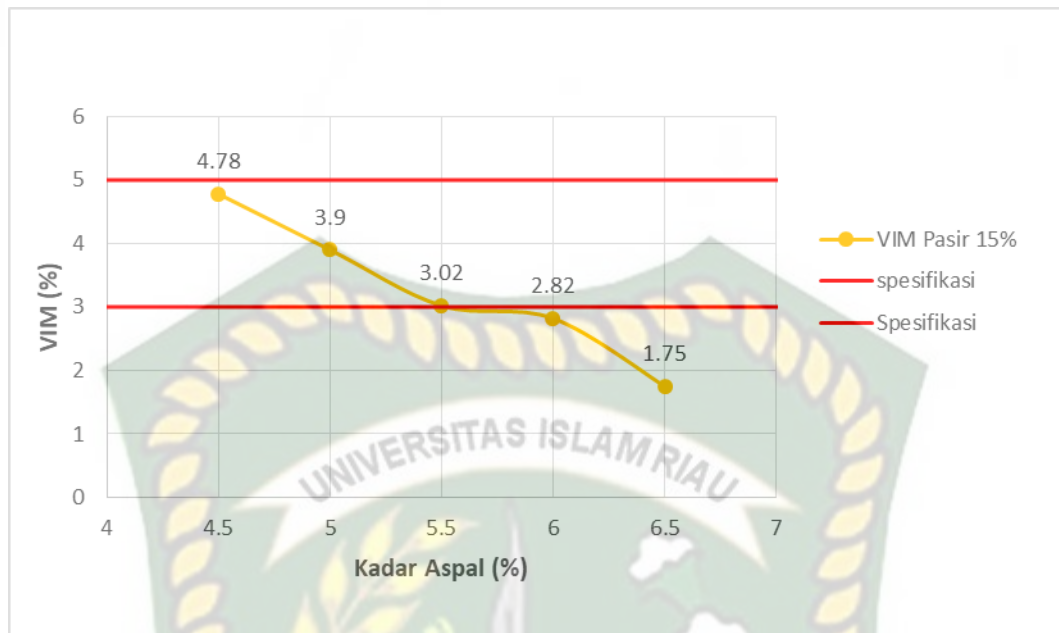


**Gambar 5.29** Hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas Marshall dengan penambahan pasir 15%

Gambar 5.29 adalah grafik hasil penelitian untuk menentukan nilai stabilitas AC-WC dengan penambahan pasir 15% dimana pada kadar aspal 6,0% nilai stabilitas mencapai nilai minimum. Sedangkan pada kadar aspal 6,5% nilai stabilitas kembali naik. Dapat diambil kesimpulan bahwa semakin tinggi kadar aspal belum tentu nilai stabilitas akan semakin tinggi.

b. Hubungan Kadar Aspal dengan Rongga dalam Campuran (*VIM*)

*Voids in Mix (VIM)* menunjukkan persentase rongga dalam campuran. Nilai *VIM* berpengaruh terhadap keawetan dari campuran aspal agregat, semakin tinggi nilai *VIM* menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat *porous*. Hubungan antara kadar aspal dengan Rongga Dalam Campuran (*VIM*) seperti Gambar 5.30.



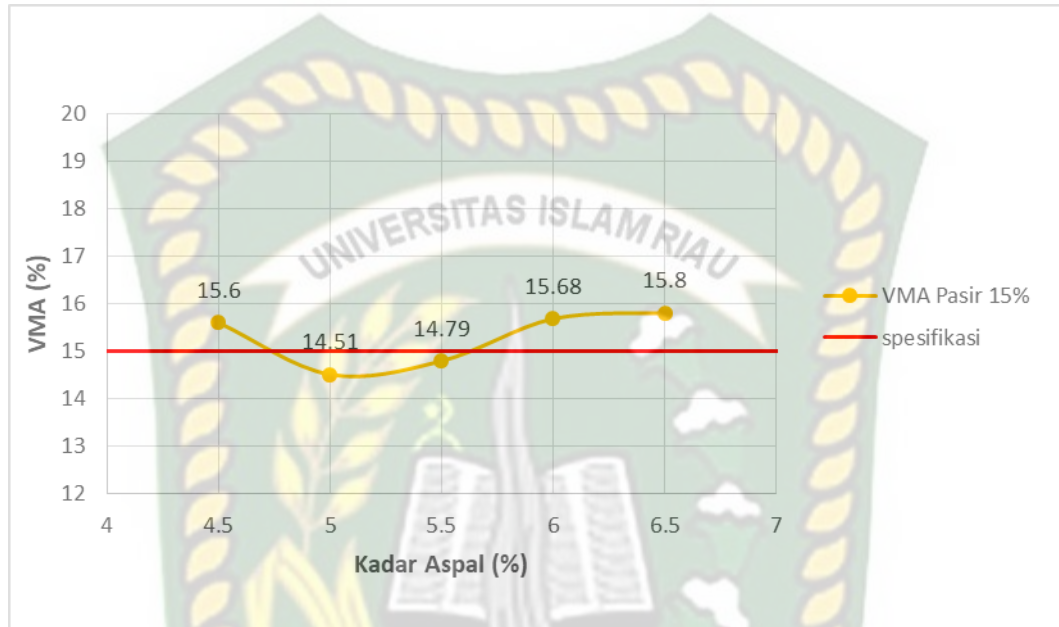
**Gambar 5.30** Hubungan antara kadar aspal dengan rongga dalam campuran (*VIM*) dengan penambahan pasir 15%

Gambar 5.30 adalah grafik hubungan antara kadar aspal dengan rongga dalam campuran (*VIM*) dengan penambahan pasir 15%. Dari nilai *VIM* di atas dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai *VIM* akan semakin kecil. Hal ini disebabkan dengan banyaknya aspal dalam campuran maka akan mengisi rongga-rongga dalam campuran sehingga rongga dalam campuran semakin mengecil. Semakin kecil rongga dalam campuran maka campuran beraspal akan makin kedap air, namun nilai *VIM* yang terlalu kecil akan mengakibatkan *bleeding*. Sebaliknya bila nilai *VIM* yang terlalu besar akan mengakibatkan campuran bersifat *porous*.

c. Hubungan Kadar Aspal dengan *Voids In Mineral Aggregate (VMA)*

Rongga antar agregat (*VMA*) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Hubungan antara kadar aspal

dengan *Voids In Mineral Aggregate (VMA)* dalam penelitian ini diambil dengan 5 (lima) variasi percobaan kadar aspal yaitu : 4,5 %, 5,0%, 5,5%, 6,0% dan 6,5% seperti pada Gambar 5.31.



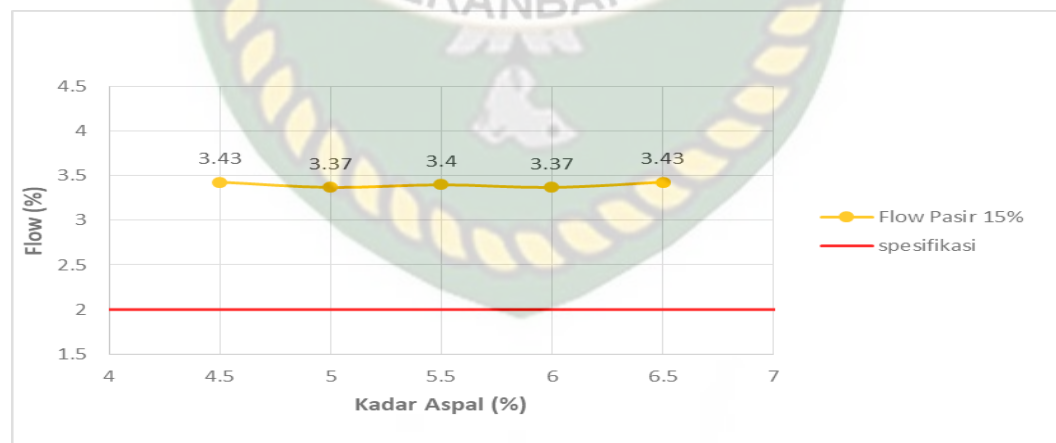
**Gambar 5.31** Hubungan antara kadar aspal dengan *Voids In Mineral Aggregate (VMA)* AC-WC dengan penambahan pasir 15%

