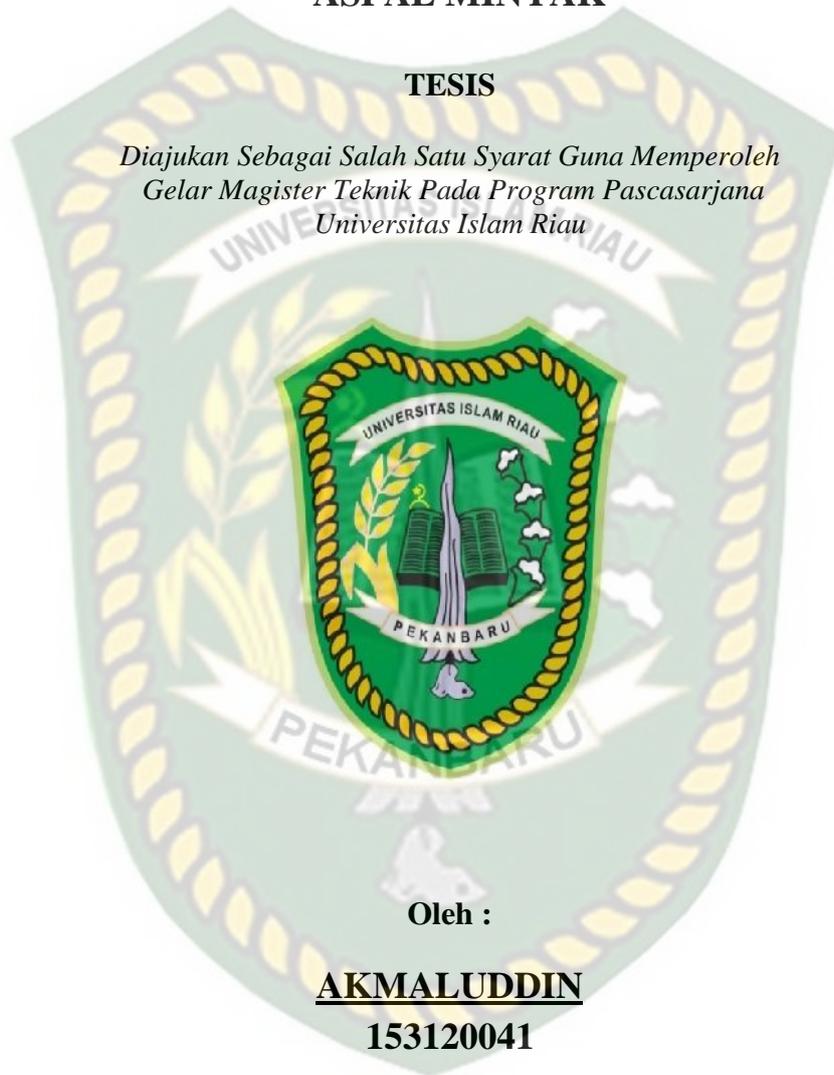


**KAJIAN PERBANDINGAN ANTARA RENDAMAN AIR LAUT DAN
AIR TAWAR TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL
CAMPURAN AC-WC YANG MENGGUNAKAN
ASPAL MINYAK**

TESIS

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Guna Memperoleh
Gelar Magister Teknik Pada Program Pascasarjana
Universitas Islam Riau*



Oleh :

AKMALUDDIN

153120041

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2019

LEMBAR PENGESAHAN

TESIS

**KAJIAN PERBANDINGAN ANTARA RENDAMAN AIR LAUT DAN AIR
TAWAR TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL*
CAMPURAN *AC-WC* YANG MENGGUNAKAN
ASPAL MINYAK**

yang dipersiapkan dan disusun oleh

AKMALUDDIN

1 5 3 1 2 0 0 4 1

Program Studi : Teknik Sipil
Bidang Kajian Utama : Geoteknik dan Jalan Raya

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada tanggal : 27 Desember 2019

Dan dinyatakan **LULUS**

DEWAN PENGUJI

Ketua Penguji



Dr. ELIZAR, ST., MT

Anggota Penguji I



Dr. KURNIA HASTUTI, ST., MT

Anggota Penguji II



Dr. ANAS PURI, ST., MT

Mengetahui,
Direktur

Program Pasca Sarjana Universitas Islam Riau



Dr. Ir. SAIPUL BAHRI, M.Ec

TESIS

KAJIAN PERBANDINGAN ANTARA RENDAMAN AIR LAUT DAN AIR TAWAR TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL* CAMPURAN *AC-WC* YANG MENGGUNAKAN ASPAL MINYAK

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

AKMALUDDIN

1 5 3 1 2 0 0 4 1

Telah disetujui oleh

Pembimbing Utama,

ttd.

Dr. ELIZAR, ST., MT

Tanggal.....

Pembimbing Pendamping,

ttd.

Dr. KURNIA HASTUTI, ST., MT

Tanggal.....

Mengetahui
Ketua Program Magister Teknik Sipil
Universitas Islam Riau



Dr. ANAS PURI, ST., MT



UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PROGRAM PASCASARJANA
 Jalan Kaharuddin Nasution No. 113 Pekanbaru 28284 Riau
 Telp. (+62) (761) 674717 - 7047726 Fax. (+62) (761) 674717

SURAT KEPUTUSAN DIREKTUR PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS ISLAM RIAU
 NOMOR : 625 /KPTS/PPS/2019
 TENTANG PENUNJUKAN PEMBIMBING PENULISAN TESIS MAHASISWA
 PROGRAM MAGISTER (S2) TEKNIK SIPIL PPS UIR

DIREKTUR PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS ISLAM RIAU

- ang : 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.

- at : 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

- uk : 1. Menunjuk

No	Nama	Jabatan Fungsional	Bertugas Sebagai
1	Dr. Elizar, S.T., M.T	Lektor	Pembimbing I
2	Dr. Kurnia Hastuti, S.T., M.T	Lektor Kepala	Pembimbing II

Untuk Penulisan Tesis Mahasiswa :

Nama : AKMALUDIN
 N P M : 153120041
 Program Studi : Teknik Sipil
 Judul Proposal Tesis : KAJIAN PERBANDINGAN ANTARA RENDAMAN AIR LAUT DAN AIR TAWAR PADA ASPAL MINYAK (AC-WC) ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE TERHADAP NILAI KARAKTERISTIK MARSHAL

2. Tugas – tugas pembimbing adalah memberikan bimbingan kepada mahasiswa Program Magister (S2) Teknik Sipil dalam penulisan tesis.
 3. 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.
 4. Kepada yang bersangkutan diberikan honorarium, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Riau.
 5. 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 : 15 Oktober 2019

 Dr. Ir. Saipul Bahri, M.Ec.
 NPK. 921102199

! : disampaikan kepada :
 pak Rektor Universitas Islam Riau di Pekanbaru
 rtua Program Magister (S2) Teknik Sipil PPS UIR di Pekanbaru.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
 Dokumen ini adalah Arsip Miilik :



PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PERPUSTAKAAN

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

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

Nomor: 358/A-UIR/5-PSTK/PPs/2019

Perpustakaan Program Pascasarjana Universitas Islam Riau menerangkan:

Nama : Akmaluddin
NPM : 153120041
Program Studi : Teknik Sipil

Telah melalui proses pemeriksaan kemiripan karya ilmiah (tesis) menggunakan aplikasi *Turnitin* pada tanggal 23 Desember 2019 dan dinyatakan memenuhi syarat batas maksimal tingkat kemiripan tidak melebihi 30 % (tiga puluh persen).

Surat keterangan ini digunakan untuk syarat ujian tesis dan pengurusan surat keterangan bebas pustaka.

Mengetahui

Ketua Prodi. Magister Teknik Sipil


Dr. Anas Puri, S.T., M.T.

Pekanbaru, 23 Desember 2019

Staf Perpustakaan



Sumardjono, S.T.P.

Lampiran:

- *Turnitin Originality Report*

Turnitin Originality Report

KAJIAN PERBANDINGAN ANTARA RENDAMAN AIR LAUT DAN AIR TAWAR TERHADAP 
KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN AC-WC YANG MENGGUNAKAN ASPAL
MINYAK by Akmaluddin Akmaluddin

From Prodi. Teknik Sipil (Tesis 2)

- Processed on 26-Mar-2020 14:49 +08
- ID: 1282364045
- Word Count: 15414

Similarity Index

12%

Similarity by Source

Internet Sources:

11%

Publications:

3%

Student Papers:

14%

sources:

- 1 3% match (Internet from 28-Nov-2019)
<https://docplayer.info/48338923-Pengaruh-suhu-pemadatan-campuran-untuk-perkerasan-lapis-antara-ac-bc-skripsi-oleh-budi-raharjo.html>
- 2 1% match (Internet from 02-Oct-2018)
<https://id.123dok.com/document/eqojp40z-pengaruh-variati-temperatur-pada-proses-pencampuran-terhadap-campuran-aspal-panas-asphalt-hotmix.html>
- 3 1% match (Internet from 29-May-2018)
<http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/JTS/article/view/9843>
- 4 1% match (Internet from 04-Oct-2019)
<http://eprints.uny.ac.id/66043/1/26.%20Ardelina%20Ayu%20Rhimadani%2016510134016%20A.pdf>
- 5 1% match (student papers from 01-Oct-2019)
[Submitted to Sriwijaya University on 2019-10-01](#)
- 6 1% match (Internet from 03-Dec-2019)
<https://www.belajarsipil.com/2014/01/22/kajian-eksperimental-dampak-genangan-air-hujan-terhadap-struktur-asphal-pavement-studi-kasus-ruas-jalan-dr-wahidin-sudiro-husodo-kota-makassar/>
- 7 1% match (Internet from 29-Dec-2019)
<https://id.scribd.com/doc/245439359/SNI-06-2489-1991-Metode-Pengujian-Campuran>
- 8 1% match (Internet from 30-Dec-2015)
<http://umpalangkaraya.ac.id/dosen/hendracahyadi/wp-content/uploads/2014/11/Laporan-Kemajuan-Penelitian-Hibah-Bersaing.pdf>
- 9 1% match (student papers from 25-Sep-2019)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pekanbaru, Desember 2019



AKMALUDDIN

**KAJIAN PERBANDINGAN ANTARA RENDAMAN AIR LAUT DAN
AIR TAWAR TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL
CAMPURAN AC-WC YANG MENGGUNAKAN
ASPAL MINYAK**

Abstrak :

Air masih sangat dikenal sebagai musuh utamanya aspal, terutama di daerah pesisir yang berdekatan dengan laut. Secara umum air laut memiliki sifat korosifitas dan tingkat keasaman yang sangat tinggi. Jalan yang tergenangi air tersebut akan berpengaruh terhadap kekuatan dan stabilitas pada struktur perkerasan sehingga berpotensi akan terjadinya penurunan kualitas jalan. Dari hal tersebut diatas dapat dikatakan bahwa (genangan) air laut maupun air tawar sama - sama menyebabkan kerusakan atau mengurangi keawetan pada konstruksi jalan terutama pada lapisan aspal. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai karakteristik *Marshall* antara rendaman air tawar dan air laut.

Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3). Pada penelitian ini menggunakan perendaman air tawar dan air laut, dari hasil perendaman tersebut maka akan dapat diperoleh nilai karakteristik *Marshall* berupa *Stability Marshall*, *Flow*, *Voids In Mix* (*Vim*), *Voids In Mineral Agregat* (*Vma*), *Voids Filled Bitument* (*Vfb*), *Marshall Quotient* (*Mq*), dan *Bulk Density* (*Bd*), setelah nilai - nilai parameter diperoleh maka akan dibuat perbandingannya.

Dari hasil perbandingan pada pengujian menggunakan alat *Marshall test* dilaboratorium untuk campuran aspal minyak pen 60/70, nilai stabilitas *Marshall* yang dilakukan dengan rendaman menggunakan air tawar yaitu 1.272 Kg dan hasil dari rendaman air laut sebesar 1.087 Kg sehingga nilai tersebut memiliki deviasi sebesar 14,5 %, sedangkan untuk nilai kelelahan (*Flow*) dari rendaman air tawar yaitu sebesar 3,13 %, rendaman air laut sebesar 2,73 %. Berdasarkan hasil data tersebut dapat disimpulkan bahwa pengaruh atau akibat dari rendaman air laut dapat mengurangi tingkat kekuatan, keawetan dan kelelahan pada aspal minyak pen 60/70.

Kata Kunci : *Perkerasan Lentur, AC-WC, Aspal Pen 60/70, Air Tawar dan Air Laut, Karakteristik Marshall.*

THE COMPARATIVE STUDY BETWEEN SEA WATER AND FRESH WATER ON MARSHALL CHARACTERISTICS MIXED AC-WC USING ASPHALT OIL

Abstract :

Water is still very well known as its main enemy asphalt, especially in coastal areas close to the sea. In general seawater has very high corrosivity and acidity. The waterlogged road will affect the strength and stability of the pavement structure so that there is the potential for a decline in the quality of the road. From the foregoing it can be said that (inundation) sea water and fresh water both cause damage or reduce durability in road construction, especially in the asphalt layer. Therefore this study aims to determine the comparative value of *Marshall* characteristics between freshwater and sea water immersion.

In this study using experimental methods that are in accordance with the General Specifications of Bina Marga 2010 (Revised 3). This study uses immersion using fresh water and sea water, from the results of the immersion, it can be obtained *Marshall* characteristic values such as Stability *Marshall*, Flow, Voids In Mix (Vim), Voids In Mineral Aggregate (Vma), Voids Filled Bitument (Vfb), *Marshall* Quotient (Mq), and Bulk Density (Bd), after the parameter values are obtained then a comparison will be made.

From the results of comparisons in the test using the *Marshall* test dilaboratorium for asphalt oil mixture pen 60/70, the *Marshall* stability value carried out by immersion using fresh water is 1.272 kg and the result of sea water immersion is 1.087 kg so that the value has a deviation of 14,5%, while for the value of melt (Flow) of fresh water immersion is equal to 3,13%, sea water immersion is 2,73%. Based on the results of these data it can be concluded that the effect or effect of sea water immersion can reduce the level of strength, durability and melting of the 60/70 pen asphalt.

Keywords: *flexible pavement, Ac-Wc, Asphalt Pen60/70, Freshwater and Sea Water, Marshall Characteristics.*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **“Kajian Perbandingan Antara Rendaman Air Laut Dan Air Tawar Terhadap Karakteristik *Marshall* Campuran AC-WC Yang Menggunakan Aspal Minyak”**. Adapun penulisan tesis ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan kurikulum akademis untuk memperoleh gelar Magister Teknik Sipil pada Program Pascasarjana Universitas Islam Riau.

Penulisan Tesis ini pada dasarnya dilakukan karena penulis ingin dapat mengetahui secara langsung proses dalam pembuatan campuran beraspal panas untuk lapisan AC-WC dengan menggunakan aspal pen 60/70 dan ingin mengetahui perbandingan kekuatan yang dimiliki aspal apabila terendam dengan air tawar dan air laut dengan cara pengujian *marshall*. Namun diharapkan nantinya dari hasil penelitian ini dapat menjadi suatu perbandingan atau sesuatu yang bermanfaat dalam pemilihan dan perencanaan perkerasan lentur (*Flexible Pavement*).

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini masih banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu dengan kelapangan hati penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan dalam pembuatan tesis ini. Penulis berharap tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, terutama kalangan teknik sipil dan pelaku konstruksi.

Wassalamu'alaikumWr. Wb.

Pekanbaru, Desember 2019

A K M A L U D D I N
NPM. 153120041

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMAKASIH	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
ABSTRAK	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Penelitian Terdahulu.....	3
2.2 Keaslian Penelitian.....	8
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 Umum.....	10
3.2 Lapisan Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>).....	10
3.3 Jenis Lapisan Aspal Beton (Laston).....	11
3.4 Sifat Lapisan Aspal Beton (Laston).....	12
3.5 Aspal.....	13
3.5.1 Jenis Aspal.....	13
3.5.2 Sifat-Sifat Campuran Aspal.....	15
3.6 Agregat.....	18
3.7 Gradasi.....	20
3.8 Air.....	22
3.9 Suhu dan Temperatur.....	23
3.10 Karakteristik Campuran Beraspal.....	24

3.11 Volumetrik Campuran Aspal	26
3.12 Kadar Aspal Rencana	27
3.12.1 Metode Marshall	27
BAB IV METODE PENELITIAN.....	31
4.1 Umum.....	31
4.2 Bahan Penelitian.....	31
4.3 Peralatan Penelitian.....	31
4.4 Tahapan Penelitian.....	36
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	41
5.1 Pemeriksaan Bahan Penyusun Laston.....	41
5.2 Hasil Pengujian Agregat	41
5.2.1 Hasil Uji Abrasi	42
5.2.2 Hasil Uji Agregat Kasar	43
5.2.3 Hasil Uji Agregat Medium	45
5.2.4 Hasil Uji Abu Batu	47
5.2.5 Hasil Gradasi Gabungan.....	49
5.3 Perkiraan Campuran Kadar Aspal Rencana (Pb).....	50
5.3.1 Hubungan Antara Rencana Kadar Aspal dengan VIM	52
5.3.2 Hubungan Antara Rencana Kadar Aspal dengan VMA.....	53
5.3.3 Hubungan Antara Rencana Kadar Aspal dengan VFB	54
5.3.4 Hubungan Antara Rencana Kadar Aspal dengan Stabilitas Marshall	55
5.3.5 Hubungan Antara Rencana Kadar Aspal dengan Flow	56
5.3.6 Hubungan Antara Rencana Kadar Aspal dengan MQ.....	57
5.3.7 Hubungan Antara Rencana Kadar Aspal dengan BD	58
5.4 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)	59
5.5 Hasil Perendaman Air Tawar Dan Air Laut Dengan KAO 5,8%	60
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	69
6.1 Kesimpulan	69
6.2 Saran.....	69

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN.....

DOKUMENTASI.....



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

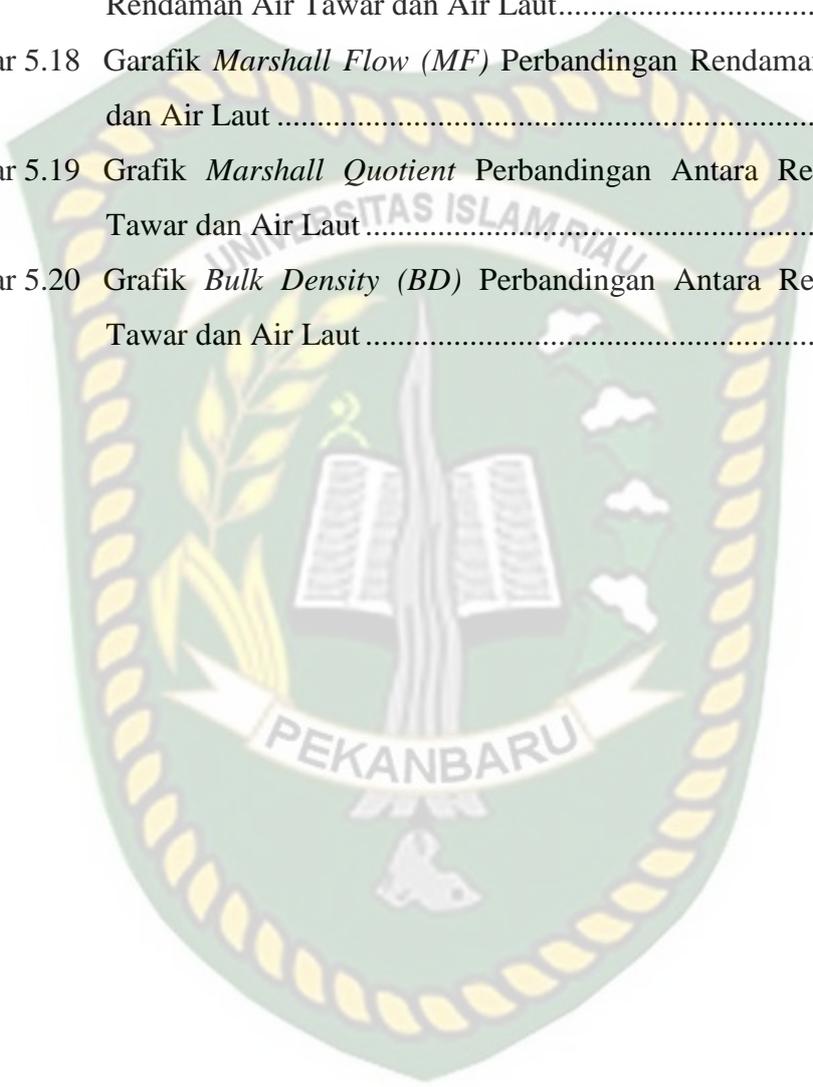
DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
Tabel 2.1	Perbandingan Peneliti Terdahulu Dengan Peneliti.....	8
Tabel 3.1	Sifat – Sifat Campuran Laston	12
Tabel 3.2	Spesifikasi Aspal Keras Penetrasi 60/70	14
Tabel 3.3	Syarat Agregat Kasar.....	18
Tabel 3.4	Syarat Agregat Halus.....	19
Tabel 3.5	Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal Beton.....	21
Tabel 3.6	Ketentuan Viskositas dan Temperatur Aspal Untuk Pencampuran dan Pematatan.....	23
Tabel 5.1	Hasil Uji Abrasi.....	42
Tabel 5.2	Hasil Analisa saringan Agregat Kasar.....	43
Tabel 5.3	Hasil Uji Agregat Kasar	44
Tabel 5.4	Hasil Analisa saringan Agregat Medium	45
Tabel 5.5	Hasil Uji Agregat Medium	46
Tabel 5.6	Hasil Analisa saringan Abu Batu	47
Tabel 5.7	Hasil Uji Abu Batu.....	48
Tabel 5.8	Gradasi Gabungan	49
Tabel 5.9	Perkiraan Campuran Kadar Aspal	51
Tabel 5.10	Hasil Uji Marshall Penentuan kadar Aspal Optimum (KAO).....	59
Tabel 5.11	Hasil Uji Rendaman Air Tawar dan Air Laut Sesuai Kadar Aspal Optimum (KAO) 5,8%	61
Tabel 5.12	Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut (Stabilitas Marshall).....	62
Tabel 5.13	Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut (VIM).....	63
Tabel 5.14	Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut (VMA)	64
Tabel 5.15	Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut (VFB).....	65
Tabel 5.16	Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut (FLOW)	66
Tabel 5.17	Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut (MQ).....	67
Tabel 5.18	Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut (BD).....	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
Gambar 3.1	Susunan Lapisan Perkerasan Lentur.....	10
Gambar 4.1	Alat Uji Titik Lembek Aspal.....	32
Gambar 4.2	Alat Uji Saringan (<i>Sieve Analysis</i>).....	32
Gambar 4.3	Alat Uji Mesin <i>Los angeles</i>	33
Gambar 4.4	Alat Uji Marshall (<i>Marshall Test</i>).....	33
Gambar 4.5	Alat Cetak atau Cetakan Benda Uji.....	34
Gambar 4.6	Alat Penumbuk <i>Marshall</i>	34
Gambar 4.7	Alat Ejektor.....	35
Gambar 4.8	<i>Water Bath</i> atau bak perendam.....	35
Gambar 4.9	Bagan Alir Penelitian.....	40
Gambar 5.1	Pengujian Agregat atau analisa saringan.....	41
Gambar 5.2	Grafik Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar.....	44
Gambar 5.3	Grafik Hasil Analisa Saringan Agregat Medium.....	46
Gambar 5.4	Grafik Hasil Analisa Saringan Abu batu.....	48
Gambar 5.5	Gradasi Gabungan.....	50
Gambar 5.6	Grafik <i>Void In mix</i> (VIM).....	52
Gambar 5.7	Grafik <i>Void Mineral Aggregate</i> (VMA).....	53
Gambar 5.8	Grafik <i>Void Filled Bitumen</i> (VFB).....	54
Gambar 5.9	Grafik <i>Stabilitas Marshall</i>	55
Gambar 5.10	Grafik <i>Marshall Flow</i>	56
Gambar 5.11	Grafik <i>Marshall Quotient</i>	57
Gambar 5.12	Grafik <i>Bulk Density</i>	58
Gambar 5.13	Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO).....	60
Gambar 5.14	Grafik <i>Stability Marshall</i> Perbandingan Antara Rendaman Air Tawar dan Air Laut.....	62
Gambar 5.15	Grafik <i>Void In Mix</i> (VIM) Perbandingan Antara Rendaman Air Tawar dan Air Laut.....	63

Gambar 5.16	Grafik <i>Voids Mineral Aggregate (VMA)</i> Perbandingan Antara Rendaman Air Tawar dan Air Laut.....	64
Gambar 5.17	Grafik <i>Voids Filled Bitumen (VFB)</i> Perbandingan Antara Rendaman Air Tawar dan Air Laut.....	65
Gambar 5.18	Grafik <i>Marshall Flow (MF)</i> Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut	66
Gambar 5.19	Grafik <i>Marshall Quotient</i> Perbandingan Antara Rendaman Air Tawar dan Air Laut	67
Gambar 5.20	Grafik <i>Bulk Density (BD)</i> Perbandingan Antara Rendaman Air Tawar dan Air Laut	68



**KAJIAN PERBANDINGAN ANTARA RENDAMAN AIR LAUT DAN AIR TAWAR
TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL
CAMPURAN AC-WC YANG MENGGUNAKAN
ASPAL MINYAK**

TESIS

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Guna Memperoleh
Gelar Magister Teknik Pada Program Pascasarjana
Universitas Islam Riau*



Oleh :

AKMALUDDIN

153120041

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2019

**KAJIAN PERBANDINGAN ANTARA RENDAMAN AIR LAUT DAN
AIR TAWAR TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL
CAMPURAN AC-WC YANG MENGGUNAKAN
ASPAL MINYAK**

Abstrak :

Air masih sangat dikenal sebagai musuh utamanya aspal, terutama di daerah pesisir yang berdekatan dengan laut. Secara umum air laut memiliki sifat korosifitas dan tingkat keasaman yang sangat tinggi. Jalan yang tergenangi air tersebut akan berpengaruh terhadap kekuatan dan stabilitas pada struktur perkerasan sehingga berpotensi akan terjadinya penurunan kualitas jalan. Dari hal tersebut diatas dapat dikatakan bahwa (genangan) air laut maupun air tawar sama - sama menyebabkan kerusakan atau mengurangi keawetan pada konstruksi jalan terutama pada lapisan aspal. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai karakteristik *Marshall* antara rendaman air tawar dan air laut.

Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3). Pada penelitian ini menggunakan perendaman air tawar dan air laut, dari hasil perendaman tersebut maka akan dapat diperoleh nilai karakteristik *Marshall* berupa *Stability Marshall*, *Flow*, *Voids In Mix* (*Vim*), *Voids In Mineral Agregat* (*Vma*), *Voids Filled Bitument* (*Vfb*), *Marshall Quotient* (*Mq*), dan *Bulk Density* (*Bd*), setelah nilai - nilai parameter diperoleh maka akan dibuat perbandingannya.

Dari hasil perbandingan pada pengujian menggunakan alat *Marshall test* dilaboratorium untuk campuran aspal minyak pen 60/70, nilai stabilitas *Marshall* yang dilakukan dengan rendaman menggunakan air tawar yaitu 1.272 Kg dan hasil dari rendaman air laut sebesar 1.087 Kg sehingga nilai tersebut memiliki deviasi sebesar 14,5 %, sedangkan untuk nilai kelelahan (*Flow*) dari rendaman air tawar yaitu sebesar 3,13 %, rendaman air laut sebesar 2,73 %. Berdasarkan hasil data tersebut dapat disimpulkan bahwa pengaruh atau akibat dari rendaman air laut dapat mengurangi tingkat kekuatan, keawetan dan kelelahan pada aspal minyak pen 60/70.

Kata Kunci : *Perkerasan Lentur, AC-WC, Aspal Pen 60/70, Air Tawar dan Air Laut, Karakteristik Marshall.*

THE COMPARATIVE STUDY BETWEEN SEA WATER AND FRESH WATER ON MARSHALL CHARACTERISTICS MIXED AC-WC USING ASPHALT OIL

Abstract :

Water is still very well known as its main enemy asphalt, especially in coastal areas close to the sea. In general seawater has very high corrosivity and acidity. The waterlogged road will affect the strength and stability of the pavement structure so that there is the potential for a decline in the quality of the road. From the foregoing it can be said that (inundation) sea water and fresh water both cause damage or reduce durability in road construction, especially in the asphalt layer. Therefore this study aims to determine the comparative value of *Marshall* characteristics between freshwater and sea water immersion.

In this study using experimental methods that are in accordance with the General Specifications of Bina Marga 2010 (Revised 3). This study uses immersion using fresh water and sea water, from the results of the immersion, it can be obtained *Marshall* characteristic values such as Stability *Marshall*, Flow, Voids In Mix (Vim), Voids In Mineral Aggregate (Vma), Voids Filled Bitument (Vfb), *Marshall* Quotient (Mq), and Bulk Density (Bd), after the parameter values are obtained then a comparison will be made.

From the results of comparisons in the test using the *Marshall* test dilaboratorium for asphalt oil mixture pen 60/70, the *Marshall* stability value carried out by immersion using fresh water is 1.272 kg and the result of sea water immersion is 1.087 kg so that the value has a deviation of 14,5%, while for the value of melt (Flow) of fresh water immersion is equal to 3,13%, sea water immersion is 2,73%. Based on the results of these data it can be concluded that the effect or effect of sea water immersion can reduce the level of strength, durability and melting of the 60/70 pen asphalt.

Keywords: *flexible pavement, Ac-Wc, Asphalt Pen60/70, Freshwater and Sea Water, Marshall Characteristics.*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkerasan lentur merupakan salah satu struktur jalan raya yang telah banyak digunakan didunia khususnya di Indonesia. Jalan raya sendiri merupakan salah satu sarana transportasi darat yang sangat diandalkan, hal ini juga harus diiringi dengan kelayakan konstruksi jalan tersebut sehingga dapat menunjang kelancaran transportasi dan kenyamanan bagi penggunaanya.

Sampai saat sekarang ini air masih sangat dikenal sebagai musuh utamanya aspal, terutama di daerah pesisir yang berdekatan dengan laut. Secara umum air laut memiliki sifat korosifitas dan tingkat keasaman yang sangat tinggi. Jalan yang tergenangi air tersebut akan berpengaruh terhadap kekuatan dan stabilitas pada struktur perkerasan sehingga berpotensi akan terjadinya penurunan kualitas jalan.

Dari hal tersebut diatas dapat dikatakan bahwa (genangan) air laut maupun air tawar sama - sama menyebabkan kerusakan atau mengurangi keawetan pada konstruksi jalan terutama pada lapisan aspal. Kondisi seperti ini dapat mengakibatkan kenyamanan pengguna jalan menjadi terganggu.

Berdasarkan permasalahan yang telah disebutkan tentang kajian perbandingan *Marshall* maka perlu dilakukan penelitian dengan uji laboratorium untuk mengetahui sejauh mana perbedaan nilai - nilai yang diperoleh dengan melakukan uji *Marshall* sesuai dengan aturan Standar Nasional Indonesia (SNI) dari rendaman air tawar dan air laut terhadap kualitas campuran beraspal panas.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk memberi ruang lingkup yang jelas tentang masalah yang akan dibahas dalam penelitian, maka perlu perumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh rendaman air laut dan air tawar terhadap karakteristik marshall yang diperoleh ?
2. Bagaimana perbandingan karakteristik marshall terhadap rendaman pada air laut dan air tawar pada lapisan AC-WC ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh rendaman air tawar dan air laut terhadap karakteristik *Marshall*.
2. Mengetahui perbandingan karakteristik *Marshall* dengan perendaman menggunakan air laut dan air tawar pada lapisan AC-WC.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini menjadi lebih sederhana, tetapi memenuhi persyaratan teknis maka perlu diambil beberapa batasan masalah diantaranya :

1. Metode penelitian ini dilakukan melalui pengujian dilaboratorium.
2. Perendaman yang dilakukan menggunakan air laut dan air tawar.
3. Menggunakan Aspal Minyak Dengan Penetrasi 60/70.
4. Penelitian ini tidak mengkaji unsur dan reaksi kimia yang ada.
5. Penelitian ini tidak bertujuan dan bermaksud untuk membandingkan nilai ekonomis dari produk yang digunakan.
6. Pengujian karakteristik aspal dan agregat serta komposisi campuran menggunakan SNI (Standar Nasional Indonesia).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Memperdalam pengetahuan mengenai perkerasan lentur atau aspal.
2. Hasil penelitian ini dapat mengetahui sejauh mana pengaruh yang terjadi pada aspal terhadap rendaman air laut dan air tawar.
3. Hasil penelitian ini diharapkan mampu meberikan masukan dan informasi serta dapat menjadi acuan bagi instansi terkait serta pelaku konstruksi dalam pembangunan jalan raya terutama perkerasan lentur.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Tinjauan pustaka merupakan suatu uraian tentang hasil – hasil penelitian yang diperoleh dari peneliti terdahulu serta memiliki keterkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Pada penelitian ini diperlukan tinjauan pustaka dengan tujuan sebagai petunjuk atau sebagai perbandingan pada penelitian ini. Beberapa hasil penelitian yang pernah dilakukan antara lain sebagai berikut ini:

Fahmi (2017), telah melakukan penelitian dengan judul *Pengaruh Lama Rendaman Air Laut Terhadap Durabilitas Campuran Aspal Beton Menggunakan Aspal Pen.60/70 Yang Disubstitusi Limbah Ethylene Vinyl Acetate (Eva)*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui Indeks Durabilitas campuran yang disubstitusi dengan persentase limbah polimer EVA sebesar 0,0%, 1,5%, 2,5%, 3,5%, 4,5%, 5,5% dan 6,5% terhadap berat aspal, serta pengaruh lama waktu rendaman air laut secara berkala selama 30 menit, 12 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam, 60 jam dan 72 jam pada suhu 60C. Tinjauan Indeks Durabilitas campuran berdasarkan indikator *Index of Retained Stability (IRS)* dan *Stability Deformation Index*, yaitu Indeks Durabilitas Pertama (IDP), Indeks Durabilitas Kedua (IDK), Nilai Absolut Ekuivalen Kekuatan Tersisa (Sa) atau *Retained Marshall Stability (RMS)*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama rendaman air laut pada campuran Laston nilai Indeks Durabilitas cenderung menurun dengan dan tanpa substitusi limbah EVA. Campuran Laston dengan substitusi limbah EVA terbaik diperoleh pada persentase substitusi limbah EVA 2,5% dengan nilai Indeks durabilitas (RMS) yaitu 91,40% lebih besar dari 90% berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010 pada waktu rendaman selama 72 jam, sedangkan pada persentase substitusi lainnya tidak memenuhi spesifikasi dengan durasi waktu rendaman yang sama.

Chairuddin (2013), telah melakukan penelitian dengan judul *Kajian Eksperimental Dampak Genangan Air Hujan Terhadap Struktur Aspal Pavement*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan

akibat dari genangan air hujan terhadap struktur aspal. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan cara core menggunakan alat coredrill di lapangan dan selanjtnya melakukan uji laboratorium mulai dari memotong sampel, menimbang, perendaman, penimbunan basah, pengeringan permukaan, penguraian sampel, pembuatan briket. Selanjutnya melakukan test Density (SNI 03 – 2828 – 1992) test Stabilitas, pengujian kadar aspal (SNI 03 – 3640 – 1994), pengujian Gradasi Aggregate (SNI 03 – 1968 – 1990). Jumlah sampel yang diambil ada 12 titik. Pengambilan sampel dimulai dari sebelah kiri jalan kemudian di sebelah kanan jalan jumlah sampel 12 titik. Dari hasil pengujian stabilitas dengan menggunakan Marshall test hanya menghasilkan 4 buah sampel yaitu sampel A1, A2, B1, dan B2. Hasil gradasi pada sampel A1 terlihat dari grafik bahwa persentase (%) lolos saringan lebih besar terdapat pada saringan no ½ “ yaitu mempunyai nilai 73,37. Hasil gradasi pada sampel B1 dari hasil gradasi dapat pula terlihat dari grafik bahwa persentase (%) lolos saringan lebih besar terdapat pada saringan no ½ “ yaitu mempunyai nilai 87,35 %. Pada sampel B2 dapat pula terlihat dari grafik bahwa persentase (%) lolos saringan lebih besar terdapat pada saringan no ½ “ yaitu mempunyai nilai 87,53.

Dando (2016),telah melakukan penelitian dengan judul *Analisis Pengaruh Perendaman Air Hujan Terhadap Kinerja Campuran Aspal Berongga Berbasis Asbuton Butir (Bga)*. Penelitian ini bertujuan unutm mengetahui kinerja karakteristik Marshall dan sifat-sifat agregat dari campuran aspal berongga berbasis asbuton butir. Campuran dengan modifikasi waktu perendaman dengan standar perendaman 30 menit dengan variasi 4 hari, 7 hari, 14 hari. Untuk melihat kinerja karakteristik Marshall yang digunakan untuk mendapatkan IKS (Indeks Kekuatan Sisa). Dari hasil penelitian diperoleh nilai KAO dari tiap variasi BGA 0%, 2%, 4% dan 6% yaitu 5,5%, 4,5%, 4,5%, dan 4,25%. Dan hasil Indeks Kekuatan Sisa (IKS) akibat perendaman Marshall masih berada di atas 75%. Nilai hasil IKS dari tiap variasi BGA dengan waktu lama perendaman yaitu untuk BGA 0% yaitu 95.15%,91.21% dan 86.99%,untuk BGA 2% yaitu 92.38%,83.27% dan 80.99%, untuk BGA 4% yaitu 92.86%,81.12% dan 80.55%,untuk BGA 6% yaitu 83.31%,79.13% dan 75.83%. Secara keseluruhan memenuhi persyaratan dan

menyatakan bahwa semakin lama direndam dengan air hujan maka IKS (Indeks Kekuatan Sisa) campuran aspal menjadi menurun atau semakin tidak baik.

Setiawan (2014), telah melakukan penelitian dengan judul *Pengaruh Penuaan Dan Lama Perendaman Terhadap Durabilitas Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (Ac-Wc)*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat keawetan campuran AC-WC akibat pengaruh penuaan dan lama perendaman. Penelitian dilakukan di Laboratorium dengan metode pengovenan untuk simulasi penuaan dan perendaman dalam air pada temperatur tetap $\pm 60^{\circ}\text{C}$ dengan variasi waktu perendaman. Metode penuaan jangka pendek (*Short Term Oven Aging, STOA*) adalah dengan pengovenan benda uji pada suhu 135°C sebelum dipadatkan selama 4 jam yang mewakili penuaan campuran aspal pada saat produksi campuran aspal di unit pencampuran aspal (*AMP*), selama pengangkutan dan penghamparan di lapangan dan metode pengujian penuaan jangka panjang (*Long Term Oven Aging, LTOA*) dilakukan pengovenan 85°C setelah dipadatkan selama 48 jam yang mewakili masa pelayanan selama 5 tahun. Parameter yang digunakan untuk melihat tingkat durabilitas campuran AC-WC adalah Indeks Kekuatan Sisa dan Indeks Durabilitas. Berdasarkan hasil penelitian, pengaruh penuaan dan lama perendaman berpengaruh cukup signifikan terhadap durabilitas campuran AC-WC. Benda uji yang mengalami penuaan menghasilkan nilai kekuatan sisa di bawah batas minimal yang disyaratkan Bina Marga, (2010) yaitu 90 %, sedangkan Indeks Durabilitas benda uji yang mengalami penuaan menunjukkan penurunan kekuatan cukup besar seiring dengan bertambahnya waktu perendaman dibandingkan dengan benda uji normal, sehingga benda uji yang mengalami penuaan dianggap tidak cukup tahan terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh pengaruh air dan suhu.

