

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU BATANG JAGUNG
TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA
ASPAL AC-WC**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Islam Riau*



Oleh

RAY NOFRIANDI

143110615

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2020

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU BATANG JAGUNG TERHADAP
KARAKTERISTIK MARSHALL PADA
ASPAL AC-WC**

DISUSUN OLEH

RAY NOFRIANDI
143110615

Diperiksa dan Disetujui oleh :

Prof. Dr. Ir. H, Sugeng Wiyono MMT.
Dosen Pembimbing 1


Tanggal :

Harmiyati ST.,M.Si
Dosen Pembimbing 2


Tanggal :

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN ABU BATANG JAGUNG TERHADAP
KARAKTERISTIK MARSHALL PADA
ASPAL AC-WC

DISUSUN OLEH:

RAY NOFRIANDI

143110615

Telah Disetujui Didepan Dewan Penguji Tanggal 26 Agustus 2020 Dan
Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Untuk Diterima

SUSUNAN DEWAN PENGUJI


Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono MMT
Dosen Pembimbing


Harmiyati ST., M.Si
Dosen Pembimbing 2


Roza Mildawati ,ST.,MT
Dosen Penguji


Firman Syarif ST., M.Eng
Dosen Penguji

Pekanbaru, 26 Agustus 2020
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
FAKULTAS TEKNIK

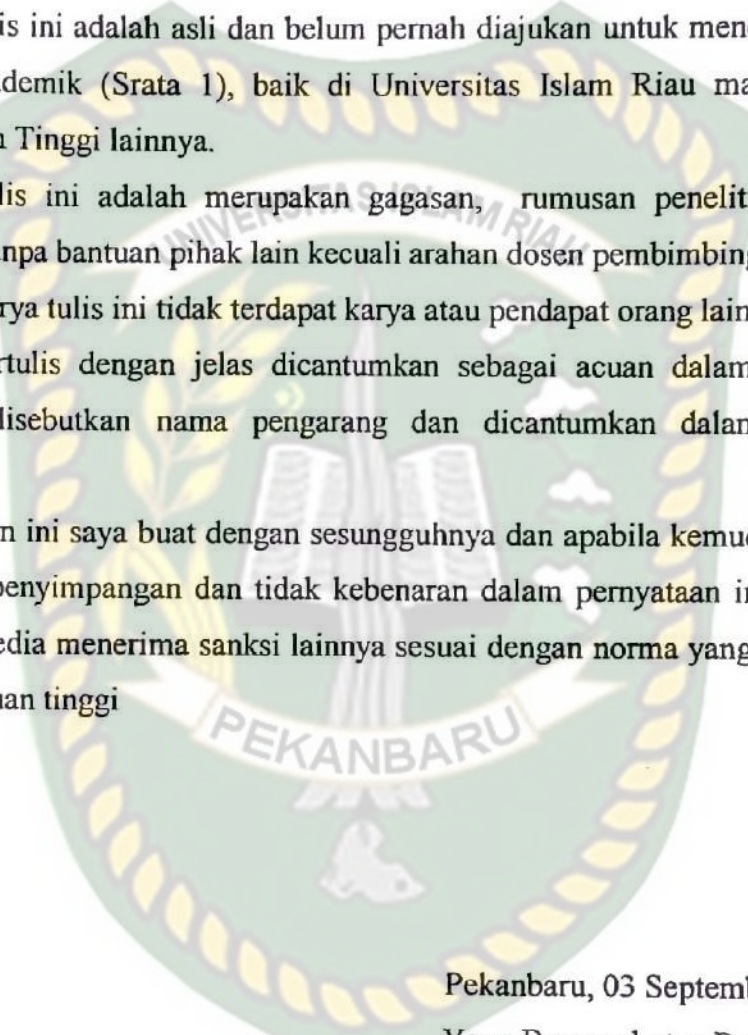
HALAMAN PERNYATAAN

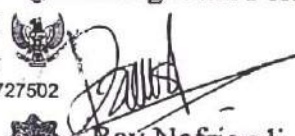
Dengan ini saya menyatakan :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Srata 1), baik di Universitas Islam Riau maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila kemudian hari terdapat penyimpangan dan tidak kebenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi

Pekanbaru, 03 September 2020

Yang Bersangkutan Pernyataan



TGL. 20
BDAHF602727502
000
RUPIAH

Ray Nofriandi
143110615

KATA PENGANTAR

Assalammu'alaikumWr. Wb.