Gambar 5.31 menerangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan rongga antar agregat atau *Voids In Mineral Aggregate (VMA)* AC-WC dengan penambahan pasir 15%. Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai *VMA* untuk AC-WC dengan penambahan pasir 15% dengan variasi kadar aspal yaitu minimum 14,51% dan maksimum 15,80%. Agregat bergradasi menerus memberikan rongga antar butiran *VMA* yang kecil dan menghasilkan stabilitas yang tinggi tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. *VMA* yang terlalu kecil menyebabkan aspal yang menyelimuti agregat terbatas, sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan pada campuran aspal. Dalam penelitian ini nilai *VMA* pada kadar aspal 5,0% sampai dengan 5,5% berada di bawah

spesifikasi yang disyaratkan dengan bertambahnya kadar aspal. Dan mengalami kenaikan pada kadar aspal 5,5% sampai 6,5%. Kenaikan nilai *Voids In Mineral Aggregate* (VMA) mengindikasikan rongga diantara partikel agregat dapat menampung jumlah kadar aspal yang besar, sehingga kerapatan diantara butiran agregat lebih bagus atau memenuhi standar spesifikasi yaitu minimum 15 %.

#### d. Hubungan Kadar Aspal dengan Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan (*flow*) adalah deformasi vertikal yang terjadi mulai awal pembebanan sampai kondisi stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Besarnya nilai *flow* dinyatakan dalam mm. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar aspal, viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan. Hubungan antar kadar aspal dengan kelelehan dapat dilihat pada Gambar 5.32.



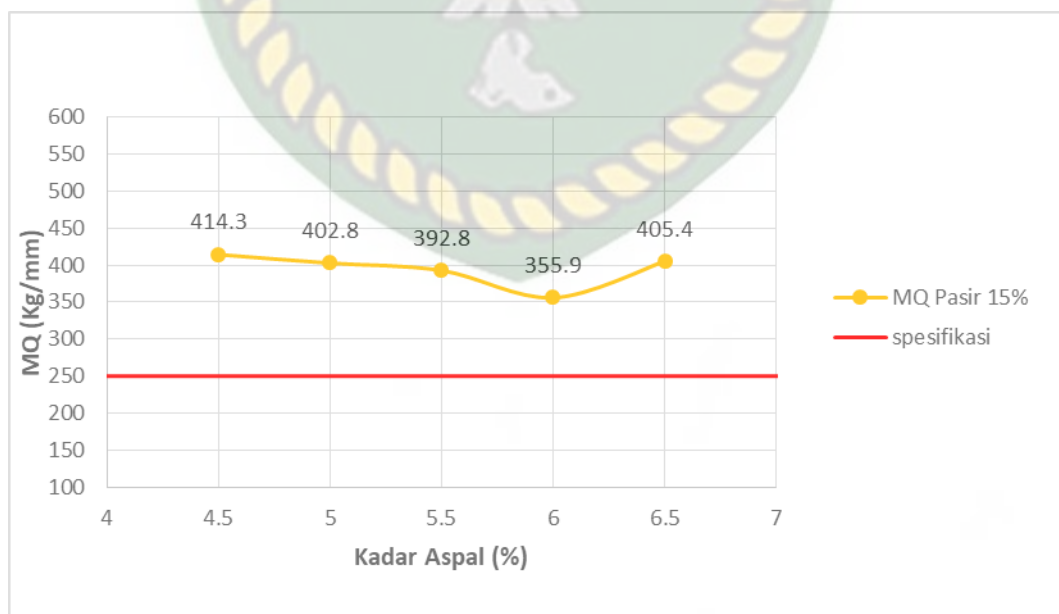
**Gambar 5.32** Hubungan antara kadar aspal dengan kelelehan (*flow*) AC-WC dengan penambahan pasir 15%

Dari Gambar 5.32 didapat grafik hasil percobaan hubungan antara kelelehan dengan 5 variasi kadar aspal. Penambahan kadar aspal mulai dari 4,5% sampai dengan 5,0% nilai kelelehan mengalami penurunan dan kadar aspal dari

5,0% sampai 5,5% nilai *flow* naik kembali dan dari kadar aspal 5,5% sampai 6,0% naik kembali dan mengalami penurunan pada kadar aspal 6,0% sampai 6,5%. Hal ini mengidentifikasi bahwa penambahan kadar aspal sudah tidak mampu mengisi rongga antar butiran agregat sehingga campuran bersifat plastis atau memenuhi standar yang ditetapkan dalam spesifikasi minimum 2,0 mm.

e. Hubungan Kadar Aspal dengan Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*)

Hubungan antara kadar aspal dengan hasil bagi Marshall diperoleh dari hasil percobaan laboratorium dengan lima variasi kadar aspal ditampilkan dalam bentuk Gambar 5.33. Nilai MQ adalah hasil bagi dari stabilitas dan kelelahan. Nilai hasil bagi Marshall (MQ) menyatakan sifat kekakuan suatu campuran. Bila nilai hasil bagi Marshall terlalu tinggi, maka campuran akan cenderung terlalu kaku dan mudah retak. Sebaliknya bila terlalu rendah, maka perkerasan menjadi terlalu lentur dan cenderung kurang stabil.

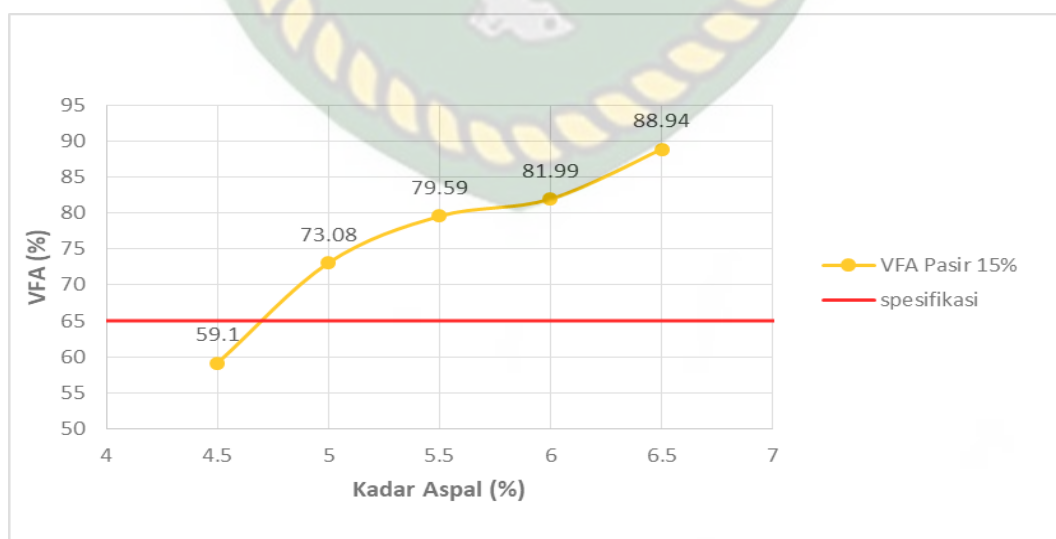


**Gambar 5.33** Hubungan antara kadar aspal dengan hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) AC-WC dengan penambahan pasir 15%

Gambar 5.33 adalah hasil percobaan hubungan antara kadar aspal dengan hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) AC-WC dengan penambahan pasir 15%. Dari gambar pada kadar aspal 4,5%, 5,0% , 5,5% dan 6,0% nilai MQ mengalami penurunan namun penambahan kadar aspal pada 6,5% nilai MQ mengalami kenaikan yang signifikan. Adapun nilai syarat minimum untuk AC-WC sesuai spesifikasi adalah 250 kg/mm. Jadi semua variasi kadar aspal masih dalam rentang yang disyaratkan.

f. Hubungan Kadar Aspal dengan *Voids Filled Asphalt* (VFA)

VFA adalah rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan yang dinyatakan dalam persen terhadap rongga antar butiran agregat (VMA), sehingga antara nilai VMA dan VFA mempunyai kaitan yang sangat erat. Faktor – faktor yang mempengaruhi VFA antara lain kadar aspal, gradasi agregat, energi pemadat (jumlah dan temperatur pemadatan), dan absorpsi agregat. Dalam penelitian ini dilakukan percobaan dengan 5 variasi kadar aspal dengan hasil seperti dalam Gambar 5.34.