Purnomo (2018), telah melakukan penelitian dengan judul *Pengaruh Rendaman Air Laut Terhadap Parameter Marshall Dan Indeks Kekuatan Sisa Pada Campuran Aspal Beton (AC-WC) Dengan Substitusi Filler Batu Kapur*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: (1) kadar aspal optimum (KAO) campuran aspal beton AC-WC ditinjau dari parameter marshall, (2) karakteristik campuran aspal beton AC-WC dengan substitusi filler batu kapur ditinjau dari

parameter marshall, (3) pengaruh rendaman air laut pada campuran aspal beton AC-WC dengan substisusi filler batu kapur terhadap parameter marshall dan indeks kekuatan sisa (IKS), (4) apakah ada perbedaan nilai stabilitas dan flow pada aspal beton AC-WC antara rendaman air laut dan air tawar. Penelitian ini merupakan penelitian laboratoris yang dilaksanakan di Laboratorium Perkerasan Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Malang. Data diperoleh dari hasil pengujian dilaboratorium. Pengujian bahan campuran meliputi pengujian aspal, agregat dan filler. Pengujian untuk menentukan KAO yaitu dengan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%. Langkah selanjutnya membuat benda uji dengan KAO dan variasi kadar filler batu kapur 0%, 15%, 30%, 45%, dan 60%. Langkah selanjutnya membuat benda uji dengan KAO dan filler batu kapur optimum yang direndam air laut dan air tawar selama 30 menit dan 24 jam. Hasil penelitian bahan campuran didapatkan bahwa bahan campuran memenuhi persyaratan. Nilai KAO didapat 6,75%. Penambahan filler batu kapur cenderung meningkatkan nilai stabilitas, VIM, VMA dan VFA sedangkan nilai. Flow dan MQ cenderung turun. Kadar filler batu kapur terbaik yaitu kadar 60%. Karakteristik marshall campuran AC-WC dengan filler batu kapur yang direndam air laut memiliki nilai stabilitas, MQ dan VFA cenderung menurun sedangkan nilai flow, VIM dan VMA cenderung meningkat. Nilai IKS yang direndam air laut sebesar 72,42% dan yang direndam air tawar sebesar 87,53% hal menunjukkan bahwa rendaman air laut lebih merusak campuran aspal dibandingkan air tawar. Uji beda t-test menunjukkan ada perbedaan yang signifikan nilai stabilitas dan flow pada aspal beton AC-WC antara rendaman air laut dan air tawar.

Suhingtyas (2017) telah melakukan penelitian tentang *Analisa Dampak Rendaman Air Laut Terhadap Durabilitas Dan Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Concrete-Binder Cours*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak rendaman dari air laut terhadap kekuatan yang dimiliki oleh lapisan *Asphalt concret – binder cours* (AC-BC). Metode pada penelitian ini dilakukan dengan variasi kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% terhadap berat total agregat untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO). Nilai

KAO ditentukan dengan menggunakan metode *Arrow Range* dari parameter Marshall yang ada, diperoleh nilai KAO kemudian membuat benda uji untuk perendaman (*Immersion*) standar pada variasi rendaman 0,5 jam dan 24 jam, untuk perendaman variasi dipilih dengan lama rendaman 72 jam, 120 jam dan 168 jam. Kemudian dilakukan pengujian Marshall dan analisa durabilitas yang terdiri dari Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK). Hasil Penelitian menunjukkan bahwa pada nilai KAO 5,4% nilai IKS perendaman 24 jam sebesar 92,90% dengan syarat minimum 90%, cukup awet berdasarkan nilai IKS. Nilai IDP terus bertambah hingga bernilai $0,801\% < 1\%$ sehingga cukup durable pada perendaman 120 jam. Nilai IDK total selama 168 jam perendaman bernilai 14,22% dengan batas waktu tolerir selama 111,04 jam. Nilai IDP dan IDK mengindikasikan bahwa campuran AC-BC terus kehilangan kekuatan selama 168 jam perendaman. Pengaruh rendaman terhadap karakteristik Marshall pada parameter stabilitas, VIM, dan VMA mengalami peningkatan, sedangkan pada nilai parameter VFWA, flow dan MQ mengalami penurunan tren selama perendaman. Pengaruh lama rendaman terhadap parameter karakteristik Marshall menunjukkan bahwa *properties* Marshall mengalami waktu kritis pada lama rendaman 60 jam.

Carla (2015), telah melakukan penelitian dengan judul *Pengaruh Suhu Dan Durasi Terendamnya Perkerasan Beraspal Panas Terhadap Stabilitas dan Kelelahan (Flow)*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari suhu dan durasi terendamnya terhadap nilai Stabilitas dan Kelelahan (Flow) melalui penelitian di laboratorium. Penelitian dilakukan terhadap campuran yang terbuat dari 2 jenis material agregat dari lokasi dua lokasi sumber berbeda yang memiliki sifat fisik berbeda, yakni material agregat dari lokasi sumber Tateli dan lokasi sumber Lolan. Penelitian diawali dengan memeriksa sifat-sifat bahan yang digunakan dengan mengacu pada persyaratan Spesifikasi Teknik oleh Bina Marga, sehingga didapatkan komposisi terbaik dari campuran. Selanjutnya dengan komposisi terbaik dibuat benda uji Marshall yang akan direndam dalam 3 variasi temperature, yaitu 25° , 45° dan 60° dengan 5 variasi lamanya waktu (durasi) perendaman; yaitu 30 menit, 60 menit, 12 jam, 24 jam dan 72 jam. Hasil

pemeriksaan terhadap dua jenis material agregat menunjukkan material agregat lokasi sumber Lolan mempunyai resapan lebih kecil dibandingkan dengan agregat dari lokasi sumber Tateli, kemudian hasil penelitian terhadap dua jenis campuran yang terbuat dari agregat dari kedua lokasi sumber Tateli dan Lolan. Terlihat bahwa, setelah direndam dengan variasi suhu dan lamanya perendaman yang berfluktuasi terhadap kedua jenis campuran tersebut sama pengaruhnya, yaitu nilai Stabilitas dan Marshall Quotient (MQ) menurun dan nilai Flow meningkat. Hal ini membuktikan, bahwa temperatur dan lamanya (durasi) perendaman mempengaruhi kinerja pencampuran lapis perkerasan aspal. Semakin tinggi suhu perendaman dan semakin panjang durasi perendaman nilai Stabilitas Marshall semakin menurun dan nilai Flow semakin meningkat.

2.3 Keaslian Penelitian

Dalam melakukan penelitian harus memiliki sisi perbedaan dengan peneliti - peneliti terdahulu, perbedaan tersebut merupakan suatu keaslian bagi peneliti agar tidak terdapatnya plagiat dalam melakukan penelitian. Perbedaan penelitian dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dan Peneliti

No	Peneliti	Tujuan	Metode
1	Fahmi (2016)	Untuk mengetahui Indeks Durabilitas campuran yang disubstitusi dengan persentase limbah polimer EVA sebesar 0,0%, 1,5%, 2,5%, 3,5%, 4,5%, 5,5% dan 6,5% terhadap berat aspal, serta pengaruh lama waktu rendaman air laut secara berkala selama 30 menit, 12 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam, 60 jam dan 72 jam pada suhu 60C.	Pengujian Di Laboratorium Sesuai Standar Nasional Indonesia
2	Chairuddin (2013)	Untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan akibat dari genangan air hujan terhadap struktur aspal	Pengujian Di Lapangan dan Di Laboratorium (SNI)
3	Dando (2016)	Untuk mengetahui kinerja karakteristik Marshall dan sifat-sifat agregat dari campuran aspal berongga berbasis asbuton butir	Pengujian Di Laboratorium (SNI)

4	Setiawan (2014)	Untuk menganalisis tingkat keawetan campuran AC-WC akibat pengaruh penuaan dan lama perendaman	Pengujian Di Laboratorium (SNI)
5	Purnomo (2018)	Untuk mengetahui (1) kadar aspal optimum (KAO) campuran aspal beton AC-WC ditinjau dari parameter marshall, (2) karakteristik campuran aspal beton AC-WC dengan substitusi filler batu kapur ditinjau dari parameter marshall, (3) pengaruh rendaman air laut pada campuran aspal beton AC-WC dengan substitusi filler batu kapur terhadap parameter marshall dan indeks kekuatan sisa (IKS), (4) apakah ada perbedaan nilai stabilitas dan flow pada aspal beton AC-WC antara rendaman air laut dan air tawar	Pengujian Di Laboratorium (SNI)
6	Suhingtyas (2017)	Mengetahui dampak rendaman dari air laut terhadap kekuatan yang dimiliki oleh lapisan <i>Asphalt concret – binder cours</i> (AC-BC).	Pengujian Di Laboratorium (SNI)
7	Carla (2015)	Untuk mengetahui pengaruh dari suhu dan durasi teredamnya terhadap nilai Stabilitas dan Kelelahan (Flow)	Pengujian Di Laboratorium (SNI)
8	Penelitian Ini	Mengetahui perbandingan antara rendaman air tawar dan air laut terhadap pemakaian aspal pen 60/70 pada lapisan AC-WC	Pengujian Di Laboratorium (SNI)

Dari Tabel 2.1 Setiap objek penelitian memiliki sisi permasalahan yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh tujuan yang akan dicapai pada penelitian, lokasi penelitian, waktu pelaksanaan, material yang digunakan, dan jenis pekerjaan serta metode yang digunakan dalam penelitian.

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Umum

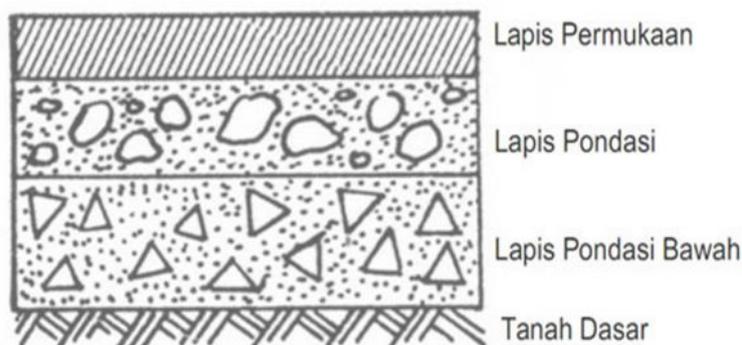
Pada UU RI nomor 38 tahun 2004 pada pasal 1 ayat 4, dikatakan bahwa Jalan adalah prasarana transportasi yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bagian pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah dan/air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel.

Selain itu menurut UU RI No 22 Tahun 2009 tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan, Jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi Lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel.

3.2 Lapisan Perkerasan Lentur

Berdasarkan bahan ikatnya, lapisan perkerasan jalan dibagi atas tiga kategori yaitu lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*), lapisan perkerasan kaku (*rigid pavement*), dan lapisan perkerasan komposit yang merupakan gabungan perkerasan kaku dan perkerasan lentur.

Perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai pengikat. Lapisan - lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar yang telah dipadatkan. Susunan lapisan tersebut sesuai dengan Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Susunan Lapisan Perkerasan Lentur, Bina Marga (2010)

Lapisan perkerasan lentur terdiri dari tanah dasar, lapisan pondasi bawah (*sub base course*) merupakan lapisan yang berada diposisi paling bawah dan berfungsi sebagai penahan dari lapisan – lapisan di atasnya, kemudian lapis pondasi (*base course*) merupakan lapisan yang berfungsi sebagai penahan beban dari lapisan permukaan dan menyalurkan beban ke tanah dasar dan lapisan permukaan (*surface course*) adalah lapisan yang terletak paling atas pada susunan lapisan perkerasan jalan. Karena lapisan ini berfungsi sebagai penahan beban roda kendaraan yang melintas di atasnya, maka lapisan ini setidaknya memiliki stabilitas yang tinggi selama masa pelayanan. Selain itu, lapisan permukaan juga harus memiliki sifat kedap air agar air hujan yang jatuh diatas permukaan tidak meresap kelapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan tersebut. Lapis permukaan juga dapat digunakan sebagai lapisan penyebar beban ke lapisan di bawahnya sehingga dapat memikul beban secara merata. Jenis lapisan permukaan yang umum digunakan di Indonesia adalah:

1. Lapis Tipis Aspal Beton (Laston) atau *Hot Roll Sheet* (HRS)

Merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, mineral pengisi (*filler*) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas.

2. Lapis Aspal Beton (Laston)

Laston (AC) merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan pada suhu tertentu.

3. Penetrasi Macadam (Lapen)

Merupakan lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal dengan cara disemprotkan diatas dan dipadatkan lapis demi lapis.

3.3 Lapisan Aspal Beton (Laston)

Lapis aspal beton adalah salah satu jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-

material pembentuk dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, yang kemudian diangkut ke lokasi pembangunan jalan, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya antara 145°C-155°C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal pula dengan nama *hotmix* (Sukirman, 2003).

Menurut Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Beton aspal dengan campuran gradasi menerus memiliki komposisi dari agregat kasar, agregat halus, mineral pengisi (*filler*) dan aspal (*bitumen*) sebagai pengikat. Ciri lainnya memiliki sedikit rongga dalam struktur agregatnya, saling mengunci satu dengan yang lainnya, oleh karena itu beton aspal memiliki sifat stabilitas tinggi. Berdasarkan fungsinya aspal beton campuran panas dapat diklasifikasikan sebagai berikut : (Sukirman, 2003)

1. *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* adalah lapis permukaan (lapis aus) yang kontak langsung dengan cuaca, gaya geser, dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air.
2. *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)* adalah lapis pengikat antara *Asphalt Concrete-Wearing Course* dengan *Asphalt Concrete-Base*.
3. *Asphalt Concrete-Base (AC-Base)* adalah lapis pondasi, biasanya dipergunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan jalan.

3.4 Sifat Lapisan Aspal Beton (Laston)

Sebagai lapis permukaan perkerasan jalan, Laston (AC) mempunyai nilai struktur, kedap air, dan mempunyai stabilitas tinggi. Ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas menurut Spesifikasi Bina Marga (2010) untuk Laston (AC) bergradasi kasar, dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Sifat-sifat campuran Laston (Bina Marga, 2010)

Sifat-sifat campuran	Laston		
	Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi

Jumlah tumbukan perbidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min	1,0		
	Maks	1,4		
Rongga dalam campuran (%)	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
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min	2		

3.5 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suhu tertentu aspal akan mencair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau masuk ke dalam pori-pori yang ada pada waktu penyiraman pada perkerasan macadam atau pelaburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya yang disebut dengan sifat thermoplastis (Sukirman, 1995).

Aspal yang umum digunakan yaitu aspal yang berasal dari destilasi minyak bumi dan disamping itu pula mulai banyak juga dipergunakan aspal alam yang berasal dari pulau Buton. Aspal minyak yang dipergunakan dalam konstruksi perkerasan jalan raya merupakan proses hasil residu dari destilasi minyak bumi, sering disebut aspal semen.

3.5.1. Jenis Aspal

Aspal yang digunakan sebagai bahan perkerasan jalan terdiri dari aspal alam dan aspal buatan:

1. Aspal alam

Merupakan aspal yang berasal dari proses alamiah, terdiri dari aspal danau (aspal dari Bermudez, Trinidad) dan aspal gunung (aspal dari pulau Buton).

2. Aspal buatan

Aspal buatan dibuat dari minyak bumi, sebagai bahan baku pada umumnya minyak bumi yang banyak mengandung aspal dan sedikit paraffin. Aspal buatan terdiri dari aspal minyak, dan ter.

Aspal Keras (*Asphalt Cement*), jenis aspal minyak yang merupakan residu hasil destilasi minyak bumi pada keadaan hampa udara, yang pada suhu normal dan tekanan atmosfer berbentuk padat. Aspal keras dikelompokkan berdasarkan kekerasan yang disebut penetrasi. Adapun jenis aspal berdasarkan nilai penetrasinya adalah sebagai berikut:

1. Aspal penetrasi 40/50, yaitu AC dengan penetrasi antara 40 -50.
2. Aspal penetrasi 60/70, yaitu AC dengan penetrasi antara 60 -70.
3. Aspal penetrasi 80/100, yaitu AC dengan penetrasi antara 80 -100.
4. Aspal penetrasi 120/150, yaitu AC dengan penetrasi antara 120 -150.
5. Aspal penetrasi 200/300, yaitu AC dengan penetrasi antara 200 -300.

Di negara kita umumnya digunakan Aspal penetrasi 60/70 atau Aspal penetrasi 80/100. Berikut ini adalah Tabel 3.2 yang berisi spesifikasi dari aspal keras penetrasi 60/70 yang sering digunakan dalam pelaksanaan perkerasan di Indonesia.

Tabel 3.2. Spesifikasi Aspal Keras Penetrasi 60/70 (Bina Marga, 2010)

No	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25°C, 100 gr, 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60 – 70
2	Viskositas 135°C	SNI 06-6441-1991	385
3	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	48
4	Daktalitas pada 25 °C	SNI 06-2432-1991	100
5	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	232

6	Kelarutan dalam <i>Toluene</i> (%)	ASTM D 5546	99
7	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	1,0
8	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	0,8

Aspal Cair, jenis aspal minyak yang pada suhu normal dan tekanan atmosfer berbentuk cair, terdiri dari aspal keras yang diencerkan dengan bahan pelarut. Persyaratan umum aspal cair antara lain :

- a. Kadar paraffin tidak lebih dari 2%
- b. Tidak mengandung air dan jika dipakai tidak menunjukkan pemisahan atau penggumpalan.

3.5.2. Sifat-sifat Campuran Aspal

Aspal memiliki beberapa sifat diantaranya sifat kimia yang dimiliki oleh aspal dan sifat fisik yang memiliki pengaruh terhadap perencanaan dan kinerja pada campuran beraspal tersebut dan sifat aspal terhadap temperatur. Adapun sifat-sifat dari campuran aspal yaitu. (Standar Nasional Indonesia)

1. Sifat Kimia Aspal

1. *Asphalthene*

Asphalthene adalah unsur kimia aspal yang padat yang tidak larut dalam penten. *Asphaltene* berwarna coklat sampai hitam yang mengandung karbon dan hidrogen dengan perbandingan 1:1. Molekul *asphaltene* memiliki ukuran 5-30 nanometer.

2. *Malthene*

Malthene adalah unsur kimia yang terdapat di aspal selain *asphaltene*. Unsur *malthene* dapat dibagi lagi menjadi *resin*, aromatik, dan *saturated*.

2. Sifat Fisik Aspal

Sifat fisik aspal sangat berpengaruh terhadap perencanaan, produksi, dan kinerja campuran beraspal antara lain adalah :

1. *Stabilitas*

Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi permanen yang disebabkan oleh lalu lintas, baik beban yang bersifat

statis maupun dinamis sehingga campuran akan tidak mudah aus, bergelombang, melendut, bergeser, dan lain-lain.

2. *Durabilitas* (Keawetan/Daya Tahan)

Durabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk mempertahankan kualitasnya dari disintegrasi atas unsur-unsur pembentuknya yang diakibatkan oleh beban lalu lintas dan pengaruh cuaca. Campuran aspal harus mampu bertahan terhadap perubahan yang disebabkan oleh:

- a) Proses penuaan pada aspal dimana aspal akan menjadi lebih keras. Hal ini disebabkan oleh pengaruh oksidasi dari udara dan proses penguapan yang berakibat akan menurunkan daya lekat dan kekenyalan aspal.
- b) Pengaruh air yang menyebabkan kerusakan atau kehilangan sifat lekat antara aspal dan material lainnya.
- c) Fleksibilitas (Kelenturan)

Fleksibilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk dapat menahan deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Untuk mendapatkan fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan:

- a. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar.
- b. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi).
- c. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil.

3. *Skid Resistance* (Kekesatan)

Skid resistance adalah kekesatan lapisan permukaan yang akan berkaitan dengan kemampuan permukaan lapis keras tersebut untuk melayani arus lalu lintas kendaraan yang lewat di atasnya tanpa terjadi skidding slipping pada saat kondisi permukaan basah.

4. *Fatigue Resistance* (Ketahanan Kelelahan)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (rutting) dan retak.

Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah :

- a. VIM tinggi dan kadar aspal rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
- b. VMA dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.

5. *Workability* (Kemudahan Pelaksanaan)

Workability adalah campuran agregat aspal harus mudah dikerjakan saat pencampuran, penghamparan dan pemadatan, untuk mencapai satuan berat jenis yang diinginkan tanpa mengalami suatu kesulitan sampai mencapai tingkat pemadatan yang diinginkan dengan peralatan yang memungkinkan.

4 Sifat Aspal terhadap Temperatur

Aspal merupakan material yang bersifat viskoelastis dan memiliki ciri yang beragam mulai dari yang bersifat lekat sampai yang bersifat elastis. Diantara sifat aspal lainnya adalah aspal mempunyai sifat *rheologic* (mekanis), yaitu hubungan antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) dipengaruhi oleh waktu. Apabila mengalami pembebanan jangka waktu pembebanan yang sangat cepat, maka aspal akan bersifat elastis, tetapi jika pembebanannya terjadi dalam jangka waktu yang lambat, sifat aspal menjadi plastis (*viscous*). Aspal juga merupakan bahan yang *thermoplastis*, yaitu konsistensinya atau viskositasnya akan berubah sesuai dengan perubahan temperatur yang terjadi. Semakin tinggi temperatur aspal, maka viskositasnya akan semakin rendah atau semakin encer, demikian pula sebaliknya. Pada saat pemadatan dan pencampuran, sifat aspal dapat ditunjukkan dari nilai viskositasnya, sedangkan pada sebagian besar kondisi saat masa layan, aspal mempunyai sifat viskositas yang diwujudkan dalam suatu modulus kekakuan.

3.6. Agregat

Agregat merupakan suatu bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran, yang berupa berbagai jenis butiran atau pecahan hasil dari pemisahan dari pasir, kerikil, batu pecah, abu/debu agregat, slag, atau material lain dari komposisi mineral. Agregat dapat diperoleh secara alamiah maupun secara buatan seperti batu pecah dengan berbagai ukuran hasil dari mesin pemecah batu. Bentuk butiran agregat yang baik adalah yang memiliki segi teratur dan mendekati bentuk kubus (tidak pipih) supaya bisa saling mengunci, sehingga menambah kestabilan campuran. Tekstur butiran agregat yang baik adalah kasar, karena daya ikat antara agregat dengan aspal yang menyelimuti akan kuat, dan semakin kasar permukaan agregat akan semakin tinggi stabilitas serta keawetan campuran yang dihasilkan.

Agregat dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*).

1. Agregat Kasar

Agregat kasar mempunyai peran sebagai pengembang volume mortar, menjadikan campuran lebih ekonomis, meningkatkan ketahanan mortar terhadap kelelahan (*flow*) dan meningkatkan stabilitas. Agregat kasar yaitu agregat yang diameternya lebih besar dari 4,75 mm menurut ASTM atau lebih besar dari 2 mm menurut AASHTO. Agregat kasar adalah material yang tidak lolos pada saringan no.8 (2,36 mm) saat pengayakan. Ketentuan atau syarat agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Syarat Agregat Kasar (Bina Marga, 2010)

Pengujian	Standar	Nilai
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 3407:2008	Maks.40 %
Penyerapan Oleh Air	SNI 1970 : 2008	Min 2,5 %
Berat Jenis	SNI 1970 : 2008	Min. 2,1

Partikel Pipi dan Lonjong agregat kasar(**)	RSNI T-01-2005	Maks. 10 %
Material lolos Ayakan No.200	SNI 03-4142-1996	Maks. 2 %
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95 %
Butir Pecah agregat kasar	SNI 03-6877-2002	95/90 (*)

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan merupakan pasir atau pengayakan batu pecah (abu batu) yang lolos ayakan No. 8 (2,36 mm). Dalam pencampuran aspal persentase maksimum agregat halus yang disarankan untuk Laston (AC) adalah 15%. Sama halnya dengan agregat kasar, agregat halus yang digunakan merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung ataupun bahan lainnya yang tidak dikehendaki. Fungsi agregat halus adalah sebagai berikut:

1. Menambah stabilitas dari campuran dengan memperkokoh sifat yang saling mengunci dari agregat kasar dan juga untuk mengurangi rongga udara agregat kasar.
2. Semakin kasar tekstur permukaan agregat halus akan menambah stabilitas campuran dan menambah kekasaran permukaan.
3. Agregat halus pada #8 sampai #30 penting dalam memberikan kekasaran yang baik untuk kendaraan pada permukaan aspal.
4. Agregat halus pada #30 sampai #200 penting untuk menaikkan kadar aspal, akibatnya campuran akan lebih awet.

Adapun ketentuan atau syarat untuk penggunaan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Ketentuan Agregat Halus (Bina Marga, 2010)

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 60%
Angularitas dengan Uji Kadar Rongga	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 (*filler*) merupakan sebagai pengisi rongga udara pada material sehingga memperkaku lapisan aspal. Apabila campuran agregat kasar dan halus masih belum masuk dalam spesifikasi yang telah ditentukan, maka pada campuran Laston perlu ditambah dengan *filler*. Sebagai *filler* dapat digunakan debu batu kapur, debu *dolomite* atau *semen Portland Filler* yang baik adalah yang tidak tercampur dengan kotoran atau bahan lain yang tidak dikehendaki dan dalam keadaan kering (kadar air maks. 1%). *Filler* yang digunakan pada penelitian ini adalah abu batu. Fungsi *filler* dalam campuran adalah untuk meningkatkan stabilitas dan mengurangi rongga udara dalam campuran.

Tujuan awal *filler* adalah mengisi rongga dalam campuran VIM, tidak hanya oleh bitumen tetapi material yang lebih murah. Pada kadar aspal konstan, penambahan *filler* akan memperkecil VIM. Dalam perkembangan selanjutnya, terbukti bahwa *filler* tidak hanya mengganti fungsi bitumen mengisi rongga, tetapi juga memperkuat campuran (Edward (1988) dalam Suhendra, 2014). Untuk suatu kadar aspal yang konstan jumlah *filler* yang sedikit akan menyebabkan rendahnya koefisien marshall karena viskositas bitumen masih rendah dengan *filler* yang sedikit tersebut. Selanjutnya koefisien marshall meningkat dengan penambahan *filler* sampai nilai maksimum, kemudian menurun akibat kemampuan pemadatan campuran (tanpa menimbulkan retak).

3.7. Gradasi

Ukuran butiran agregat dan persentase berat dari setiap jenis agregat yang diperlukan, ditentukan dalam persyaratan teknisnya. Menurut Sukirman (2003), gradasi adalah susunan butiran agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat akan dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Gradasi agregat dapat dibedakan atas:

1. Gradasi seragam (*uniform graded*)/gradasi terbuka (*open graded*)

Gradasi seragam (*uniform graded*)/gradasi terbuka adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, berat volume kecil.

2. Gradasi rapat (*dense graded*)

Gradasi rapat, merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang seimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik. Gradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek, dan berat volume besar.

3. Gradasi senjang (*gap graded*)

Gradasi senjang (*gap graded*), merupakan campuran yang tidak memenuhi dua kategori di atas. *Aggregate* bergradasi buruk yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur merupakan campuran dengan satu fraksi hilang atau satu fraksi sedikit. Gradasi seperti ini juga disebut gradasi senjang. Gradasi senjang akan menghasilkan lapis perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis di atas.

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas-batas yang diberikan dalam Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal Beton (Bina Marga, 2010)

Ukuran Ayakan (mm)	%Berat yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran		
	Laston (AC)		
	WC	BC	Base
37,5			100
25		100	90 – 100
19	100	90 – 100	76 – 90
12,5	90 – 100	75 - 90	60 – 78

9,5	77 – 90	66 – 82	52 – 71
4,75	53 – 69	46 – 64	35 – 54
2,36	33 – 53	30 – 49	23 – 41
1,18	21 – 40	18 – 38	13 – 30
0,6	14 – 30	12 – 28	10 – 22
0,3	9 – 22	7 – 20	6 – 15
0,15	6 – 15	5 – 13	4 – 10
0,075	4 – 9	4-8	3 – 7

3.8. Air

Air adalah suatu zat cair yang tidak mempunyai rasa, bau dan warna dan terdiri dari hidrogen dan oksigen dengan rumus kimia H₂O.. Air dapat berupa air tawar dan air asin (air laut) yang merupakan bagian terbesar di bumi ini. Di dalam lingkungan alam proses, perubahan wujud, gerakan aliran air (di permukaan tanah, di dalam tanah, dan di udara) dan jenis air mengikuti suatu siklus keseimbangan dan dikenal dengan istilah siklus hidrologi (Kodoatie dan Sjarief, 2010)

1. Air Laut

Air laut merupakan air yang berasal dari laut, memiliki rasa asin, dan memiliki kadar garam (salinitas) yang tinggi, dimana rata-rata air laut di lautan dunia memiliki salinitas sebesar 3,5%. Hal ini berarti untuk setiap satu liter air laut terdapat 35 gram garam yang terlarut di dalamnya. Kandungan garam-garaman utama yang terdapat dalam air laut antara lain klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), potasium (1%), dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borak, strontium, dan florida.

2. Air Tawar

Air tawar adalah air dengan kadar garam dibawah 0,5 ppt (Nanawi, 2001). Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengadalan Kualitas Air dan Pengadalan Kualitas Pencemaran, Bab I Ketentuan Umum pasal 1, Air tawar adalah semua air yang terdapat diatas dan dibawah permukaan tanah, kecuali air laut dan air fosil”, sedangkan menurut

Undang-Undang RI No.7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air (Bab I, Pasal I), butir 2 disebutkan bahwa “Air adalah semua air yang terdapat pada di atas ataupun dibawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat”. Butir 3 menyebutkan “Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan atau batuan dibawah permukaan tanah”. Karakteristik kandungan sifat fisik dari air tawar tergantung dari tempat sumber air itu berasal dan teknik pengolahan air tersebut apakah menghasilkan air yang baik dikonsumsi.

3.9. Suhu atau Temperatur

Aspal mempunyai kepekaan terhadap perubahan suhu / temperatur, karena aspal adalah material yang termoplastis. Aspal akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau cair bila temperatur bertambah. Setiap jenis aspal mempunyai kepekaan terhadap temperatur berbeda-beda, karena kepekaan tersebut dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspalnya, walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu. Pemeriksaan sifat kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur perlu dilakukan sehingga diperoleh informasi tentang rentang temperatur yang baik untuk pelaksanaan pekerjaan. Pada Tabel 3.6 ini memperlihatkan nilai viskositas aspal dan batasan suhu selama pencampuran, penghamparan, dan pepadatan pada proses pelaksanaan pekerjaan – perkerasan jalan.

Tabel 3.6 Ketetapan Viskositas dan Temperatur Aspal untuk Pencampuran dan Pepadatan (Bina Marga, 2010)

No	Preosedur Pelaksanaan	Viskositas Apal (PA.S)	Suhu Campuran (°C) Pen 60/70
1	Pencampuran benda uji Marshall	0,2	155 ± 1
2	Pepadatan benda uji Marshall	0,4	140 ± 1

3	Pencampuran rentang temperatur sasaran	0,2 – 0,5	145 – 155
4	Menuangkan campuran dari AMP ke dalam truk	$\pm 0,5$	135 – 150
5	Pasokan ke alat penghamparan (<i>paver</i>)	0,5 – 1,0	130 – 150
6	Penggilasan awal (roda baja)	1 – 2	125 – 145
7	Penggilasan kedua (roda karet)	2 – 20	100 – 125
8	Penggilasan akhir (roda baja)	< 20	> 95

3.10. Karakteristik Campuran Beraspal

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

1. Stabilitas

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas setingkat dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut.

Kestabilan yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat mengalami retak, disamping itu karena volume antar agregat kurang maka kadar aspal yang dibutuhkan pun rendah. Hal ini menghasilkan ikatan aspal mudah lepas sehingga durabilitas menjadi rendah. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel, dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal.

2. Durabilitas (Keawetan/Daya Tahan)

Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air, dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton adalah: (Bina Marga 2010)

- 1) VIM kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh (getas).
 - 2) VMA besar sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi maka kemungkinan terjadinya *bleeding* cukup besar, untuk mencapai VMA yang besar ini digunakan agregat bergradasi senjang.
 - 3) Film (selimut) aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang durabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya *bleeding* menjadi besar.
3. Fleksibilitas (Kelenturan)
- Fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Untuk mendapatkan fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan: (Bina Marga 2010)
- 1) Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar.
 - 2) Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi).
 - 3) Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil.
4. Kekesatan (*Skid Resistance*)
- Tahanan geser adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan (basah) maupun di waktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan dengan roda kendaraan. Tingginya nilai tahanan geser ini dipengaruhi oleh:
- 1) Penggunaan agregat dengan permukaan kasar.
 - 2) Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding*.
 - 3) Penggunaan agregat kasar yang cukup.
5. *Fatigue Resistance* (Ketahanan Kelelahan)
- Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*rutting*)

dan retak. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah: (Bina Marga 2010)

- 1) VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
 - 2) VMA dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.
6. Kedap Air
- Kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat.

7. *Workability* (Kemudahan Pelaksanaan)

Kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. *Workability* ini dipengaruhi oleh gradasi agregat. Agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan daripada agregat bergradasi lain.

3.11. Volumetrik Campuran Aspal Beton

Volumetrik campuran beraspal yang dimaksud adalah volume benda uji campuran yang telah dipadatkan. Kinerja aspal beton sangat ditentukan oleh volumetrik campuran aspal beton padat yang terdiri dari: (Bina Marga 2010)

1. Berat Jenis

1) Berat jenis *bulk* agregat

Berat jenis *bulk* adalah perbandingan antara berat bahan di udara (termasuk rongga yang cukup kedap dan yang menyerap air) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air suling serta volume yang sama pada suhu tertentu pula.

2) Berat jenis efektif agregat

Berat jenis efektif adalah perbandingan antara berat bahan di udara (tidak termasuk rongga yang menyerap aspal) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air destilasi dengan volume yang sama dan suhu tertentu pula.

3) Berat jenis maksimum campuran

Berat jenis maksimum campuran untuk masing-masing kadar aspal

2. Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total tidak terhadap campuran.

3. Kadar Aspal Efektif

Kadar efektif 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 menentukan kinerja perkerasan aspal.

3.12. Kadar Aspal Rencana

Kadar aspal rencana merupakan perkiraan awal kadar aspal optimum dapat direncanakan setelah dilakukan pemilihan dan penggabungan pada empat fraksi agregat.

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

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, tidak termasuk mineral asbuton

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

3.12.1. Metode Marshall

Metode *marshall* ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari suatu perkerasan lentur. Metode *marshall* ini terdiri dari uji *marshall* dan parameter *marshall* yang dijelaskan sebagai berikut: (Bina Marga 2010)

1. Uji *Marshall*

Rancangan campuran berdasarkan metode *Marshall* ditemukan oleh Bruce Marshall. Pengujian Marshall bertujuan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*). *Flow* didefinisikan sebagai perubahan deformasi atau regangan suatu campuran mulai dari tanpa beban, sampai beban maksimum.

Alat *marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *Proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji *marshall standart* berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm).

2. Parameter Pengujian *Marshall*

Sifat-sifat campuran beraspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian *marshall* antara lain :

a. Stabilitas *marshall*

Menurut *The Asphalt Institute*, Mudianto (2004), Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban yang bekerja tanpa mengalami deformasi permanen seperti gelombang, alur ataupun *bleeding* yang dinyatakan dalam satuan kg atau lb. Nilai stabilitas diperoleh dari hasil pembacaan langsung pada alat *Marshall Test* sewaktu melakukan pengujian *Marshall* Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetannya berkurang.

b. Kelelahan (*Flow*)

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas, nilai *flow* merupakan nilai dari masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum *dial* (dalam satuan mm) pada saat melakukan pengujian *Marshall*. Suatu campuran yang memiliki kelelahan yang rendah akan lebih kaku dan cenderung untuk mengalami retak dini pada usia pelayanannya, sedangkan nilai kelelahan yang tinggi mengindikasikan campuran bersifat plastis.

c. *Marshall quotient*

Marshall Quotient merupakan hasil perbandingan antara stabilitas dengan kelelahan (*flow*). Semakin tinggi MQ, maka akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. MQ dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana :

MQ : *Marshall Quotient* (kg/mm)

MS : *Marshall Stability* (kg)

MF : *Marshall flow*(mm)

d. Rongga udara terisi aspal / *Void Filled Bitument* (VFB)

Rongga terisi aspal/ *Void Filled Bitument* (VFB) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. VFB dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$VFB = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana :

VFB : rongga udara yang terisi aspal (%)

VIM : rongga udara pada campuran, persen dari volume total (%)

VMA : rongga udara pada mineral agregat (%)

e. Rongga antara agregat / *Void in Mineral Aggregate* (VMA)

Rongga di antara mineral agregat (VMA) adalah ruang diantara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dihitung berdasarkan Berat Jenis *Bulk* Agregat dan dinyatakan sebagai persen volume *bulk* campuran yang dipadatkan. VMA dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \dots\dots\dots(3.4)$$

Dimana :

VMA : rongga udara pada mineral agregat (%)

G_{mb} : berat isi campuran

G_{sb} : berat jenis kering agregat maksimum

P_s : kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%)

f. Rongga udara di dalam campuran / *Voids In Mix* (VIM)

Rongga udara dalam campuran (V_a) atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri dari atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal.

$$VIM = 100 - \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \dots \dots \dots (3.5)$$

Dimana:

VIM : rongga udara pada campuran, persen dari volume total (%)

G_{mb} : berat isi campuran

G_{mm} : berat jenis maksimum campuran

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1. Umum

Pada penelitian ini metode yang diterapkan adalah metode eksperimen dilaboratorium untuk mendapatkan nilai karakteristik marshall dengan melakukan rendaman air tawar dan air laut. Penelitian ini dilakukan dilaboratorium Jalan Raya milik PT. Lutvindo Wijaya Perkasa yang terletak di Jalan Garuda Sakti KM 05 Kota Pekanbaru arah Petapahan. Dalam penelitian ini agar tidak menyalahi aturan maka penelitian ini berpedoman kepada spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3) sebagai acuan untuk menentukan campuran Lapisan aspal beton (Laston).

4.2. Bahan Penelitian

Jenis penelitian yang akan dilakukan ini merupakan penelitian eksperimen perencanaan campuran beraspal panas dengan menggunakan material-material yang berasal dari daerah setempat. Dalam penelitian ini, pengujian bahan-bahan dilakukan dengan menggunakan prosedur SNI, adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Agregat kasar berasal dari quarry Danau Bingkuang Kabupaten Kampar
2. Agregat medium, berasal dari quarry Danau Bingkuang Kabupaten Kampar
3. Agregat halus atau abu batu berasal dari PT. LUTVINDO WIJAYA PERKASA.
4. Aspal minyak pen 60/70.

4.3. Peralatan Penelitian

Alat – alat yang digunakan harus sesuai ketentuan dan terkalibrasi. Adapun alat – alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Alat Uji Pemeriksaan Aspal

Alat uji pemeriksaan aspal yaitu: alat uji penetrasi, alat uji titik leleh, alat uji daktilitas, alat uji berat jenis (piknometer), dan alat uji kehilangan berat (pemanas).



Gambar 4.1 Alat Uji Titik Lembek Aspal

2. Alat Uji Pemeriksaan Agregat

Alat uji pemeriksaan agregat yaitu: satu set saringan (*Sieve Analysis*), tes keausan agregat (*Los Angeles Tests Machine*), alat uji berat jenis (piknometer, timbangan, pemanas), dan *Aggregate Impact Machine*.



Gambar 4.2 Saringan (*Sieve Analysis*)

Alat uji saringan (*Sieve Analysis*) ini berfungsi untuk memisahkan jenis agregat berdasarkan ukurannya, mulai saringan kasar, saringan menengah dan saringan halus.



Gambar 4.3 Mesin *Los angeles*

mesin *los angeles* berfungsi untuk mengetahui tingkat keausan agregat atau kekerasan pada material yang akan digunakan. Alat ini sudah tersertifikasi dan mengikuti prosedur SNI.