Alhamdulillahrabbi'l'amin, puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah yang diberikan-Nya, sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini.

Penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Progam Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau, Pekanbaru. Adapun judul dari penulisan tugas akhir ini adalah **“Pengaruh Penambahan Abu Batang Jagung Terhadap Karakteristik Marshall Pada Aspal AC-WC”**.

Ada beberapa alasan yang ingin dikemukakan penulis dalam pengambilan judul Tugas Akhir ini karena penulis ingin mengetahui secara langsung proses pencampuran dari suatu campuran aspal, yaitu *Asphalt Concrete Wearing Course* dengan menggunakan filler Abu Batang Jagung pada komposisi filler yang berbeda, dan juga untuk mengetahui pengaruhnya terhadap nilai karakteristik *Marshall* antara lain nilai *Stability*, *flow*, *VIM*, *VMA*, *VFA* dan *MQ*.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan yang dibuat baik sengaja maupun tidak sengaja, dikarenakan keterbatasan ilmu pengetahuan dan wawasan serta pengalaman yang penulis miliki. Untuk itu penulis mohon maaf atas segala kekurangan tersebut tidak menutup diri terhadap segala saran dan kritik serta masukan yang bersifat konstruktif bagi diri penulis. Akhir kata semoga dapat bermanfaat bagi penulis sendiri, institusi pendidikan dan masyarakat luas. Amin

Wassalamu'alaikum wr, wb.

Pekanbaru, 09 Juli 2020

Ray Nofriandi

UCAPAN TERIMA KASIH

الرَّحِيمِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Syukur Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT yang telah begitu banyaknya melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Penulis menyadari bahwa penelitian tidak akan terwujud tanpa adanya dorongan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof.Dr. H. Syafrinaldi SH., MCL, selaku Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Dr. Eng Muslim, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
3. Ibu Drs. Mursyidah, Ssi., MSc, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Anas Puri, ST., MT, selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Ir. Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom, selaku Wakil Dekan III Teknik Universitas Islam Riau.
6. Ibu Harmiyati ST., M.Si, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau dan sekaligus sebagai selaku Dosen Pembimbing II.
7. Ibu Sapitri, ST., MT, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
8. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono., MMT., I-PU selaku Dosen Pembimbing I.

9. Ibu Roza Mildawati, ST., MT, selaku Dosen Penguji.
10. Bapak Firman Syarif, ST., M.Eng, selaku Dosen Penguji.
11. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
12. Seluruh Staff Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
13. Penghargaan setinggi-tingginya kepada bapak Syafriaman dan ibu Nurainun selaku orang tua serta Jhony syafri, Dedi Satria, Bunga Febrina, dan Dani Sefnanda selaku abang dan kakak, yang selalu memberikan nasehat-nasehat dan bantuan moril maupun finansial.
14. Buat teman dan sahabat seperjuangan Wisnu Brewok Mata Sayu, Ridwan White MM Bruno Hyper, Adi Rose Blackpink, Master Dzaky F88, Ariadi Tapir, Ingkia Pernah Joki, Musol Stand up comedy, Mulki Serjana Teknik Anak Depok, Bayu28 Surrender, Jefrianto cik prraa, Jeki Bibir Biru Pekat, serta rekan-rekan sipil B dan seluruh Mahasiswa Teknik Sipil Angkatan 2014 Universitas Islam Riau dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Terima Kasih atas segala bantuannya. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi kita semua dan semoga amal baik kita mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT. Amin...