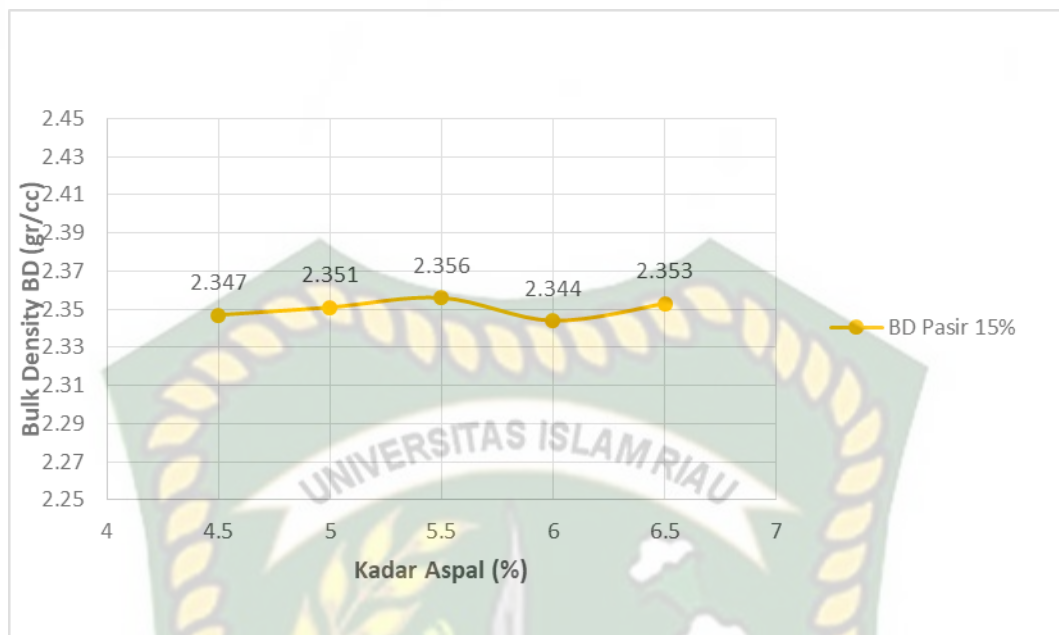


**Gambar 5.34** Hubungan antara kadar aspal dengan rongga terisi aspal (VFA) AC-WC dengan penambahan pasir 15%

Gambar 5.34 adalah hasil percobaan hubungan antara kadar aspal dengan rongga terisi aspal (*VFA*) dengan 5 variasi kadar aspal. Pada kadar aspal 4,5% nilai *VFA* tidak memenuhi syarat minimum dalam spesifikasi yaitu minimum 65 % sehingga tidak bisa dipakai dalam perencanaan kadar aspal optimum (*KAO*). Nilai *VFA* cenderung bertambah tinggi seiring dengan bertambahnya kadar aspal.

g. Hubungan Kadar Aspal dengan Berat Jenis Bulk (*Bulk Density*)

Berat jenis bulk campuran atau *bulk density* merupakan hasil bagi dari berat campuran di udara dengan isi benda uji. Nilai *bulk density* (*BD*) adalah nilai berat campuran per satuan volume setelah dipadatkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai *bulk density* di antaranya temperatur pemadatan dan komposisi bahan penyusun, semakin bertambahnya kadar aspal semakin banyak rongga-rongga udara yang terisi aspal sehingga kerapatan semakin tinggi. Nilai *BD* diperoleh dari pengolahan atau percobaan laboratorium dengan 5 (lima) variasi kadar aspal kemudian diformulasikan menggunakan Spesifikasi 2018 (Revisi 2) Bina Marga. Didapat besarnya nilai *bulk density* yang dituangkan dalam Gambar 5.35.



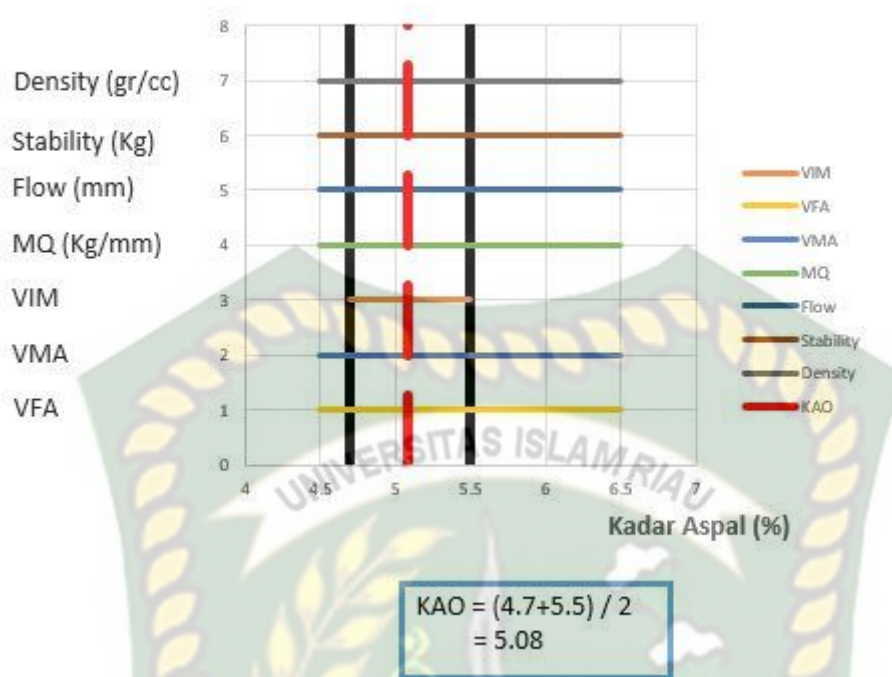
**Gambar 5.35** Hubungan antara kadar aspal dengan berat jenis bulk (*bulk density*) AC-WC dengan penambahan pasir 15%

Gambar 5.35 menunjukkan hasil percobaan yaitu semakin tinggi kadar aspal maka akan semakin besar nilai berat jenis campuran (*bulk density*). Besarnya nilai *bulk density* mengindikasikan campuran semakin padat.

#### 4. Perhitungan Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 15%

Dari rangkuman hasil pengujian *Marshall* pada AC-WC dengan penambahan pasir 15% dengan 5 variasi kadar aspal sehingga didapat nilai parameter *Marshall* yaitu *stability*, *Flow*, *Marshall Quotient (MQ)*, *VIM*, *VMA*, *VFA* dan *Bulk Density*, maka dapat ditentukan kadar aspal optimum (KAO) yang akan dipakai sebagai kadar aspal rancangan pengujian dalam penelitian ini.

Gambar 5.36 menunjukkan KAO untuk AC-WC dengan penambahan pasir 15%



**Gambar 5.36** Hasil percobaan dan pemilihan kadar aspal optimum (KAO) AC-WC dengan penambahan pasir 15%

Gambar 5.36 adalah penentuan kadar aspal optimum untuk AC-WC dengan penambahan pasir 15% yang akan digunakan sebagai kadar aspal rancangan pada percobaan *Marshall Test*. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa batasan persentase kadar aspal yang memenuhi semua persyaratan spesifikasi laston AC-WC yaitu pada kadar aspal 4,70% ~ 5,5%. Sehingga nilai KAO adalah  $4,70\% + ((5,5\% - 4,7\%)/2) = 5,08\%$ .