3. Alat Uji Karakteristik Campuran Beraspal

Alat uji karakteristik campuran beraspal yaitu menggunakan seperangkat alat dalam pengujian untuk metode *Marshall*, meliputi:

- a. Alat *Marshall* yang terdiri dari kepala penekan berbentuk lengkung, cincin pengujian berkapasitas 2500 kg dan atau 5000 kg yang dilengkapi dengan arloji *flowmeter*.



Gambar 4.4 Alat Uji Marshall (*Marshall Test*)

Alat pengujian untuk Marshall test, yang terdiri dari dial di bawah untuk membaca *flow* dan dial di atas untuk membaca *stability* Marshall. Bisa

digerakan secara manual dan mekanis (hidrolik) menggunakannya dengan cara memasukan briket kedalam tempatnya kemudian diuji dan dibaca secara manual. Alat tersebut telah sesuai dengan standar SNI dan telah di kalibrasi.

- b. Alat cetak benda uji berbentuk silinder dengan diameter 4 inch (10,16 cm) dan tinggi 3 inch (7,62 cm).



Gambar 4.5 Alat Cetak atau Cetakan Benda Uji

- c. Alat penumbuk Marshall manual yang digunakan untuk pemadatan campuran.



Gambar 4.6 Alat Penumbuk *Marshall*

Alat ini dilakukan setelah pencampuran selesai, dan dilakukan penumbukan untuk jenis aspal ACWC sebanyak 75 kali tumbukan dipermukaan atas dan kemudian dibagian bawah sebanyak 75 tumbukan.

- d. Ejektor merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengeluarkan benda uji dari cetakan setelah proses pemadatan.



Gambar 4.7 Alat Ejektor

Alat ini dilakukan ketika sampel pada cetakan telah mengeras dan suhu sudah menjadi normal. Proses kerja ejektor dilakukan dengan cara menekan tuas secara perlahan sampai benda uji aspal terlepas dari *cassing* atau cetakan.

- e. Bak perendam (*water bath*) yang dilengkapi pengatur suhu.



Gambar 4.8 *Water Bath* atau bak perendam

Alat ini digunakan untuk melakukan perendaman pada sampel sebelum dilakukan pengujian *marshall* (*marshall test*) sesuai dengan ketentuan dan persyaratan ASTM D627-06 selama 30 – 40 menit dengan suhu 60⁰c, dan alat ini telah terkalibrasi sesuai SNI serta layak untuk dipergunakan.

- f. Alat-alat penunjang yang meliputi kompor, *thermometer*, *oven*, sendok pengaduk, sarung tangan anti panas, kain lap, panci pencampur, timbangan, dan jangka sorong.

4.4. Tahapan Penelitian

Adapun tahapan - tahapan penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini mulai dari awal sampai akhir dijelaskan sebagai berikut:

1. Tahap I atau Persiapan

Persiapan yang dilakukan yaitu persiapan pustaka, bahan, dan alat-alat yang digunakan. Persiapan bahan ini meliputi (aspal keras, agregat kasar, agregat medium, agregat halus, dan *filler*) dan kemudian menyiapkan bahan-bahan tersebut sebelum diuji dan digunakan dalam campuran beraspal.

2. Tahap II atau Pengujian Bahan

A. Pengujian Agregat

Pengujian agregat meliputi analisa saringan agregat, keuasan agregat, kekuatan agregat terhadap tumbukan (*Aggregate Impact Value*), berat jenis agregat dan penyerapan agregat, kelekatan terhadap aspal, indeks pipih lonjong, dan kekekalan Agregat.

B. Pengujian Aspal

1) Uji Penetrasi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal yang dinyatakan dalam masuknya jarum dengan beban tertentu pada kurun waktu tertentu pada kurun waktu tertentu pada suhu kamar. Tingkat kekerasan isi merupakan klasifikasi aspal. Pengujian ini mengacu pada SNI 2456 : 2011.

2) Uji Daktilitas Bahan-Bahan Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekenyalan aspal yang dinyatakan dengan panjang pemuluran aspal yang dapat tercapai hingga sebelum aspal tersebut putus. Pengujian ini mengacu pada SNI 2432 : 2011.

3) Titik Nyala Dan Titik Bakar dengan *Cleveland Open Cup*

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur suhu dimana aspal mulai dapat mengeluarkan nyala api dan terbakar akibat pemanasan dengan menggunakan *Cleveland Open Cup*. Suhu yang didapatkan ini adalah sebagai simulasi terhadap suhu maksimum yang bisa terjadi pada aspal sampai aspal mengalami kerusakan permanen. Pengujian ini mengacu pada SNI 2433 : 2011.

4) Titik Lembek Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui suhu dimana aspal mulai lembek dan dapat digunakan dengan menggunakan alat *Ring dan Ball*. Pengujian ini mengacu pada SNI 2434 : 2011.

5) Viskositas Bahan-Bahan Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan tingkat kekentalan (viskositas) aspal keras menggunakan alat *Saybolt*. Pengujian ini mengacu pada SNI SNI 06-6441-2000.

6) Kehilangan Berat Akibat Pemanasan dengan *Thin-Film Oven Test*.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kehilangan minyak pada aspal akibat pemanasan berulang. Pengujian ini mengacu pada SNI 06-2456-1991.

7) Berat Jenis Aspal Keras

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur berat jenis aspal dengan menggunakan piknometer serta berdasarkan perbandingan berat di udara dengan berat di dalam air. Pengujian ini mengacu pada SNI 2441 : 2011.

C. Pengujian Bahan Pengisi (*Filler*)

Pada pengujian ini *Filler* yang akan digunakan adalah semen. *Filler* semen yang akan digunakan adalah yang lolos saringan No.200.

3. Tahap III atau Mix Desain

Dalam proses pembuatan campuran / Mix Desain pada penelitian ini mengacu pada standar Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 revisi 3. Didalam spesifikasi perencanaan tersebut sudah terdapat aturan - aturan yang baku untuk tata cara pembuatan Mix Desain.

4. Tahap IV atau Pembuatan Sampel

Pada penelitian ini untuk pembuatan sampel dibuat di laboratorium PT Lutvindo Wijaya Perkasa. Dalam penelitian ini pembuatan dan pengujian dilakukan sebanyak dua kali, yaitu yang pertama pembuatan sampel dan pengujian karakteristik dengan rencana kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7% dengan jumlah tiap variasinya sebanyak 3 sampel dengan melakukan rendaman menggunakan air tawar dengan suhu 60⁰c selama 30 menit untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum dan yang kedua pembuatan sampel berdasarkan kadar aspal optimum dan melakukan pengujian karakteristik marshallnya dengan melakukan rendaman menggunakan air tawar sebanyak 3 sampel dan air laut sebanyak 3 sampel dengan suhu 60⁰c selama 30 menit.

5. Tahap V atau Pengujian Karakteristik *Marshall*

Pada penelitian ini parameter Marshall yang diuji meliputi *Stabilitas*, *Flow*, *Marshall Quotient*, *VIM*, *VMA* dan *VFB*. Dari hasil pengujian yang telah didapatkan kemudian disusun sehingga berbentuk format laporan hasil awal pengujian.

Adapun langkah-langkah pengujian *Marshall* adalah sebagai berikut.

1. Untuk mendapatkan nilai VIM, VMA, VFB, MQ sampel yang telah selesai dipadatkan dengan menggunakan alat penumbuk di diamkan hingga suhu sampel menyesuaikan suhu ruangan atau suhu normal, kemudian sampel aspal padat tersebut dikeluarkan dari cetakan dengan menggunakan alat ejektor. Setelah sampel dikeluarkan dari cetakan kemudian sampel direndam kedalam ember atau wadah yang telah berisi air selama 24 jam. Setelah sampel direndam kemudian sampel tersebut diangkat dan dikeringkan lalu sampel ditimbang dengan menggunakan timbangan yang sudah terkalibrasi sesuai Standar Nasional Indonesia.
2. Untuk mendapatkan nilai Stabilitas dan Flow benda uji direndam kedalam bak perendaman (*water bath*) selama 30 menit sampai 45

- menit dengan suhu tetap 60°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$) untuk benda uji yang menggunakan aspal padat.
3. Mengeluarkan benda uji dari bak perendaman atau dari oven dan meletakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan.
 4. Memasang segmen atas di atas benda uji dan meletakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
 5. Memasang arloji pengukur kelelahan (*flow*) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
 6. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji.
 7. Mengatur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.
 8. Memberikan pembebanan benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm/menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan mencatat pembebanan maksimum (*stability*) yang dicapai, untuk benda uji yang tebalnya tidak sebesar 63,5 mm, dikoreksi bebannya dengan faktor perkalian yang bersangkutan dari tabel angka korelasi beban (*stabilitas*).
 9. Mencatat nilai kelelahan (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur *flow* pada saat pembebanan maksimum tercapai.

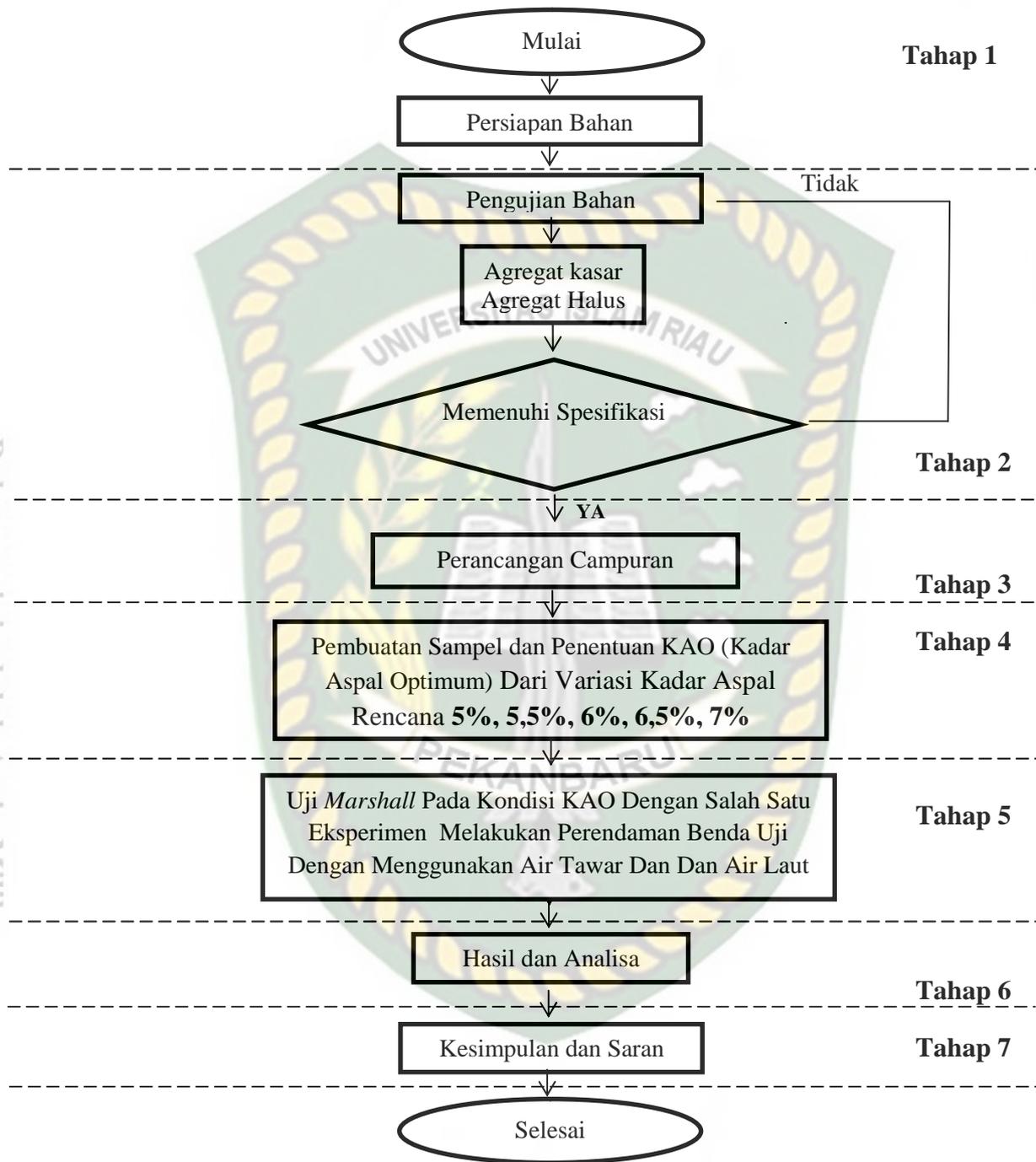
6. Tahap VI atau Hasil dan Analisa

Pada tahap ini, data yang telah diperoleh dari hasil pengujian, kemudian dianalisa untuk mendapatkan suatu pembahasan yang dilakukan pada penelitian ini.

7. Tahap VII atau Kesimpulan

Kesimpulan, Pada tahap ketujuh ini, dari data yang telah diperoleh dan telah dianalisa, kemudian bisa ditarik kesimpulannya yang berhubungan dengan tujuan pada penelitian ini.

Untuk lebih jelasnya mengenai tahapan - tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 4.9



Gambar 4.9 Bagan Alir Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Pemeriksaan Bahan Penyusun Laston

Sebelum digunakan sebagai bahan pada campuran ACWC, semua material atau bahan penyusun dalam pembuatan ACWC harus melakukan pengujian karakteristiknya terlebih dahulu. Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah material yang digunakan telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi III dalam hal tersebut mengacu juga dengan Standar Nasional Indonesia (SNI), ASTM dan AASHTO. Pengujian dilakukan di Laboratorium PT.LUTVINDO WIJAYA PERKASA.

5.2. Hasil Pengujian Agregat

Sebelum melakukan pengujian pada karakteristik *Marshall*, terlebih dahulu melakukan pengujian pada agregat kasar, agregat medium dan abu batu. Pengujian agregat yang dilakukan meliputi analisa saringan, berat jenis, dan abrasi atau kekuatan material.

Hasil dari pengujian yang dilakukan ini harus memenuhi spesifikasi dan sesuai standar yang digunakan dengan acuan yaitu Spesifikasi Umum Bina Marga (2010) Revisi 3.



Gambar 5.1 Pengujian Agregat atau analisa saringan

5.2.1. Hasil Uji Abrasi

Proses pengujian abrasi perlu dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kekuatan yang dimiliki material yang berasal dari kampar tersebut. Untuk menguji kekuatan agregat dapat menggunakan mesin *Los Angeles Test*. Adapun hasil pengujian abrasi dapat dilihat pada Tabel 5.1

Tabel 5.1 Hasil Uji Abrasi

Tabel Pengujian					
Gradasi pemeriksaan				Jumlah putaran = 500 putaran	
Ukuran Saringan				Type gradasi = A	
Lolos Saringan		Tertahan Saringan		Sampel 1	Sampel 2
				Berat awal (a)	Berat awal (a)
mm	inch	mm	inch	(gr)	(gr)
75	3	63	2 1/2		
63	2 1/2	50	2		
50	2	37,5	1 1/2		
37,5	1 1/2	25	1	1250	1250
25	1	19	3/4	1250	1250
19	3/4	12,5	1/2	1250	1250
12,5	1/2	9,5	3/8	1250	1250
9,5	3/8	6,3	1/4		
6,3	1/4	4,75	No. 4		
4,75	No. 4	2,36	No. 8		
Jumlah Berat (gr)				5000	5000
Berat Tertahan Saringan No 12 (1,7 mm) sesudah percobaan (b)				3772,8	3610,4
Abrasi				$\frac{a - b}{a} \times 100\% = 2454\%$	$\frac{a - b}{a} \times 100\% = 2779\%$
RATA - RATA KEAUSAN				26,17% < (spek 40%)	

Dari tabel 5.1 dapat dilihat bahwa nilai abrasi yang diperoleh yaitu 26,17 % nilai tersebut berada dibawah batas maksimum tingkat keausan 40 %..

5.2.2. Hasil Uji Agregat Kasar

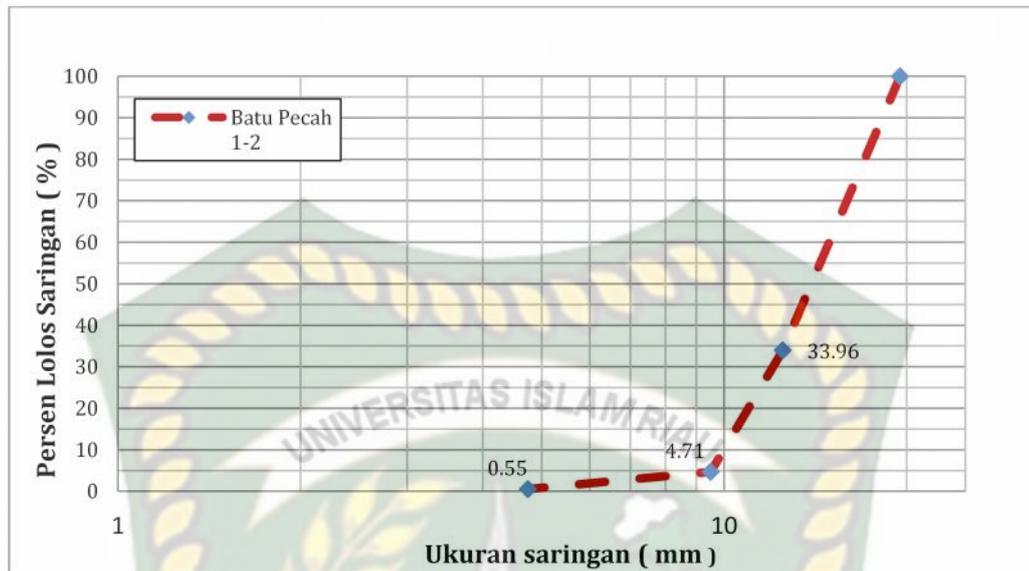
Proses penyaringan agregat untuk campuran dilakukan secara manual menggunakan satu set alat penyaring yang mempunyai standar berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010.

Agregat yang berhasil disaring dipisahkan dan kemudian dikumpulkan untuk digunakan dalam campuran pada benda uji. Adapun hasil dari pengujian agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.2

Tabel 5.2 Hasil Analisa saringan Agregat Kasar

Nomor Saringan		Berat Tertahan		Persen Tertahan		Persen Lolos		Rata2
mm	inch	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	
19,5	3/4"	0,0	0,0	0,00	0,00	100,0	100,0	100,00
12,5	1/2"	2539,9	2214,2	66,33	65,75	33,67	34,25	33,96
9,5	3/8"	3668,4	3191,8	95,80	94,78	4,2	5,22	4,71
4,75	No. 4	3810,4	3347,1	99,51	99,39	0,49	0,61	0,55
2,36	No. 8	3821,5	3353,1	99,80	99,57	0,2	0,43	0,32
1,18	No. 16	3822,7	3359,9	99,83	99,77	0,17	0,23	0,20
0,6	No. 30	3829,2	3367,6	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00
0,3	No. 50	3829,2	3367,6	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00
0,15	No.100	3829,2	3367,6	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00
0,075	No. 200	3829,2	3367,6	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00

Berdasarkan tabel 5.2 dapat dijelaskan untuk hasil analisa saringan agregat kasar dengan saringan dengan ukuran no.3/4 lolos 100%, saringan no.1/2 lolos 33,96 %, saringan dengan ukuran no.3/8 lolos 4,71 %, saringan ukuran no.4 lolos 0,55%, saringan dengan ukuran no.8 persentase lolos 0,32 %. Dari tabel 5.2 dapat dituangkan kedalam grafik dan dapat dilihat pada gambar 5.2



Gambar 5.2 Grafik Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar

Dari hasil analisa saringan diatas kemudian dapat dihitung untuk penentuan berat jenis pada agregat kasar. Hasil pengujian berat jenis agregat kasar dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut

Tabel 5.3 Hasil Uji Agregat Kasar

Pemeriksaan	Rumus	Sampel I	Sampel II	Rata-rata	Spek
Berat Jenis Bulk	BK-(BJ-BA)	2,621	2,622	2,622	Min 2,1
Berat Jenis Permukaan Jenuh (SSD)	BJ/(BJ-BA)	2,635	2,637	2,636	
Berat Jenis Semu (Apparent)	BK/(BK-BA)	2,659	2,661	2,660	
Penyerapan	(BJ-BK)/BKx100	0,542	0,553	0,548	Maks. 2,5

Dari tabel 5.3 tersebut didapat hasil pemeriksaan bahwa untuk berat jenis 2,622 sementara berat jenis permukaan (SSD) 2,636, berat jenis semu (*Apparent*) 2,660 dan penyerapan 0,548. sifat fisik agregat kasar ini memenuhi syarat dan spesifikasi yang ditentukan dalam Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3), sehingga material pada agregat kasar tersebut dapat digunakan dalam penelitian pencampuran aspal pen 60/70.

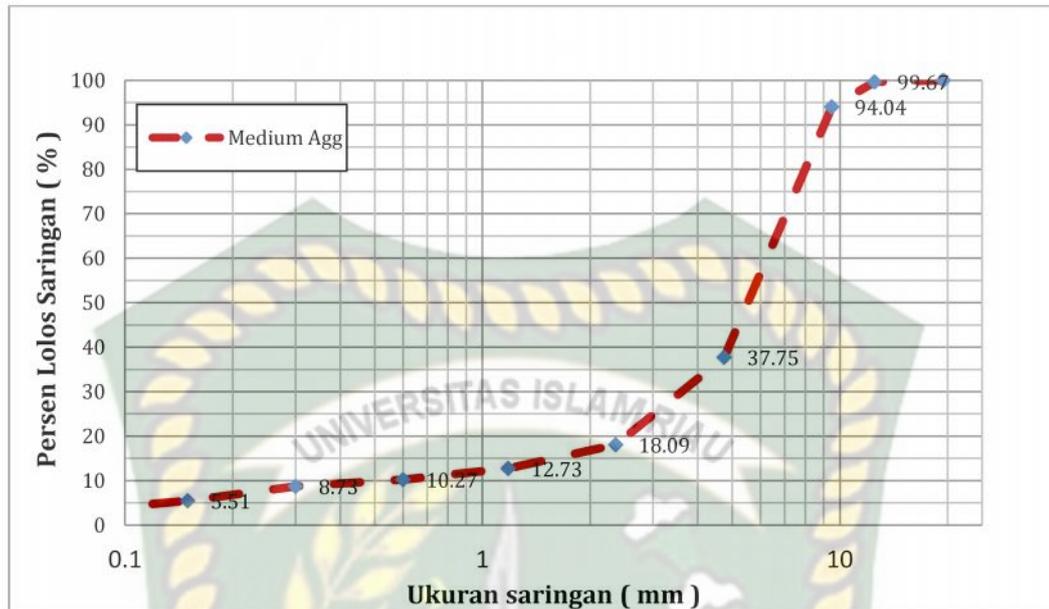
5.2.3. Hasil Uji Agregat Medium

Dalam pembuatan benda uji pada ACWC diperlukan agregat kelas medium, dimana proses penyaringan agregat medium juga sama halnya dengan agregat kasar yang sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3). Adapun hasil dari analisa saringan untuk kelas medium dapat dilihat pada tabel 5.4

Tabel 5.4 Hasil Analisa saringan Agregat Medium

Nomor Saringan		Berat Tertahan		Persen Tertahan		Persen Lolos		Rata2
mm	inch	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	
19,5	3/4"	0,0	0,0	0,00	0,00	100,0	100,0	100,00
12,5	1/2"	3,3	9,9	0,16	0,50	99,84	99,50	99,67
9,5	3/8"	115,1	126,3	5,58	6,35	94,42	93,65	94,04
4,75	No. 4	1285,6	1236,1	62,34	62,16	37,66	37,84	37,75
2,36	No. 8	1701,3	1617,3	82,50	81,33	17,5	18,67	18,09
1,18	No. 16	1804,4	1731,1	87,50	87,05	12,5	12,95	12,73
0,6	No. 30	1847,3	1787,6	89,58	89,89	10,42	10,11	10,27
0,3	No. 50	1878,5	1818,8	91,09	91,46	8,91	8,54	8,73
0,15	No. 100	1943,0	1884,6	94,22	94,77	5,78	5,23	5,51
0,075	No. 200	1990,4	1926,8	96,52	96,89	3,48	3,11	3,30

Berdasarkan tabel 5.4 dapat dijelaskan untuk hasil analisa saringan agregat medium dengan saringan dengan ukuran no.3/4 lolos 100%, saringan no.1/2 lolos 99,67 %, saringan dengan ukuran no.3/8 lolos 94,04 %, saringan ukuran no.4 lolos 37,75%, saringan dengan ukuran no.8 persentase lolos 18,09 % dan saringan no.200 persentase lolos 3,30 %. Dari tabel 5.4 dapat dituangkan kedalam grafik dan dapat dilihat pada gambar 5.3



Gambar 5.3 Grafik Hasil Analisa Saringan Agregat Medium

Dari hasil analisa saringan diatas kemudian dapat dihitung untuk penentuan berat jenis pada agregat medium. Hasil pengujian berat jenis agregat medium dapat dilihat pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Uji Agregat Medium

Pemeriksaan	Rumus	Sampel I	Sampel II	Rata-rata	Spek
Berat Jenis Bulk	BK-(BJ-BA)	2,590	2,592	2,591	Min 2,1
Berat Jenis Permukaan Jenuh (SSD)	BJ/(BJ-BA)	2,607	2,609	2,608	
Berat Jenis Semu (Apparent)	BK/(BK-BA)	2,634	2,636	2,635	
Penyerapan	(BJ-BK)/BKx100	0,646	0,655	0,650	Maks. 2,5

Dari tabel 5.5 didapat hasil pemeriksaan bahwa untuk berat jenis *bulk* 2,591 sementara berat jenis permukaan (SSD) 2,608 berat jenis semu (*Apparent*) 2,635 dan penyerapan 0,650. Sifat fisik pada agregat medium ini memenuhi syarat dan spesifikasi yang ditentukan dalam Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3), sehingga material pada agregat kasar tersebut dapat digunakan dalam penelitian pencampuran aspal pen 60/70.

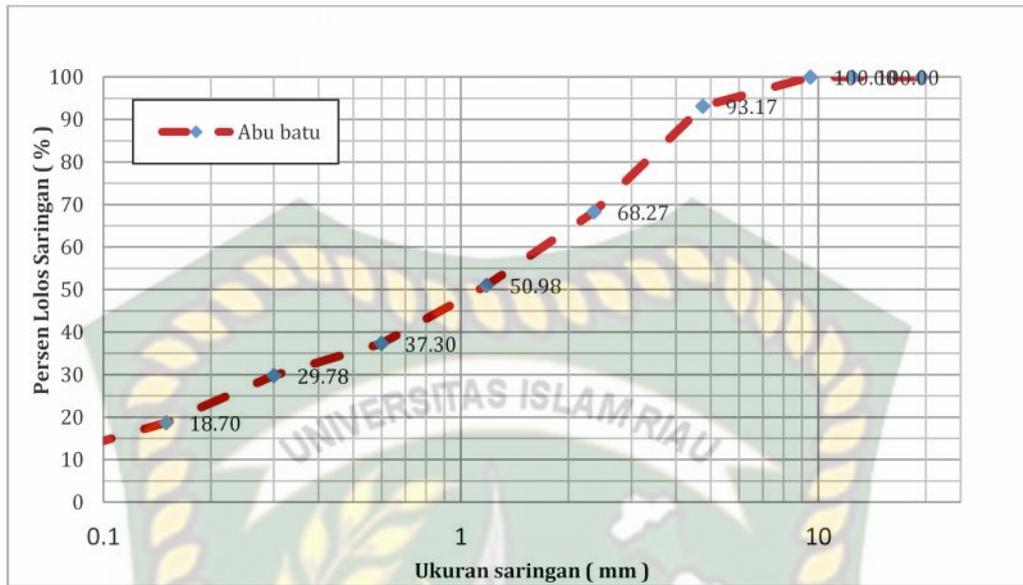
5.2.4. Hasil Uji Agregat Halus Atau Abu Batu

Abu batu memiliki peranan yang sangat penting dalam proses pembuatan ACWC, abu batu yang digunakan harus sesuai aturan dan memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan. Adapun hasil uji analisa saringan untuk abu batu dapat dilihat pada tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil Analisa saringan Abu Batu

Nomor Saringan		Berat Tertahan		Persen Tertahan		Persen Lolos		Rata2
mm	inch	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	
19,5	3/4"	0,0	0,0	0,00	0,00	100,00	100,0	100,00
12,5	1/2"	0,0	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
9,5	3/8"	0,0	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
4,75	No. 4	101,7	77,6	7,43	6,23	92,57	93,77	93,17
2,36	No. 8	443,6	386,8	32,40	31,07	67,6	68,93	68,27
1,18	No. 16	727,7	558,8	53,15	44,89	46,85	55,11	50,98
0,6	No. 30	865,7	774,0	63,23	62,18	36,77	37,82	37,30
0,3	No. 50	966,2	869,9	70,57	69,88	29,43	30,12	29,78
0,15	No. 100	1120,8	1005,2	81,86	80,75	18,14	19,25	18,70
0,075	No. 200	1212,6	1105,1	88,56	88,78	11,44	11,22	11,33

Berdasarkan tabel 5.6 dapat dijelaskan untuk hasil analisa saringan agregat halus atau abu batu dengan saringan dengan ukuran no.3/4 lolos 100%, saringan no.1/2 lolos 100 %, saringan dengan ukuran no.3/8 lolos 100 %, saringan ukuran no.4 lolos 93,17 %, saringan dengan ukuran no.8 persentase lolos 68,27 % dan saringan no.200 persentase lolos 11,33 %. Dari tabel 5.6 dapat dituangkan kedalam grafik dan dapat dilihat pada gambar 5.4



Gambar 5.4 Grafik Hasil Analisa Saringan Abu batu

Dari hasil analisa saringan diatas kemudian dapat dihitung untuk penentuan berat jenis pada agregat halus atau abu batu. Hasil pengujian berat jenis agregat halus dapat dilihat pada tabel 5.5.

Tabel 5.7 Hasil Uji Abu Batu

Pemeriksaan	Rumus	Sampel I	Sampel II	Rata-rata	Spek
Berat Jenis Bulk	$A/(B+500-C)$	2,593	2,597	2,595	Min 2,1
Berat Jenis Permukaan Jenuh (SSD)	$500/(B+500-C)$	2,616	2,618	2,617	
Berat Jenis Semu (Apparent)	$A/(B+A-C)$	2,655	2,652	2,653	
Penyerapan	$(BJ-BK)/BK \times 100$	0,888	0,786	0,837	Maks. 3

Dari tabel 5.7 didapat hasil pemeriksaan bahwa untuk berat jenis *bulk* 2,595 sementara berat jenis permukaan (SSD) 2,617 berat jenis semu (*Apparent*) 2,653 dan penyerapan 0,837. Sifat fisik pada agregat abu batu ini memenuhi syarat dan spesifikasi yang ditentukan dalam Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3), sehingga material pada agregat abu batu tersebut dapat digunakan dalam penelitian pencampuran aspal per 60/70.

5.2.5. Hasil Gradasi Gabungan

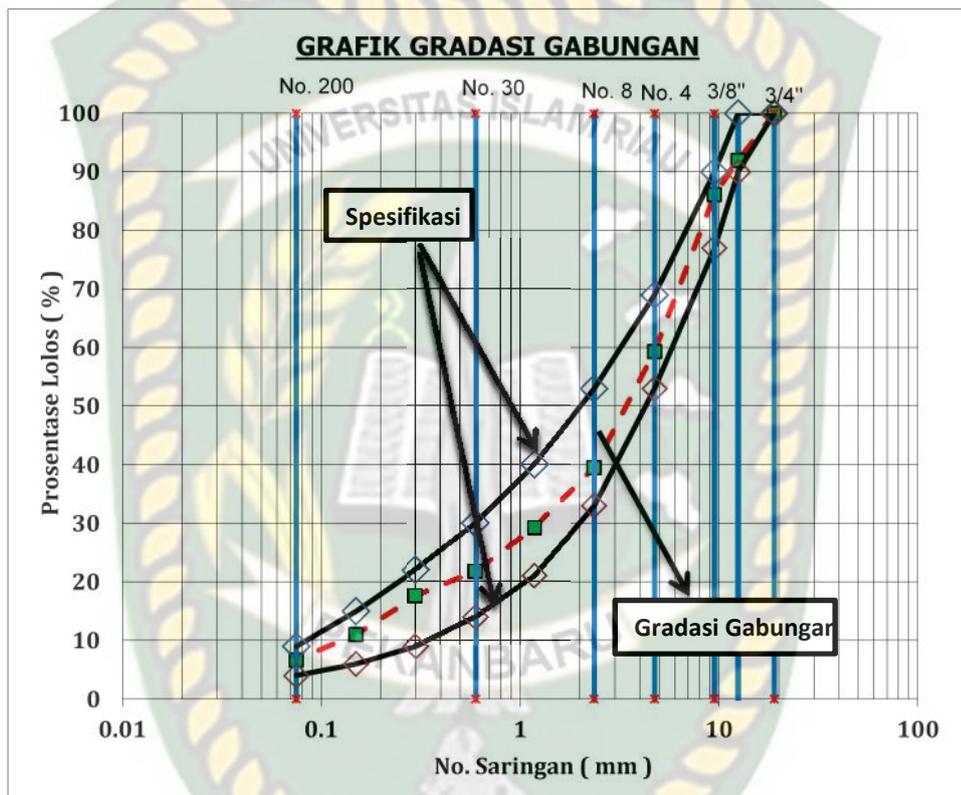
Pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3) Gradasi yang dipakai dalam penelitian ini berdasarkan kurva ideal batas atas dan batas bawah yang masih masuk ke dalam spesifikasi untuk pembuatan ACWC. Dalam memperoleh gradasi campuran, maka untuk kombinasi masing masing agregat campuran ditentukan oleh agregat kasar, agregat medium dan filler dengan cara analitis. Hasil perhitungan proporsi agregat campuran pada Laston Lapis Aus (AC-WC) dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Gradasi Gabungan

Uraian	Ukuran Saringan										
	ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
(mm)	19	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075	
Data Material											
Batu Pecah 1 - 2	100,0	34,0	4,7	0,55	0,32	0,20	-	-	-	-	
Medium Agg	100,0	99,7	94,04	37,75	18,09	12,73	10,27	8,73	5,51	3,30	
Abu Batu	100,0	100,0	100,0	93,17	68,27	50,98	37,30	29,78	18,70	11,33	
Pasir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Komp. Camp (%)											
Batu Pecah 1 - 2	12%	12,00	4,08	0,57	0,07	0,04	0,02	-	-	-	
Medium Agg	41%	41,00	40,86	38,55	15,48	7,41	5,22	4,21	3,58	2,26	
Abu Batu	47%	47,00	47,00	47,00	43,79	32,08	23,96	17,53	13,99	8,79	
Pasir		-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total Campuran											
	100	100,0	91,94	86,12	59,33	39,54	29,20	21,74	17,57	11,04	
Spesifikasi Gradasi											
Max	100,0	100,0	90,0	69,0	53,0	40,0	30,0	22,0	15,0	9,0	
Min	100,0	90,0	77,0	53,0	33,0	21,0	14,0	9,0	6,0	4,0	

Spek Ideal	100,0	95,00	83,50	61,00	43,00	30,50	22,00	15,50	10,50	6,50
------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------

Tabel 5.8 menerangkan percobaan komposisi gradasi agregat yang di pakai dalam penelitian ini yaitu komposisi yang masuk dalam rentang spesifikasi yang di syaratkan. Adapun campuran yang digunakan adalah abu batu 47%, medium agregat 41 % dan agregat batu pecah 1-2 12 %. Data dalam proporsi campuran Tabel 5.8 dapat digambarkan dalam bentuk grafik seperti Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Gradasi Gabungan

Gambar 5.5 menerangkan tentang penggambaran kurva gradasi gabungan yang di pakai dalam penelitian ini. Berdasarkan komposisi yang dipakai pada tabel 5.8 kemudian di plotkan ke dalam grafik, sehingga kurva gradasi yang digunakan masih masuk dalam spesifikasi diantara kurva batas atas dan batas bawah. Sehingga campuran gradasi tersebut bisa digunakan untuk membuat campuran AC-WC Pen 60/70.

5.3 Perkiraan Campuran Kadar Aspal Rencana (P_b)

Dari penelitian di laboratorium untuk perkiraan campuran AC-WC pen 60/70 dengan menggunakan material Quarry kampar dapat dicoba dengan proporsi campuran pada tabel 5.9.

Tabel. 5.9 Perkiraan Campuran Kadar Aspal

Perkiraan Kadar Aspal Rencana											
CAF	Agregat Kasar Lolos Saringan No.8				100,0	-	39,54	=	60,46	%	
FAF	Agregat Halus Lolos Saringan No.8 dan Tertahan No.200				39,54	-	6,68	=	32,86	%	
FF	Agregat Halus Lolos Saringan No.200						6,68	=	6,68	%	
Constanta = 0,5 - 1								=	1		
Total									=	100,0	%
$P_b = 0.035 (\% CAF) + 0.045 (\% FAF) + 0.18 (\% FF) + \text{Konstanta}$											

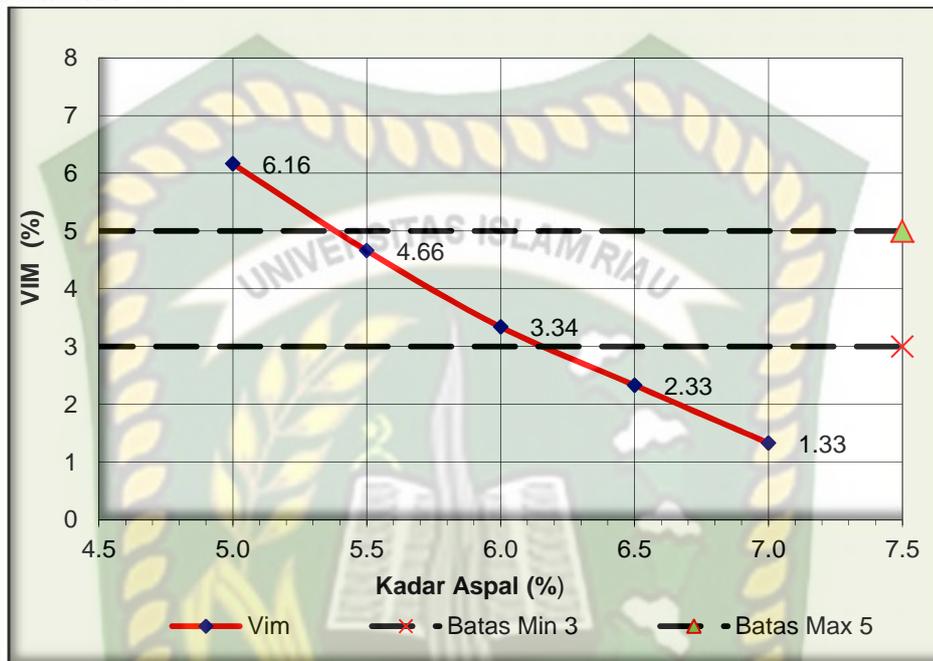
Pada campuran ini peneliti menggunakan parameter P_b untuk menentukan kadar aspal rancangan. $P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% FF) + \text{constant}$ dengan $P_b = 0,035 (100 \times 60,46) + 0,045 (100 \times 32,86) + 0,18 (100 \times 6,68) + 1,00 = 5,8 \%$.