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Pekanbaru, 09 Juli 2020

Penulis

RAY NOFRIANDI
NPM.143110541

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR NOTASI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
ABSTRAK.....	xii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Umum	5
2.2. Penelitian Sebelumnya	5
2.3. Keaslian Penelitian	9
 BAB III LANDASAN TEORI	
3.1. Perkerasan Jalan	10
3.2. Perkerasan Lentur.....	10
3.2.1. Lapisan Permukaan (<i>Surface Course</i>)	11
3.2.2. Lapisan Pondasi Atas (<i>Base Course</i>).....	11
3.2.3. Lapisan Pondasi Bawah (<i>Sub Base Course</i>)	12
3.2.4. Lapisan Tanah Dasar (<i>Sub Grade</i>)	13
3.3. Aspal.....	13

3.4. Jenis Aspal	14
3.5. Komposisi Aspal	17
3.6. Mutu Aspal	19
3.7. Kadar Aspal Dalam Campuran	20
3.8. Aspal Beton.....	21
3.9. Agregat	25
3.9.1. Berdasarkan Proses Pengolahan	25
3.9.2. Berdasarkan Asal Kejadiannya.....	26
3.9.3. Berdasarkan Besar Partikel Partikel Agregat	27
3.10. Pengujian Sifat dan Mekanis Material	28
3.11. Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	30
3.11.1. Abu Batang Jagung.....	31
3.12. Gradasi.....	32
3.13. Karakteristik Campuran.....	32
3.14. Karakteristik <i>Marshall</i>	34
3.15. Cara Analisa.....	35

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1. Lokasi Penelitian	39
4.2. Bahan Penelitian.....	39
4.3. Peralatan Penelitian	39
4.4. Tahapan Penelitian	42
4.5. Pengujian Agregat	44
4.5.1. Pengujian Analisa Saringan.....	44
4.5.2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan.....	45
4.5.3. Pengujian Kelekatan Aspal Terhadap Agregat.....	47
4.5.4. Pengolahan Abu Batang Jagung	47
4.5.5. Pembuatan Benda Uji	49
4.5.6. Pengujian <i>Marshall</i>	50

BAB V HASIL ANALISA

5.1. Hasil Pengujian Material	51
5.1.1. Hasil Distribusi Ukuran Butiran Agregat.....	51
5.1.2. Hasil Distribusi Ukuran Agregat Gabungan	52
5.1.3. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan	54
5.1.4. Hasil Pengujian Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	55
5.1.5. Pengujian Aspal.....	55
5.1.6. Hasil Perhitungan Perkiraan Awal Kadar Tengah (pb)	56
5.2. Perhitugan Benda Uji	56
5.3. Hasil Pengujian <i>Marshall</i>	57
5.3.1. <i>Void In Mineral Aggregate (VMA)</i>	59
5.3.2. <i>Void Filled with Asphalt (VFA)</i>	61
5.3.3. <i>Void In the Mix (VIM)</i>	62
5.3.4. Stabilitas	63
5.3.5. <i>Flow</i>	65
5.3.6. <i>Marshall Quotient (MQ)</i>	66
5.4. Perbedaan Hasil Peneliti dengan Beberapa Peneliti Sebelumnya.	67