#### 5. Hasil Pengujian Marshall pada Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC dengan penambahan pasir 15%

Pengujian Marshall dengan kadar aspal optimum, dimana kadar aspal ini dijadikan sebagai kadar aspal ketetapan untuk campuran laston AC-WC menggunakan material Pangkalan dan pasir plester atau pasir pasang setempat, dibuat sampel sebanyak 3 (tiga) buah masing-masing kadar aspal sebesar 5,63%.

Pengujian *Marshall* ini juga dilakukan untuk mendapatkan berat jenis bulk campuran (%), rongga udara (%), *VMA* (%), *VFA* (%), stabilitas (kg), kelelahan (mm) dan *Marshall Quotient* (kg/mm). Hasil percobaan *Marshall Test* dari kadar aspal optimum ditampilkan pada Tabel 5.23.

**Tabel 5.23** Hasil Pengujian Marshall Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC Dengan Penambahan Pasir 15%

Variasi	Kadar Aspal (%)	Parameter Marshall Pada Kadar Aspal Optimum (KAO)							Keterangan
		Bulk Density (gr/cc)	Void In Mix (VIM) (%)	Void In Mineral Agregat (VMA) (%)	Void Filled Asphalt (VFA) (%)	Stability (Kg)	Flow (mm)	Marshall Quotient (Kg/mm)	
Dengan Pasir 15%	5.08	2.353	3.80	14.50	74,12	1,390.00	3.40	408.00	Tidak Memenuhi
Spesifikasi			3 - 5	Min. 15	Min. 65	Min. 800	Min. 2	Min. 250	

Tabel 5.23 adalah hasil pengujian *Marshall* pada kadar aspal optimum AC-WC dengan penambahan pasir 15%, yaitu *bulk density* didapat nilai 2,530 Gr/cc, *VIM* 3,80 %, *VMA* 14,50 %, *VFA* 74,12 %, *Stability* 1.390,00 Kg, *Flow* 3,40 mm dan *Marshall Quotient* 408 Kg/mm. Nilai parameter VMA tidak memenuhi dalam batas yang disyaratkan spesifikasi.

#### 5.1.2.e Hasil Komposisi Campuran Agregat Dengan Penambahan Pasir 20%

Untuk mendapatkan gradasi gabungan campuran yang sesuai dengan persyaratan spesifikasi campuran laston AC-WC, dimana gradasi campuran tidak boleh keluar dari batas gradasi yang disyaratkan dan sedapat mungkin harus

berada di tengah-tengah batas gradasi. maka terlebih dahulu harus ditentukan gradasi agregat yang cocok dengan memilih persentase yang sesuai dari masing-masing fraksi agregat. Menentukan komposisi campuran agregat dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu metode analitis, metode grafis dan metode matrik.

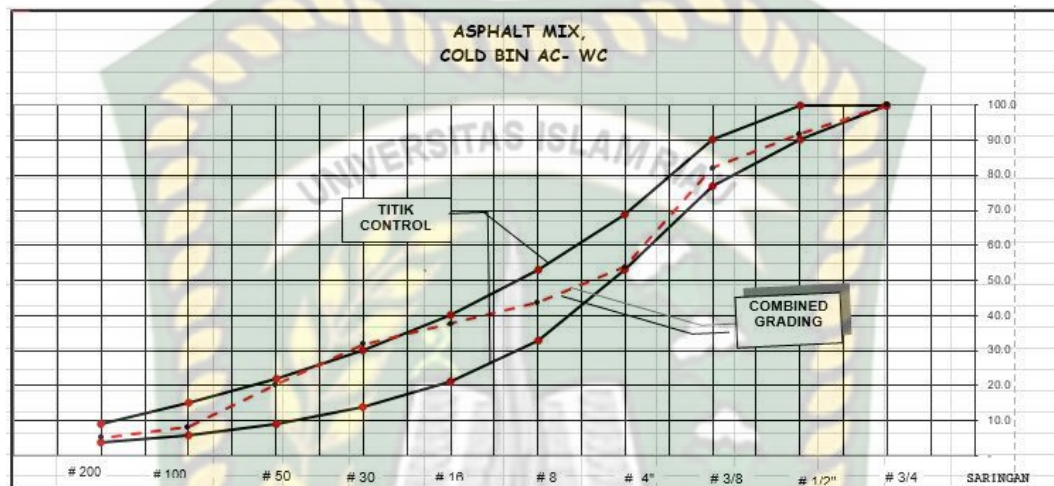
Dari hasil gradasi masing-masing agregat yang telah dilaksanakan, maka dapat dilakukan analisa komposisi campuran agregat dengan metode analitis.

**Tabel 5.24** Hasil Gabungan Gradasi Campuran Agregat Dengan Penambahan Pasir 20% Metode Analitis

Ukuran Saringan		Gradasi Campuran				Hasil Komb. Camp.	Spesifikasi			Ket.
		Pasir Plester (PP)	Abu Batu (FA)	Medium Agregat (MA)	Coarse Agregat (CA)		Kurva Ideal	Min.	Maks.	
Inci	Mm	(PP)	(FA)	(MA)	(CA)					
1 "	25.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	Masuk
3/4 "	19.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	Masuk
1/2 "	12.50	100.00	100.00	100.00	35.50	92.26	95.00	90.00	100.00	Masuk
3/8 "	9.50	100.00	100.00	80.42	19.74	83.51	83.50	77.00	90.00	Masuk
# 4	4.75	100.00	100.00	13.85	2.42	58.14	61.00	53.00	69.00	Masuk
# 8	2.36	99.81	74.42	6.97	0.76	47.05	43.00	33.00	53.00	Masuk
# 16	1.18	97.19	57.22	5.41		40.21	30.50	21.00	40.00	Masuk
# 30	0.60	85.68	45.88	4.78		33.95	22.00	14.00	30.00	Tidak Masuk
# 50	0.30	46.42	32.96	4.47		21.73	15.50	9.00	22.00	Masuk
# 100	0.16	6.16	19.34	3.90		8.98	10.50	6.00	15.00	Masuk
# 200	0.075	3.84	10.59	3.47		5.48	6.50	4.00	9.00	Masuk
% Camp.	<i>Pasir Plester (PP)</i>					20.00				
Agregat	<i>Abu Batu (FA)</i>					33.00				
Terhadap	<i>Medium Agg.(MA)</i>					35.00				
Berat	<i>Coarse Agg. (CA)</i>					12.00				
Total	Total Persentase (%)					100.00				
Total Luas Permukaan Agregat (M <sup>2</sup> /Kg)						6.74				

Tabel 5.24 merupakan hasil perhitungan gabungan gradasi campuran agregat yaitu pasir plester, abu batu, *medium aggregate*, dan *course aggregate*.

Untuk melihat gabungan gradasi campuran agregat terhadap persyaratan spesifikasi apakah memenuhi persyaratan batas gradasi yang disyaratkan dan berada di tengah-tengah batas gradasi. Hasil dari grafik kurva gradasi campuran agregat ditampilkan pada Gambar 5.37.