Dari hasil gradasi gabungan yang dilakukan untuk persentase lolos saringan no.8 Agregat Kasar (*Course Agregate*) atau CAF yaitu 60,46 % , untuk agregta halus lolos saringan no.8 dan tertahan saringan no.200 yaitu 32,86 % dan Agregat Halus lolos saringan no.200 sebesar 6,68 %. Setelah mendapatkan rancangan ini maka peneliti mencoba membuat kembali sampel dengan percobaan variasi sampel 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% dilaboratorium untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum berdasarkan pembuatan sampel sebanyak 15 benda uji dengan parameter pengujian *Marshall* meliputi *Density*, *VIM (Void In Mix)*, *VFB (Void Filled Bitumen)*, *VMA (Void Mineral Aggregate)*, *Stabilitas*, *Flow*, *Marshall Quotient*.

5.3.1 Hubungan Antara Rencana Kadar Aspal dengan *Voids In Mix (VIM)*

Void In Mix (VIM) VIM merupakan presentase rongga dalam campuran. Semakin tinggi nilai VIM berarti menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porus.

Hubungan antara kadar aspal dengan *Void In Mix* (VIM) diambil dengan 3 (tiga) sampel percobaan kadar aspal sebesar 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%. Setelah di formulasikan sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3) maka didapat hasil seperti gambar 5.6.



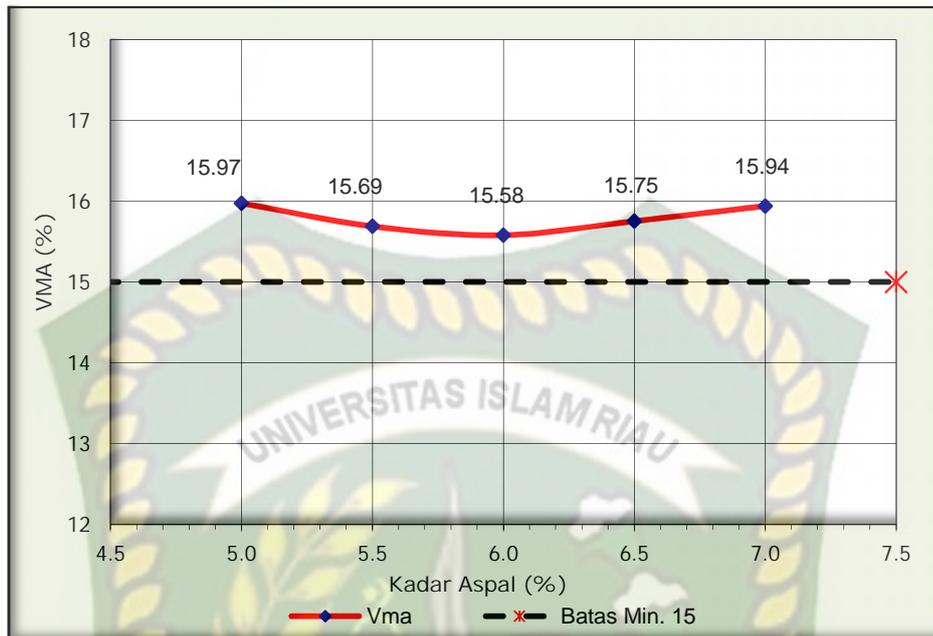
Gambar 5.6 Grafik *Void In mix* (VIM)

Gambar 5.6 menerangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan *Void In Mix* (VIM) pada aspal pen 60/70 dengan bertambahnya kadar aspal maka nilai vim semakin mengecil. Dimana hasil untuk kadar aspal 5 % nilai VIM adalah 6,16 %, untuk kadar aspal 5,5 % mengalami penurunan dengan nilai VIM adalah 4,66 %, untuk kadar aspal 6 % didapat nilai VIM sebesar 3,34 %, kadar aspal 6,5 % didapat nilai VIM sebesar 2,33 % dan kadar aspal 7 % didapat nilai VIM sebesar 1,33 %. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa kadar aspal 5 % memiliki nilai VIM tertinggi, sementara kadar aspal 5,5 % sampai 6% memiliki nilai VIM yang disyaratkan yaitu berada diantara batas maksimum dan batas minimum, sedangkan kadar aspal 6,5% dan 7% memiliki nilai VIM dibawah dari batas minimum.

5.3.2 Hubungan Antara Rencana Kadar Aspal dengan *Void Mineral Agregate* (VMA)

Void Mineral Agregat (VMA) adalah rongga diantara butir – butir agregat. Nilai VMA yang terlalu tinggi dapat menyebabkan naiknya aspal kepermukaan saat suhu perkerasan tinggi. Sedangkan VMA terlalu rendah berarti campuran bersifat porous dan mudah teroksidasi.

Hubungan antara kadar aspal dengan rongga dalam agregat (VMA) menggunakan kadar aspal sebesar 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% dapat dilihat pada gambar 5.7.

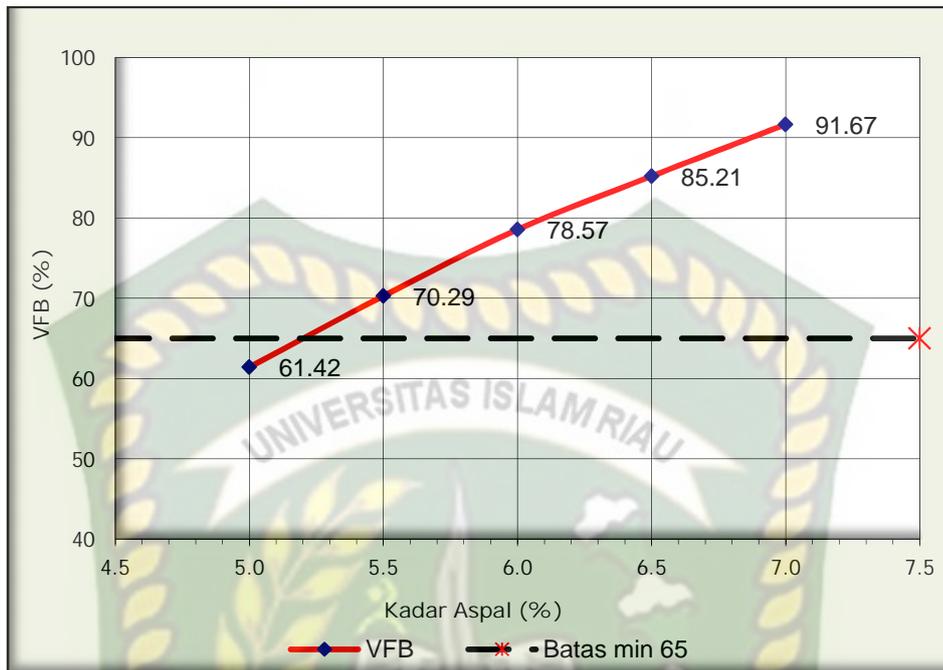


Gambar 5.7 Grafik *Voids Mineral Aggregate* (VMA)

Gambar 5.7 menerangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan *Voids Mineral Agregat* (VMA) pada aspal pen 60/70 dimana setiap kadar aspal memiliki nilai yang berbeda dan berada diatas batas minimum 15%. Dimana hasil untuk kadar aspal 5 % nilai VMA adalah 15,97 %, kadar aspal 5,5 % didapat nilai VMA adalah 15,69 %, kadar aspal 6 % didapat nilai VMA sebesar 15,58 %, kadar aspal 6,5 % didapat nilai VMA sebesar 15,75 % dan kadar aspal 7 % didapat nilai VMA sebesar 15,94 %. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa kadar aspal 7 % memiliki nilai VMA tertinggi, sementara kadar aspal 6 % memiliki nilai terendah, berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3).

5.3.3 Hubungan Antar Kadar Aspal dengan *Void Filled Bitumen* (VFB)

Hubungan Antar Kadar Aspal dengan *Void Filled Bitumen* (VFB) atau rongga terisi aspal pada penelitian ini sesuai dengan ketentuan spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3) dapat dilihat pada gambar 5.8



Gambar 5.8 Grafik *Void Filled Bitumen* (VFB)

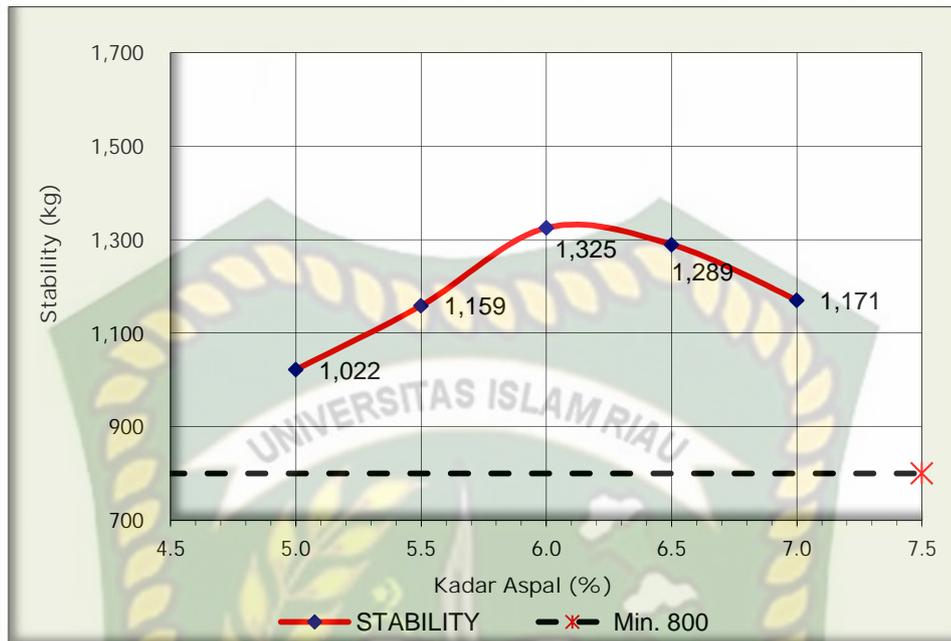
Gambar 5.8 menerangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan *Void Filled Bitumen* (VFB) pada aspal minyak pen 60/70 dimana terjadi perbedaan hasil yang dimiliki setiap kadar aspal rencana. Dimana hasil untuk kadar aspal 5 % nilai VFB adalah 61,42 %, kadar aspal 5,5 % didapat nilai VFB adalah 70,29 %, kadar aspal 6 % didapat nilai VFB sebesar 78,57 %, kadar aspal 6,5 % didapat nilai VFB sebesar 85,21 % dan kadar aspal 7 % didapat nilai VFB sebesar 91,67 %. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa kadar aspal 5 % berada dibawah dari batas minimum yang telah ditetapkan yaitu 65 %, sementara kadar aspal 7% memiliki nilai tertinggi yaitu 91,67 % dan memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3)..

5.3.4 Hubungan Antara Rencana Kadar Aspal dengan *Stabilitas Marshall*

Stabilitas Marshall merupakan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu-lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) seperti gelombang, alur (rutting), maupun mengalami *bleeding*.

Nilai *stabilitas Marshall* dapat dipengaruhi oleh kohesi atau penetrasi aspal, kadar aspal, gesekan (*internal friction*), sifat saling mengunci (*interlocking*) dari partikel-partikel agregat, bentuk dan tekstur permukaan, serta gradasi agregat.

Grafik hubungan antar kadar aspal dengan *stabilitas Marshall* dibuat sesuai dengan standar baku spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3) dapat dilihat pada gambar 5.9 berikut

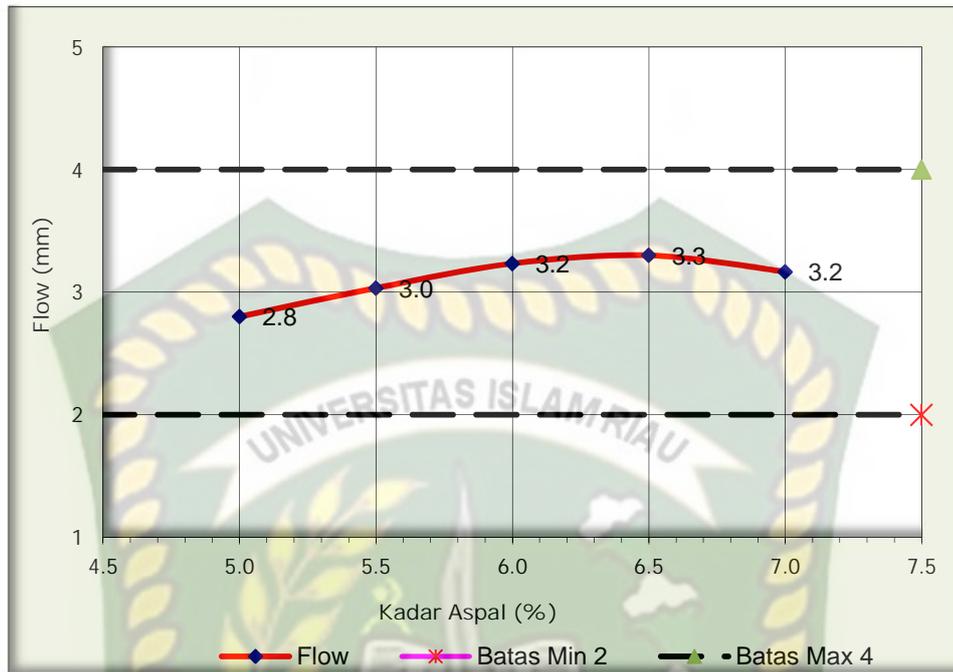


Gambar 5.9 Grafik *Stabilitas Marshall*

Gambar 5.9 menerangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas *Marshall* pada aspal minyak pen 60/70 mengalami peningkatan kekuatan pada kadar aspal 6% dan mengalami penurunan pada kadar aspal 7%. Dimana hasil untuk kadar aspal 5 % memiliki nilai 1.022 Kg, kadar aspal 5,5 % memiliki nilai 1.159 Kg, kadar aspal 6 % memiliki nilai 1.325 Kg, kadar aspal 6,5 % memiliki nilai 1.289 Kg, dan kadar aspal 7 % memiliki nilai 1.171 Kg. Dari data ini dapat dijelaskan bahwa nilai stabilitas *Marshall* masih berada diatas batas minimum 800 kg yang telah ditetapkan berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3).

5.3.5 Hubungan Antar Kadar Aspal dengan *Marshall Flow (MF)*

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. Hubungan antara kadar aspal dengan *Marshall Flow (MF)* dapat dilihat pada gambar 5.10 berikut

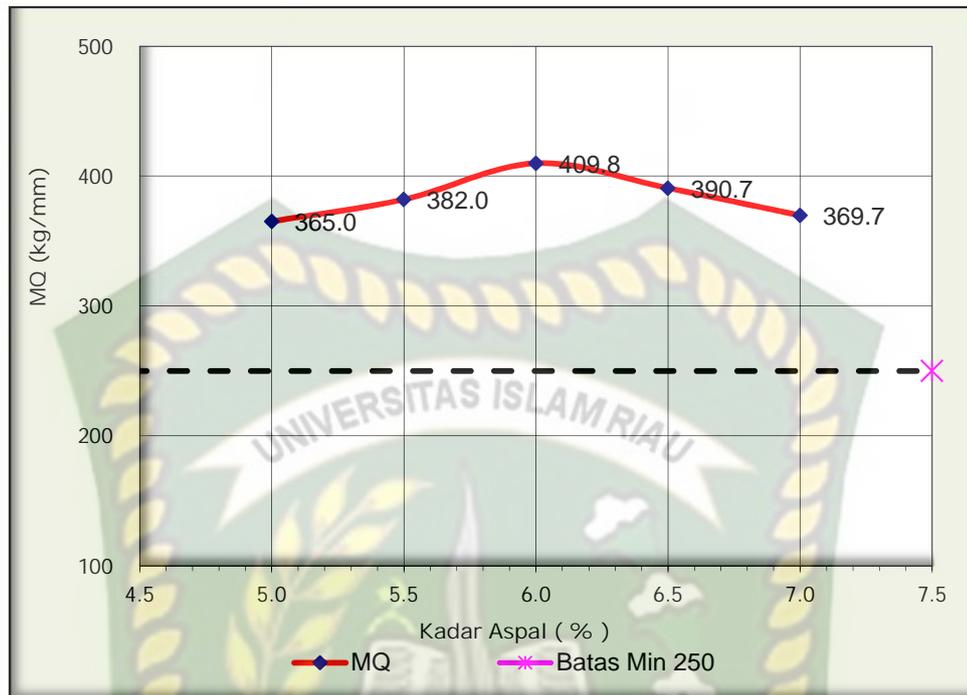


Gambar 5.10 Grafik *Marshall Flow*

Gambar 5.10 menerangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan *Marshall Flow* pada aspal minyak pen 60/70. Dimana hasil untuk kadar aspal 5 % memiliki nilai 2,8 mm, kadar aspal 5,5 % memiliki nilai 3,0 mm, kadar aspal 6 % memiliki nilai 3,2 mm, kadar aspal 6,5 % memiliki nilai 3,3 mm, dan kadar aspal 7 % memiliki nilai 3,2 mm. Dari data ini dapat dijelaskan bahwa nilai *Marshall Flow* atau kelelehan masih berada diantara batas maksimum 4 mm dan batas minimum 2 mm, artinya nilai kelelehan tersebut memuhi spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3).

5.3.6 Hubungan Antara Rencana Kadar Aspal dengan *Marshall Quotient (MQ)*

MQ atau *Marshall Quotient* merupakan sifat kekakuan suatu campuran. Bila nilai MQ terlalu tinggi, maka campuran akan cenderung terlalu kaku dan mudah terjadi keretakan. Sedangkan nilai MQ terlalu rendah, maka perkerasan menjadi terlalu lentur dan cenderung kurang stabil. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan *Marshall Quotient (MQ)* yang telah diperoleh dapat dilihat pada gambar 5.11 berikut.

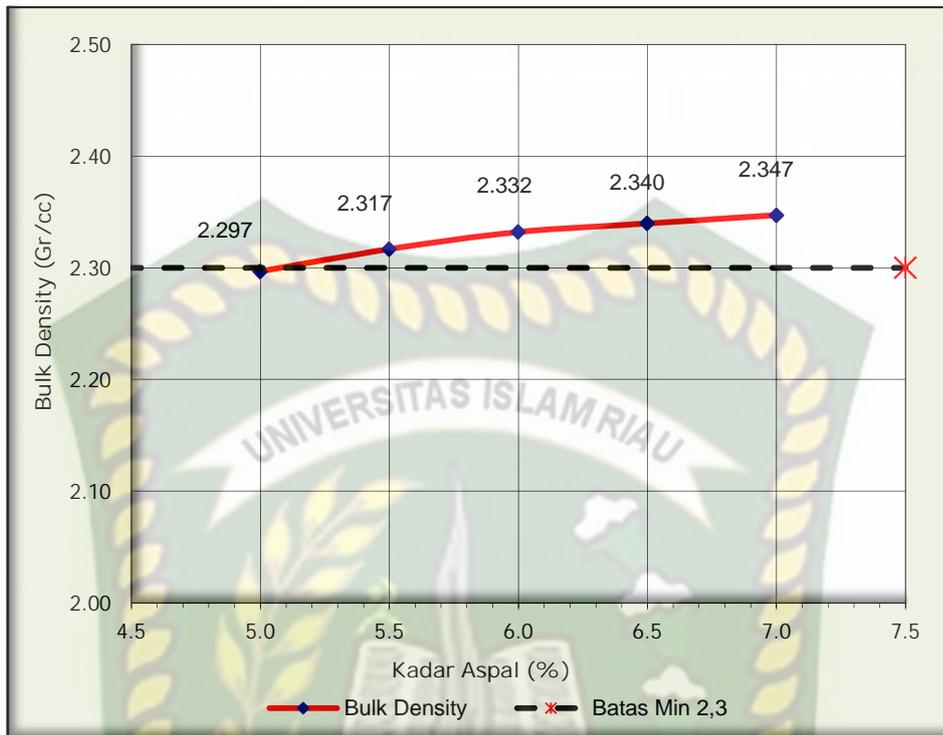


Gambar 5.11 Grafik Marshall Quotient

Gambar 5.11 menerangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan *Marshall Quotient* pada aspal minyak pen 60/70 dimana pada kadar aspal 6% memiliki nilai tertinggi 409,8 kg/mm dibandingkan kadar aspal yang lainnya. Hasil untuk kadar aspal 5 % memiliki nilai 365,0 Kg/mm, kadar aspal 5,5 % memiliki nilai 382,0 Kg/mm, kadar aspal 6 % memiliki nilai 409,8 Kg/mm, kadar aspal 6,5 % memiliki nilai 390,7 Kg/mm, dan kadar aspal 7 % memiliki nilai 369,7 Kg/mm. Dari data ini dapat dijelaskan bahwa nilai *Marshall Quotient* masih berada diantara batas minimum 250 Kg/mm, artinya nilai *Marshall quotient* tersebut memuhi spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3).

5.3.7 Hubungan Antara Rencana Kadar Aspal dengan *Bulk Density* / BD

Nilai BD atau *Bulk Density* adalah nilai berat campuran per satuan volume setelah di padatkan. Nilai BD dapat dilihat pada gambar 5.12 berikut



Gambar 5.12 Grafik Bulk Density

Gambar 5.12 menerangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan *Bulk Density* pada aspal minyak pen 60/70 dengan batas minimum 2,3 Gr/cc. Dimana hasil untuk kadar aspal 5 % memiliki nilai 2,297 Gr/cc, kadar aspal 5,5 % memiliki nilai 2,317 Gr/cc, kadar aspal 6 % memiliki nilai 2,332 Gr/cc, kadar aspal 6,5 % memiliki nilai 2,340 Gr/cc, dan kadar aspal 7 % memiliki nilai 2,347 Gr/cc. Dari data ini dapat dijelaskan bahwa nilai *Bulk Density* pada kadar aspal 5% berada dibawah batas minimum 2,30 Gr/cc, artinya kadar aspal 5% tersebut tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3).

5.4. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Pen 60/70

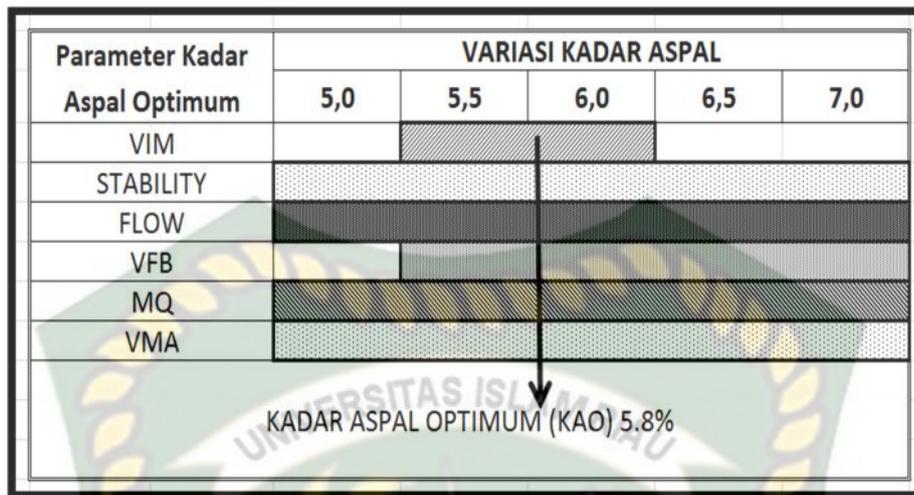
Dari hasil pengujian *Density*, *VMA*, *VIM*, *VFB*, *Stabilitas*, *Flow* dan *Marshall Quotinet* dengan variasi kadar aspal yang digunakan 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, dimana nilai – nilai tersebut dapat menentukan kadar aspal optimum pada aspal minyak pen 60/70. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 5.10 berikut.

Tabel. 5.10 Hasil Uji *Marshall* Penentuan kadar Aspal Optimum (KAO)

PARAMETER MARSHALL	KADAR ASPAL %					SYARAT SPESIFIKASI
	5	5,5	6	6,5	7	

STABILITAS MARSHALL (KG)	1022	1159	1325	1289	1171	MIN 800
VIM (%)	6,16	4,66	3,34	2,33	1,33	MIN 3 - MAKS 5
VMA (%)	15,97	15,69	15,58	15,75	15,94	MIN 15
FLOW (%)	2,8	3,0	3,2	3,3	3,2	MIN 2 - MAKS 4
VFB (%)	61,42	70,29	78,57	85,21	91,67	MIN 65
MQ (Kg/mm)	365	382	409,8	390,7	369,7	MIN 300
BULK DENSITY (Gr/cc)	2,297	2,317	2,332	2,34	2,347	MIN 2,30

Dari pembacaan data pada tabel 5.10 untuk Aspal Minyak Pen 60/70 dengan menggunakan material dari Kampar, untuk nilai stabilitas Marshall dengan syarat spesifikasi 800kg, kadar aspal yang memenuhi yaitu 5% = 1022 kg, 5,5% = 1159 Kg, 6% = 1325 Kg, 6,5% = 1289 kg, dan 7% = 1171 Kg. Sedangkan untuk nilai VIM dengan syarat spesifikasi batas minimum 3% dan Maksimum 5% yang memenuhi yaitu kadar aspal 5% = 6,16%, kadar aspal 5,5% = 4,66%, dan kadar aspal 6% = 3,34%. Untuk nilai VMA dengan syarat spesifikasi minimum 15% yang memenuhi yaitu kadar aspal 5% = 15,97%, 5,5% = 15,69%, 6% = 15,58%, 6,5% = 15,75%, 7% = 15,94%. Untuk nilai Flow dengan syarat spesifikasi minimum 2% dan maksimum 4% yang memenuhi yaitu kadar aspal 5% = 2,8 %, 5,5% = 3,0%, 6% = 3,2%, 6,5% = 3,3%, 7% = 3,2%. Untuk nilai VFB dengan syarat spesifikasi minimum 65% yang memenuhi yaitu kadar aspal 5,5% = 70,29%, 6% = 78,57%, 6,5% = 85,21%, 7% = 91,67%. Untuk nilai MQ dengan syarat spesifikasi minimum 300 Kg/mm yang memenuhi yaitu kadar aspal 5% = 365 Kg/mm 5,5% = 382 Kg/mm, 6% = 409,8 Kg/mm, 6,5% = 390,7 Kg/mm, 7% = 369,7 Kg/mm. Untuk nilai BD dengan syarat spesifikasi minimum 2,30 Gr/cc yang memenuhi yaitu kadar aspal 5,5% = 2,317 Gr/cc, 6% = 2,332 Gr/cc, 6,5% = 2,34 Gr/cc, 7% = 2,347 Gr/cc. Dari data tersebut kemudian dapat dituangkan kedalam bentuk kurva, untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 5.13.



Gambar 5.13 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Dari pembacaan data sekunder pada tabel 5.10 Aspal Minyak Pen 60/70 dengan menggunakan material dari Kampar, didapat kadar aspal optimum jenis aspal minyak pen 60/70 adalah 5,8 %. Nilai tersebut diambil dari parameter yang seimbang antara nilai parameter kiri dan kanan sesuai persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3).

Setelah didapat kadar aspal optimum kemudian dilanjutkan dengan pembuatan sampel berdasarkan kadar aspal optimum 5,8% sebanyak 6 (enam) benda uji, dimana 3 benda uji dilakukan perendaman dengan menggunakan air laut dan 3 benda uji menggunakan air tawar.

5.5. Hasil Perendaman Air Tawar dan Air Laut dengan KAO 5,8 %

Setelah kadar aspal optimum diperoleh maka benda uji dibuat kembali berdasarkan kadar aspal 5,8%, kemudian benda uji direndam selama 24 jam menggunakan air tawar dan air laut untuk mendapatkan nilai *VIM*, *VMA*, *VFB*, *MQ*, dan *BULK DENSITY*. Sementara untuk mendapatkan nilai *STABILITAS MARSHALL* dan *FLOW* benda uji direndam menggunakan alat *waterbath* selama 30 – 40 menit dengan suhu 60°C. untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 5.11 berikut.

Tabel. 5.11 Hasil Uji Rendaman Air Tawar dan Air Laut Sesuai Kadar Aspal Optimum (KAO) 5,8%

PARAMETER MARSHALL	RENDAMAN AIR TAWAR	RENDAMAN AIR LAUT	SYARAT SPESIFIKASI
	KAO 5,8 (%)	KAO 5,8 (%)	

STABILITAS MARSHALL (KG)	1272	1087	MIN 800
VIM (%)	4,00	3,59	MIN 3 - MAKS 5
VMA (%)	15,74	15,38	MIN 15
FLOW (%)	3,13	2,73	MIN 2 - MAKS 4
VFB (%)	74,58	76,67	MIN 65
MQ (Kg/mm)	405,84	397,83	MIN 300
BULK DENSITY (Gr/cc)	2,32	2,33	MIN 2,30

Dari tabel 5.11 dapat dijelaskan bahwa lapisan AC-WC pen 60/70 dengan kadar aspal optimum (KAO) 5,8 % yang melakukan rendaman pada air laut dapat menurunkan nilai *Stabilitas Marshall*, *Vim*, *Vma*, *Flow*, *Mq*, sedangkan untuk *Vfb* dan *Bulk Density* untuk perendaman air laut lebih tinggi dibandingkan air tawar, disini dapat dilihat bahwa air laut dapat mengisi rongga hingga berat jenis pada benda uji menjadi lebih tinggi dibandingkan menggunakan air tawar. Untuk lebih jelas hasil perbandingannya sebagai berikut :

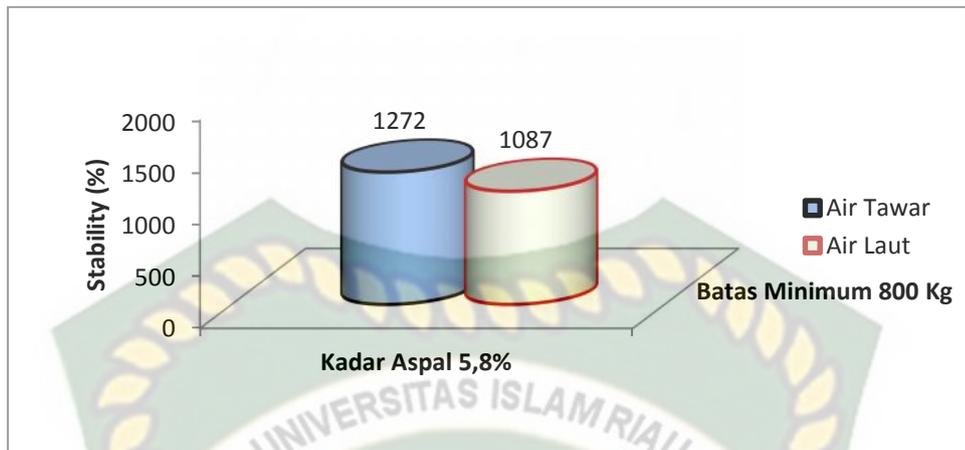
1. Perbandingan *Stability Marshall* Perendaman Air Tawar dan Air Laut dengan KAO 5,8 %

Dari analisa dan pembahasan pada tabel 5.11 terdapat perbedaan antara nilai *stability Marshall* rendaman air tawar dengan nilai rendaman air laut. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 5.12

Tabel. 5.12 Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut (*Stabilitas Marshall*)

PARAMETER MARSHALL	SYARAT SPESIFIKASI BINA MARGA	RENDAMAN AIR TAWAR	RENDAMAN AIR LAUT	DEVIASI (%)
		KAO 5,8%	KAO 5,8%	
STABILITAS MARSHALL(Kg)	Min 800	1272	1087	14,5 %

Berdasarkan Tabel 5.12 nilai *stabilitas Marshall* rendaman air tawar dan rendaman air laut terdapat perbedaan sebesar 185 Kg. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 5.14 berikut.



Gambar 5.14 Grafik *Stability Marshall* Perbandingan Antara Rendaman Air Tawar dan Air Laut

Gambar 5.14 adalah perbandingan nilai stabilitas *Marshall* anantara rendaman air tawar dan air laut yang menunjukkan bahwa rendaman air tawar memiliki nilai 1.272 Kg lebih tinggi dibandingkan sampel aspal yang direndam menggunakan air laut yaitu 1.087 Kg, artinya stabilitas antara kedua sampel tersebut memiliki penurunan sebesar 14,5 %. Berdasarkan grafik diatas nilai stabilitas dengan kadar aspal 5,8% sama – sama masih memenuhi spesifikasi Bina Marga Revisi 3 (2010).

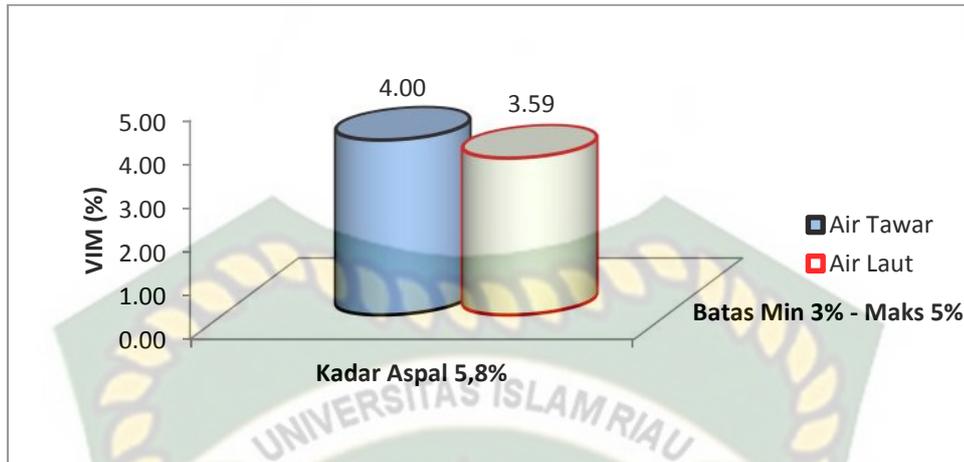
2. Perbandingan *Voids In Mix (VIM)* Perendaman Air Tawar dan Air Laut dengan KAO 5,8 %

Dari analisa dan pembahasan pada tabel 5.11 terdapat perbedaan antara nilai *Voids In Mix (VIM)* rendaman air tawar dengan nilai rendaman air laut. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 5.13

Tabel. 5.13 Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut (*VIM*)

PARAMETER MARSHALL	SYARAT SPESIFIKASI BINA MARGA	RENDAMAN AIR TAWAR	RENDAMAN AIR LAUT	DEVIASI (%)
		KAO 5,8%	KAO 5,8%	
VIM (%)	Min 3 – Maks 5	4,00	3,59	10,25%

Berdasarkan tabel 5.13 nilai *Voids In Mix (VIM)* rendaman air tawar dan rendaman air laut terdapat perbedaan sebesar 10,25 %. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 5.15.



Gambar 5.15 Grafik *Voids In Mix (VIM)* Perbandingan Antara Rendaman Air Tawar dan Air Laut

Gambar 5.15 diatas adalah grafik perbandingan nilai *VIM* anantara rendaman air tawar dan air laut dimana air tawar memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan air laut. Dari kurva diatas untuk nilai air tawar 4,00 %, nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan sampel aspal yang direndam menggunakan air laut yaitu 3,59 %, artinya nilai *Voids In Mix (VIM)* antara kedua benda uji tersebut memiliki penurunan sebesar 10,25 %.

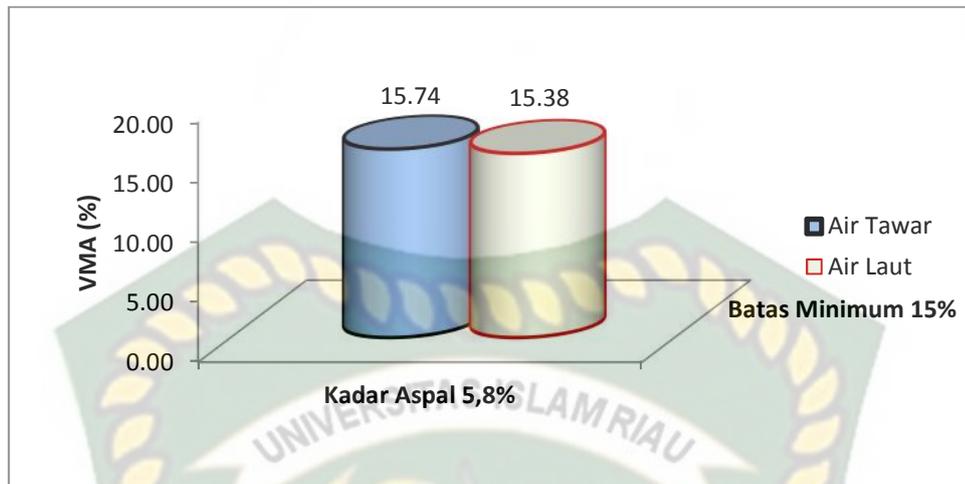
3. Perbandingan *Voids Mineral Aggregate (VMA)* Perendaman Air Tawar dan Air Laut dengan KAO 5,8 %

Dari analisa dan pembahasan pada tabel 5.11 terdapat perbedaan antara nilai *Voids Mineral Agregat (VMA)* rendaman air tawar dengan nilai rendaman air laut. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 5.14

Tabel. 5.14 Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut (*VMA*)

PARAMETER MARSHALL	SYARAT SPESIFIKASI BINA MARGA	RENDAMAN AIR TAWAR	RENDAMAN AIR LAUT	DEVIASI (%)
		KAO 5,8%	KAO 5,8%	
VMA (%)	Minimum 15	15,74	15,38	2,28 %

Berdasarkan tabel 5.14 nilai *Voids Mineral Agregat (VMA)* rendaman air tawar dan rendaman air laut terdapat perbedaan sebesar 2,28 %. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 5.16.



Gambar 5.16 Grafik *Voids Mineral Aggregate (VMA)* Perbandingan Antara Rendaman Air Tawar dan Air Laut

Gambar 5.16 adalah grafik perbandingan nilai *Voids Mineral Aggregate (VMA)* anantara rendaman air tawar dan air laut, dengan nilai air tawar 15,74 % lebih tinggi dibandingkan sampel aspal yang direndam menggunakan air laut yaitu 15,38 %, artinya nilai *Voids In Mix (VIM)* antara kedua sampel tersebut memiliki penurunan sebesar 2,28 %.

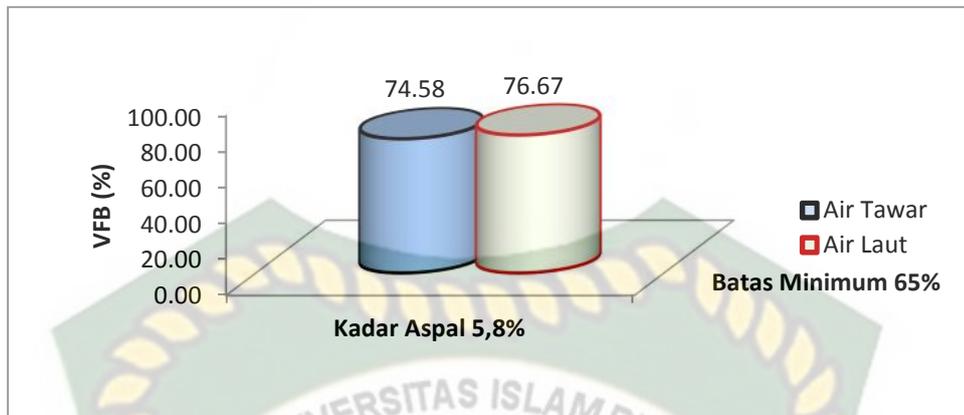
4. Perbandingan *Void Filled Bitumen (VFB)* Perendaman Air Tawar dan Air Laut dengan KAO 5,8 %

Dari analisa dan pembahasan pada tabel 5.11 terdapat perbedaan antara nilai *Voids Filled Bitumen (VFB)* rendaman air tawar dengan nilai rendaman air laut. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 5.15

Tabel. 5.15 Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut (VFB)

PARAMETER MARSHALL	SYARAT SPESIFIKASI BINA MARGA	RENDAMAN AIR TAWAR	RENDAMAN AIR LAUT	DEVIASI (%)
		KAO 5,8%	KAO 5,8%	
VFB (%)	Minimum 65	74,58	76,67	2,80 %

Berdasarkan tabel 5.15 nilai *Voids Filled Bitumen (VFB)* rendaman air tawar dan rendaman air laut terdapat perbedaan sebesar 2,80 %. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 5.17.