BAB VI PENUTUP

6.1. Kesimpulan	71
6.2. Saran.....	72

DAFTAR PUSTAKA	73
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN

DAFTAR NOTASI

<i>AB</i>	= Abu Batu
<i>AC</i>	= <i>Asphalt Concrete</i> (Lapisan aspal beton, Laston)
<i>ABJ</i>	= Abu Batang Jagung
<i>APP</i>	= Berat jenis apparent gabungan
<i>B</i>	= Berat piknometer dan berat air (gram)
<i>Ba</i>	= Berat benda uji dalam air (gram)
<i>Bj</i>	= Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)
<i>BjAa</i>	= Berat jenis apparent agregat kasar (<i>coarse aggregate</i>)
<i>BjAb</i>	= Berat jenis apparent agregat sedang (<i>Medium aggregate</i>)
<i>BjAc</i>	= Berat jenis apparent abu batu (<i>fine aggregate</i>)
<i>BjAd</i>	= Berat apparent pasir (<i>Natural Sand</i>)
<i>BjUa</i>	= Berat Bulk agregat kasar (<i>coarse aggregate</i>)
<i>BjUb</i>	= Berat Bulk agregat sedang (<i>Medium aggregate</i>)
<i>BjUc</i>	= Berat Bulk abu batu (<i>fine aggregate</i>)
<i>BjUd</i>	= Berat Bulk Pasir (<i>Natural Sand</i>)
<i>Bk</i>	= Berat benda uji kering oven (gram)
<i>Bt</i>	= Berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)
<i>c</i>	= Berat benda uji sebelum direndam (gram)
<i>d</i>	= Berat benda uji jenuh air (gram)
<i>e</i>	= Berat benda uji dalam air (gram)
<i>f</i>	= Isi benda uji (ml)
<i>g</i>	= Berat isi benda uji (gram/ml)

<i>i</i>	= Persentase volume aspal (%)
<i>J</i>	= Persentase volume agregat (%)
<i>KAO</i>	= Kadar Aspal Optimum
<i>MQ</i>	= Nilai <i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)
<i>O</i>	= Nilai Pembacaan Arloji Stabilitas
<i>P</i>	= Kalibrasi Proving ring
<i>Pb</i>	= Kadar Aspal awal (%)
<i>r</i>	= Nilai Kelelehan (mm)
<i>S</i>	= Nilai stabilitas terpasang (Kg)
<i>SNI</i>	= Standar Nasional Indonesia
<i>SSD</i>	= Berat jenis kering permukaan jenuh (<i>saturated surface dry</i>)
<i>T</i>	= Berat jenis aspal
<i>t</i>	= Temperatur
<i>U</i>	= Berat jenis <i>Bulk</i> gabungan dari total agregat (gram/cm ³)
<i>VFA</i>	= Volume pori diantara butir-butir agregat didalam beton aspal padat yang terisi oleh aspal , dinyatakan dalam %.
<i>VIM</i>	= Volume pori dalam beton aspal padat , dinyatakan dalam %.
<i>VMA</i>	= Volume pori diantara butir-butir agregat didalam beton aspal padat, dinyatakan dalam %.
<i>V</i>	= Berat jenis efektif agregat (gram)
<i>WC</i>	= <i>Wearing Course</i> (lapisan aus)