**Gambar 5.37** Kurva Gradasi Komposisi Campuran Agregat Dengan Penambahan Pasir 20%

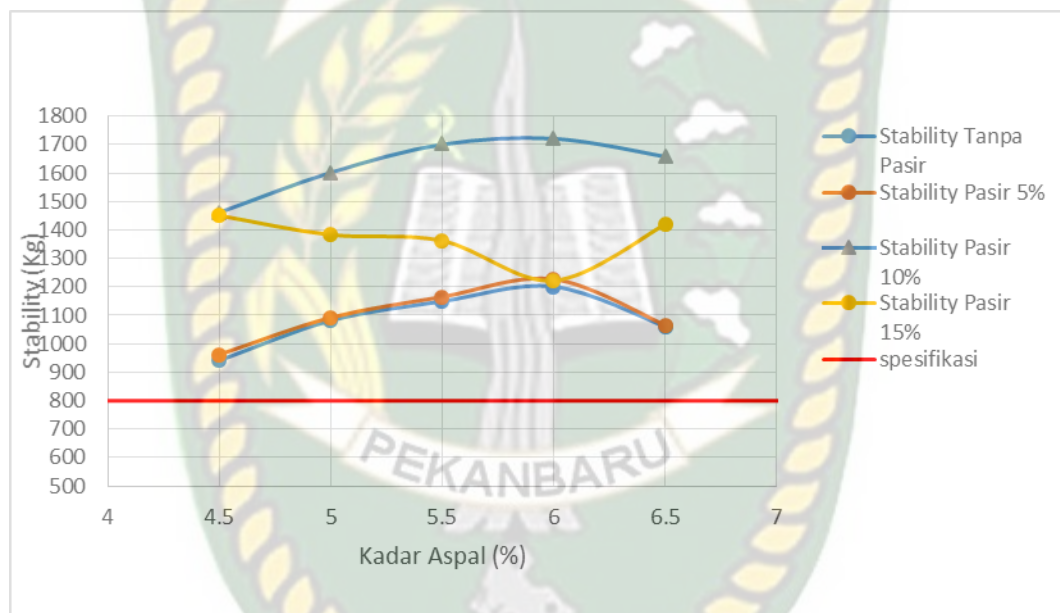
Gambar 5.37 adalah hasil perhitungan Tabel 5.20. Pada Tabel 5.20 dilakukan beberapa perhitungan untuk mendapatkan komposisi yang tepat dan ternyata diperoleh hasil komposisi campuran agregat yang berada di luar batas gradasi yang disyaratkan sehingga tidak dapat dilanjutkan untuk perancangan AC-WC.

### 5.1.3 Pembahasan Perbandingan Nilai Parameter Marshall AC-WC tanpa Penambahan Pasir, AC-WC Dengan Penambahan Pasir 5%, 10% dan 15%

#### 5.1.3.a Perbandingan Nilai Marshall Pada Variasi Kadar Aspal

##### a. Stability

Perbandingan nilai stability AC-WC tanpa penambahan pasir dan AC-WC dengan penambahan pasir 5%, 10% dan 15% dapat dilihat pada Gambar 5.38.



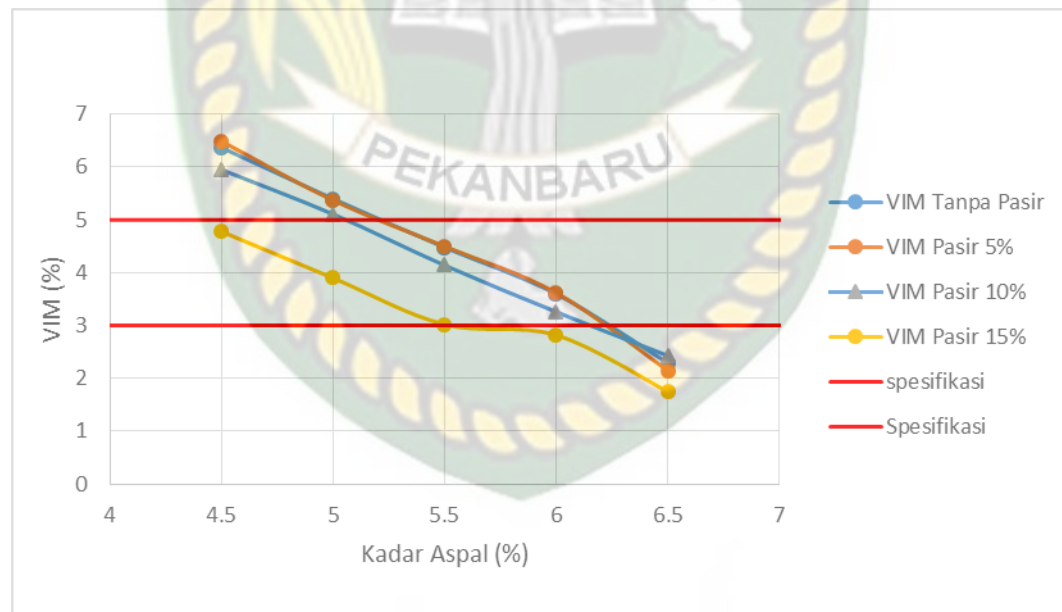
**Gambar 5.38** Perbandingan Nilai Stability AC-WC Tanpa Penambahan Pasir, AC-WC dengan Penambahan Pasir 5%, 10% dan 15%

Pada Gambar 5.38 dapat dilihat perbandingan nilai stability AC-WC tanpa penambahan pasir dan dengan penambahan pasir 5%, 10% dan 15%. Nilai stability dari AC-WC tanpa penambahan pasir dan dengan penambahan pasir 5%, 10% dan 15% semuanya berada di atas nilai stability yang disyaratkan. Nilai stability tertinggi yaitu pada AC-WC dengan penambahan pasir 10% yaitu 1700 Kg.

Pada Gambar 5.38 juga menunjukkan bahwa bahwa nilai stabilitas akan terus naik seiring dengan naiknya kadar pasir yang ditambahkan ke dalam campuran AC-WC dan selanjutnya mengalami penurunan dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini juga seperti yang dinyatakan oleh Sukirman (2007) bahwa nilai stabilitas akan meningkat jika kadar aspal bertambah sampai mencapai nilai maksimum dan setelah itu stabilitas akan turun dengan bertambahnya kadar aspal.

#### b. *VIM*

Perbandingan nilai *VIM* AC-WC tanpa penambahan pasir dan AC-WC dengan penambahan pasir 5%, 10% dan 15% dapat dilihat pada Gambar 5.39.



**Gambar 5.39** Perbandingan Nilai *VIM* AC-WC Tanpa Penambahan Pasir, AC-WC dengan Penambahan Pasir 5%, 10% dan 15%

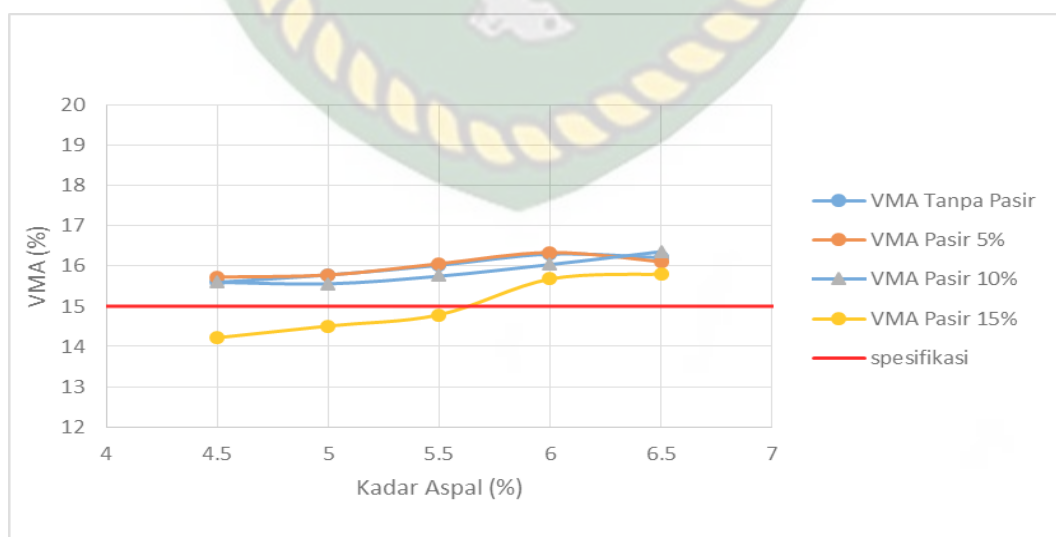
Pada Gambar 5.39 dapat dilihat perbandingan nilai *VIM* AC-WC tanpa penambahan pasir dan dengan penambahan pasir 5%, 10% dan 15%. Pada kadar

aspal 4,5%, 5% nilai *VIM* dari AC-WC tanpa penambahan pasir dan dengan penambahan pasir 5% dan 10% tidak memenuhi syarat spesifikasi sedangkan AC-WC dengan penambahan pasir 15% memenuhi syarat spesifikasi. Pada kadar aspal 5,5% dan 6% nilai *VIM* memenuhi syarat pada AC-WC tanpa penambahan pasir dan dengan penambahan pasir 5% dan 10% sedangkan pada penambahan pasir 15% nilai *VIM* tidak memenuhi syarat. Pada kadar aspal 6,5% nilai *VIM* untuk semua variasi AC-WC tidak memenuhi syarat spesifikasi.