Gambar 5.17 Grafik *Void Filled Bitumen* Perbandingan Air Tawar dan Air Laut

Gambar 5.17 adalah grafik perbandingan nilai *Void Filled Bitumen (VFB)* antara rendaman air tawar dan air laut, untuk aspal pen 60/70 dengan kadar aspal 5,8% memiliki nilai air tawar 74,58 %, nilai ini lebih rendah dibandingkan sampel aspal yang direndam menggunakan air laut yaitu 76,67 %, artinya air laut dapat memengaruhi nilai *Void Filled Bitumen (VFB)*. Dari kedua sampel tersebut antara rendaman air tawar dan rendaman air laut memiliki deviasi sebesar 2,80 %, dan terlihat jelas bahwa rongga yang terisi aspal terpengaruh akibat adanya rendaman pada air laut.

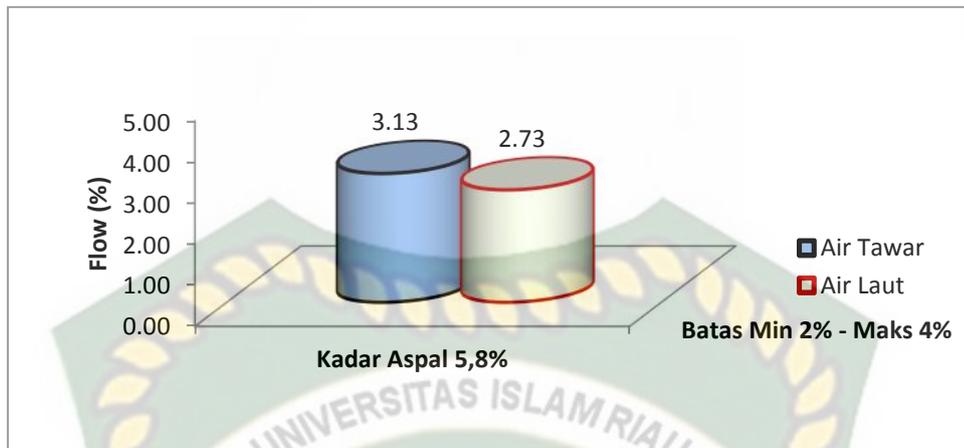
5. Perbandingan *Marshall Flow* Rendaman Air Tawar dan Air Laut dengan KAO 5,8 %

Dari analisa dan pembahasan pada tabel 5.11 terdapat perbedaan antara nilai *Marshall Flow* rendaman air tawar dengan nilai rendaman air laut. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 5.16

Tabel. 5.16 Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut (FLOW)

PARAMETER MARSHALL	SYARAT SPESIFIKASI BINA MARGA	RENDAMAN AIR TAWAR	RENDAMAN AIR LAUT	DEVIASI (%)
		KAO 5,8%	KAO 5,8%	
Flow (%)	Min 2 – Maks 4	3,13	2,73	12,78 %

Berdasarkan tabel 5.16 nilai *Flow* rendaman air tawar dan rendaman air laut terdapat perbedaan sebesar 12,78 %. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 5.18.



Gambar 5.18 Garafik *Marshall Flow (MF)* Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut

Gambar 5.18 adalah grafik perbandingan nilai *Marshall Flow* atau nilai kelelahan antara sampel rendaman air tawar dan sampel rendaman air laut, adapun nilai pada rendaman air tawar 3,13 % lebih tinggi dibandingkan sampel aspal yang direndam menggunakan air laut yaitu 2,73 %, artinya tingkat kelelahan pada penelitian ini terjadi penurunan akibat direndam menggunakan air laut sebesar 12,78 %.

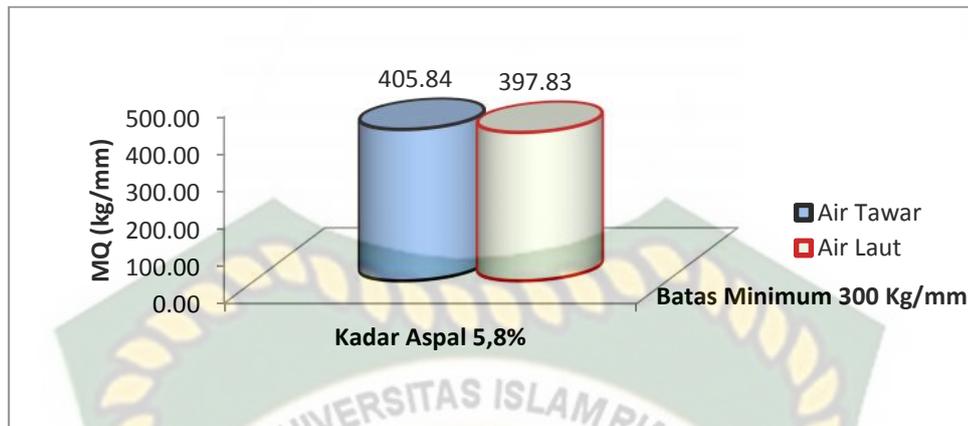
6. Perbandingan *Marshall Quotient (MQ)* Perendaman Air Tawar dan Air Laut dengan KAO 5,8 %

Dari analisa dan pembahasan pada tabel 5.11 terdapat perbedaan antara nilai *Marshall Quotient (MQ)* rendaman air tawar dengan nilai rendaman air laut. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 5.17

Tabel. 5.17 Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut (MQ)

PARAMETER MARSHALL	SYARAT SPESIFIKASI BINA MARGA	RENDAMAN AIR TAWAR	RENDAMAN AIR LAUT	DEVIASI (%)
		KAO 5,8%	KAO 5,8%	
MQ (Kg/mm)	Min 300	405,84	397,83	1,98 %

Berdasarkan tabel 5.17 nilai *Marshall Quotient (MQ)* rendaman air tawar dan rendaman air laut terdapat perbedaan sebesar 1,98 %. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 5.19.



Gambar 5.19 Grafik *Marshall Quotient* Perbandingan Antara Rendaman Air Tawar dan Air Laut

Gambar 5.19 diatas adalah grafik perbandingan nilai *Marshall Quotient (MQ)* atau nilai hasil bagi *Marshall* antara sampel rendaman air tawar yaitu 405,84 Kg/mm, nilai ini lebih tinggi dibandingkan sampel aspal yang direndam menggunakan air laut yaitu 397,83Kg/mm, artinya nilai *Marshall quotient (MQ)* antara kedua sampel tersebut memiliki penurunan sebesar 1,98 %.

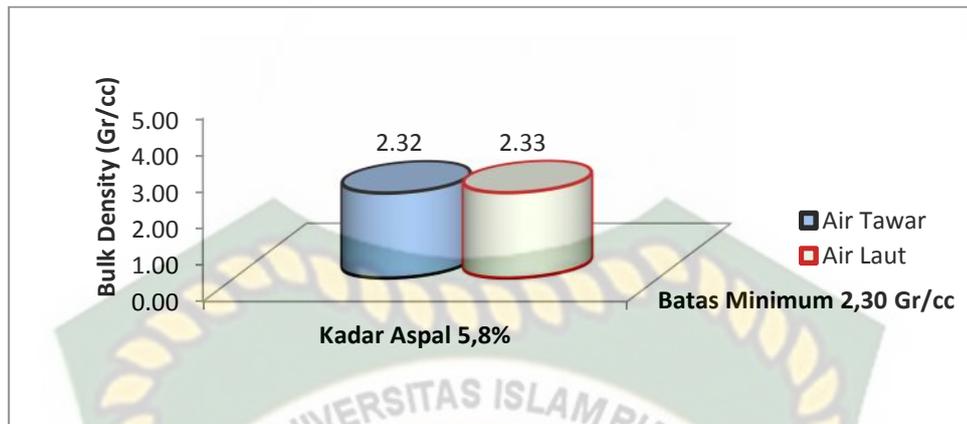
7. Perbandingan *Bulk Density (BD)* Perendaman Air Tawar dan Air Laut dengan KAO 5,8 %

Dari analisa dan pembahasan pada tabel 5.11 terdapat perbedaan antara nilai *Bulk Density (BD)* rendaman air tawar dengan nilai rendaman air laut. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 5.18

Tabel. 5.18 Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut (BD)

PARAMETER MARSHALL	SYARAT SPESIFIKASI BINA MARGA	RENDAMAN AIR TAWAR	RENDAMAN AIR LAUT	DEVIASI (%)
		KAO 5,8%	KAO 5,8%	
BD (Gr/cc)	Min 2,30	2,32	2,33	0,43 %

Berdasarkan tabel 5.18 nilai *Bulk Density (BD)* rendaman air tawar dan rendaman air laut terdapat perbedaan sebesar 0,43 %. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 5.20.



Gambar 5.20 Grafik *Bulk Density* (BD) Perbandingan Antara Rendaman Air Tawar dan Air Laut

Gambar 5.20 adalah grafik perbandingan *Bulk Density* antara rendaman air tawar dan air laut, adapun rendaman air tawar memiliki nilai 2,32 Gr/cc, nilai ini lebih rendah dibandingkan sampel aspal yang direndam menggunakan air laut yaitu 2,33 Gr/cc, artinya air laut berpengaruh dalam penambahan nilai berat jenis sehingga antara air tawar dengan air laut memiliki penurunan sebesar 0,43 %.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan terhadap jenis aspal minyak pen 60/70 pada campuran AC-WC dengan melakukan percobaan perendaman menggunakan air tawar dan air laut untuk mengetahui nilai Marshall, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Dari hasil pengujian yang dilakukan dilaboratorim pada campuran aspal minyak pen 60/70 pada lapisan AC-WC bahwa air laut dan air tawar sama sama dapat merusak atau mengurangi keawetan pada lapisan aspal. Berdasarkan dari hasil penelitian ini bahwa rendaman yang menggunakan air laut memiliki pengaruh lebih besar sebagai perusak lapisan aspal dibandingkan dengan rendaman pada air tawar.
2. Dari hasil perbandingan pada pengujian menggunakan alat *marshall test* dilaborarorium untuk campuran aspal minyak pen 60/70, nilai stabilitas Marshall yang dilakukan dengan rendaman menggunakan air tawar yaitu 1.272 Kg dan hasil dari rendaman air laut sebesar 1.087 Kg sehingga nilai tersebut memiliki deviasi sebesar 14,5 %, sedangkan untuk nilai kelelahan (*Flow*) dari rendaman air tawar dan rendaman air laut memiliki deviasi sebesar 12,78 %. Berdasarkan hasil data tersebut bahwa pengaruh atau akibat dari rendaman air laut memiliki dampak negatif lebih besar dari pada air tawar, air laut terlihat jelas dapat mengurangi atau menurunkan tingkat kekuatan, keawetan dan kelelahan lebih tinggi dibandingkan air tawar pada aspal minyak pen 60/70.

6.2 Saran

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

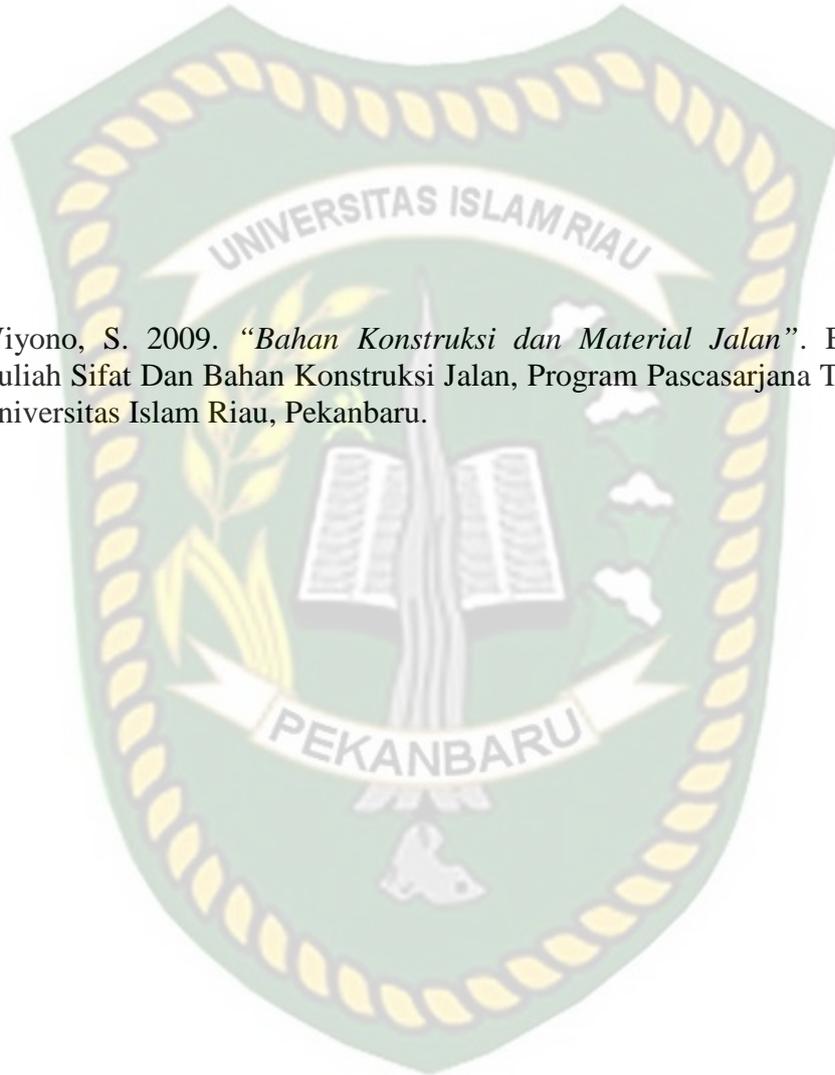
1. Untuk dapat melakukan penelitian lebih lanjut atau lebih mengembangkan penelitian ini seperti pemilihan atau pemakaian jenis aspal yang berbeda, material yang berbeda, durasi atau lama rendaman, serta menggunakan penetrasi aspal yang berbeda.
2. Air merupakan musuh utamanya aspal, untuk itu perlu disarankan bagi pemerintah dan pelaku jasa konstruksi agar setiap perkerasan lentur yang berada didaerah pesisir yang berdekatan dengan laut sebisa mungkin dapat mengamankan perkerasan agar tidak terkena langsung oleh air laut, karena air laut dapat merusak atau mengurangi kekuatan dan keawetan pada struktur perkerasan lebih tinggi dibandingkan air tawar.
3. Perlu adanya kajian lanjutan dengan penggunaan spesifikasi Bina Marga terbaru. Sehingga penelitian terus berkembang seiring dengan terbitnya acuan terbaru Standar Nasional Indonesia, maka dapat diketahui perbedaan dan inovasi terkait dengan campuran aspal panas pada umumnya dan lapisan AC-WC pada khususnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga. 1990. SK SNI M 58-1990-03. *Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*. Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Bina Marga. 1990. SNI-03-1968. *Metode Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar*. Pustran Balitbang Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Bina Marga. 1990. SNI-03-1969. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Pustran Balitbang Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Bina Marga. 1990. SNI-03-1970. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Bina Marga. 2000. SNI-06-6441. *Metode Pengujian Viskositas Bahan Aspal*. Pustran Balitbang Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Bina Marga. 2003. RSNI-M-01. *Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall*. Pustran Balitbang Pekerjaan Umum. Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Bina Marga. 2010. *Spesifikasi Campuran Beraspal Panas pada Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Edisi 2010*. Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Bina Marga. 2010 (Revisi 3). Divisi 6. *Spesifikasi Perkerasan Aspal*. Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Carla, Vonne. 2015. *Pengaruh Suhu Dan Durasi Terendamnya Perkerasan Beraspal Panas Terhadap Stabilitas dan Kelelahan (Flow)* Universitas Sam Ratulangu, Manado.
- Chairuddin, Firdaus. 2013. *Kajian Eksperimental Dampak Genangan Air Hujan Terhadap Struktur Asphal Pavement*. Universitas Hasanuddin, Makasar.
- Dairi, G. 1995. *Bahan Perkerasan Jalan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Dwi, Setiawan. 2014. *Pengaruh Penuaan Dan Lama Perendaman Terhadap Durabilitas Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (Ac-Wc)*. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Fahmi, Rizal. 2017. *Pengaruh Lama Rendaman Air Laut Terhadap Durabilitas Campuran Aspal Beton Menggunakan Aspal Pen.60/70 Yang Disubstitusi Limbah Ethylene Vinyl Acetate (Eva)*. Universitas Syiah Kuala, Aceh.

- Kodoatie, Robert J., dan Roestam, Sjarief. 2010. *Tata Ruang Air*. Yogyakarta
- N.Alfred Dando, 2016. *Analisis Pengaruh Perendaman Air Hujan Terhadap Kinerja Campuran Aspal Berongga Berbasis Asbuton Butir (Bga)*. Universitas Hasanuddin, Makasar.
- Purnomo Rudi, 2018. *Pengaruh Rendaman Air Laut Terhadap Parameter Marshall Dan Indeks Kekuatan Sis Pada Campuran Aspal Beton (AC-WC) Dengan Subtitusi Filler Batu Kapur*. Universitas Negeri Malang, Malang.
- Suhingtyas Novita Dewi, 2017. *Analisa Dampak Rendaman Air Laut Terhadap Durabilitas Dan Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Concrete-Binder Cours*. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Siswosoebroto, 8.I. 1997. *Pengaruh Suhu Pematatan terhadap Split Mastic Asphalt (SMA)*. Universitas Andalas, Padang.
- Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Bandung.
- Sukirman, S. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*, Jakarta.

Wiyono, S. 2009. *“Bahan Konstruksi dan Material Jalan”*. Bahan Ajar Kuliah Sifat Dan Bahan Konstruksi Jalan, Program Pascasarjana Teknik Sipil Universitas Islam Riau, Pekanbaru.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Tinjauan pustaka merupakan suatu uraian tentang hasil – hasil penelitian yang diperoleh dari peneliti terdahulu serta memiliki keterkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Pada penelitian ini diperlukan tinjauan pustaka dengan tujuan sebagai petunjuk atau sebagai perbandingan pada penelitian ini. Beberapa hasil penelitian yang pernah dilakukan antara lain sebagai berikut ini:

Fahmi (2017), telah melakukan penelitian dengan judul *Pengaruh Lama Rendaman Air Laut Terhadap Durabilitas Campuran Aspal Beton Menggunakan Aspal Pen.60/70 Yang Disubstitusi Limbah Ethylene Vinyl Acetate (Eva)*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui Indeks Durabilitas campuran yang disubstitusi dengan persentase limbah polimer EVA sebesar 0,0%, 1,5%, 2,5%, 3,5%, 4,5%, 5,5% dan 6,5% terhadap berat aspal, serta pengaruh lama waktu rendaman air laut secara berkala selama 30 menit, 12 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam, 60 jam dan 72 jam pada suhu 60C. Tinjauan Indeks Durabilitas campuran berdasarkan indikator *Index of Retained Stability (IRS)* dan *Stability Deformation Index*, yaitu Indeks Durabilitas Pertama (IDP), Indeks Durabilitas Kedua (IDK), Nilai Absolut Ekuivalen Kekuatan Tersisa (Sa) atau *Retained Marshall Stability (RMS)*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama rendaman air laut pada campuran Laston nilai Indeks Durabilitas cenderung menurun dengan dan tanpa substitusi limbah EVA. Campuran Laston dengan substitusi limbah EVA terbaik diperoleh pada persentase substitusi limbah EVA 2,5% dengan nilai Indeks durabilitas (RMS) yaitu 91,40% lebih besar dari 90% berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010 pada waktu rendaman selama 72 jam, sedangkan pada persentase substitusi lainnya tidak memenuhi spesifikasi dengan durasi waktu rendaman yang sama.

Chairuddin (2013), telah melakukan penelitian dengan judul *Kajian Eksperimental Dampak Genangan Air Hujan Terhadap Struktur Asphal Pavement*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan

akibat dari genangan air hujan terhadap struktur aspal. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan cara core menggunakan alat coredrill di lapangan dan selanjtnya melakukan uji laboratorium mulai dari memotong sampel, menimbang, perendaman, penimbunan basah, pengeringan permukaan, penguraian sampel, pembuatan briket. Selanjutnya melakukan test Density (SNI 03 – 2828 – 1992) test Stabilitas, pengujian kadar aspal (SNI 03 – 3640 – 1994), pengujian Gradasi Aggregate (SNI 03 – 1968 – 1990). Jumlah sampel yang diambil ada 12 titik. Pengambilan sampel dimulai dari sebelah kiri jalan kemudian di sebelah kanan jalan jumlah sampel 12 titik. Dari hasil pengujian stabilitas dengan menggunakan Marshall test hanya menghasilkan 4 buah sampel yaitu sampel A1, A2, B1, dan B2. Hasil gradasi pada sampel A1 terlihat dari grafik bahwa persentase (%) lolos saringan lebih besar terdapat pada saringan no $\frac{1}{2}$ “ yaitu mempunyai nilai 73,37. Hasil gradasi pada sampel B1 dari hasil gradasi dapat pula terlihat dari grafik bahwa persentase (%) lolos saringan lebih besar terdapat pada saringan no $\frac{1}{2}$ “ yaitu mempunyai nilai 87,35 %. Pada sampel B2 dapat pula terlihat dari grafik bahwa persentase (%) lolos saringan lebih besar terdapat pada saringan no $\frac{1}{2}$ “ yaitu mempunyai nilai 87,53.

Dando (2016),telah melakukan penelitian dengan judul *Analisis Pengaruh Perendaman Air Hujan Terhadap Kinerja Campuran Aspal Berongga Berbasis Asbuton Butir (Bga)*. Penelitian ini bertujuan unutm mengetahui kinerja karakteristik Marshall dan sifat-sifat agregat dari campuran aspal berongga berbasis asbuton butir. Campuran dengan modifikasi waktu perendaman dengan standar perendaman 30 menit dengan variasi 4 hari, 7 hari, 14 hari. Untuk melihat kinerja karakteristik Marshall yang digunakan untuk mendapatkan IKS (Indeks Kekuatan Sisa). Dari hasil penelitian diperoleh nilai KAO dari tiap variasi BGA 0%, 2%, 4% dan 6% yaitu 5,5%, 4,5%, 4,5%, dan 4,25%. Dan hasil Indeks Kekuatan Sisa (IKS) akibat perendaman Marshall masih berada di atas 75%. Nilai hasil IKS dari tiap variasi BGA dengan waktu lama perendaman yaitu untuk BGA 0% yaitu 95.15%,91.21% dan 86.99%,untuk BGA 2% yaitu 92.38%,83.27% dan 80.99%, untuk BGA 4% yaitu 92.86%,81.12% dan 80.55%,untuk BGA 6% yaitu 83.31%,79.13% dan 75.83%. Secara keseluruhan memenuhi persyaratan dan

menyatakan bahwa semakin lama direndam dengan air hujan maka IKS (Indeks Kekuatan Sisa) campuran aspal menjadi menurun atau semakin tidak baik.

Setiawan (2014), telah melakukan penelitian dengan judul *Pengaruh Penuaan Dan Lama Perendaman Terhadap Durabilitas Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (Ac-Wc)*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat keawetan campuran AC-WC akibat pengaruh penuaan dan lama perendaman. Penelitian dilakukan di Laboratorium dengan metode pengovenan untuk simulasi penuaan dan perendaman dalam air pada temperatur tetap $\pm 60^{\circ}\text{C}$ dengan variasi waktu perendaman. Metode penuaan jangka pendek (*Short Term Oven Aging, STOA*) adalah dengan pengovenan benda uji pada suhu 135°C sebelum dipadatkan selama 4 jam yang mewakili penuaan campuran aspal pada saat produksi campuran aspal di unit pencampuran aspal (*AMP*), selama pengangkutan dan penghamparan di lapangan dan metode pengujian penuaan jangka panjang (*Long Term Oven Aging, LTOA*) dilakukan pengovenan 85°C setelah dipadatkan selama 48 jam yang mewakili masa pelayanan selama 5 tahun. Parameter yang digunakan untuk melihat tingkat durabilitas campuran AC-WC adalah Indeks Kekuatan Sisa dan Indeks Durabilitas. Berdasarkan hasil penelitian, pengaruh penuaan dan lama perendaman berpengaruh cukup signifikan terhadap durabilitas campuran AC-WC. Benda uji yang mengalami penuaan menghasilkan nilai kekuatan sisa di bawah batas minimal yang disyaratkan Bina Marga, (2010) yaitu 90 %, sedangkan Indeks Durabilitas benda uji yang mengalami penuaan menunjukkan penurunan kekuatan cukup besar seiring dengan bertambahnya waktu perendaman dibandingkan dengan benda uji normal, sehingga benda uji yang mengalami penuaan dianggap tidak cukup tahan terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh pengaruh air dan suhu.

Purnomo (2018), telah melakukan penelitian dengan judul *Pengaruh Rendaman Air Laut Terhadap Parameter Marshall Dan Indeks Kekuatan Sisa Pada Campuran Aspal Beton (AC-WC) Dengan Substitusi Filler Batu Kapur*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: (1) kadar aspal optimum (KAO) campuran aspal beton AC-WC ditinjau dari parameter marshall, (2) karakteristik campuran aspal beton AC-WC dengan substitusi filler batu kapur ditinjau dari

parameter marshall, (3) pengaruh rendaman air laut pada campuran aspal beton AC-WC dengan substisusi filler batu kapur terhadap parameter marshall dan indeks kekuatan sisa (IKS), (4) apakah ada perbedaan nilai stabilitas dan flow pada aspal beton AC-WC antara rendaman air laut dan air tawar. Penelitian ini merupakan penelitian laboratoris yang dilaksanakan di Laboratorium Perkerasan Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Malang. Data diperoleh dari hasil pengujian dilaboratorium. Pengujian bahan campuran meliputi pengujian aspal, agregat dan filler. Pengujian untuk menentukan KAO yaitu dengan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%. Langkah selanjutnya membuat benda uji dengan KAO dan variasi kadar filler batu kapur 0%, 15%, 30%, 45%, dan 60%. Langkah selanjutnya membuat benda uji dengan KAO dan filler batu kapur optimum yang direndam air laut dan air tawar selama 30 menit dan 24 jam. Hasil penelitian bahan campuran didapatkan bahwa bahan campuran memenuhi persyaratan. Nilai KAO didapat 6,75%. Penambahan filler batu kapur cenderung meningkatkan nilai stabilitas, VIM, VMA dan VFA sedangkan nilai. Flow dan MQ cenderung turun. Kadar filler batu kapur terbaik yaitu kadar 60%. Karakteristik marshall campuran AC-WC dengan filler batu kapur yang direndam air laut memiliki nilai stabilitas, MQ dan VFA cenderung menurun sedangkan nilai flow, VIM dan VMA cenderung meningkat. Nilai IKS yang direndam air laut sebesar 72,42% dan yang direndam air tawar sebesar 87,53% hal menunjukkan bahwa rendaman air laut lebih merusak campuran aspal dibandingkan air tawar. Uji beda t-test menunjukkan ada perbedaan yang signifikan nilai stabilitas dan flow pada aspal beton AC-WC antara rendaman air laut dan air tawar.

Suhingtyas (2017) telah melakukan penelitian tentang *Analisa Dampak Rendaman Air Laut Terhadap Durabilitas Dan Karakteristik Marshall Pada Campuran Asphal Concrete-Binder Cours*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak rendaman dari air laut terhadap kekuatan yang dimiliki oleh lapisan *Asphalt concret – binder cours* (AC-BC). Metode pada penelitian ini dilakukan dengan variasi kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% terhadap berat total agregat untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO). Nilai

KAO ditentukan dengan menggunakan metode *Arrow Range* dari parameter Marshall yang ada, diperoleh nilai KAO kemudian membuat benda uji untuk perendaman (*Immersion*) standar pada variasi rendaman 0,5 jam dan 24 jam, untuk perendaman variasi dipilih dengan lama rendaman 72 jam, 120 jam dan 168 jam. Kemudian dilakukan pengujian Marshall dan analisa durabilitas yang terdiri dari Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK). Hasil Penelitian menunjukkan bahwa pada nilai KAO 5,4% nilai IKS perendaman 24 jam sebesar 92,90% dengan syarat minimum 90%, cukup awet berdasarkan nilai IKS. Nilai IDP terus bertambah hingga bernilai $0,801\% < 1\%$ sehingga cukup durable pada perendaman 120 jam. Nilai IDK total selama 168 jam perendaman bernilai 14,22% dengan batas waktu tolerir selama 111,04 jam. Nilai IDP dan IDK mengindikasikan bahwa campuran AC-BC terus kehilangan kekuatan selama 168 jam perendaman. Pengaruh rendaman terhadap karakteristik Marshall pada parameter stabilitas, VIM, dan VMA mengalami peningkatan, sedangkan pada nilai parameter VFWA, flow dan MQ mengalami penurunan tren selama perendaman. Pengaruh lama rendaman terhadap parameter karakteristik Marshall menunjukkan bahwa *properties* Marshall mengalami waktu kritis pada lama rendaman 60 jam.

Carla (2015), telah melakukan penelitian dengan judul *Pengaruh Suhu Dan Durasi Terendamnya Perkerasan Beraspal Panas Terhadap Stabilitas dan Kelelahan (Flow)*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari suhu dan durasi terendamnya terhadap nilai Stabilitas dan Kelelahan (Flow) melalui penelitian di laboratorium. Penelitian dilakukan terhadap campuran yang terbuat dari 2 jenis material agregat dari lokasi dua lokasi sumber berbeda yang memiliki sifat fisik berbeda, yakni material agregat dari lokasi sumber Tateli dan lokasi sumber Lolan. Penelitian diawali dengan memeriksa sifat-sifat bahan yang digunakan dengan mengacu pada persyaratan Spesifikasi Teknik oleh Bina Marga, sehingga didapatkan komposisi terbaik dari campuran. Selanjutnya dengan komposisi terbaik dibuat benda uji Marshall yang akan direndam dalam 3 variasi temperature, yaitu 25° , 45° dan 60° dengan 5 variasi lamanya waktu (durasi) perendaman; yaitu 30 menit, 60 menit, 12 jam, 24 jam dan 72 jam. Hasil

pemeriksaan terhadap dua jenis material agregat menunjukkan material agregat lokasi sumber Lolan mempunyai resapan lebih kecil dibandingkan dengan agregat dari lokasi sumber Tateli, kemudian hasil penelitian terhadap dua jenis campuran yang terbuat dari agregat dari kedua lokasi sumber Tateli dan Lolan. Terlihat bahwa, setelah direndam dengan variasi suhu dan lamanya perendaman yang berfluktuasi terhadap kedua jenis campuran tersebut sama pengaruhnya, yaitu nilai Stabilitas dan Marshall Quotient (MQ) menurun dan nilai Flow meningkat. Hal ini membuktikan, bahwa temperatur dan lamanya (durasi) perendaman mempengaruhi kinerja pencampuran lapis perkerasan aspal. Semakin tinggi suhu perendaman dan semakin panjang durasi perendaman nilai Stabilitas Marshall semakin menurun dan nilai Flow semakin meningkat.

2.3 Keaslian Penelitian

Dalam melakukan penelitian harus memiliki sisi perbedaan dengan peneliti - peneliti terdahulu, perbedaan tersebut merupakan suatu keaslian bagi peneliti agar tidak terdapatnya plagiat dalam melakukan penelitian. Perbedaan penelitian dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dan Peneliti

No	Peneliti	Tujuan	Metode
1	Fahmi (2016)	Untuk mengetahui Indeks Durabilitas campuran yang disubstitusi dengan persentase limbah polimer EVA sebesar 0,0%, 1,5%, 2,5%, 3,5%, 4,5%, 5,5% dan 6,5% terhadap berat aspal, serta pengaruh lama waktu rendaman air laut secara berkala selama 30 menit, 12 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam, 60 jam dan 72 jam pada suhu 60C.	Pengujian Di Laboratorium Sesuai Standar Nasional Indonesia
2	Chairuddin (2013)	Untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan akibat dari genangan air hujan terhadap struktur aspal	Pengujian Di Lapangan dan Di Laboratorium (SNI)
3	Dando (2016)	Untuk mengetahui kinerja karakteristik Marshall dan sifat-sifat agregat dari campuran aspal berongga berbasis asbuton butir	Pengujian Di Laboratorium (SNI)

4	Setiawan (2014)	Untuk menganalisis tingkat keawetan campuran AC-WC akibat pengaruh penuaan dan lama perendaman	Pengujian Di Laboratorium (SNI)
5	Purnomo (2018)	Untuk mengetahui (1) kadar aspal optimum (KAO) campuran aspal beton AC-WC ditinjau dari parameter marshall, (2) karakteristik campuran aspal beton AC-WC dengan substitusi filler batu kapur ditinjau dari parameter marshall, (3) pengaruh rendaman air laut pada campuran aspal beton AC-WC dengan substitusi filler batu kapur terhadap parameter marshall dan indeks kekuatan sisa (IKS), (4) apakah ada perbedaan nilai stabilitas dan flow pada aspal beton AC-WC antara rendaman air laut dan air tawar	Pengujian Di Laboratorium (SNI)
6	Suhingtyas (2017)	Mengetahui dampak rendaman dari air laut terhadap kekuatan yang dimiliki oleh lapisan <i>Asphalt concret – binder cours</i> (AC-BC).	Pengujian Di Laboratorium (SNI)
7	Carla (2015)	Untuk mengetahui pengaruh dari suhu dan durasi teredamnya terhadap nilai Stabilitas dan Kelelahan (Flow)	Pengujian Di Laboratorium (SNI)
8	Penelitian Ini	Mengetahui perbandingan antara rendaman air tawar dan air laut terhadap pemakaian aspal pen 60/70 pada lapisan AC-WC	Pengujian Di Laboratorium (SNI)

Dari Tabel 2.1 Setiap objek penelitian memiliki sisi permasalahan yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh tujuan yang akan dicapai pada penelitian, lokasi penelitian, waktu pelaksanaan, material yang digunakan, dan jenis pekerjaan serta metode yang digunakan dalam penelitian.

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Umum

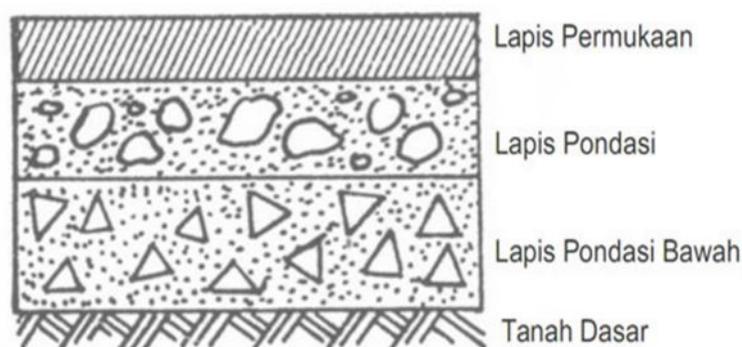
Pada UU RI nomor 38 tahun 2004 pada pasal 1 ayat 4, dikatakan bahwa Jalan adalah prasarana transportasi yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bagian pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah dan/air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel.

Selain itu menurut UU RI No 22 Tahun 2009 tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan, Jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi Lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel.

3.2 Lapisan Perkerasan Lentur

Berdasarkan bahan ikatnya, lapisan perkerasan jalan dibagi atas tiga kategori yaitu lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*), lapisan perkerasan kaku (*rigid pavement*), dan lapisan perkerasan komposit yang merupakan gabungan perkerasan kaku dan perkerasan lentur.

Perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai pengikat. Lapisan - lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar yang telah dipadatkan. Susunan lapisan tersebut sesuai dengan Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Susunan Lapisan Perkerasan Lentur, Bina Marga (2010)

Lapisan perkerasan lentur terdiri dari tanah dasar, lapisan pondasi bawah (*sub base course*) merupakan lapisan yang berada diposisi paling bawah dan berfungsi sebagai penahan dari lapisan – lapisan diatasnya, kemudian lapis pondasi (*base course*) merupakan lapisan yang berfungsi sebagai penahan beban dari lapisan permukaan dan menyalurkan beban ke tanah dasar dan lapisan permukaan (*surface course*) adalah lapisan yang terletak paling atas pada susunan lapisan perkerasan jalan. Karena lapisan ini berfungsi sebagai penahan beban roda kendaraan yang melintas diatasnya, maka lapisan ini setidaknya memiliki stabilitas yang tinggi selama masa pelayanan. Selain itu, lapisan permukaan juga harus memiliki sifat kedap air agar air hujan yang jatuh diatas permukaan tidak meresap kelapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan tersebut. Lapis permukaan juga dapat digunakan sebagai lapisan penyebar beban ke lapisan di bawahnya sehingga dapat memikul beban secara merata. Jenis lapisan permukaan yang umum digunakan di Indonesia adalah:

1. Lapis Tipis Aspal Beton (Laston) atau *Hot Roll Sheet* (HRS)

Merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, mineral pengisi (*filler*) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas.

2. Lapis Aspal Beton (Laston)

Laston (AC) merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan pada suhu tertentu.

3. Penetrasi Macadam (Lapen)

Merupakan lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal dengan cara disemprotkan diatas dan dipadatkan lapis demi lapis.

3.3 Lapisan Aspal Beton (Laston)

Lapis aspal beton adalah salah satu jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, yang

kemudian diangkut ke lokasi pembangunan jalan, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya antara 145°C-155°C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal pula dengan nama *hotmix* (Sukirman, 2003).

Menurut Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Beton aspal dengan campuran gradasi menerus memiliki komposisi dari agregat kasar, agregat halus, mineral pengisi (*filler*) dan aspal (*bitumen*) sebagai pengikat. Ciri lainnya memiliki sedikit rongga dalam struktur agregatnya, saling mengunci satu dengan yang lainnya, oleh karena itu beton aspal memiliki sifat stabilitas tinggi. Berdasarkan fungsinya aspal beton campuran panas dapat diklasifikasikan sebagai berikut : (Sukirman, 2003)

1. *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) adalah lapis permukaan (lapis aus) yang kontak langsung dengan cuaca, gaya geser, dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air.
2. *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) adalah lapis pengikat antara *Asphalt Concrete-Wearing Course* dengan *Asphalt Concrete-Base*.
3. *Asphalt Concrete-Base* (AC-Base) adalah lapis pondasi, biasanya dipergunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan jalan.

3.4 Sifat Lapisan Aspal Beton (Laston)

Sebagai lapis permukaan perkerasan jalan, Laston (AC) mempunyai nilai struktur, kedap air, dan mempunyai stabilitas tinggi. Ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas menurut Spesifikasi Bina Marga (2010) untuk Laston (AC) bergradasi kasar, dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Sifat-sifat campuran Laston (Bina Marga, 2010)

Sifat-sifat campuran	Laston		
	Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Jumlah tumbukan perbidang	75		112

Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min	1,0		
	Maks	1,4		
Rongga dalam campuran (%)	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
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min	2		

3.5 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suhu tertentu aspal akan mencair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau masuk ke dalam pori-pori yang ada pada waktu penyiraman pada perkerasan macadam atau pelaburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya yang disebut dengan sifat thermoplastis (Sukirman, 1995).

Aspal yang umum digunakan yaitu aspal yang berasal dari destilasi minyak bumi dan disamping itu pula mulai banyak juga dipergunakan aspal alam yang berasal dari pulau Buton. Aspal minyak yang dipergunakan dalam konstruksi perkerasan jalan raya merupakan proses hasil residu dari destilasi minyak bumi, sering disebut aspal semen.

3.5.1. Jenis Aspal

Aspal yang digunakan sebagai bahan perkerasan jalan terdiri dari aspal alam dan aspal buatan:

1. Aspal alam

Merupakan aspal yang berasal dari proses alamiah, terdiri dari aspal danau (aspal dari Bermudez, Trinidad) dan aspal gunung (aspal dari pulau Buton).