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Persyaratan Aspal Keras Tipe I Penetrasi 60/70	15
Tabel 3.2	Tebal Nominal Minimum Lapisan Beraspal Dan Toleransi	17
Tabel 3.3	Contoh Komponen Fraksional Di Indonesia, Beton Aspal Campuran Panas	18
Tabel 3.4	Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal.....	23
Tabel 3.5	Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston AC-WC untuk Lalu Lintas Berat	24
Tabel 3.6	Spesifikasi <i>Filler</i> Untuk Campuran Aspal Beton.....	31
Tabel 5.1	Persen Lolos Agregat (Analisa Data)	51
Tabel 5.2	Hasil Gradasi Agregat Gabungan Campuran AC-WC (Analisa Data)	52
Tabel 5.3	Batasan Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal	53
Tabel 5.4	Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat	54
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Aspal	55
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal Penetrasi 60-70.....	55
Tabel 5.7	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran AC-WC.....	57
Tabel 5.8	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran AC-WC dengan <i>Filler</i> Abu Batang Jagung Terhadap KAO	59
Tabel 5.9	Perbandingan Hasil Penelitian	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Susunan Lapis Perkerasan Lentur	11
Gambar 3.2	Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum	21
Gambar 4.1	Bagan Alir Penelitian <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i>	43
Gambar 4.2	Pengujian Anaisa Saringan.....	44
Gambar 4.3	Alat Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar dan Sedang.....	45
Gambar 4.4	Pengujian Berat Jenis Agregat Halus.....	47
Gambar 4.5	Pengambilan Limbah Batang Jagung, lokasi Kubang Raya, Pekanbaru	47
Gambar 4.6	Pemisahan batang jagung dengan daun jagung	48
Gambar 4.7	Penjemuran batang jagung.....	48
Gambar 4.8	Pembakaran Batang jagung	49
Gambar 4.9	Penyaringan Abu Batang Jagung	49
Gambar 4.10	Alat Pengujian Marshall	50
Gambar 5.1	Grafik Gradasi Agregat Gabungan Campuran AC-WC	53
Gambar 5.2	Diagram Kadar Aspal Optimum	58
Gambar 5.3	Hubungan <i>VMA</i> dengan <i>Filler</i> Abu Batang Jagung pada KAO	60
Gambar 5.4	Hubungan <i>VFA</i> dengan <i>Filler</i> Abu Batang Jagung pada KAO	61
Gambar 5.5	Hubungan <i>VIM</i> dengan <i>Filler</i> Abu Batang Jagung pada KAO	62
Gambar 5.6	Hubungan Stabilitas dengan <i>Filler</i> Abu Batang Jagung pada KAO	64

Gambar 5.7	Hubungan <i>Flow</i> dengan <i>Filler</i> Abu Batang Jagung pada KAO	65
Gambar 5.8	Hubungan <i>MQ</i> dengan <i>Filler</i> Abu Batang Jagung pada KAO	66



PENGARUH PENAMBAHAN ABU BATANG JAGUNG TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL* PADA ASPAL AC-WC

RAY NOFRIANDI

143110615

ABSTRAK

Pada umumnya campuran lapis aspal beton adalah salah satu konstruksi perkerasan lentur di lapisan permukaan. Campuran agregat tersebut terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan *filler*. Material yang umum digunakan sebagai *filler* pada campuran beraspal yaitu abu batu, semen/pozzolan, kapur dan abu terbang (*fly ash*). Oleh sebab itu perlu adanya penelitian menggunakan bahan alternatif lain sebagai pengganti *filler* yaitu abu batang jagung yang merupakan limbah dari batang jagung yang telah diolah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan *filler* abu batang jagung dalam campuran AC-WC.

Penelitian ini dilakukan menggunakan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 2) dan menggunakan metode *Marshall Test*. persentase penggunaan *filler* abu batang jagung yaitu (100% abu batu), (75% abu batu + 25% abu batang jagung), (50% abu batu + 50% abu batang jagung), (25% abu batu + 75% abu batang jagung), (100% abu batang jagung). Hasil pengujian analisa saringan diperoleh persentase pemakaian agregat kasar sebesar 20,16%, agregat medium 43,37 %, abu batu 28,09%, pasir 8,37% dan variasi kadar aspal dengan persentase 4,0% ; 4,5% ; 5,0% ; 5,5%, dan 6,0%. Nilai kadar aspal optimum adalah 5,7%.

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan *filler* abu batang jagung pada aspal AC-WC memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 2) terhadap nilai karakteristik *Marshall*. Semakin besar persentase campuran *filler* abu batang jagung, maka nilai VMA dan VIM semakin rendah. Namun pada nilai VFA dan MQ semakin tinggi. Pada nilai *Flow* dan Stabilitas, nilai mengalami peningkatan dan penurunan yaitu pada variasi *filler* (100% abu batu) hingga (50% abu batu + 50% abu batang jagung) nilai semakin tinggi, namun nilai stabilitas dan *flow* mengalami penurunan pada variasi *filler* (25% abu batu + 75% abu batang jagung) hingga (100% abu batang jagung) nilai semakin rendah. Untuk semua persentase campuran *filler*, persentase maksimal dari campuran *filler* abu batang jagung didapat dari campuran 50% abu batu + 50% abu batang jagung dengan nilai VMA sebesar 16,434%, VIM sebesar 3,880%, VFA sebesar 76,392%, Stabilitas sebesar 2529,413 Kg, *Flow* 3,52 mm dan MQ sebesar 719,264 kg/mm.