Pada Gambar 5.39 juga menunjukkan bahwa bahwa nilai *VIM* cenderung mengalami penurunan dengan naiknya kadar pasir yang ditambahkan ke dalam campuran AC-WC. Hal ini disebabkan rongga atau pori dalam campuran menjadi lebih kecil dengan naiknya kadar pasir. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilaksanakan oleh Eka Candra Safrizal, Sri Djuniati dan Yosi Alwinda.

#### c. *VMA*

Perbandingan nilai *VMA* AC-WC tanpa penambahan pasir dan AC-WC dengan penambahan pasir 5%, 10% dan 15% dapat dilihat pada Gambar 5.40.



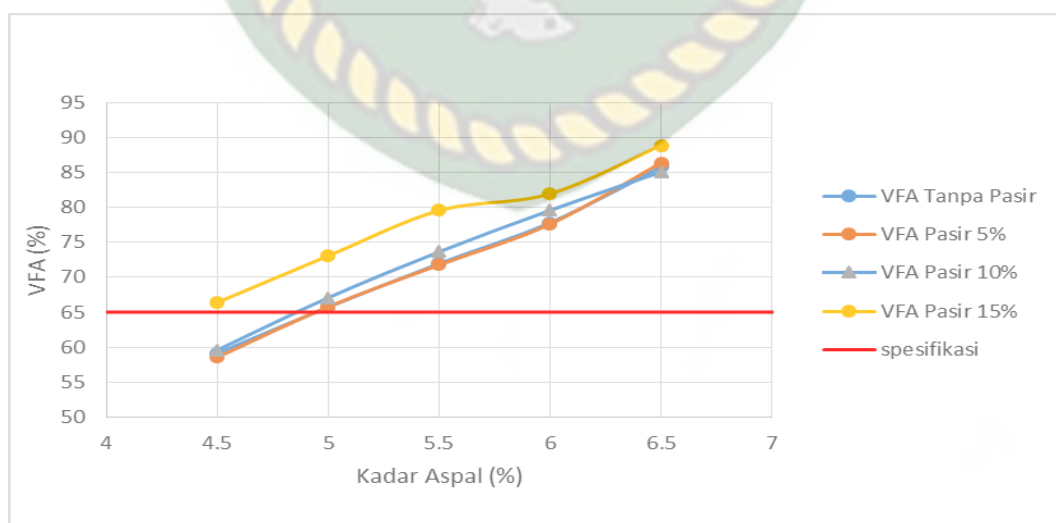
**Gambar 5.40** Perbandingan Nilai *VMA* AC-WC Tanpa Penambahan Pasir, AC-WC dengan Penambahan Pasir 5%, 10% dan 15%

Pada Gambar 5.40 dapat dilihat perbandingan nilai *VMA* AC-WC tanpa penambahan pasir dan dengan penambahan pasir 5%, 10% dan 15%. Pada kadar aspal 4,5%, 5% dan 5,5% nilai *VMA* dari AC-WC tanpa penambahan pasir dan dengan penambahan pasir 5% dan 10% berada di atas nilai minimal yang disyaratkan yaitu 15% dan sedangkan AC-WC dengan penambahan pasir 15% tidak memenuhi syarat spesifikasi. Pada kadar aspal 6,0% dan 6,5% nilai *VMA* memenuhi syarat pada AC-WC tanpa penambahan pasir dan dengan penambahan pasir 5%, 10% dan 15%.

Pada Gambar 5.40 juga menunjukkan bahwa penambahan kadar pasir menyebabkan nilai *VMA* cenderung mengalami penurunan hal ini disebabkan rongga atau pori di antara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat semakin berkurang karena terisi oleh pasir.

#### d. *VFA*

Perbandingan nilai *VFA* AC-WC tanpa penambahan pasir dan AC-WC dengan penambahan pasir 5%, 10% dan 15% dapat dilihat pada Gambar 5.41.



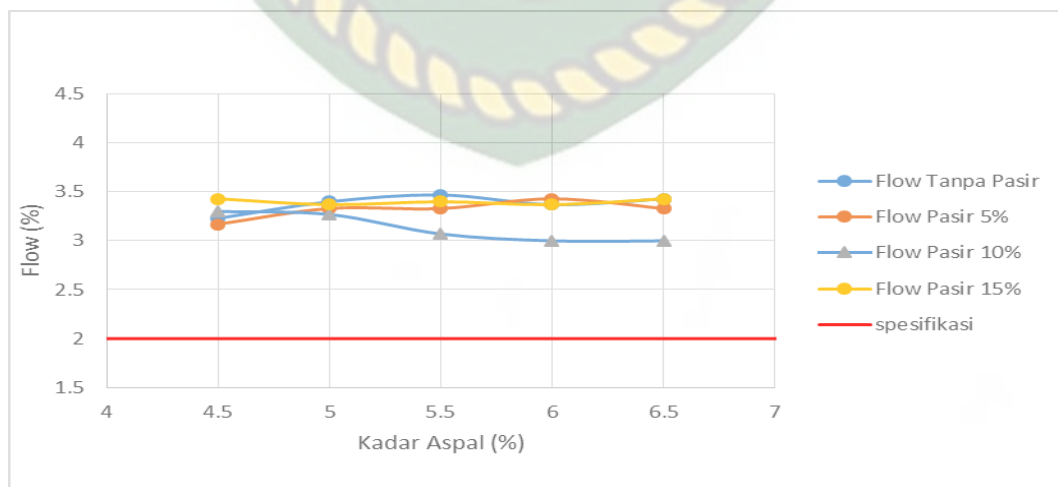
**Gambar 5.41** Perbandingan Nilai *VFA* AC-WC Tanpa Penambahan Pasir, AC-WC dengan Penambahan Pasir 5%, 10% dan 15%

Pada Gambar 5.41 dapat dilihat perbandingan nilai *VFA* AC-WC tanpa penambahan pasir dan dengan penambahan pasir 5%, 10% dan 15%. Pada kadar aspal 4,5% nilai *VFA* dari AC-WC tanpa penambahan pasir dan dengan penambahan pasir 5% dan 10% berada di bawah nilai minimal yang disyaratkan yaitu 65% dan sedangkan AC-WC dengan penambahan pasir 15% memenuhi syarat spesifikasi. Pada kadar aspal 5%, 5,5% 6,0% dan 6,5% nilai *VFA* memenuhi syarat pada AC-WC tanpa penambahan pasir dan dengan penambahan pasir 5%, 10% dan 15%.

Pada Gambar 5.41 juga menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar pasir nilai *VFA* juga akan semakin meningkat. Hal ini karena interface atau luas permukaan agregat dalam campuran menjadi semakin besar sehingga kadar aspal yang diperlukan untuk menyelimuti permukaan agregat juga meningkat.