2. Aspal buatan

Aspal buatan dibuat dari minyak bumi, sebagai bahan baku pada umumnya minyak bumi yang banyak mengandung aspal dan sedikit paraffin. Aspal buatan terdiri dari aspal minyak, dan ter.

Aspal Keras (*Asphalt Cement*), jenis aspal minyak yang merupakan residu hasil destilasi minyak bumi pada keadaan hampa udara, yang pada suhu normal dan tekanan atmosfer berbentuk padat. Aspal keras dikelompokkan berdasarkan kekerasan yang disebut penetrasi. Adapun jenis aspal berdasarkan nilai penetrasinya adalah sebagai berikut:

1. Aspal penetrasi 40/50, yaitu AC dengan penetrasi antara 40 -50.
2. Aspal penetrasi 60/70, yaitu AC dengan penetrasi antara 60 -70.
3. Aspal penetrasi 80/100, yaitu AC dengan penetrasi antara 80 -100.
4. Aspal penetrasi 120/150, yaitu AC dengan penetrasi antara 120 -150.
5. Aspal penetrasi 200/300, yaitu AC dengan penetrasi antara 200 -300.

Di negara kita umumnya digunakan Aspal penetrasi 60/70 atau Aspal penetrasi 80/100. Berikut ini adalah Tabel 3.2 yang berisi spesifikasi dari aspal keras penetrasi 60/70 yang sering digunakan dalam pelaksanaan perkerasan di Indonesia.

Tabel 3.2. Spesifikasi Aspal Keras Penetrasi 60/70 (Bina Marga, 2010)

No	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25°C, 100 gr, 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60 – 70
2	Viskositas 135°C	SNI 06-6441-1991	385
3	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	48
4	Daktalitas pada 25 °C	SNI 06-2432-1991	100
5	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	232

6	Kelarutan dalam <i>Toluene</i> (%)	ASTM D 5546	99
7	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	1,0
8	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	0,8

Aspal Cair, jenis aspal minyak yang pada suhu normal dan tekanan atmosfer berbentuk cair, terdiri dari aspal keras yang diencerkan dengan bahan pelarut. Persyaratan umum aspal cair antara lain :

- a. Kadar paraffin tidak lebih dari 2%
- b. Tidak mengandung air dan jika dipakai tidak menunjukkan pemisahan atau penggumpalan.

3.5.2. Sifat-sifat Campuran Aspal

Aspal memiliki beberapa sifat diantaranya sifat kimia yang dimiliki oleh aspal dan sifat fisik yang memiliki pengaruh terhadap perencanaan dan kinerja pada campuran beraspal tersebut dan sifat aspal terhadap temperatur. Adapun sifat-sifat dari campuran aspal yaitu. (Standar Nasional Indonesia)

1. Sifat Kimia Aspal

1. *Asphalthe*

Asphalthe adalah unsur kimia aspal yang padat yang tidak larut dalam penten. *Asphal tene* berwarna coklat sampai hitam yang mengandung karbon dan hidrogen dengan perbandingan 1:1. Molekul *asphalt tene* memiliki ukuran 5-30 nanometer.

2. *Malthene*

Malthene adalah unsur kimia yang terdapat di aspal selain *asphalt the*. Unsur *malthene* dapat dibagi lagi menjadi *resin*, aromatik, dan *saturated*.

2. Sifat Fisik Aspal

Sifat fisik aspal sangat berpengaruh terhadap perencanaan, produksi, dan kinerja campuran beraspal antara lain adalah :

1. *Stabilitas*

Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi permanen yang disebabkan oleh lalu lintas, baik beban yang bersifat

statis maupun dinamis sehingga campuran akan tidak mudah aus, bergelombang, melendut, bergeser, dan lain-lain.

2. *Durabilitas* (Keawetan/Daya Tahan)

Durabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk mempertahankan kualitasnya dari disintegrasi atas unsur-unsur pembentuknya yang diakibatkan oleh beban lalu lintas dan pengaruh cuaca. Campuran aspal harus mampu bertahan terhadap perubahan yang disebabkan oleh:

- a) Proses penuaan pada aspal dimana aspal akan menjadi lebih keras. Hal ini disebabkan oleh pengaruh oksidasi dari udara dan proses penguapan yang berakibat akan menurunkan daya lekat dan kekenyalan aspal.
- b) Pengaruh air yang menyebabkan kerusakan atau kehilangan sifat lekat antara aspal dan material lainnya.
- c) Fleksibilitas (Kelenturan)

Fleksibilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk dapat menahan deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Untuk mendapatkan fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan:

- a. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar.
- b. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi).
- c. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil.

3. *Skid Resistance* (Kekesatan)

Skid resistance adalah kekesatan lapisan permukaan yang akan berkaitan dengan kemampuan permukaan lapis keras tersebut untuk melayani arus lalu lintas kendaraan yang lewat di atasnya tanpa terjadi skidding slipping pada saat kondisi permukaan basah.

4. *Fatigue Resistance* (Ketahanan Kelelahan)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (rutting) dan retak.

Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah :

- a. VIM tinggi dan kadar aspal rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
- b. VMA dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.

5. *Workability* (Kemudahan Pelaksanaan)

Workability adalah campuran agregat aspal harus mudah dikerjakan saat pencampuran, penghamparan dan pemadatan, untuk mencapai satuan berat jenis yang diinginkan tanpa mengalami suatu kesulitan sampai mencapai tingkat pemadatan yang diinginkan dengan peralatan yang memungkinkan.

4 Sifat Aspal terhadap Temperatur

Aspal merupakan material yang bersifat viskoelastis dan memiliki ciri yang beragam mulai dari yang bersifat lekat sampai yang bersifat elastis. Diantara sifat aspal lainnya adalah aspal mempunyai sifat *rheologic* (mekanis), yaitu hubungan antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) dipengaruhi oleh waktu. Apabila mengalami pembebanan jangka waktu pembebanan yang sangat cepat, maka aspal akan bersifat elastis, tetapi jika pembebanannya terjadi dalam jangka waktu yang lambat, sifat aspal menjadi plastis (*viscous*). Aspal juga merupakan bahan yang *thermoplastis*, yaitu konsistensinya atau viskositasnya akan berubah sesuai dengan perubahan temperatur yang terjadi. Semakin tinggi temperatur aspal, maka viskositasnya akan semakin rendah atau semakin encer, demikian pula sebaliknya. Pada saat pemadatan dan pencampuran, sifat aspal dapat ditunjukkan dari nilai viskositasnya, sedangkan pada sebagian besar kondisi saat masa layan, aspal mempunyai sifat viskositas yang diwujudkan dalam suatu modulus kekakuan.

3.6. Agregat

Agregat merupakan suatu bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran, yang berupa berbagai jenis butiran atau pecahan hasil dari pemisahan dari pasir, kerikil, batu pecah, abu/debu agregat, slag, atau material lain dari komposisi mineral. Agregat dapat diperoleh secara alamiah maupun secara buatan seperti batu pecah dengan berbagai ukuran hasil dari mesin pemecah batu. Bentuk butiran agregat yang baik adalah yang memiliki segi teratur dan mendekati bentuk kubus (tidak pipih) supaya bisa saling mengunci, sehingga menambah kestabilan campuran. Tekstur butiran agregat yang baik adalah kasar, karena daya ikat antara agregat dengan aspal yang menyelimuti akan kuat, dan semakin kasar permukaan agregat akan semakin tinggi stabilitas serta keawetan campuran yang dihasilkan.

Agregat dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*).

1. Agregat Kasar

Agregat kasar mempunyai peran sebagai pengembang volume mortar, menjadikan campuran lebih ekonomis, meningkatkan ketahanan mortar terhadap kelelahan (*flow*) dan meningkatkan stabilitas. Agregat kasar yaitu agregat yang diameternya lebih besar dari 4,75 mm menurut ASTM atau lebih besar dari 2 mm menurut AASHTO. Agregat kasar adalah material yang tidak lolos pada saringan no.8 (2,36 mm) saat pengayakan. Ketentuan atau syarat agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Syarat Agregat Kasar (Bina Marga, 2010)

Pengujian	Standar	Nilai
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 3407:2008	Maks.40 %
Penyerapan Oleh Air	SNI 1970 : 2008	Min 2,5 %
Berat Jenis	SNI 1970 : 2008	Min. 2,1

Partikel Pipi dan Lonjong agregat kasar(**)	RSNI T-01-2005	Maks. 10 %
Material lolos Ayakan No.200	SNI 03-4142-1996	Maks. 2 %
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95 %
Butir Pecah agregat kasar	SNI 03-6877-2002	95/90 (*)

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan merupakan pasir atau pengayakan batu pecah (abu batu) yang lolos ayakan No. 8 (2,36 mm). Dalam pencampuran aspal persentase maksimum agregat halus yang disarankan untuk Laston (AC) adalah 15%. Sama halnya dengan agregat kasar, agregat halus yang digunakan merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung ataupun bahan lainnya yang tidak dikehendaki. Fungsi agregat halus adalah sebagai berikut:

1. Menambah stabilitas dari campuran dengan memperkokoh sifat yang saling mengunci dari agregat kasar dan juga untuk mengurangi rongga udara agregat kasar.
2. Semakin kasar tekstur permukaan agregat halus akan menambah stabilitas campuran dan menambah kekasaran permukaan.
3. Agregat halus pada #8 sampai #30 penting dalam memberikan kekasaran yang baik untuk kendaraan pada permukaan aspal.
4. Agregat halus pada #30 sampai #200 penting untuk menaikkan kadar aspal, akibatnya campuran akan lebih awet.

Adapun ketentuan atau syarat untuk penggunaan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Ketentuan Agregat Halus (Bina Marga, 2010)

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 60%
Angularitas dengan Uji Kadar Rongga	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 (*filler*) merupakan sebagai pengisi rongga udara pada material sehingga memperkaku lapisan aspal. Apabila campuran agregat kasar dan halus masih belum masuk dalam spesifikasi yang telah ditentukan, maka pada campuran Laston perlu ditambah dengan *filler*. Sebagai *filler* dapat digunakan debu batu kapur, debu *dolomite* atau *semen Portland Filler* yang baik adalah yang tidak tercampur dengan kotoran atau bahan lain yang tidak dikehendaki dan dalam keadaan kering (kadar air maks. 1%). *Filler* yang digunakan pada penelitian ini adalah abu batu. Fungsi *filler* dalam campuran adalah untuk meningkatkan stabilitas dan mengurangi rongga udara dalam campuran.

Tujuan awal *filler* adalah mengisi rongga dalam campuran VIM, tidak hanya oleh bitumen tetapi material yang lebih murah. Pada kadar aspal konstan, penambahan *filler* akan memperkecil VIM. Dalam perkembangan selanjutnya, terbukti bahwa *filler* tidak hanya mengganti fungsi bitumen mengisi rongga, tetapi juga memperkuat campuran (Edward (1988) dalam Suhendra, 2014). Untuk suatu kadar aspal yang konstan jumlah *filler* yang sedikit akan menyebabkan rendahnya koefisien marshall karena viskositas bitumen masih rendah dengan *filler* yang sedikit tersebut. Selanjutnya koefisien marshall meningkat dengan penambahan *filler* sampai nilai maksimum, kemudian menurun akibat kemampuan pemadatan campuran (tanpa menimbulkan retak).

3.7. Gradasi

Ukuran butiran agregat dan persentase berat dari setiap jenis agregat yang diperlukan, ditentukan dalam persyaratan teknisnya. Menurut Sukirman (2003), gradasi adalah susunan butiran agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat akan dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Gradasi agregat dapat dibedakan atas:

1. Gradasi seragam (*uniform graded*)/gradasi terbuka (*open graded*)

Gradasi seragam (*uniform graded*)/gradasi terbuka adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, berat volume kecil.

2. Gradasi rapat (*dense graded*)

Gradasi rapat, merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang seimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik. Gradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek, dan berat volume besar.

3. Gradasi senjang (*gap graded*)

Gradasi senjang (*gap graded*), merupakan campuran yang tidak memenuhi dua kategori di atas. *Aggregate* bergradasi buruk yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur merupakan campuran dengan satu fraksi hilang atau satu fraksi sedikit. Gradasi seperti ini juga disebut gradasi senjang. Gradasi senjang akan menghasilkan lapis perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis di atas.

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas-batas yang diberikan dalam Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal Beton (Bina Marga, 2010)

Ukuran Ayakan (mm)	%Berat yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran		
	Laston (AC)		
	WC	BC	Base
37,5			100
25		100	90 – 100
19	100	90 – 100	76 – 90
12,5	90 – 100	75 - 90	60 – 78

9,5	77 – 90	66 – 82	52 – 71
4,75	53 – 69	46 – 64	35 – 54
2,36	33 – 53	30 – 49	23 – 41
1,18	21 – 40	18 – 38	13 – 30
0,6	14 – 30	12 – 28	10 – 22
0,3	9 – 22	7 – 20	6 – 15
0,15	6 – 15	5 – 13	4 – 10
0,075	4 – 9	4-8	3 – 7

3.8. Air

Air adalah suatu zat cair yang tidak mempunyai rasa, bau dan warna dan terdiri dari hidrogen dan oksigen dengan rumus kimia H_2O . Air dapat berupa air tawar dan air asin (air laut) yang merupakan bagian terbesar di bumi ini. Di dalam lingkungan alam proses, perubahan wujud, gerakan aliran air (di permukaan tanah, di dalam tanah, dan di udara) dan jenis air mengikuti suatu siklus keseimbangan dan dikenal dengan istilah siklus hidrologi (Kodoatie dan Sjarief, 2010)

1. Air Laut

Air laut merupakan air yang berasal dari laut, memiliki rasa asin, dan memiliki kadar garam (salinitas) yang tinggi, dimana rata-rata air laut di lautan dunia memiliki salinitas sebesar 3,5%. Hal ini berarti untuk setiap satu liter air laut terdapat 35 gram garam yang terlarut di dalamnya. Kandungan garam-garaman utama yang terdapat dalam air laut antara lain klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), potasium (1%), dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borak, strontium, dan florida.

2. Air Tawar

Air tawar adalah air dengan kadar garam dibawah 0,5 ppt (Nanawi, 2001). Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengadalan Kualitas Air dan Pengadalan Kualitas Pencemaran, Bab I Ketentuan Umum pasal 1, Air tawar adalah semua air yang terdapat diatas dan dibawah permukaan tanah, kecuali air laut dan air fosil”, sedangkan menurut

Undang-Undang RI No.7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air (Bab I, Pasal I), butir 2 disebutkan bahwa “Air adalah semua air yang terdapat pada di atas ataupun dibawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat”. Butir 3 menyebutkan “Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan atau batuan dibawah permukaan tanah”. Karakteristik kandungan sifat fisik dari air tawar tergantung dari tempat sumber air itu berasal dan teknik pengolahan air tersebut apakah menghasilkan air yang baik dikonsumsi.

3.9. Suhu atau Temperatur

Aspal mempunyai kepekaan terhadap perubahan suhu / temperatur, karena aspal adalah material yang termoplastis. Aspal akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau cair bila temperatur bertambah. Setiap jenis aspal mempunyai kepekaan terhadap temperatur berbeda-beda, karena kepekaan tersebut dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspalnya, walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu. Pemeriksaan sifat kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur perlu dilakukan sehingga diperoleh informasi tentang rentang temperatur yang baik untuk pelaksanaan pekerjaan. Pada Tabel 3.6 ini memperlihatkan nilai viskositas aspal dan batasan suhu selama pencampuran, penghamparan, dan pematatan pada proses pelaksanaan pekerjaan – perkerasan jalan.

Tabel 3.6 Ketetapan Viskositas dan Temperatur Aspal untuk Pencampuran dan Pematatan (Bina Marga, 2010)

No	Preosedur Pelaksanaan	Viskositas Apal (PA.S)	Suhu Campuran (°C) Pen 60/70
1	Pencampuran benda uji Marshall	0,2	155 ± 1
2	Pematatan benda uji Marshall	0,4	140 ± 1

3	Pencampuran rentang temperatur sasaran	0,2 – 0,5	145 – 155
4	Menuangkan campuran dari AMP ke dalam truk	$\pm 0,5$	135 – 150
5	Pasokan ke alat penghamparan (<i>paver</i>)	0,5 – 1,0	130 – 150
6	Penggilasan awal (roda baja)	1 – 2	125 – 145
7	Penggilasan kedua (roda karet)	2 – 20	100 – 125
8	Penggilasan akhir (roda baja)	< 20	> 95

3.10. Karakteristik Campuran Beraspal

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

1. Stabilitas

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas setingkat dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut.

Kestabilan yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat mengalami retak, disamping itu karena volume antar agregat kurang maka kadar aspal yang dibutuhkan pun rendah. Hal ini menghasilkan ikatan aspal mudah lepas sehingga durabilitas menjadi rendah. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel, dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal.

2. Durabilitas (Keawetan/Daya Tahan)

Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air, dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton adalah: (Bina Marga 2010)

- 1) VIM kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh (getas).
 - 2) VMA besar sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi maka kemungkinan terjadinya *bleeding* cukup besar, untuk mencapai VMA yang besar ini digunakan agregat bergradasi senjang.
 - 3) Film (selimut) aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang durabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya *bleeding* menjadi besar.
3. Fleksibilitas (Kelenturan)
- Fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Untuk mendapatkan fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan: (Bina Marga 2010)
- 1) Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar.
 - 2) Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi).
 - 3) Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil.
4. Kekesatan (*Skid Resistance*)
- Tahanan geser adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan (basah) maupun di waktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan dengan roda kendaraan. Tingginya nilai tahanan geser ini dipengaruhi oleh:
- 1) Penggunaan agregat dengan permukaan kasar.
 - 2) Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding*.
 - 3) Penggunaan agregat kasar yang cukup.
5. *Fatigue Resistance* (Ketahanan Kelelahan)
- Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*rutting*)

dan retak. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah: (Bina Marga 2010)

- 1) VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
 - 2) VMA dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.
6. Kedap Air
- Kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat.

7. *Workability* (Kemudahan Pelaksanaan)

Kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. *Workability* ini dipengaruhi oleh gradasi agregat. Agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan daripada agregat bergradasi lain.

3.11. Volumetrik Campuran Aspal Beton

Volumetrik campuran beraspal yang dimaksud adalah volume benda uji campuran yang telah dipadatkan. Kinerja aspal beton sangat ditentukan oleh volumetrik campuran aspal beton padat yang terdiri dari: (Bina Marga 2010)

1. Berat Jenis

1) Berat jenis *bulk* agregat

Berat jenis *bulk* adalah perbandingan antara berat bahan di udara (termasuk rongga yang cukup kedap dan yang menyerap air) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air suling serta volume yang sama pada suhu tertentu pula.

2) Berat jenis efektif agregat

Berat jenis efektif adalah perbandingan antara berat bahan di udara (tidak termasuk rongga yang menyerap aspal) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air destilasi dengan volume yang sama dan suhu tertentu pula.

3) Berat jenis maksimum campuran

Berat jenis maksimum campuran untuk masing-masing kadar aspal

2. Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total tidak terhadap campuran.

3. Kadar Aspal Efektif

Kadar efektif 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 menentukan kinerja perkerasan aspal.

3.12. Kadar Aspal Rencana

Kadar aspal rencana merupakan perkiraan awal kadar aspal optimum dapat direncanakan setelah dilakukan pemilihan dan penggabungan pada empat fraksi agregat.

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

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, tidak termasuk mineral asbuton

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

3.12.1. Metode Marshall

Metode *marshall* ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari suatu perkerasan lentur. Metode *marshall* ini terdiri dari uji *marshall* dan parameter *marshall* yang dijelaskan sebagai berikut: (Bina Marga 2010)

1. Uji *Marshall*

Rancangan campuran berdasarkan metode *Marshall* ditemukan oleh Bruce Marshall. Pengujian Marshall bertujuan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*). *Flow* didefinisikan sebagai perubahan deformasi atau regangan suatu campuran mulai dari tanpa beban, sampai beban maksimum.

Alat *marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *Proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji *marshall standart* berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm).

2. Parameter Pengujian *Marshall*

Sifat-sifat campuran beraspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian *marshall* antara lain :

a. Stabilitas *marshall*

Menurut *The Asphalt Institute*, Mudianto (2004), Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban yang bekerja tanpa mengalami deformasi permanen seperti gelombang, alur ataupun *bleeding* yang dinyatakan dalam satuan kg atau lb. Nilai stabilitas diperoleh dari hasil pembacaan langsung pada alat *Marshall Test* sewaktu melakukan pengujian *Marshall* Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetannya berkurang.

b. Kelelahan (*Flow*)

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas, nilai *flow* merupakan nilai dari masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum *dial* (dalam satuan mm) pada saat melakukan pengujian *Marshall*. Suatu campuran yang memiliki kelelahan yang rendah akan lebih kaku dan cenderung untuk mengalami retak dini pada usia pelayanannya, sedangkan nilai kelelahan yang tinggi mengindikasikan campuran bersifat plastis.

c. *Marshall quotient*

Marshall Quotient merupakan hasil perbandingan antara stabilitas dengan kelelehan (*flow*). Semakin tinggi MQ, maka akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. MQ dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana :

MQ : *Marshall Quotient* (kg/mm)

MS : *Marshall Stability* (kg)

MF : *Marshall flow*(mm)

d. Rongga udara terisi aspal / *Void Filled Bitument* (VFB)

Rongga terisi aspal/ *Void Filled Bitument* (VFB) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. VFB dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$VFB = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana :

VFB : rongga udara yang terisi aspal (%)

VIM : rongga udara pada campuran, persen dari volume total (%)

VMA : rongga udara pada mineral agregat (%)

e. Rongga antara agregat / *Void in Mineral Aggregate* (VMA)

Rongga di antara mineral agregat (VMA) adalah ruang diantara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dihitung berdasarkan Berat Jenis *Bulk* Agregat dan dinyatakan sebagai persen volume *bulk* campuran yang dipadatkan. VMA dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \dots\dots\dots(3.4)$$

Dimana :

VMA : rongga udara pada mineral agregat (%)

G_{mb} : berat isi campuran

G_{sb} : berat jenis kering agregat maksimum

P_s : kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%)

f. Rongga udara di dalam campuran / *Voids In Mix* (VIM)

Rongga udara dalam campuran (V_a) atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri dari atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal.

$$VIM = 100 - \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \dots \dots \dots (3.5)$$

Dimana:

VIM : rongga udara pada campuran, persen dari volume total (%)

G_{mb} : berat isi campuran

G_{mm} : berat jenis maksimum campuran

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1. Umum

Pada penelitian ini metode yang diterapkan adalah metode eksperimen dilaboratorium untuk mendapatkan nilai karakteristik marshall dengan melakukan rendaman air tawar dan air laut. Penelitian ini dilakukan dilaboratorium Jalan Raya milik PT. Lutvindo Wijaya Perkasa yang terletak di Jalan Garuda Sakti KM 05 Kota Pekanbaru arah Petapahan. Dalam penelitian ini agar tidak menyalahi aturan maka penelitian ini berpedoman kepada spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3) sebagai acuan untuk menentukan campuran Lapisan aspal beton (Laston).

4.2. Bahan Penelitian

Jenis penelitian yang akan dilakukan ini merupakan penelitian eksperimen perencanaan campuran beraspal panas dengan menggunakan material-material yang berasal dari daerah setempat. Dalam penelitian ini, pengujian bahan-bahan dilakukan dengan menggunakan prosedur SNI, adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Agregat kasar berasal dari quarry Danau Bingkuang Kabupaten Kampar
2. Agregat medium, berasal dari quarry Danau Bingkuang Kabupaten Kampar
3. Agregat halus atau abu batu berasal dari PT. LUTVINDO WIJAYA PERKASA.
4. Aspal minyak pen 60/70.

4.3. Peralatan Penelitian

Alat – alat yang digunakan harus sesuai ketentuan dan terkalibrasi. Adapun alat – alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Alat Uji Pemeriksaan Aspal
Alat uji pemeriksaan aspal yaitu: alat uji penetrasi, alat uji titik leleh, alat uji daktilitas, alat uji berat jenis (piknometer), dan alat uji kehilangan berat (pemanas).



Gambar 4.1 Alat Uji Titik Lembek Aspal

2. Alat Uji Pemeriksaan Agregat

Alat uji pemeriksaan agregat yaitu: satu set saringan (*Sieve Analysis*), tes keausan agregat (*Los Angeles Tests Machine*), alat uji berat jenis (piknometer, timbangan, pemanas), dan *Aggregate Impact Machine*.



Gambar 4.2 Saringan (*Sieve Analysis*)

Alat uji saringan (*Sieve Analysis*) ini berfungsi untuk memisahkan jenis agregat berdasarkan ukurannya, mulai saringan kasar, saringan menengah dan saringan halus.



Gambar 4.3 Mesin *Los angeles*

mesin *los angeles* berfungsi untuk mengetahui tingkat keausan agregat atau kekerasan pada material yang akan digunakan. Alat ini sudah tersertifikasi dan mengikuti prosedur SNI.

3. Alat Uji Karakteristik Campuran Beraspal

Alat uji karakteristik campuran beraspal yaitu menggunakan seperangkat alat dalam pengujian untuk metode *Marshall*, meliputi:

- a. Alat *Marshall* yang terdiri dari kepala penekan berbentuk lengkung, cincin pengujian berkapasitas 2500 kg dan atau 5000 kg yang dilengkapi dengan arloji *flowmeter*.



Gambar 4.4 Alat Uji Marshall (*Marshall Test*)

Alat pengujian untuk Marshall test, yang terdiri dari dial di bawah untuk membaca *flow* dan dial di atas untuk membaca *stability* Marshall. Bisa

digerakan secara manual dan mekanis (hidrolik) menggunakannya dengan cara memasukan briket kedalam tempatnya kemudian diuji dan dibaca secara manual. Alat tersebut telah sesuai dengan standar SNI dan telah di kalibrasi.

- b. Alat cetak benda uji berbentuk silinder dengan diameter 4 inch (10,16 cm) dan tinggi 3 inch (7,62 cm).



Gambar 4.5 Alat Cetak atau Cetakan Benda Uji

- c. Alat penumbuk Marshall manual yang digunakan untuk pemadatan campuran.



Gambar 4.6 Alat Penumbuk *Marshall*

Alat ini dilakukan setelah pencampuran selesai, dan dilakukan penumbukan untuk jenis aspal ACWC sebanyak 75 kali tumbukan dipermukaan atas dan kemudian dibagian bawah sebanyak 75 tumbukan.

- d. Ejektor merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengeluarkan benda uji dari cetakan setelah proses pemadatan.



Gambar 4.7 Alat Ejektor

Alat ini dilakukan ketika sampel pada cetakan telah mengeras dan suhu sudah menjadi normal. Proses kerja ejektor dilakukan dengan cara menekan tuas secara perlahan sampai benda uji aspal terlepas dari *cassing* atau cetakan.

- e. Bak perendam (*water bath*) yang dilengkapi pengatur suhu.



Gambar 4.8 *Water Bath* atau bak perendam

Alat ini digunakan untuk melakukan perendaman pada sampel sebelum dilakukan pengujian *marshall* (*marshall test*) sesuai dengan ketentuan dan persyaratan ASTM D627-06 selama 30 – 40 menit dengan suhu 60⁰c, dan alat ini telah terkalibrasi sesuai SNI serta layak untuk dipergunakan.

- f. Alat-alat penunjang yang meliputi kompor, *thermometer*, *oven*, sendok pengaduk, sarung tangan anti panas, kain lap, panci pencampur, timbangan, dan jangka sorong.

4.4. Tahapan Penelitian

Adapun tahapan - tahapan penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini mulai dari awal sampai akhir dijelaskan sebagai berikut:

1. Tahap I atau Persiapan

Persiapan yang dilakukan yaitu persiapan pustaka, bahan, dan alat-alat yang digunakan. Persiapan bahan ini meliputi (aspal keras, agregat kasar, agregat medium, agregat halus, dan *filler*) dan kemudian menyiapkan bahan-bahan tersebut sebelum diuji dan digunakan dalam campuran beraspal.

2. Tahap II atau Pengujian Bahan

A. Pengujian Agregat

Pengujian agregat meliputi analisa saringan agregat, keuasan agregat, kekuatan agregat terhadap tumbukan (*Aggregate Impact Value*), berat jenis agregat dan penyerapan agregat, kelekatan terhadap aspal, indeks pipih lonjong, dan kekekalan Agregat.

B. Pengujian Aspal

1) Uji Penetrasi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal yang dinyatakan dalam masuknya jarum dengan beban tertentu pada kurun waktu tertentu pada kurun waktu tertentu pada suhu kamar. Tingkat kekerasan isi merupakan klasifikasi aspal. Pengujian ini mengacu pada SNI 2456 : 2011.

2) Uji Daktilitas Bahan-Bahan Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekenyalan aspal yang dinyatakan dengan panjang pemuluran aspal yang dapat tercapai hingga sebelum aspal tersebut putus. Pengujian ini mengacu pada SNI 2432 : 2011.

3) Titik Nyala Dan Titik Bakar dengan *Cleveland Open Cup*

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur suhu dimana aspal mulai dapat mengeluarkan nyala api dan terbakar akibat pemanasan dengan menggunakan *Cleveland Open Cup*. Suhu yang didapatkan ini adalah sebagai simulasi terhadap suhu maksimum yang bisa terjadi pada aspal sampai aspal mengalami kerusakan permanen. Pengujian ini mengacu pada SNI 2433 : 2011.

4) Titik Lembek Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui suhu dimana aspal mulai lembek dan dapat digunakan dengan menggunakan alat *Ring* dan *Ball*. Pengujian ini mengacu pada SNI 2434 : 2011.

5) Viskositas Bahan-Bahan Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan tingkat kekentalan (viskositas) aspal keras menggunakan alat *Saybolt*. Pengujian ini mengacu pada SNI SNI 06-6441-2000.

6) Kehilangan Berat Akibat Pemanasan dengan *Thin-Film Oven Test*.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kehilangan minyak pada aspal akibat pemanasan berulang. Pengujian ini mengacu pada SNI 06-2456-1991.

7) Berat Jenis Aspal Keras

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur berat jenis aspal dengan menggunakan piknometer serta berdasarkan perbandingan berat di udara dengan berat di dalam air. Pengujian ini mengacu pada SNI 2441 : 2011.

C. Pengujian Bahan Pengisi (*Filler*)

Pada pengujian ini *Filler* yang akan digunakan adalah semen. *Filler* semen yang akan digunakan adalah yang lolos saringan No.200.

3. Tahap III atau Mix Desain

Dalam proses pembuatan campuran / Mix Desain pada penelitian ini mengacu pada standar Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 revisi 3. Didalam spesifikasi perencanaan tersebut sudah terdapat aturan - aturan yang baku untuk tata cara pembuatan Mix Desain.

4. Tahap IV atau Pembuatan Sampel

Pada penelitian ini untuk pembuatan sampel dibuat di laboratorium PT Lutvindo Wijaya Perkasa. Dalam penelitian ini pembuatan dan pengujian dilakukan sebanyak dua kali, yaitu yang pertama pembuatan sampel dan pengujian karakteristik dengan rencana kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7% dengan jumlah tiap variasinya sebanyak 3 sampel dengan melakukan rendaman menggunakan air tawar dengan suhu 60⁰c selama 30 menit untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum dan yang kedua pembuatan sampel berdasarkan kadar aspal optimum dan melakukan pengujian karakteristik marshallnya dengan melakukan rendaman menggunakan air tawar sebanyak 3 sampel dan air laut sebanyak 3 sampel dengan suhu 60⁰c selama 30 menit.

5. Tahap V atau Pengujian Karakteristik *Marshall*

Pada penelitian ini parameter Marshall yang diuji meliputi *Stabilitas*, *Flow*, *Marshall Quotient*, *VIM*, *VMA* dan *VFB*. Dari hasil pengujian yang telah didapatkan kemudian disusun sehingga berbentuk format laporan hasil awal pengujian.

Adapun langkah-langkah pengujian *Marshall* adalah sebagai berikut.

1. Untuk mendapatkan nilai VIM, VMA, VFB, MQ sampel yang telah selesai dipadatkan dengan menggunakan alat penumbuk di diamkan hingga suhu sampel menyesuaikan suhu ruangan atau suhu normal, kemudian sampel aspal padat tersebut dikeluarkan dari cetakan dengan menggunakan alat ejektor. Setelah sampel dikeluarkan dari cetakan kemudian sampel direndam kedalam ember atau wadah yang telah berisi air selama 24 jam. Setelah sampel direndam kemudian sampel tersebut diangkat dan dikeringkan lalu sampel ditimbang dengan menggunakan timbangan yang sudah terkalibrasi sesuai Standar Nasional Indonesia.
2. Untuk mendapatkan nilai Stabilitas dan Flow benda uji direndam kedalam bak perendaman (*water bath*) selama 30 menit sampai 45

menit dengan suhu tetap 60°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$) untuk benda uji yang menggunakan aspal padat.

3. Mengeluarkan benda uji dari bak perendaman atau dari oven dan meletakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan.
4. Memasang segmen atas di atas benda uji dan meletakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
5. Memasang arloji pengukur kelelahan (*flow*) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
6. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji.
7. Mengatur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.
8. Memberikan pembebanan benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm/menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan mencatat pembebanan maksimum (*stability*) yang dicapai, untuk benda uji yang tebalnya tidak sebesar 63,5 mm, dikoreksi bebannya dengan faktor perkalian yang bersangkutan dari tabel angka korelasi beban (*stabilitas*).
9. Mencatat nilai kelelahan (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur *flow* pada saat pembebanan maksimum tercapai.

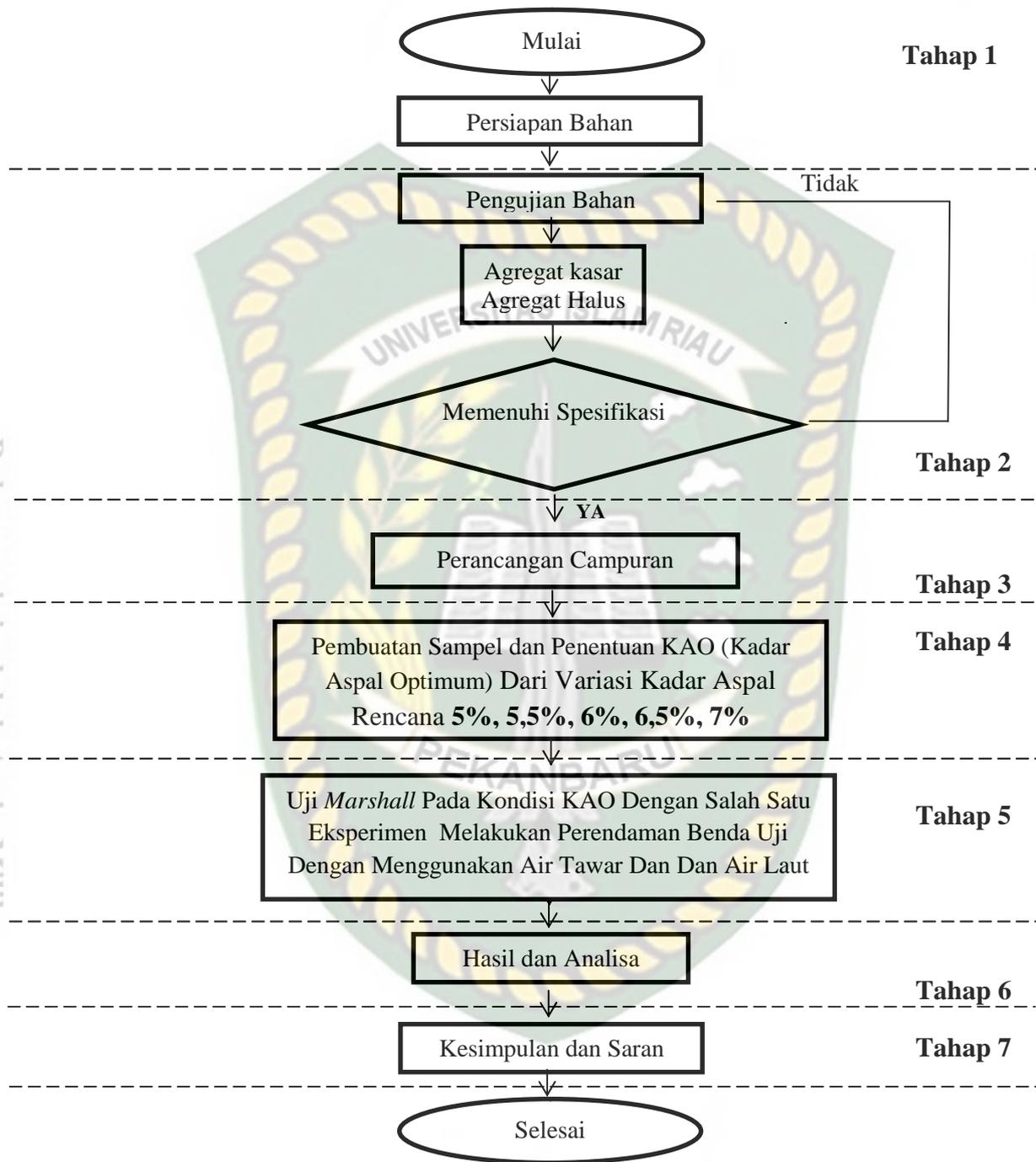
6. Tahap VI atau Hasil dan Analisa

Pada tahap ini, data yang telah diperoleh dari hasil pengujian, kemudian dianalisa untuk mendapatkan suatu pembahasan yang dilakukan pada penelitian ini.

7. Tahap VII atau Kesimpulan

Kesimpulan, Pada tahap ketujuh ini, dari data yang telah diperoleh dan telah dianalisa, kemudian bisa ditarik kesimpulannya yang berhubungan dengan tujuan pada penelitian ini.

Untuk lebih jelasnya mengenai tahapan - tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 4.9



Gambar 4.9 Bagan Alir Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Pemeriksaan Bahan Penyusun Laston

Sebelum digunakan sebagai bahan pada campuran ACWC, semua material atau bahan penyusun dalam pembuatan ACWC harus melakukan pengujian karakteristiknya terlebih dahulu. Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah material yang digunakan telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi III dalam hal tersebut mengacu juga dengan Standar Nasional Indonesia (SNI), ASTM dan AASHTO. Pengujian dilakukan di Laboratorium PT.LUTVINDO WIJAYA PERKASA.

5.2. Hasil Pengujian Agregat

Sebelum melakukan pengujian pada karakteristik *Marshall*, terlebih dahulu melakukan pengujian pada agregat kasar, agregat medium dan abu batu. Pengujian agregat yang dilakukan meliputi analisis saringan, berat jenis, dan abrasi atau kekuatan material.

Hasil dari pengujian yang dilakukan ini harus memenuhi spesifikasi dan sesuai standar yang digunakan dengan acuan yaitu Spesifikasi Umum Bina Marga (2010) Revisi 3.



Gambar 5.1 Pengujian Agregat atau analisa saringan

5.2.1. Hasil Uji Abrasi

Proses pengujian abrasi perlu dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kekuatan yang dimiliki material yang berasal dari kampar tersebut. Untuk menguji kekuatan agregat dapat menggunakan mesin *Los Angeles Test*. Adapun hasil pengujian abrasi dapat dilihat pada Tabel 5.1

Tabel 5.1 Hasil Uji Abrasi

Tabel Pengujian							
Gradasi pemeriksaan				Jumlah putaran = 500 putaran			
Ukuran Saringan				Type gradasi = A			
Lolos Saringan		Tertahan Saringan		Sampel 1		Sampel 2	
				Berat awal (a)		Berat awal (a)	
mm	inch	mm	inch	(gr)		(gr)	
75	3	63	2 1/2				
63	2 1/2	50	2				
50	2	37,5	1 1/2				
37,5	1 1/2	25	1	1250		1250	
25	1	19	3/4	1250		1250	
19	3/4	12,5	1/2	1250		1250	
12,5	1/2	9,5	3/8	1250		1250	
9,5	3/8	6,3	1/4				
6,3	1/4	4,75	No. 4				
4,75	No. 4	2,36	No. 8				
Jumlah Berat (gr)				5000		5000	
Berat Tertahan Saringan No 12 (1,7 mm) sesudah percobaan (b)				3772,8		3610,4	
Abrasi				$\frac{a - b}{a} \times 100\% = 2454\%$		$\frac{a - b}{a} \times 100\% = 2779\%$	
RATA - RATA KEAUSAN				26,17% < (spek 40%)			

Dari tabel 5.1 dapat dilihat bahwa nilai abrasi yang diperoleh yaitu 26,17 % nilai tersebut berada dibawah batas maksimum tingkat keausan 40 %..