Kata Kunci : AC-WC, Karakteristik *Marshall*, Abu Batang Jagung.

THE EFFECT OF ADDING CORN STALK ASH TO MARSHALL CHARACTERISTICS ON ASPHALT AC-WC

RAY NOFRIANDI
143110615

ABSTRAK

In general, asphalt concrete mix is one of the flexible pavement constructions in the surface layer. The aggregate mixture consists of coarse aggregates, fine aggregates, and fillers. Materials commonly used as fillers in asphalt mixtures are stone ash, cement / pozzolan, lime and fly ash. Therefore there is a need for research using other alternative materials as a substitute for filler namely corn stalk ash which is waste from the processed corn stalk. The purpose of this study was to determine the effect of using corn stalk ash filler in AC-WC mixture.

This research was carried out based on the Bina Marga Specifications 2010 (Revision 2) and using the Marshall Test method. the percentage use of corn stalk ash filler are (100% stone ash), 75% stone ash + 25% corn stalk ash), (50% stone ash + 50% corn stalk ash), (25% stone ash + 75% corn stalk ash), (100% corn stalk ash). the testing results of the sieve analysis obtainable the percentage of coarse aggregate usage was 20.16%, medium aggregate 43.37%, rock ash 28.09%, sand 8.37% and asphalt content variation with a percentage of 4.0%; 4.5%; 5.0%; 5.5% and 6.0%. The optimum asphalt content is 5.7%.

Based on the research, the use of corn stalk ash filler on AC-WC asphalt meets the Bina Marga Specifications 2010 (Revised 2) against the characteristic value of Marshall. The greater the percentage of corn stalk ash filler mixture, the lower VMA and VIM values. But the VFA and MQ values are higher. In the value of Flow and Stability, the value has increased and decreased, namely in the variation of filler (100% stone ash) to (50% stone ash + 50% corn stalk ash) the higher the value, but the value of stability and flow has decreased in the filler variation (25 % stone ash + 75% corn stem ash) to (100% corn stem ash) the value is getting lower. the maximum percentage of corn stalk ash filler mixture is obtained from a mixture of 50% stone ash + 50% corn stalk ash with a VMA value of 16.434%, a VIM of 3.880%, a VFA of 76.392%, a stability of 2529.413 kg Flow 3.52 mm and MQ of 719,264 kg / mm.

Keywords: AC-WC, Marshall Characteristics, Corn Stalk Ash.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dan pertumbuhan penduduk sangat pesat di Indonesia. Seiring dengan hal tersebut mengakibatkan peningkatan mobilitas penduduk, sehingga muncul banyak kendaraan-kendaraan berat yang melintas di jalan raya. Jalan merupakan salah satu sarana paling penting dalam suatu wilayah. Jalan berfungsi menghubungkan antar daerah satu dengan daerah lainnya untuk berbagai keperluan, baik dalam segi ekonomi, sosial, budaya, pemerintahan, dan sebagainya. Agar seluruh kegiatan berjalan lancar dan nyaman digunakan, maka jalan hendaknya dirancang dan dibuat dengan standar aturan yang ada.

Perkembangan konstruksi jalan raya dari waktu ke waktu terus meningkat. Peningkatan tersebut khususnya pada lapisan permukaan. Semakin bagus perkerasan jalan akan semakin mudah pergerakan kendaraan, lalu lintas akan berjalan lancar. Peningkatan yang terus dilakukan tentunya akan berdampak pada kebutuhan material yang terus bertambah.