#### e. *Flow*

Perbandingan nilai *Flow* AC-WC tanpa penambahan pasir dan AC-WC dengan penambahan pasir 5%, 10% dan 15% dapat dilihat pada Gambar 5.42.



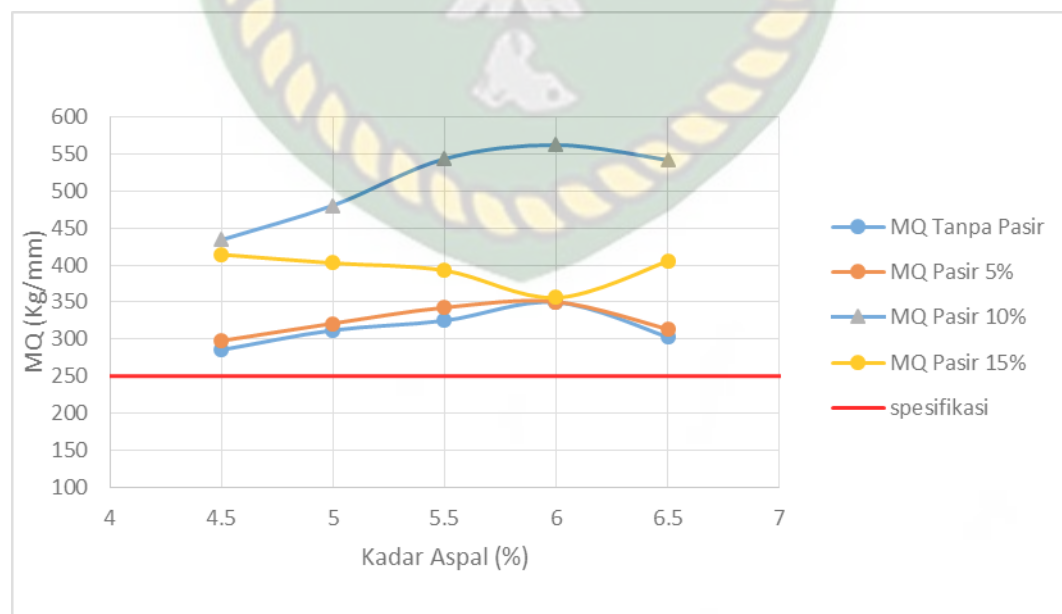
**Gambar 5.42** Perbandingan Nilai *Flow* AC-WC Tanpa Penambahan Pasir, AC-WC dengan Penambahan Pasir 5%, 10% dan 15%

Pada Gambar 5.42 dapat dilihat perbandingan nilai *Flow* AC-WC tanpa penambahan pasir dan dengan penambahan pasir 5%, 10% dan 15%. Pada kadar aspal 4,5%, 5%, 5,4%, 6% dan 6,5% nilai *Flow* dari AC-WC tanpa penambahan pasir dan dengan penambahan pasir 5%, 10% dan 15% berada di atas nilai minimal yang disyaratkan yaitu 2% dan memenuhi syarat spesifikasi.

Pada Gambar 5.42 juga menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar pasir nilai *flow* akan semakin menurun. Nilai *flow* yang semakin kecil ini menghasilkan campuran yang kaku dan getas sehingga mudah retak bila dibebani dengan lalu lintas yang berat. Sebaliknya nilai *flow* yang besar menyebabkan campuran beton aspal menjadi plastis dan mudah mengalami deformasi akibat beban lalu lintas.

#### f. Marshall Quotient (MQ)

Perbandingan nilai *MQ* AC-WC tanpa penambahan pasir dan AC-WC dengan penambahan pasir 5%, 10% dan 15% dapat dilihat pada Gambar 5.43.



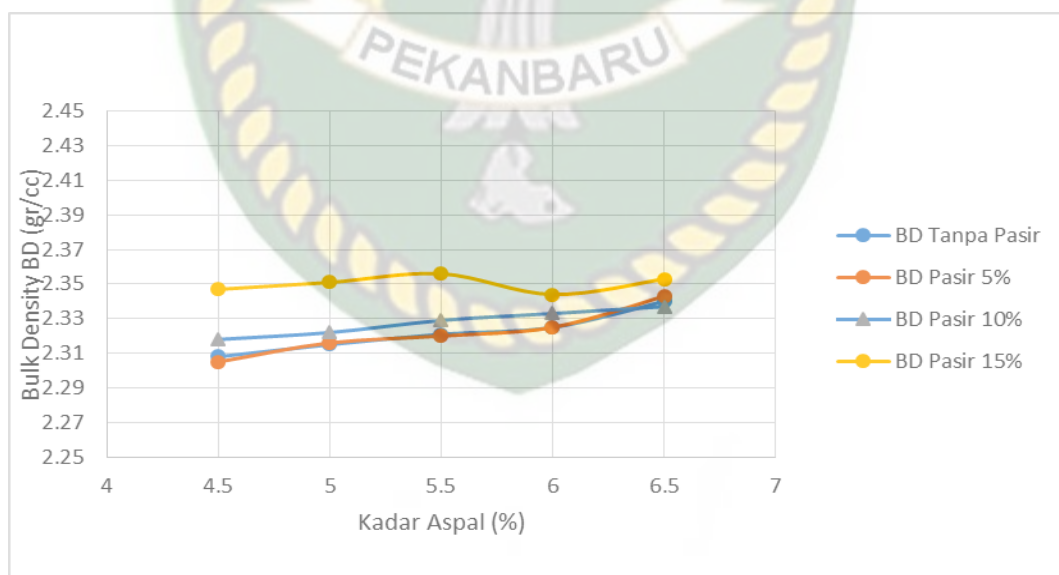
**Gambar 5.43** Perbandingan *Marshall Quotient* AC-WC Tanpa Penambahan Pasir, AC-WC dengan Penambahan Pasir 5%, 10% dan 15%

Pada Gambar 5.43 dapat dilihat perbandingan nilai  $MQ$  AC-WC tanpa penambahan pasir dan dengan penambahan pasir 5%, 10% dan 15%. Pada kadar aspal 4,5%, 5%, 5,4%, 6% dan 6,5% nilai  $MQ$  dari AC-WC tanpa penambahan pasir dan dengan penambahan pasir 5%, 10% dan 15% berada di atas nilai minimal yang disyaratkan yaitu 2% dan memenuhi syarat spesifikasi.

Pada Gambar 5.43 juga menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar pasir nilai  $MQ$  akan semakin meningkat.

g. *Bulk Density (BD)*

Perbandingan nilai *Bulk Density (BD)* AC-WC tanpa penambahan pasir dan AC-WC dengan penambahan pasir 5%, 10% dan 15% dapat dilihat pada Gambar 5.44.



**Gambar 5.44** Perbandingan Nilai *Bulk Density (BD)* Tanpa Penambahan Pasir, AC-WC dengan Penambahan Pasir 5%, 10% dan 15%

Pada Gambar 5.44 dapat dilihat perbandingan nilai *Bulk Density (BD)* AC-WC tanpa penambahan pasir dan dengan penambahan pasir 5%, 10% dan 15%. Nilai

*Bulk Density (BD)* meningkat seiring dengan bertambahnya kadar pasir dan pada penambahan pasir 15% nilai *Bulk Density (BD)* AC-WC paling tinggi dari tanpa penambahan pasir dan dengan penambahan pasir 5% dan 10%.

Pada Gambar 5.44 juga menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar pasir nilai *Bulk Density* akan semakin meningkat. Hal ini menunjukkan beton aspal menjadi semakin padat akibat rongga atau pori yang mengecil.