5.2.2. Hasil Uji Agregat Kasar

Proses penyaringan agregat untuk campuran dilakukan secara manual menggunakan satu set alat penyaring yang mempunyai standar berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010.

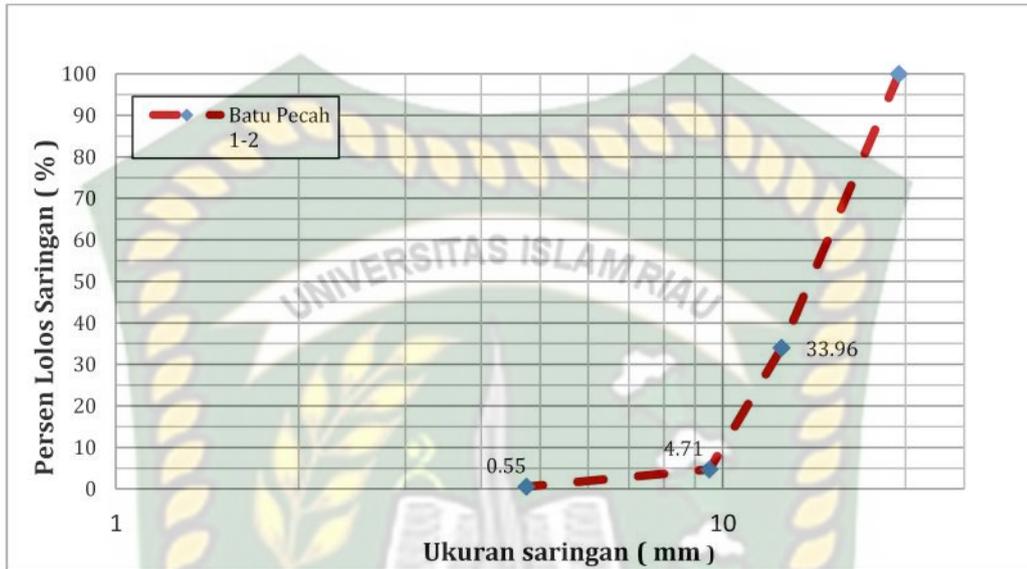
Agregat yang berhasil disaring dipisahkan dan kemudian dikumpulkan untuk digunakan dalam campuran pada benda uji. Adapun hasil dari pengujian agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.2

Tabel 5.2 Hasil Analisa saringan Agregat Kasar

Nomor Saringan		Berat Tertahan		Persen Tertahan		Persen Lolos		Rata2
mm	inch	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	
19,5	3/4"	0,0	0,0	0,00	0,00	100,0	100,0	100,00
12,5	1/2"	2539,9	2214,2	66,33	65,75	33,67	34,25	33,96
9,5	3/8"	3668,4	3191,8	95,80	94,78	4,2	5,22	4,71
4,75	No. 4	3810,4	3347,1	99,51	99,39	0,49	0,61	0,55
2,36	No. 8	3821,5	3353,1	99,80	99,57	0,2	0,43	0,32
1,18	No. 16	3822,7	3359,9	99,83	99,77	0,17	0,23	0,20
0,6	No. 30	3829,2	3367,6	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00
0,3	No. 50	3829,2	3367,6	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00
0,15	No.100	3829,2	3367,6	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00
0,075	No. 200	3829,2	3367,6	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00

Berdasarkan tabel 5.2 dapat dijelaskan untuk hasil analisa saringan agregat kasar dengan saringan dengan ukuran no.3/4 lolos 100%, saringan no.1/2 lolos 33,96 %, saringan dengan ukuran no.3/8 lolos 4,71 %, saringan ukuran no.4 lolos

0,55%, saringan dengan ukuran no.8 persentase lolos 0,32 %. Dari tabel 5.2 dapat dituangkan kedalam grafik dan dapat dilihat pada gambar 5.2



Gambar 5.2 Grafik Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar

Dari hasil analisa saringan diatas kemudian dapat dihitung untuk penentuan berat jenis pada agregat kasar. Hasil pengujian berat jenis agregat kasar dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut

Tabel 5.3 Hasil Uji Agregat Kasar

Pemeriksaan	Rumus	Sampel I	Sampel II	Rata-rata	Spek
Berat Jenis Bulk	$BK/(BJ-BA)$	2,621	2,622	2,622	Min 2,1
Berat Jenis Permukaan Jenuh (SSD)	$BJ/(BJ-BA)$	2,635	2,637	2,636	
Berat Jenis Semu (Apparent)	$BK/(BK-BA)$	2,659	2,661	2,660	
Penyerapan	$(BJ-BK)/BK \times 100$	0,542	0,553	0,548	Maks. 2,5

Dari tabel 5.3 tersebut didapat hasil pemeriksaan bahwa untuk berat jenis 2,622 sementara berat jenis permukaan (SSD) 2,636, berat jenis semu (*Apparent*)

2,660 dan penyerapan 0,548. sifat fisik agregat kasar ini memenuhi syarat dan spesifikasi yang ditentukan dalam Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3), sehingga material pada agregat kasar tersebut dapat digunakan dalam penelitian pencampuran aspal pen 60/70.

5.2.3. Hasil Uji Agregat Medium

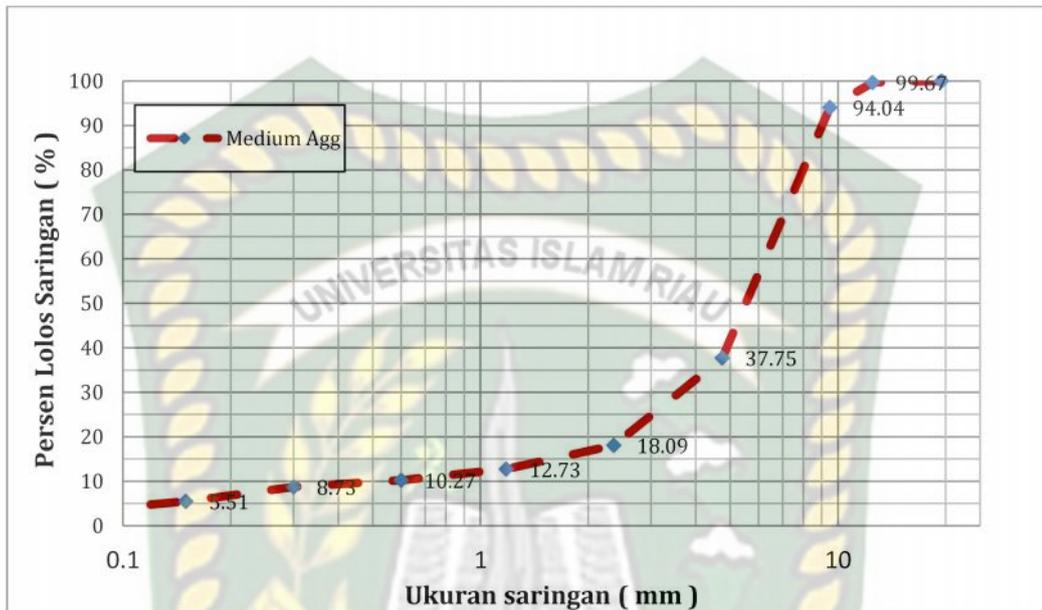
Dalam pembuatan benda uji pada ACWC diperlukan agregat kelas medium, dimana proses penyaringan agregat medium juga sama halnya dengan agregat kasar yang sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3). Adapun hasil dari analisa saringan untuk kelas medium dapat dilihat pada tabel 5.4

Tabel 5.4 Hasil Analisa saringan Agregat Medium

Nomor Saringan		Berat Tertahan		Persen Tertahan		Persen Lolos		Rata2
mm	inch	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	
19,5	3/4"	0,0	0,0	0,00	0,00	100,0	100,0	100,00
12,5	1/2"	3,3	9,9	0,16	0,50	99,84	99,50	99,67
9,5	3/8"	115,1	126,3	5,58	6,35	94,42	93,65	94,04
4,75	No. 4	1285,6	1236,1	62,34	62,16	37,66	37,84	37,75
2,36	No. 8	1701,3	1617,3	82,50	81,33	17,5	18,67	18,09
1,18	No. 16	1804,4	1731,1	87,50	87,05	12,5	12,95	12,73
0,6	No. 30	1847,3	1787,6	89,58	89,89	10,42	10,11	10,27
0,3	No. 50	1878,5	1818,8	91,09	91,46	8,91	8,54	8,73
0,15	No. 100	1943,0	1884,6	94,22	94,77	5,78	5,23	5,51
0,075	No. 200	1990,4	1926,8	96,52	96,89	3,48	3,11	3,30

Berdasarkan tabel 5.4 dapat dijelaskan untuk hasil analisa saringan agregat medium dengan saringan dengan ukuran no.3/4 lolos 100%, saringan no.1/2 lolos 99,67 %, saringan dengan ukuran no.3/8 lolos 94,04 %, saringan ukuran no.4 lolos 37,75%, saringan dengan ukuran no.8 persentase lolos 18,09 % dan saringan

no.200 persentase lolos 3,30 %. Dari tabel 5.4 dapat dituangkan kedalam grafik dan dapat dilihat pada gambar 5.3



Gambar 5.3 Grafik Hasil Analisa Saringan Agregat Medium

Dari hasil analisa saringan diatas kemudian dapat dihitung untuk penentuan berat jenis pada agregat medium. Hasil pengujian berat jenis agregat medium dapat dilihat pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Uji Agregat Medium

Pemeriksaan	Rumus	Sampel I	Sampel II	Rata-rata	Spek
Berat Jenis Bulk	BK-(BJ-BA)	2,590	2,592	2,591	Min 2,1
Berat Jenis Permukaan Jenuh (SSD)	BJ/(BJ-BA)	2,607	2,609	2,608	
Berat Jenis Semu (Apparent)	BK/(BK-BA)	2,634	2,636	2,635	
Penyerapan	(BJ-BK)/BKx100	0,646	0,655	0,650	Maks. 2,5

Dari tabel 5.5 didapat hasil pemeriksaan bahwa untuk berat jenis *bulk* 2,591 sementara berat jenis permukaan (SSD) 2,608 berat jenis semu (*Apparent*) 2,635

dan penyerapan 0,650. Sifat fisik pada agregat medium ini memenuhi syarat dan spesifikasi yang ditentukan dalam Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3), sehingga material pada agregat kasar tersebut dapat digunakan dalam penelitian pencampuran aspal pen 60/70.

5.2.4. Hasil Uji Agregat Halus Atau Abu Batu

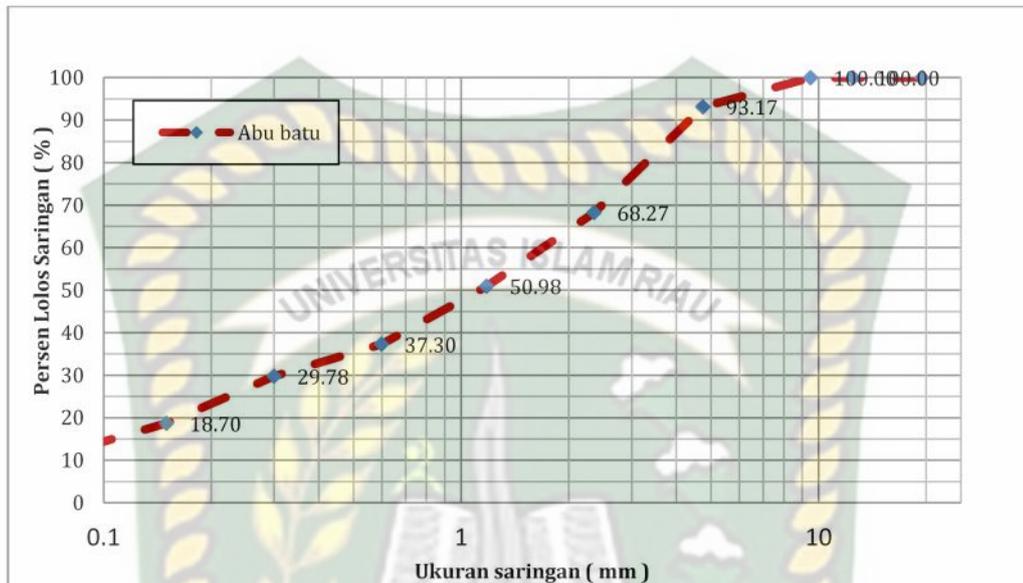
Abu batu memiliki peranan yang sangat penting dalam proses pembuatan ACWC, abu batu yang digunakan harus sesuai aturan dan memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan. Adapun hasil uji analisa saringan untuk abu batu dapat dilihat pada tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil Analisa saringan Abu Batu

Nomor Saringan		Berat Tertahan		Persen Tertahan		Persen Lolos		Rata2
mm	inch	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	
19,5	3/4"	0,0	0,0	0,00	0,00	100,00	100,0	100,00
12,5	1/2"	0,0	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
9,5	3/8"	0,0	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
4,75	No. 4	101,7	77,6	7,43	6,23	92,57	93,77	93,17
2,36	No. 8	443,6	386,8	32,40	31,07	67,6	68,93	68,27
1,18	No. 16	727,7	558,8	53,15	44,89	46,85	55,11	50,98
0,6	No. 30	865,7	774,0	63,23	62,18	36,77	37,82	37,30
0,3	No. 50	966,2	869,9	70,57	69,88	29,43	30,12	29,78
0,15	No. 100	1120,8	1005,2	81,86	80,75	18,14	19,25	18,70
0,075	No. 200	1212,6	1105,1	88,56	88,78	11,44	11,22	11,33

Berdasarkan tabel 5.6 di dapat dijelaskan untuk hasil analisa saringan agregat halus atau abu batu dengan saringan dengan ukuran no.3/4 lolos 100%, saringan no.1/2 lolos 100 %, saringan dengan ukuran no.3/8 lolos 100 %, saringan ukuran no.4 lolos 93,17 %, saringan dengan ukuran no.8 persentase lolos 68,27 % dan

saringan no.200 persentase lolos 11,33 %. Dari tabel 5.6 dapat dituangkan kedalam grafik dan dapat dilihat pada gambar 5.4



Gambar 5.4 Grafik Hasil Analisa Saringan Abu batu

Dari hasil analisa saringan diatas kemudian dapat dihitung untuk penentuan berat jenis pada agregat halus atau abu batu. Hasil pengujian berat jenis agregat halus dapat dilihat pada tabel 5.5.

Tabel 5.7 Hasil Uji Abu Batu

Pemeriksaan	Rumus	Sampel I	Sampel II	Rata-rata	Spek
Berat Jenis Bulk	$A/(B+500-C)$	2,593	2,597	2,595	Min 2,1
Berat Jenis Permukaan Jenuh (SSD)	$500/(B+500-C)$	2,616	2,618	2,617	
Berat Jenis Semu (Apparent)	$A/(B+A-C)$	2,655	2,652	2,653	
Penyerapan	$(BJ-BK)/BK \times 100$	0,888	0,786	0,837	Maks. 3

Dari tabel 5.7 didapat hasil pemeriksaan bahwa untuk berat jenis *bulk* 2,595 sementara berat jenis permukaan (SSD) 2,617 berat jenis semu (*Apparent*) 2,653

dan penyerapan 0,837. Sifat fisik pada agregat abu batu ini memenuhi syarat dan spesifikasi yang ditentukan dalam Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3), sehingga material pada agregat abu batu tersebut dapat digunakan dalam penelitian pencampuran aspal pen 60/70.

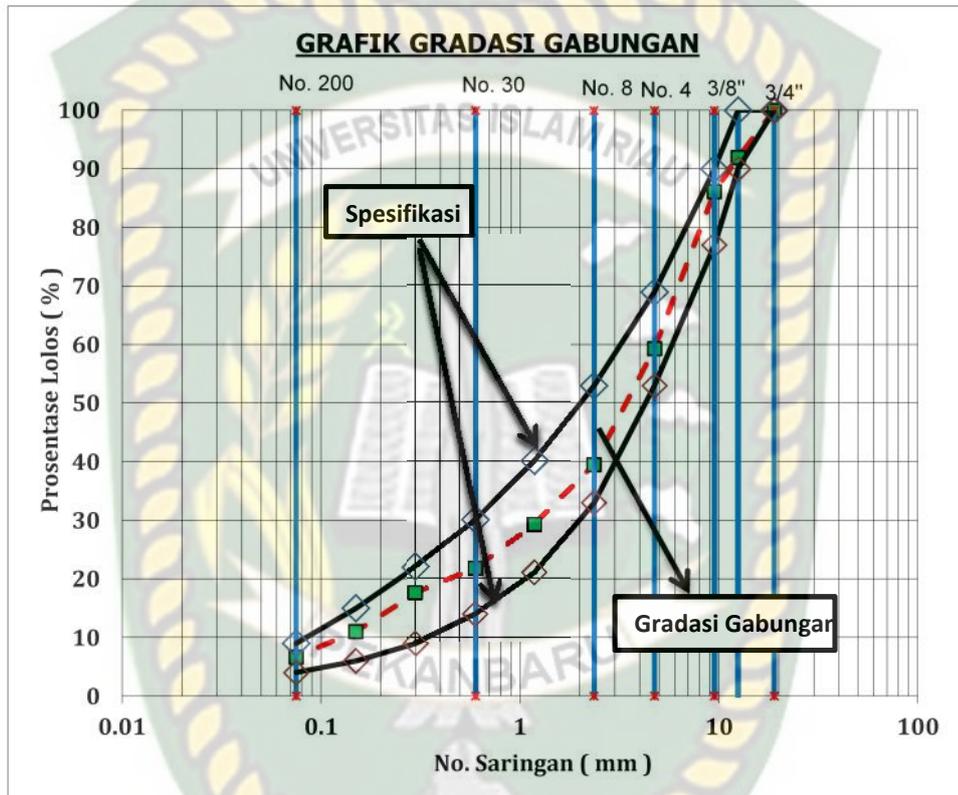
5.2.5. Hasil Gradasi Gabungan

Pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3) Gradasi yang dipakai dalam penelitian ini berdasarkan kurva ideal batas atas dan batas bawah yang masih masuk ke dalam spesifikasi untuk pembuatan ACWC. Dalam memperoleh gradasi campuran, maka untuk kombinasi masing masing agregat campuran ditentukan oleh agregat kasar, agregat medium dan filler dengan cara analitis. Hasil perhitungan proporsi agregat campuran pada Laston Lapis Aus (AC-WC) dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Gradasi Gabungan

Uraian	Ukuran Saringan										
	ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
(mm)	19	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075	
Data Material											
Batu Pecah 1 - 2	100,0	34,0	4,7	0,55	0,32	0,20	-	-	-	-	-
Medium Agg	100,0	99,7	94,04	37,75	18,09	12,73	10,27	8,73	5,51	3,30	
Abu Batu	100,0	100,0	100,0	93,17	68,27	50,98	37,30	29,78	18,70	11,33	
Pasir	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Komp. Camp (%)											
Batu Pecah 1 - 2	12%	12,00	4,08	0,57	0,07	0,04	0,02	-	-	-	-
Medium Agg	41%	41,00	40,86	38,55	15,48	7,41	5,22	4,21	3,58	2,26	1,35
Abu Batu	47%	47,00	47,00	47,00	43,79	32,08	23,96	17,53	13,99	8,79	5,33
Pasir		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Campuran	100	100,0	91,94	86,12	59,33	39,54	29,20	21,74	17,57	11,04	6,68
Spesifikasi Gradasi											
Max	100,0	100,0	90,0	69,0	53,0	40,0	30,0	22,0	15,0	9,0	
Min	100,0	90,0	77,0	53,0	33,0	21,0	14,0	9,0	6,0	4,0	
Spek Ideal	100,0	95,00	83,50	61,00	43,00	30,50	22,00	15,50	10,50	6,50	

Tabel 5.8 menerangkan percobaan komposisi gradasi agregat yang di pakai dalam penelitian ini yaitu komposisi yang masuk dalam rentang spesifikasi yang di syaratkan. Adapun campuran yang digunakan adalah abu batu 47%, medium agregat 41 % dan agregat batu pecah 1-2 12 %. Data dalam proporsi campuran Tabel 5.8 dapat digambarkan dalam bentuk grafik seperti Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Gradasi Gabungan

Gambar 5.5 menerangkan tentang penggambaran kurva gradasi gabungan yang di pakai dalam penelitian ini. Berdasarkan komposisi yang dipakai pada tabel 5.8 kemudian di plotkan ke dalam grafik, sehingga kurva gradasi yang digunakan masih masuk dalam spesifikasi diantara kurva batas atas dan batas bawah. Sehingga campuran gradasi tersebut bisa dilgunakan untuk membuat campuran AC-WC Pen 60/70.

5.3 Perkiraan Campuran Kadar Aspal Rencana (P_b)

Dari penelitian di laboratorium untuk perkiraan campuran AC-WC pen 60/70 dengan menggunakan material Quarry kampak dapat dicoba dengan proporsi campuran pada tabel 5.9.

Tabel. 5.9 Perkiraan Campuran Kadar Aspal

Perkiraan Kadar Aspal Rencana										
CAF	Agregat Kasar Lolos Saringan No.8					100,0	-	39,54	=	60,46 %
FAF	Agregat Halus Lolos Saringan No.8 dan Tertahan No.200					39,54	-	6,68	=	32,86 %
FF	Agregat Halus Lolos Saringan No.200					6,68			=	6,68 %
Constanta = 0,5 - 1									=	1
									Total =	100,0 %
$P_b = 0.035 (\% CAF) + 0.045 (\% FAF) + 0.18 (\% FF) + \text{Konstanta}$										

Pada campuran ini peneliti menggunakan parameter P_b untuk menentukan kadar aspal rancangan. $P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% FF) + \text{constant}$ dengan $P_b = 0,035 (100 \times 60,46) + 0,045 (100 \times 32,86) + 0,18 (100 \times 6,68) + 1,00 = 5,8 \%$.

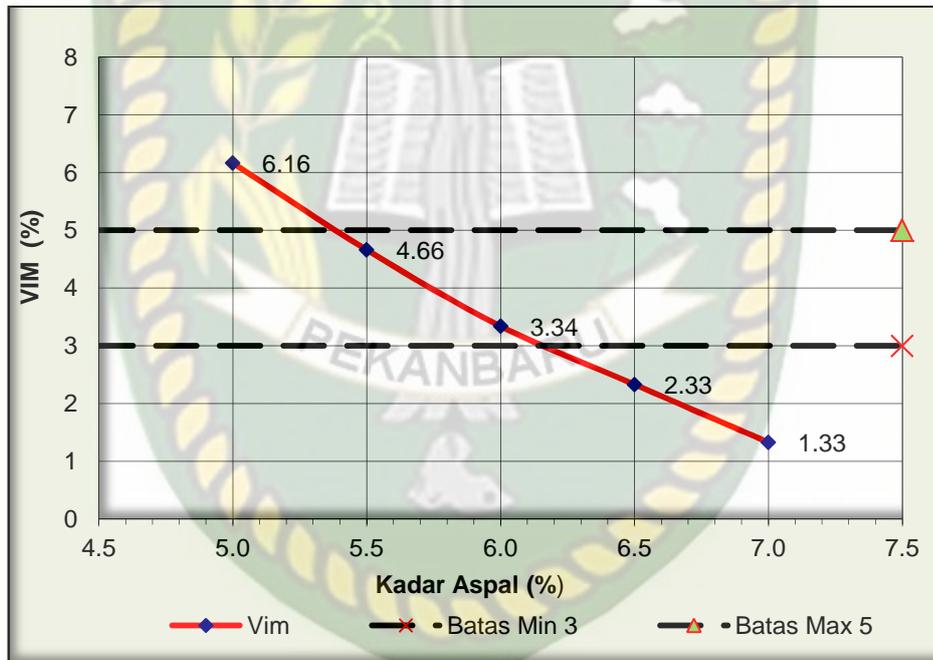
Dari hasil gradasi gabungan yang dilakukan untuk persentase lolos saringan no.8 Agregat Kasar (*Course Agregate*) atau CAF yaitu 60,46 % , untuk agregta halus lolos saringan no.8 dan tertahan saringan no.200 yaitu 32,86 % dan Agregat Halus lolos saringan no.200 sebesar 6,68 % . Setelah mendapatkan rancangan ini maka peneliti mencoba membuat kembali sampel dengan percobaan variasi sampel 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% dilaboratorium untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum berdasarkan pembuatan sampel sebanyak 15 benda uji dengan parameter pengujian *Marshall* meliputi *Density*, *VIM (Void In Mix)*, *VFB*

(Void Filled Bitumen), VMA (Void Mineral Aggregate), Stabilitas, Flow, Marshall Quotient.

5.3.1 Hubungan Antara Rencana Kadar Aspal dengan Voids In Mix (VIM)

Void In Mix (VIM) merupakan presentase rongga dalam campuran. Semakin tinggi nilai VIM berarti menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous.

Hubungan antara kadar aspal dengan Voids In Mix (VIM) diambil dengan 3 (tiga) sampel percobaan kadar aspal sebesar 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%. Setelah di formulasikan sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3) maka didapat hasil seperti gambar 5.6.



Gambar 5.6 Grafik Void In mix (VIM)

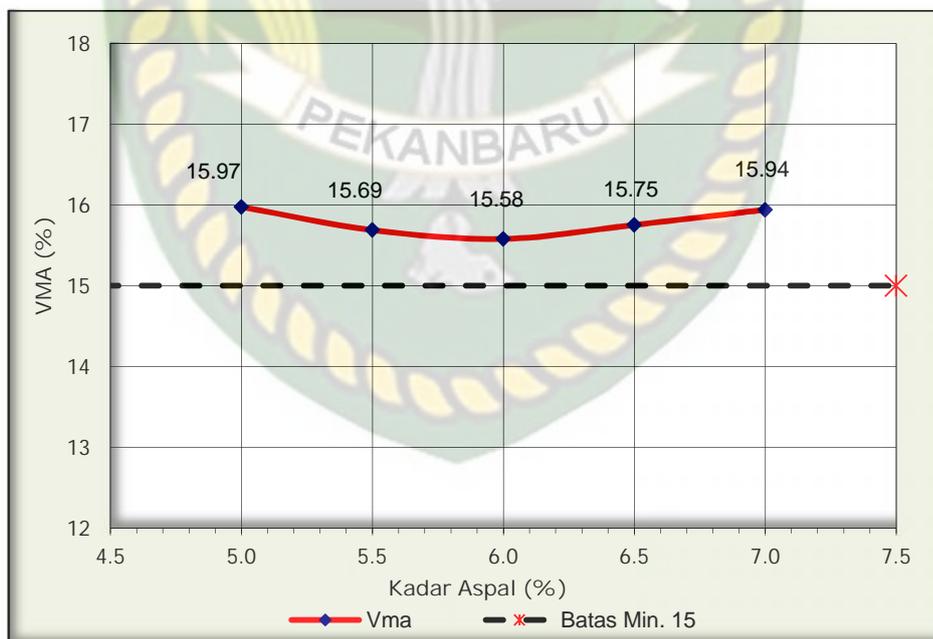
Gambar 5.6 menerangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan Voids In Mix (VIM) pada aspal pen 60/70 dengan bertambahnya kadar aspal maka nilai vim semakin mengecil. Dimana hasil untuk kadar aspal 5 % nilai VIM adalah 6,16 %, untuk kadar aspal 5,5 % mengalami penurunan dengan nilai VIM adalah 4,66 %, untuk kadar aspal 6 % didapat nilai VIM sebesar 3,34 %, kadar aspal 6,5 % didapat nilai VIM sebesar 2,33 % dan kadar aspal 7 % didapat nilai VIM

sebesar 1,33 %. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa kadar aspal 5 % memiliki nilai VIM tertinggi, sementara kadar aspal 5,5 % sampai 6% memiliki nilai VIM yang disyaratkan yaitu berada diantara batas maksimum dan batas minimum, sedangkan kadar aspal 6,5% dan 7% memiliki nilai VIM dibawah dari batas minimum.

5.3.2 Hubungan Antara Rencana Kadar Aspal dengan *Voids Mineral Agregate (VMA)*

Void Mineral Agregat (VMA) adalah rongga diantara butir – butir agregat. Nilai VMA yang terlalu tinggi dapat menyebabkan naiknya aspal kepermukaan saat suhu perkerasan tinggi. Sedangkan VMA terlalu rendah berarti campuran bersifat porous dan mudah teroksidasi.

Hubungan antara kadar aspal dengan rongga dalam agregat (VMA) menggunakan kadar aspal sebesar 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% dapat dilihat pada gambar 5.7.



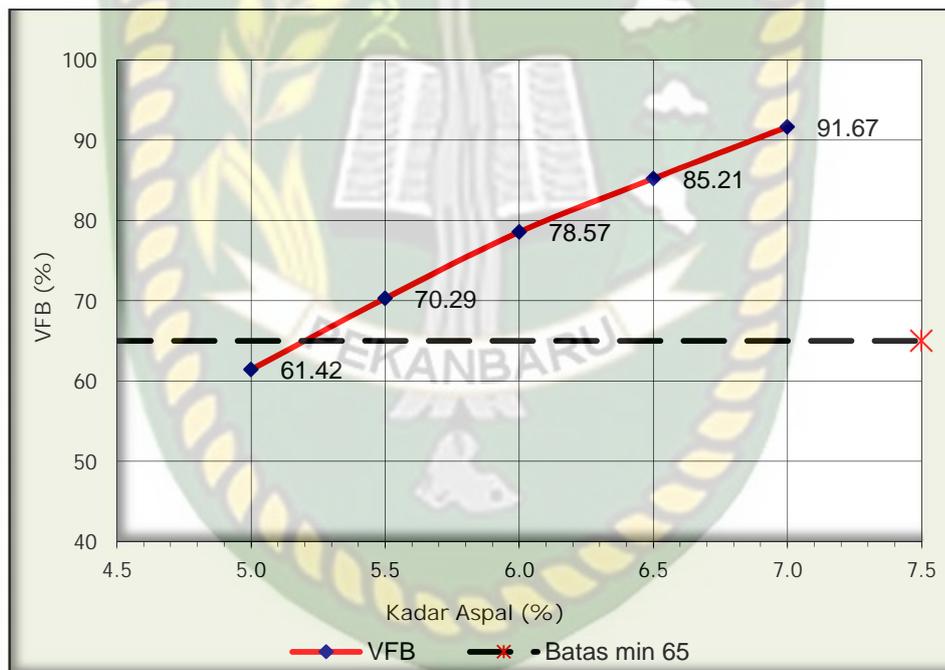
Gambar 5.7 Grafik *Voids Mineral Agregate (VMA)*

Gambar 5.7 menerangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan *Voids Mineral Agregate (VMA)* pada aspal pen 60/70 dimana setiap kadar aspal memiliki nilai yang berbeda dan berada diatas batas minimum 15%. Dimana hasil

untuk kadar aspal 5 % nilai VMA adalah 15,97 %, kadar aspal 5,5 % didapat nilai VMA adalah 15,69 %, kadar aspal 6 % didapat nilai VMA sebesar 15,58 %, kadar aspal 6,5 % didapat nilai VMA sebesar 15,75 % dan kadar aspal 7 % didapat nilai VMA sebesar 15,94 %. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa kadar aspal 7 % memiliki nilai VMA tertinggi, sementara kadar aspal 6 % memiliki nilai terendah, berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3).

5.3.3 Hubungan Antar Kadar Aspal dengan *Void Filled Bitumen*(VFB)

Hubungan Antar Kadar Aspal dengan *Void Filled Bitumen* (VFB) atau rongga terisi aspal pada penelitian ini sesuai dengan ketentuan spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3) dapat dilihat pada gambar 5.8



Gambar 5.8 Grafik *Void Filled Bitumen* (VFB)

Gambar 5.8 menerangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan *Void Filled Bitumen* (VFB) pada aspal minyak pen 60/70 dimana terjadi perbedaan hasil yang dimiliki setiap kadar aspal rencana. Dimana hasil untuk kadar aspal 5 % nilai VFB adalah 61,42 %, kadar aspal 5,5 % didapat nilai VFB adalah 70,29 %, kadar aspal 6 % didapat nilai VFB sebesar 78,57 %, kadar aspal 6,5 % didapat nilai VFB sebesar 85,21 % dan kadar aspal 7 % didapat nilai VFB sebesar 91,67

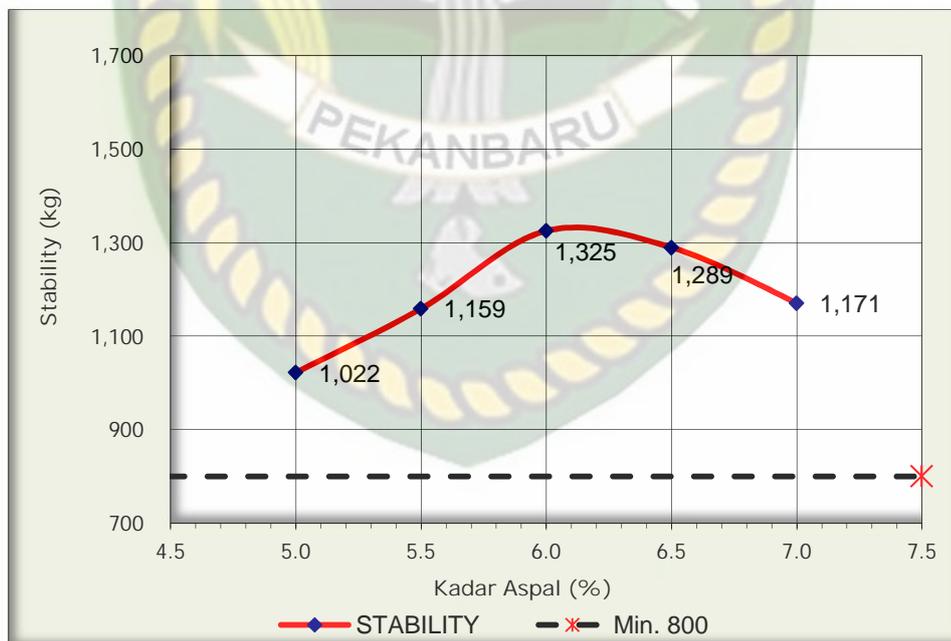
%. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa kadar aspal 5 % berada dibawah dari batas minimum yang telah ditetapkan yaitu 65 %, sementara kadar aspal 7% memiliki nilai tertinggi yaitu 91,67 % dan memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3)..

5.3.4 Hubungan Antara Rencana Kadar Aspal dengan Stabilitas Marshall

Stabilitas *Marshall* merupakan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu-lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) seperti gelombang, alur (*rutting*), maupun mengalami *bleeding*.

Nilai stabilitas *Marshall* dapat dipengaruhi oleh kohesi atau penetrasi aspal, kadar aspal, gesekan (*internal friction*), sifat saling mengunci (*interlocking*) dari partikel-partikel agregat, bentuk dan tekstur permukaan, serta gradasi agregat.

Grafik hubungan antar kadar aspal dengan stabilitas *Marshall* dibuat sesuai dengan standar baku spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3) dapat dilihat pada gambar 5.9 berikut



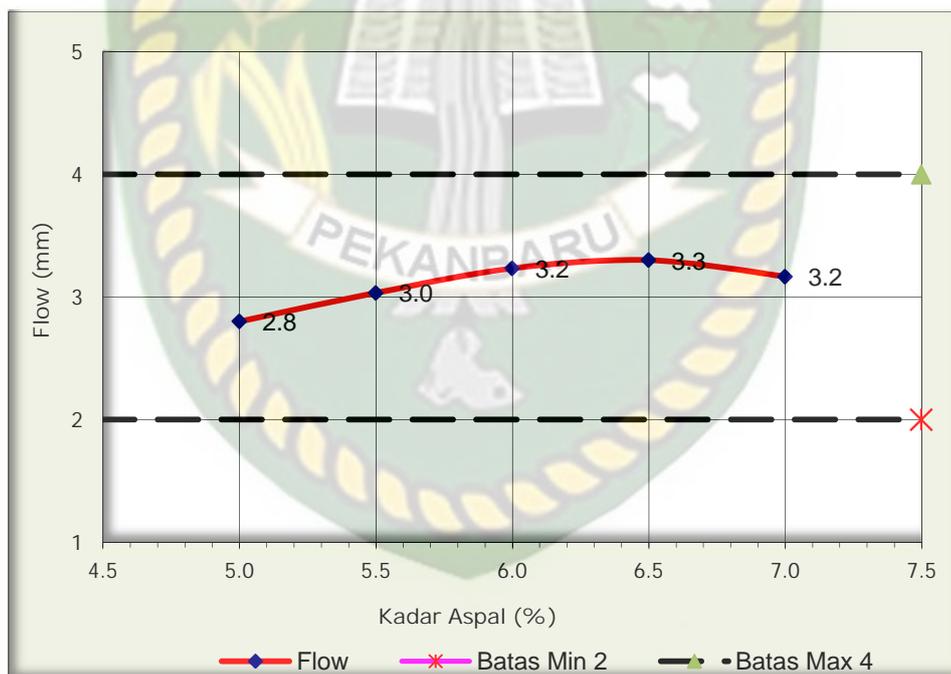
Gambar 5.9 Grafik *Stabilitas Marshall*

Gambar 5.9 menerangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas *Marshall* pada aspal minyak pen 60/70 mengalami peningkatan kekuatan pada kadar aspal 6% dan mengalami penurunan pada kadar aspal 7%.

Dimana hasil untuk kadar aspal 5 % memiliki nilai 1.022 Kg, kadar aspal 5,5 % memiliki nilai 1.159 Kg, kadar aspal 6 % memiliki nilai 1.325 Kg, kadar aspal 6,5 % memiliki nilai 1.289 Kg, dan kadar aspal 7 % memiliki nilai 1.171 Kg. Dari data ini dapat dijelaskan bahwa nilai stabilitas *Marshall* masih berada diatas batas minimum 800 kg yang telah ditetapkan berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3).

5.3.5 Hubungan Antar Kadar Aspal dengan *Marshall Flow* (MF)

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. Hubungan antara kadar aspal dengan *Marshall Flow* (MF) dapat dilihat pada gambar 5.10 berikut



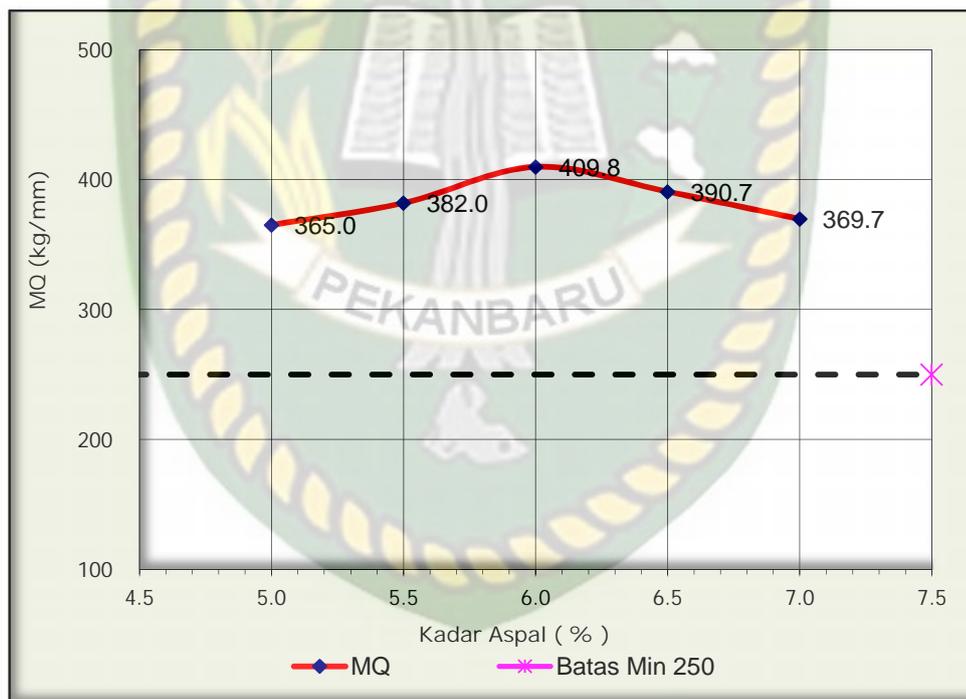
Gambar 5.10 Grafik *Marshall Flow*

Gambar 5.10 menerangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan *Marshall Flow* pada aspal minyak pen 60/70. Dimana hasil untuk kadar aspal 5 % memiliki nilai 2,8 mm, kadar aspal 5,5 % memiliki nilai 3,0 mm, kadar aspal 6 % memiliki nilai 3,2 mm, kadar aspal 6,5 % memiliki nilai 3,3 mm, dan kadar aspal 7 % memiliki nilai 3,2 mm. Dari data ini dapat dijelaskan bahwa nilai *Marshall*

Flow atau kelelahan masih berada diantara batas maksimum 4 mm dan batas minimum 2 mm, artinya nilai kelelahan tersebut memuhi spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3).

5.3.6 Hubungan Antara Rencana Kadar Aspal dengan *Marshall Quotient* (MQ)

MQ atau *Marshall Quotient* merupakan sifat kekakuan suatu campuran. Bila nilai MQ terlalu tinggi, maka campuran akan cenderung terlalu kaku dan mudah terjadi keretakan. Sedangkan nilai MQ terlalu rendah, maka perkerasan menjadi terlalu lentur dan cenderung kurang stabil. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan *Marshall Quotient* (MQ) yang telah diperoleh dapat dilihat pada gambar 5.11 berikut.



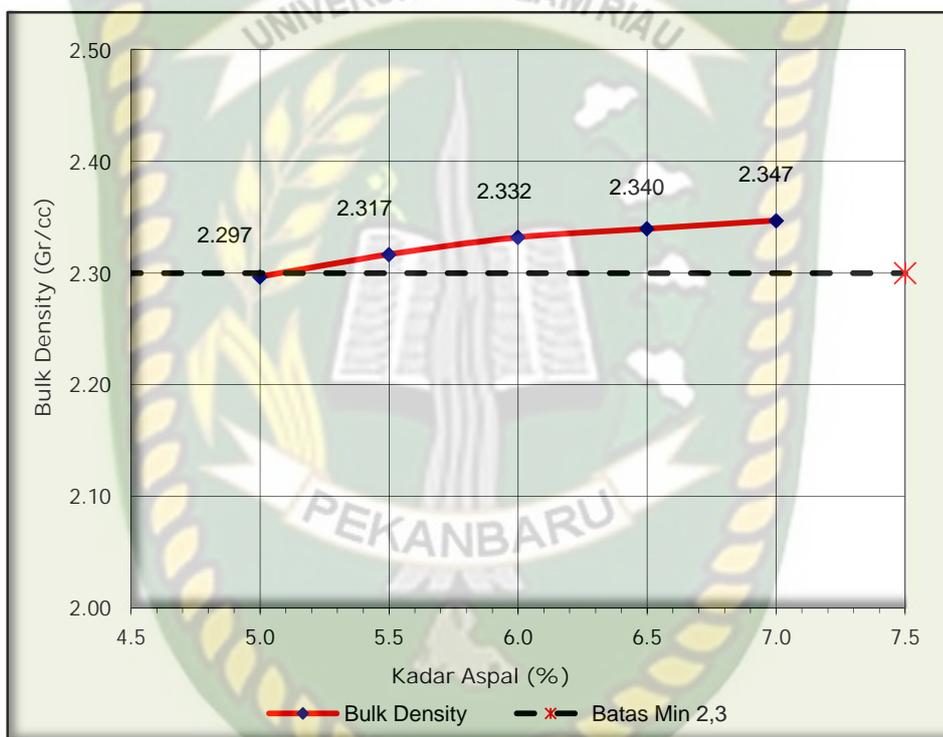
Gambar 5.11 Grafik *Marshall Quotient*

Gambar 5.11 menerangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan *Marshall Quotient* pada aspal minyak pen 60/70 dimana pada kadar aspal 6% memiliki nilai tertinggi 409,8 kg/mm dibandingkan kadar aspal yang lainnya. Hasil untuk kadar aspal 5 % memiliki nilai 365,0 Kg/mm, kadar aspal 5,5 % memiliki nilai 382,0 Kg/mm, kadar aspal 6 % memiliki nilai 409,8 Kg/mm, kadar

aspal 6,5 % memiliki nilai 390,7 Kg/mm, dan kadar aspal 7 % memiliki nilai 369,7 Kg/mm. Dari data ini dapat dijelaskan bahwa nilai *Marshall Quotient* masih berada diantara batas minimum 250 Kg/mm, artinya nilai *Marshall quotient* tersebut memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3).

5.3.7 Hubungan Antara Rencana Kadar Aspal dengan *Bulk Density* / BD

Nilai BD atau *Bulk Density* adalah nilai berat campuran per satuan volume setelah di padatkan. Nilai BD dapat dilihat pada gambar 5.12 berikut



Gambar 5.12 Grafik *Bulk Density*

Gambar 5.12 menerangkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan *Bulk Density* pada aspal minyak pen 60/70 dengan batas minimum 2,3 Gr/cc. Dimana hasil untuk kadar aspal 5 % memiliki nilai 2,297 Gr/cc, kadar aspal 5,5 % memiliki nilai 2,317 Gr/cc, kadar aspal 6 % memiliki nilai 2,332 Gr/cc, kadar aspal 6,5 % memiliki nilai 2,340 Gr/cc, dan kadar aspal 7 % memiliki nilai 2,347 Gr/cc. Dari data ini dapat dijelaskan bahwa nilai *Bulk Density* pada kadar aspal 5% berada dibawah batas minimum 2,30 Gr/cc, artinya kadar aspal 5% tersebut tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3).

5.4. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Pen 60/70

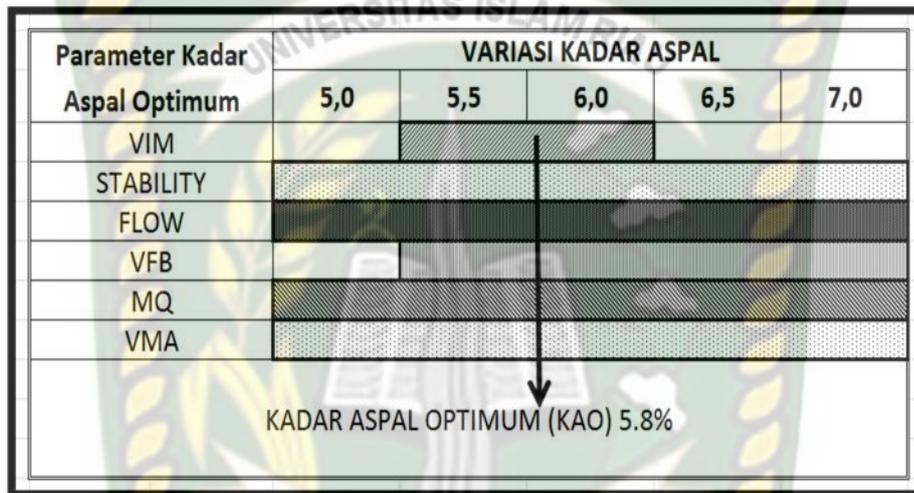
Dari hasil pengujian *Density*, *VMA*, *VIM*, *VFB*, *Stabilitas*, *Flow* dan *Marshall Quotinet* dengan variasi kadar aspal yang digunakan 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, dimana nilai – nilai tersebut dapat menentukan kadar aspal optimum pada aspal minyak pen 60/70. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 5.10 berikut.

Tabel. 5.10 Hasil Uji *Marshall* Penentuan kadar Aspal Optimum (KAO)

PARAMETER MARSHALL	KADAR ASPAL %					SYARAT SPESIFIKASI
	5	5,5	6	6,5	7	
STABILITAS MARSHALL (KG)	1022	1159	1325	1289	1171	MIN 800
VIM (%)	6,16	4,66	3,34	2,33	1,33	MIN 3 - MAKS 5
VMA (%)	15,97	15,69	15,58	15,75	15,94	MIN 15
FLOW (%)	2,8	3,0	3,2	3,3	3,2	MIN 2 - MAKS 4
VFB (%)	61,42	70,29	78,57	85,21	91,67	MIN 65
MQ (Kg/mm)	365	382	409,8	390,7	369,7	MIN 300
BULK DENSITY (Gr/cc)	2,297	2,317	2,332	2,34	2,347	MIN 2,30

Dari pembacaan data pada tabel 5.10 untuk Aspal Minyak Pen 60/70 dengan menggunakan material dari Kampar, untuk nilai stabilitas Marshall dengan syarat spesifikasi 800kg, kadar aspal yang memenuhi yaitu 5% = 1022 kg, 5,5% = 1159 Kg, 6% = 1325 Kg, 6,5% = 1289 kg, dan 7% = 1171 Kg. Sedangkan untuk nilai VIM dengan syarat spesifikasi batas minimum 3% dan Maksimum 5% yang memenuhi yaitu kadar aspal 5% = 6,16%, kadar aspal 5,5% = 4,66%, dan kadar aspal 6% = 3,34%. Untuk nilai VMA dengan syarat spesifikasi minimum 15% yang memenuhi yaitu kadar aspal 5% = 15,97%, 5,5% = 15,69%, 6% = 15,58%, 6,5% = 15,75%, 7% = 15,94%. Untuk nilai Flow dengan syarat spesifikasi minimum 2% dan maksimum 4% yang memenuhi yaitu kadar aspal 5% = 2,8 %, 5,5% = 3,0%, 6% = 3,2%, 6,5% = 3,3%, 7% = 3,2%. Untuk nilai VFB dengan syarat spesifikasi minimum 65% yang memenuhi yaitu kadar aspal 5,5% =

70,29%, 6% = 78,57%, 6,5% = 85,21%, 7% = 91,67%. Untuk nilai MQ dengan syarat spesifikasi minimum 300 Kg/mm yang memenuhi yaitu kadar aspal 5% = 365 Kg/mm 5,5% = 382 Kg/mm, 6% = 409,8 Kg/mm, 6,5% = 390,7 Kg/mm, 7% = 369,7 Kg/mm. Untuk nilai BD dengan syarat spesifikasi minimum 2,30 Gr/cc yang memenuhi yaitu kadar aspal 5,5% = 2,317 Gr/cc, 6% = 2,332 Gr/cc, 6,5% = 2,34 Gr/cc, 7% = 2,347 Gr/cc. Dari data tersebut kemudian dapat dituangkan kedalam bentuk kurva, untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 5.13.



Gambar 5.13 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Dari pembacaan data sekunder pada tabel 5.10 Aspal Minyak Pen 60/70 dengan menggunakan material dari Kampar, didapat kadar aspal optimum jenis aspal minyak pen 60/70 adalah 5,8 %. Nilai tersebut diambil dari parameter yang seimbang antara nilai parameter kiri dan kanan sesuai persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3).

Setelah didapat kadar aspal optimum kemudian dilanjutkan dengan pembuatan sampel berdasarkan kadar aspal optimum 5,8% sebanyak 6 (enam) benda uji, dimana 3 benda uji dilakukan perendaman dengan menggunakan air laut dan 3 benda uji menggunakan air tawar.

5.5. Hasil Perendaman Air Tawar dan Air Laut dengan KAO 5,8 %

Setelah kadar aspal optimum diperoleh maka benda uji dibuat kembali berdasarkan kadar aspal 5,8%, kemudian benda uji direndam selama 24 jam

menggunakan air tawar dan air laut untuk mendapatkan nilai *VIM*, *VMA*, *VFB*, *MQ*, dan *BULK DENSITY*. Sementara untuk mendapatkan nilai *STABILITAS MARSHALL* dan *FLOW* benda uji direndam menggunakan alat *waterbath* selama 30 – 40 menit dengan suhu 60⁰C. untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 5.11 berikut.

Tabel. 5.11 Hasil Uji Rendaman Air Tawar dan Air Laut Sesuai Kadar Aspal Optimum (KAO) 5,8%

PARAMETER MARSHALL	RENDAMAN AIR TAWAR	RENDAMAN AIR LAUT	SYARAT SPESIFIKASI
	KAO 5,8 (%)	KAO 5,8 (%)	
STABILITAS MARSHALL (KG)	1272	1087	MIN 800
VIM (%)	4,00	3,59	MIN 3 - MAKS 5
VMA (%)	15,74	15,38	MIN 15
FLOW (%)	3,13	2,73	MIN 2 - MAKS 4
VFB (%)	74,58	76,67	MIN 65
MQ (Kg/mm)	405,84	397,83	MIN 300
BULK DENSITY (Gr/cc)	2,32	2,33	MIN 2,30

Dari tabel 5.11 dapat dijelaskan bahwa lapisan AC-WC pen 60/70 dengan kadar aspal optimum (KAO) 5,8 % yang melakukan rendaman pada air laut dapat menurunkan nilai *Stabilitas Marshall*, *Vim*, *Vma*, *Flow*, *Mq*, sedangkan untuk *Vfb* dan *Bulk Density* untuk perendaman air laut lebih tinggi dibandingkan air tawar, disini dapat dilihat bahwa air laut dapat mengisi rongga hingga berat jenis pada benda uji menjadi lebih tinggi dibandingkan menggunakan air tawar. Untuk lebih jelas hasil perbandingannya sebagai berikut :

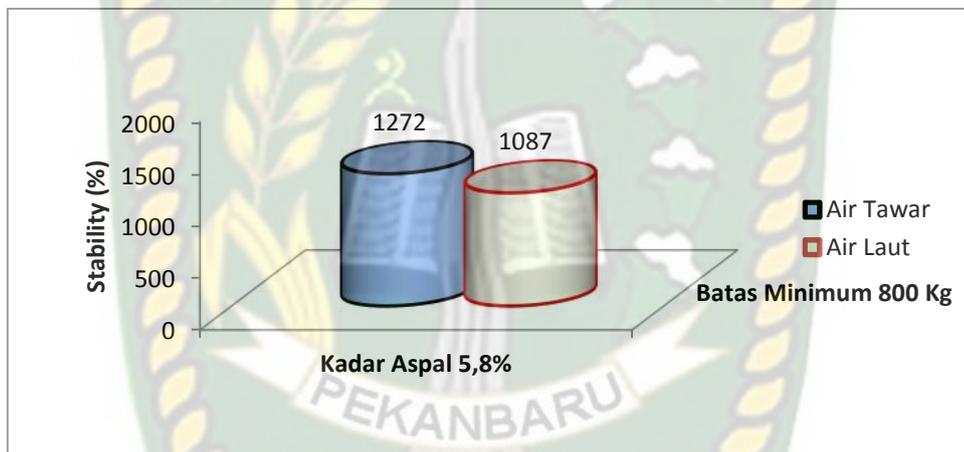
1. Perbandingan *Stability Marshall* Perendaman Air Tawar dan Air Laut dengan KAO 5,8 %

Dari analisa dan pembahasan pada tabel 5.11 terdapat perbedaan antara nilai *stability Marshall* rendaman air tawar dengan nilai rendaman air laut. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 5.12

Tabel. 5.12 Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut (Stabilitas *Marshall*)

PARAMETER MARSHALL	SYARAT SPESIFIKASI BINA MARGA	RENDAMAN AIR TAWAR	RENDAMAN AIR LAUT	DEVIASI (%)
		KAO 5,8%	KAO 5,8%	
STABILITAS MARSHALL(Kg)	Min 800	1272	1087	14,5 %

Berdasarkan Tabel 5.12 nilai stabilitas *Marshall* rendaman air tawar dan rendaman air laut terdapat perbedaan sebesar 185 Kg. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 5.14 berikut.



Gambar 5.14 Grafik *Stability Marshall* Perbandingan Antara Rendaman Air Tawar dan Air Laut

Gambar 5.14 adalah perbandingan nilai stabilitas *Marshall* antara rendaman air tawar dan air laut yang menunjukkan bahwa rendaman air tawar memiliki nilai 1.272 Kg lebih tinggi dibandingkan sampel aspal yang direndam menggunakan air laut yaitu 1.087 Kg, artinya stabilitas antara kedua sampel tersebut memiliki penurunan sebesar 14,5 %. Berdasarkan grafik diatas nilai stabilitas dengan kadar aspal 5,8% sama – sama masih memenuhi spesifikasi Bina Marga Revisi 3 (2010).

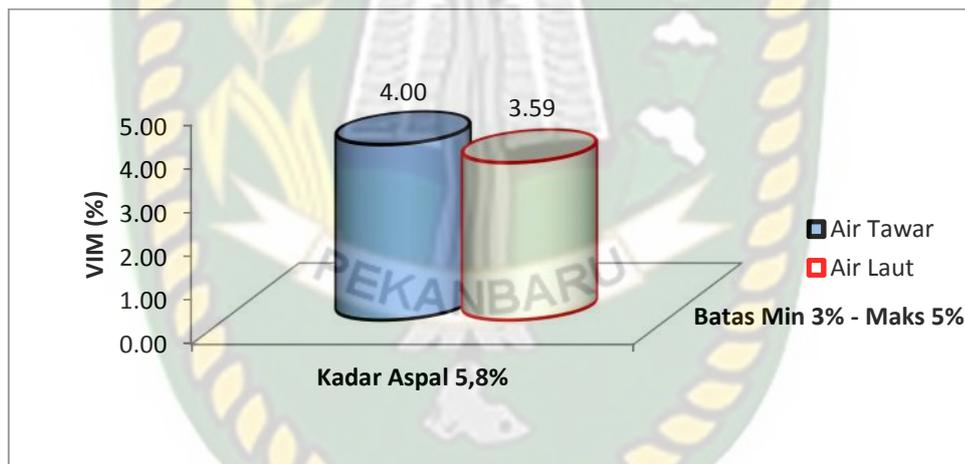
2. Perbandingan *Voids In Mix* (VIM) Perendaman Air Tawar dan Air Laut dengan KAO 5,8 %

Dari analisa dan pembahasan pada tabel 5.11 terdapat perbedaan antara nilai *Voids In Mix (VIM)* rendaman air tawar dengan nilai rendaman air laut. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 5.13

Tabel. 5.13 Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut (VIM)

PARAMETER MARSHALL	SYARAT SPESIFIKASI BINA MARGA	RENDAMAN AIR TAWAR	RENDAMAN AIR LAUT	DEVIASI (%)
		KAO 5,8%	KAO 5,8%	
VIM (%)	<i>Min 3 – Maks 5</i>	4,00	3,59	10,25%

Berdasarkan tabel 5.13 nilai *Voids In Mixs (VIM)* rendaman air tawar dan rendaman air laut terdapat perbedaan sebesar 10,25 %. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 5.15.



Gambar 5.15 Grafik *Voids In Mix (VIM)* Perbandingan Antara Rendaman Air Tawar dan Air Laut

Gambar 5.15 diatas adalah grafik perbandingan nilai *VIM* antara rendaman air tawar dan air laut dimana air tawar memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan air laut. Dari kurva diatas untuk nilai air tawar 4,00 %, nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan sampel aspal yang direndam menggunakan air laut yaitu 3,59 %, artinya nilai *Voids In Mix (VIM)* antara kedua benda uji tersebut memiliki penurunan sebesar 10,25 %.

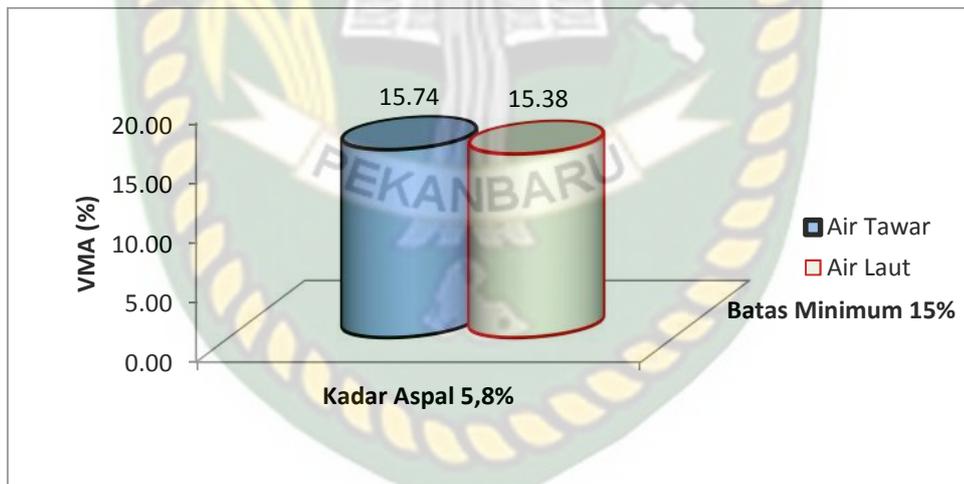
3. Perbandingan *Voids Mineral Agregate* (VMA) Perendaman Air Tawar dan Air Laut dengan KAO 5,8 %

Dari analisa dan pembahasan pada tabel 5.11 terdapat perbedaan antara nilai *Voids Mineral Agregat* (VMA) rendaman air tawar dengan nilai rendaman air laut. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 5.14

Tabel. 5.14 Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut (VMA)

PARAMETER MARSHALL	SYARAT SPESIFIKASI BINA MARGA	RENDAMAN AIR TAWAR	RENDAMAN AIR LAUT	DEVIASI (%)
		KAO 5,8%	KAO 5,8%	
VMA (%)	<i>Minimum 15</i>	15,74	15,38	2,28 %

Berdasarkan tabel 5.14 nilai *Voids Mineral Agregat* (VMA) rendaman air tawar dan rendaman air laut terdapat perbedaan sebesar 2,28 %. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 5.16.



Gambar 5.16 Grafik *Voids Mineral Agregate* (VMA) Perbandingan Antara Rendaman Air Tawar dan Air Laut

Gambar 5.16 adalah grafik perbandingan nilai *Voids Mineral Agregate* (VMA) antara rendaman air tawar dan air laut, dengan nilai air tawar 15,74 % lebih tinggi dibandingkan sampel aspal yang direndam menggunakan air laut yaitu 15,38 %, artinya nilai *Voids In Mix* (VIM) antara kedua sampel tersebut memiliki penurunan sebesar 2,28 %.

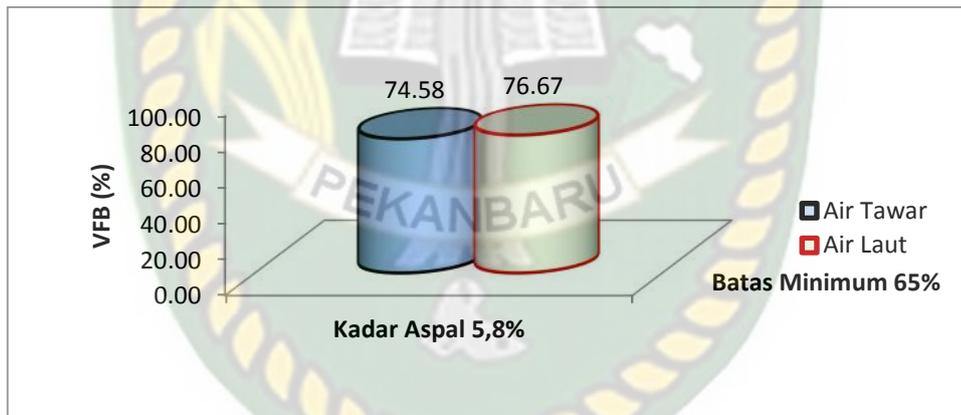
4. Perbandingan *Void Filled Bitumen (VFB)* Perendaman Air Tawar dan Air Laut dengan KAO 5,8 %

Dari analisa dan pembahasan pada tabel 5.11 terdapat perbedaan antara nilai *Voids Filled Bitumen (VFB)* rendaman air tawar dengan nilai rendaman air laut. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 5.15

Tabel. 5.15 Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut (VFB)

PARAMETER MARSHALL	SYARAT SPESIFIKASI BINA MARGA	RENDAMAN AIR TAWAR	RENDAMAN AIR LAUT	DEVIASI (%)
		KAO 5,8%	KAO 5,8%	
VFB (%)	Minimum 65	74,58	76,67	2,80 %

Berdasarkan tabel 5.15 nilai *Voids Filled Bitumen (VFB)* rendaman air tawar dan rendaman air laut terdapat perbedaan sebesar 2,80 %. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 5.17.



Gambar 5.17 Grafik *Void Filled Bitumen* Perbandingan Air Tawar dan Air Laut

Gambar 5.17 adalah grafik perbandingan nilai *Void Filled Bitumen (VFB)* anantara rendaman air tawar dan air laut, untuk aspal pen 60/70 dengan kadar aspal 5,8% memiliki nilai air tawar 74,58 %, nilai ini lebih rendah dibandingkan sampel aspal yang direndam menggunakan air laut yaitu 76,67 %, artinya air laut dapat memengaruhi nilai *Void Filled Bitumen (VFB)*. Dari kedua sampel tersebut antara rendaman air tawar dan rendaman air laut memiliki deviasi sebesar 2,80 %, dan terlihat jelas bahwa rongga yang terisi aspal terpengaruh akibat adanya rendaman pada air laut.

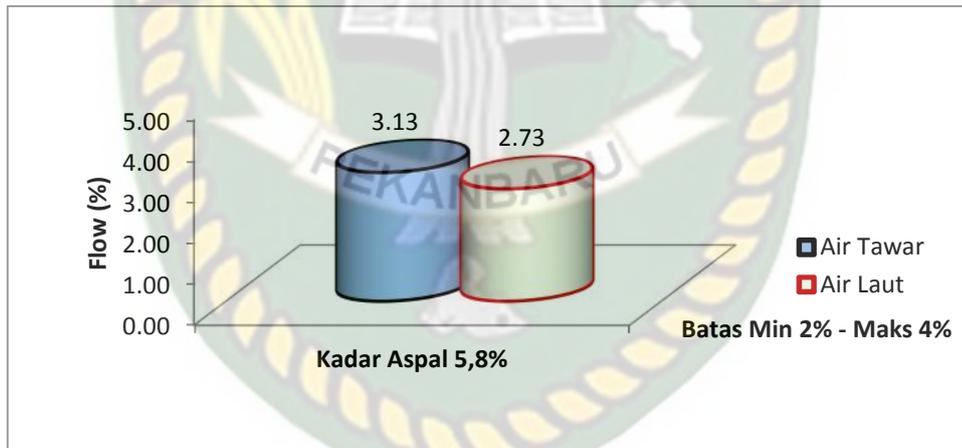
5. Perbandingan *Marshall Flow* Perendaman Air Tawar dan Air Laut dengan KAO 5,8 %

Dari analisa dan pembahasan pada tabel 5.11 terdapat perbedaan antara nilai *Marshall Flow* rendaman air tawar dengan nilai rendaman air laut. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 5.16

Tabel. 5.16 Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut (FLOW)

PARAMETER MARSHALL	SYARAT SPESIFIKASI BINA MARGA	RENDAMAN AIR TAWAR	RENDAMAN AIR LAUT	DEVIASI (%)
		KAO 5,8%	KAO 5,8%	
Flow (%)	<i>Min 2 – Maks 4</i>	3,13	2,73	12,78 %

Berdasarkan tabel 5.16 nilai *Flow* rendaman air tawar dan rendaman air laut terdapat perbedaan sebesar 12,78 %. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 5.18.



Gambar 5.18 Garafik *Marshall Flow* (MF) Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut

Gambar 5.18 adalah grafik perbandingan nilai *Marshall Flow* atau nilai kelelehan anatara sampel rendaman air tawar dan sampel rendaman air laut, adapun nilai pada rendaman air tawar 3,13 % lebih tinggi dibandingkan sampel aspal yang direndam menggunakan air laut yaitu 2,73 %, artinya tingkat kelelehan pada penelitian ini terjadi penurunan akibat direndam menggunakan air laut sebesar 12,78 %.

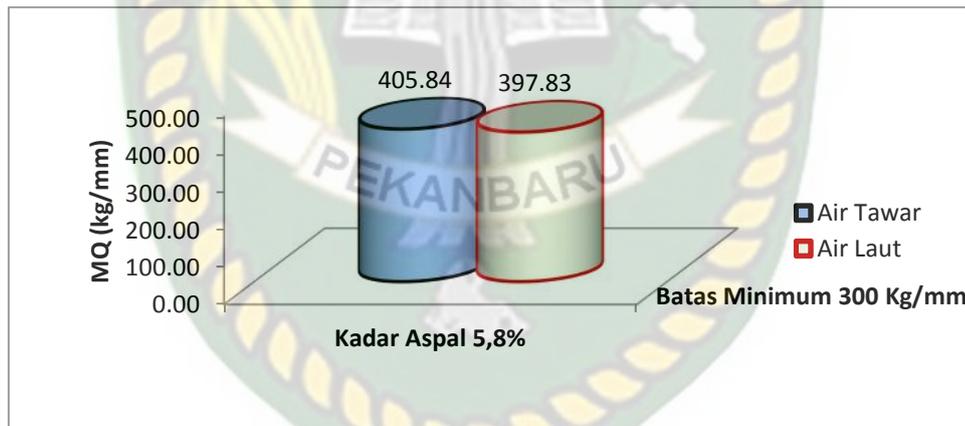
6. Perbandingan *Marshall Quotient (MQ)* Perendaman Air Tawar dan Air Laut dengan KAO 5,8 %

Dari analisa dan pembahasan pada tabel 5.11 terdapat perbedaan antara nilai *Marshall Quotient (MQ)* rendaman air tawar dengan nilai rendaman air laut. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 5.17

Tabel. 5.17 Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut (MQ)

PARAMETER MARSHALL	SYARAT SPESIFIKASI BINA MARGA	RENDAMAN AIR TAWAR	RENDAMAN AIR LAUT	DEVIASI (%)
		KAO 5,8%	KAO 5,8%	
MQ (Kg/mm)	Min 300	405,84	397,83	1,98 %

Berdasarkan tabel 5.17 nilai *Marshall Quotient (MQ)* rendaman air tawar dan rendaman air laut terdapat perbedaan sebesar 1,98 %. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 5.19.



Gambar 5.19 Grafik *Marshall Quotient* Perbandingan Antara Rendaman Air Tawar dan Air Laut

Gambar 5.19 diatas adalah grafik perbandingan nilai *Marshall Quotient (MQ)* atau nilai hasil bagi *Marshall* antara sampel rendaman air tawar yaitu 405,84 Kg/mm, nilai ini lebih tinggi dibandingkan sampel aspal yang direndam menggunakan air laut yaitu 397,83Kg/mm, artinya nilai *Marshall quotient (MQ)* antara kedua sampel tersebut memiliki penurunan sebesar 1,98 %.

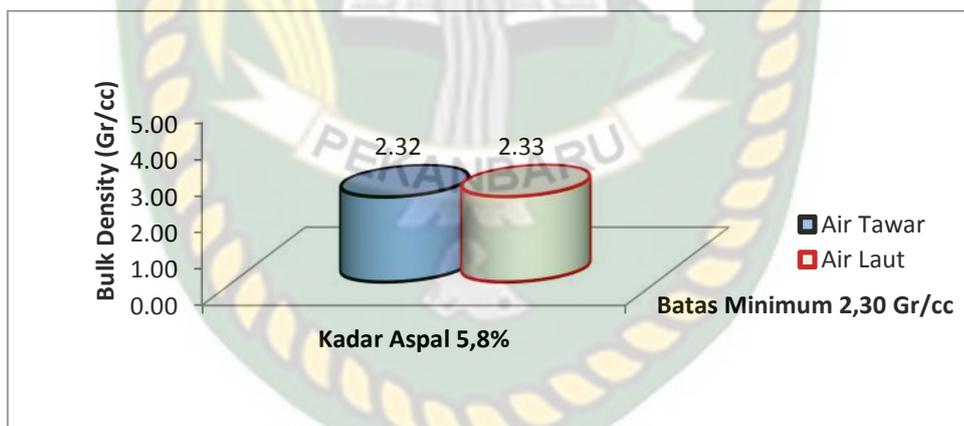
7. Perbandingan *Bulk Density (BD)* Perendaman Air Tawar dan Air Laut dengan KAO 5,8 %

Dari analisa dan pembahasan pada tabel 5.11 terdapat perbedaan antara nilai *Bulk Density (BD)* rendaman air tawar dengan nilai rendaman air laut. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 5.18

Tabel. 5.18 Perbandingan Rendaman Air Tawar dan Air Laut (BD)

PARAMETER MARSHALL	SYARAT SPESIFIKASI BINA MARGA	RENDAMAN AIR TAWAR	RENDAMAN AIR LAUT	DEVIASI (%)
		KAO 5,8%	KAO 5,8%	
BD (Gr/cc)	Min 2,30	2,32	2,33	0,43 %

Berdasarkan tabel 5.18 nilai *Bulk Density (BD)* rendaman air tawar dan rendaman air laut terdapat perbedaan sebesar 0,43 %. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 5.20.



Gambar 5.20 Grafik *Bulk Density (BD)* Perbandingan Antara Rendaman Air Tawar dan Air Laut

Gambar 5.20 adalah grafik perbandingan *Bulk Density* antara rendaman air tawar dan air laut, adapun rendaman air tawar memiliki nilai 2,32 Gr/cc, nilai ini lebih rendah dibandingkan sampel aspal yang direndam menggunakan air laut yaitu 2,33 Gr/cc, artinya air laut berpengaruh dalam penambahan nilai berat jenis sehingga antara air tawar dengan air laut memiliki penurunan sebesar 0,43 %.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan terhadap jenis aspal minyak pen 60/70 pada campuran AC-WC dengan melakukan percobaan perendaman menggunakan air tawar dan air laut untuk mengetahui nilai Marshall, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Dari hasil pengujian yang dilakukan dilaboratorim pada campuran aspal minyak pen 60/70 pada lapisan AC-WC bahwa air laut dan air tawar sama sama dapat merusak atau mengurangi keawetan pada lapisan aspal. Berdasarkan dari hasil penelitian ini bahwa rendaman yang menggunakan air laut memiliki pengaruh lebih besar sebagai perusak lapisan aspal dibandingkan dengan rendaman pada air tawar.
2. Dari hasil perbandingan pada pengujian menggunakan alat *marshall test* dilaborarorium untuk campuran aspal minyak pen 60/70, nilai stabilitas Marshall yang dilakukan dengan rendaman menggunakan air tawar yaitu 1.272 Kg dan hasil dari rendaman air laut sebesar 1.087 Kg sehingga nilai tersebut memiliki deviasi sebesar 14,5 %, sedangkan untuk nilai kelelahan (*Flow*) dari rendaman air tawar dan rendaman air laut memiliki deviasi sebesar 12,78 %. Berdasarkan hasil data tersebut bahwa pengaruh atau akibat dari rendaman air laut memiliki dampak negatif lebih besar dari pada air tawar, air laut terlihat jelas dapat mengurangi atau menurunkan tingkat kekuatan, keawetan dan kelelahan lebih tinggi dibandingkan air tawar pada aspal minyak pen 60/70.

6.2 Saran

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

1. Untuk dapat melakukan penelitian lebih lanjut atau lebih mengembangkan penelitian ini seperti pemilihan atau pemakaian jenis aspal yang berbeda,

material yang berbeda, durasi atau lama rendaman, serta menggunakan penetrasi aspal yang berbeda.

2. Air merupakan musuh utamanya aspal, untuk itu perlu disarankan bagi pemerintah dan pelaku jasa konstruksi agar setiap perkerasan lentur yang berada didaerah pesisir yang berdekatan dengan laut sebisa mungkin dapat mengamankan perkerasan agar tidak terkena langsung oleh air laut, karena air laut dapat merusak atau mengurangi kekuatan dan keawetan pada struktur perkerasan lebih tinggi dibandingkan air tawar.
3. Perlu adanya kajian lanjutan dengan penggunaan spesifikasi Bina Marga terbaru. Sehingga penelitian terus berkembang seiring dengan terbitnya acuan terbaru Standar Nasional Indonesia, maka dapat diketahui perbedaan dan inovasi terkait dengan campuran aspal panas pada umumnya dan lapisan AC-WC pada khususnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga. 1990. SK SNI M 58-1990-03. *Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*. Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Bina Marga. 1990. SNI-03-1968. *Metode Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar*. Pustran Balitbang Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Bina Marga. 1990. SNI-03-1969. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Pustran Balitbang Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Bina Marga. 1990. SNI-03-1970. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Bina Marga. 2000. SNI-06-6441. *Metode Pengujian Viskositas Bahan Aspal*. Pustran Balitbang Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Bina Marga. 2003. RSNI-M-01. *Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall*. Pustran Balitbang Pekerjaan Umum. Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Bina Marga. 2010. *Spesifikasi Campuran Beraspal Panas pada Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Edisi 2010*. Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Bina Marga. 2010 (Revisi 3). Divisi 6. *Spesifikasi Perkerasan Aspal*. Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Carla, Vonne. 2015. *Pengaruh Suhu Dan Durasi Terendamnya Perkerasan Beraspal Panas Terhadap Stabilitas dan Kelelahan (Flow)* Universitas Sam Ratulangu, Manado.
- Chairuddin, Firdaus. 2013. *Kajian Eksperimental Dampak Genangan Air Hujan Terhadap Struktur Asphal Pavement*. Universitas Hasanuddin, Makasar.
- Dairi, G. 1995. *Bahan Perkerasan Jalan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Dwi, Setiawan. 2014. *Pengaruh Penuaan Dan Lama Perendaman Terhadap Durabilitas Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (Ac-Wc)*. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Fahmi, Rizal. 2017. *Pengaruh Lama Rendaman Air Laut Terhadap Durabilitas Campuran Aspal Beton Menggunakan Aspal Pen.60/70 Yang Disubstitusi Limbah Ethylene Vinyl Acetate (Eva)*. Universitas Syiah Kuala, Aceh.

Kodoatie, Robert J., dan Roestam, Sjarief. 2010. *Tata Ruang Air*. Yogyakarta

N.Alfred Dando, 2016. *Analisis Pengaruh Perendaman Air Hujan Terhadap Kinerja Campuran Aspal Berongga Berbasis Asbuton Butir (Bga)*. Universitas Hasanuddin, Makasar.

Purnomo Rudi, 2018. *Pengaruh Rendaman Air Laut Terhadap Parameter Marshall Dan Indeks Kekuatan Sis Pada Campuran Aspal Beton (AC-WC) Dengan Subtitusi Filler Batu Kapur*. Universitas Negeri Malang, Malang.

Suhingtyas Novita Dewi, 2017. *Analisa Dampak Rendaman Air Laut Terhadap Durabilitas Dan Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Concrete-Binder Cours*. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

Siswosoebroto, 8.I. 1997. *Pengaruh Suhu Pematatan terhadap Split Mastic Asphalt (SMA)*. Universitas Andalas, Padang.

Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Bandung.

Sukirman, S. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*, Jakarta.

Wiyono, S. 2009. *“Bahan Konstruksi dan Material Jalan”*. Bahan Ajar Kuliah Sifat Dan Bahan Konstruksi Jalan, Program Pascasarjana Teknik Sipil Universitas Islam Riau, Pekanbaru.