### 5.1.3.b Perbandingan Nilai Marshall Pada Kadar Aspal Optimum (KAO)

Dari hasil pengujian nilai parameter marshall di atas dapat dirangkum kadar aspal optimum untuk masing-masing variasi AC-WC tanpa penambahan pasir, AC-WC dengan penambahan pasir 5%, 10% dan 15% seperti pada Tabel 5.25 sebagai berikut :

**Tabel 5.25** Rangkuman Parameter Marshall Pada Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC Tanpa Penambahan Pasir, AC-WC dengan Penambahan Pasir 5%, 10% dan 15%

Variasi	Kadar Aspal	Parameter Marshall Pada Kadar Aspal Optimum (KAO)							Keterangan
		Bulk Density	Void In Mix (VIM)	Void In Mineral Agregat (VMA)	Void Filled Asphalt (VFA)	Stability	Flow	Marshall Quotient	
	(%)	(gr/cc)	(%)	(%)	(%)	(Kg)	(mm)	(Kg/mm)	
Tanpa Pasir	5.80	2.324	4.10	16.30	75.49	1,196.00	3.44	347.00	Memenuhi
Pasir 5%	5.68	2.325	4.06	16.10	73.89	1,200.00	3.40	353.00	Memenuhi
Pasir 10%	5.63	2.330	3.90	15.90	75.20	1,700.00	3.05	557.00	Memenuhi
Pasir 15%	5.08	2.353	3.80	14.50	74.12	1,390.00	3.40	408.00	Tidak Memenuhi
Spesifikasi			3 - 5	Min. 15	Min. 65	Min. 800	Min. 2	Min. 250	

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Tabel 5.25 di atas terlihat bahwa parameter Marshall pada Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC masih memenuhi spesifikasi untuk komposisi campuran AC-WC tanpa penambahan pasir, AC-WC dengan penambahan pasir 5% dan AC-WC dengan penambahan pasir 10%. Sedangkan untuk komposisi

AC-WC dengan penambahan pasir 15% tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu pada nilai VMA yang berada di bawah 15% .

Pada Tabel 5.25 dapat dilihat juga hubungan antara *VIM*, *VMA* dan kadar aspal, dengan bertambahnya kadar pasir nilai *VIM* dan *VMA* semakin menurun dan kadar aspal juga menurun. Hal ini menunjukkan bahwa nilai *VMA* yang kecil menghasilkan nilai *VIM* yang rendah juga sehingga membutuhkan kadar aspal yang rendah juga namun keadaan ini menyebabkan film aspal yang tipis karena aspal yang menyelimuti agregat jumlahnya sedikit. Film aspal yang tipis mengakibatkan lapisan menjadi kaku, getas dan tidak kedap air. Hal ini sejalan dengan Sukirman (2003) yang menyatakan bahwa terdapat hubungan antara nilai *VMA* dan *VIM*, nilai *VMA* yang kecil menghasilkan nilai *VIM* yang kecil juga dan kadar aspal juga rendah.

Terlihat juga hubungan antara nilai *Stability* dan *VIM* dimana dengan bertambahnya kadar pasir nilai *VIM* akan semakin rendah dan nilai *Stability* akan semakin meningkat. Pada penambahan kadar pasir 10% menghasilkan nilai *VIM* yang paling rendah yaitu 3,90% dan nilai *Stability* yang paling besar yaitu 1700 Kg. Hal ini menunjukkan bahwa dengan nilai *VIM* yang rendah menyebabkan rongga atau pori dalam campuran AC-WC menjadi semakin kecil sehingga campuran menjadi semakin padat dan stabilitasnya menjadi semakin baik.

Selanjutnya dapat diketahui juga hubungan antara *Stability* dan *Flow* dimana dengan bertambahnya kadar pasir nilai *Stability* akan semakin meningkat dan nilai *Flow* akan semakin menurun. Nilai *Marshall Quotient (MQ)* yang merupakan hasil bagi *Stability* dengan *Flow* juga semakin meningkat dengan bertambahnya kadar pasir. Nilai *Flow* yang semakin rendah ini menunjukkan

bahwa campuran beton aspal semakin padat dan getas tetapi mudah mengalami retak apabila dibebani dengan lalu lintas berat dan ini sejalan dengan Fredy (2008) yang menyatakan semakin tinggi nilai  $MQ$ , maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hipotesa yang diambil tidak sepenuhnya benar, untuk sifat marshall pada nilai *stability* hipotesa yang diambil benar dimana nilai *stability* semakin meningkat dengan bertambahnya kadar pasir sedangkan pada sifat-sifat *marshall* tertentu seperti nilai *VIM*, *VMA* dan *Flow* hipotesa tidak benar dimana nilai *VIM*, *VMA* dan *Flow* semakin menurun dengan penambahan kadar pasir.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifiardi, I., Hadi W., & Purnomo, A. (2016), Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Carita Sebagai Campuran Agregat Halus Pada Lapisan Permukaan Aspal Beton Terhadap Persyaratan Parameter Marshall, *Jurnal Menara Jurusak Teknik Sipil FT UNJ Volume XI – No. 1*.
- AASHTO, 1982, *Standart Spesification for Transfortation Materials and Methode Of Sampling and Testing*, Part II Specification.
- Asphalt Institute, 1997, *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot Mix Types*, Manual Series No.2 (MS-2), Six Edition , Asphalt Institute, Lexington, Kentucky.
- Asphalt Institute, 2001, *Construction of Hotmix Asphalt Pavement*, Manual Series No.22, Six Edition.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018, *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 2*, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Fredy., (2008), Kinerja Laboratorium dari Campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Retona Blend 55 Dengan Modifikasi Filler, Tesis Magister, Program Magister Sistem dan Teknik Jalan Raya, Institut Teknologi Bandung
- Fuadi, N., (2019), Kajian Karakteristik Stabilitas Marshall Laston Semi Ekstraksi JBMA-50 Dengan Material Kampar Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3), Tesis, Program Magister Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Pekanbaru
- Faisal, M., (2021), Karakteristik Marshall Campuran AC-WC Menggunakan Material Kampar Dengan Penambahan Limbah Plastik Pet (Polyethylene Terephtalate), Tesis, Program Magister Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Pekanbaru
- Hadiyanto, I., (2019), Perbandingan Karakteristik Marshall Laston Lapis Aus (AC-WC) Modifikasi Menggunakan Asbuton Semi Ekstraksi JBMA-50 Dengan Aspal Minyak Menggunakan Material Pangkalan Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3), Tesis, Program Magister Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Pekanbaru
- Mahrujani, A., (2017), Studi Penggunaan Pasir Pulau Rupas Terhadap Karakteristik Campuran Asphalt Treated Base (ATB) Berdasarkan Uji Marshall, Tesis, Program Magister Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Pekanbaru

- Ramadhan, G.B., & Suparma, L.B., (2018), Pengaruh Penggunaan Pasir Kuarsa Pada Laston AC-WC Sebagai Pengganti Agregat Halus, Jurnal HHPJI Vol. 4 No. 2, 91-104.
- Reffi, A., (2015), Efek Pemakaian Pasir Laut Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Aspal Panas (AC-BC) Dengan Pengujian Marshall, Jurnal Teknik Sipil ITP Vol. 2 No. 1 Januari 2015
- Ramadhan, S.P., (2020), Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Pasir Panjang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Karakteristik AC-BC, Tugas Akhir, Yogyakarta
- Standar Nasional Indonesia, SNI-1969-2008, Uji Berat Jenis Penyerapan Air Agregat Kasar
- Standar Nasional Indonesia, SNI-1970-2008, Uji Berat Jenis Penyerapan Air Agregat Halus
- Sukirman, S., 1999, *Beton Aspal Campuran Panas*, Nova, Bandung.
- Sukirman, S., 2003, *Beton Aspal Campuran Panas, Granit*, Bandung.
- Sukirman, S., 2010, *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*, Nova, Bandung.
- Safrizal, CS., Djuniati, S., Alwinda, Y., (2017), Pengaruh Penggunaan Pasir Menggala Kabupaten Rokan Hilir Pada Campuran Laston Lapis Aus, Jom Fteknik Volume 4
- The Asphalt Institute, 1983, *Principles Of Construction Of Hot Mix Asphalt Pavement*, Manual Series No. 22, Lexington.