Peningkatan jalan dengan cara penambahan lapis tambahan yang terus menerus akan mengakibatkan lapis perkerasan semakin tebal dan mempengaruhi elevasi permukaan jalan. Agar perkerasan dapat berumur lama, maka desain campuran harus mendapatkan kadar aspal yang cukup untuk melindungi seluruh partikel agregat dan juga dapat mengisi rongga butir secukupnya sesuai desain.

Campuran beraspal lapis aspal beton atau aspal umumnya dikenal sebagai aspal beton adalah salah satu konstruksi perkerasan lentur di lapisan permukaan. Jenis campuran beraspal ini merupakan campuran yang terdiri dari aspal dan agregat dengan gradasi menerus yang dicampur, dihampar, lalu dipadatkan dalam keadaan panas. Campuran agregat tersebut terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan *filler*. Material yang umum digunakan sebagai *filler* pada campuran beraspal yaitu abu batu, semen/pozzolan, kapur dan abu terbang (*fly ash*). Oleh sebab itu, dalam hal ini peneliti ingin menggunakan jenis *filler* yang lain yaitu abu

batang jagung. Abu batang jagung didapatkan dari proses pengolahan dari pembakaran limbah batang jagung hingga kemudian menjadi abu.

Indonesia merupakan salah satu negara yang sebagian besar penduduknya bekerja bertani dan berkebun, salah satunya adalah pertanian jagung. Jagung merupakan salah satu jenis tanaman pertanian yang memiliki hasil limbah terbesar. Selain bonggol jagung, batang jagung juga merupakan limbah dari pertanian. Pada kegiatan pertanian akan menghasilkan limbah 19,13% yang berasal dari batang dan daun.

Berdasarkan Roesmarkam, dkk (2002), tanaman jagung memiliki kadar Silika 20,6 % kadar silika yang dimiliki tanaman jagung ini melebihi unsur-unsur haramakro lainnya seperti N, P, K, Ca, Mg dan S.

Berdasarkan hasil dari penelitian terdahulu bawah penggunaan abu batang jagung sebagai pengganti semen dengan persentase 2%,4%,6%,8%,10% dalam campuran beton memberikan pengaruh terhadap kuat tekan dan nilai modulus elastisitas pada beton normal. dalam penelitian terdahulu, nilai kuat tekan dan modulus elastisitas pada kekakuan beton mengalami peningkatan dari penggunaan abu batang jagung dengan kadar persentase 2% hingga penggunaan abu batang jagung 8%, namun mengalami penurunan kekakuan pada penggunaan abu batang jagung dengan kadar persentase 10% untuk nilai kuat tekan dan nilai modulus elastisitas. Dapat dilihat bahwa abu batang jagung tidak dapat mengganti peranan sebagian semen dalam campuran beton untuk konstruksi berat, akan tetapi abu batang jagung dapat digunakan sebagai pengganti sebagian semen pada konstruksi beton ringan (Perdana T. 2018).

Berdasarkan latar belakang yang terdapat diatas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan memanfaatkan abu batang jagung sebagai bahan pengganti *filler* dalam perkerasan *Asphalt Concrete-Wearing Course*. Sehingga dengan pemanfaatan abu batang jagung sebagai *filler* bisa dapat menghasilkan kekakuan bahan ikat perkerasan. Hal ini diharapkan mampu menciptakan inovasi baru pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* terhadap perkerasan jalan lentur dan juga bertujuan untuk mengurangi tingkatan jumlah limbah batang jagung yang ada di Indonesia.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Berapa nilai kadar aspal optimum yang memenuhi Karakteristik *Marshall* dalam campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* ?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan abu batang jagung sebagai *filler* dalam campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* terhadap Karakteristik *Marshall* ?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui nilai kadar aspal optimum pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course*.
2. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu batang jagung sebagai *filler* pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* Terhadap Karakteristik *Marshall*.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

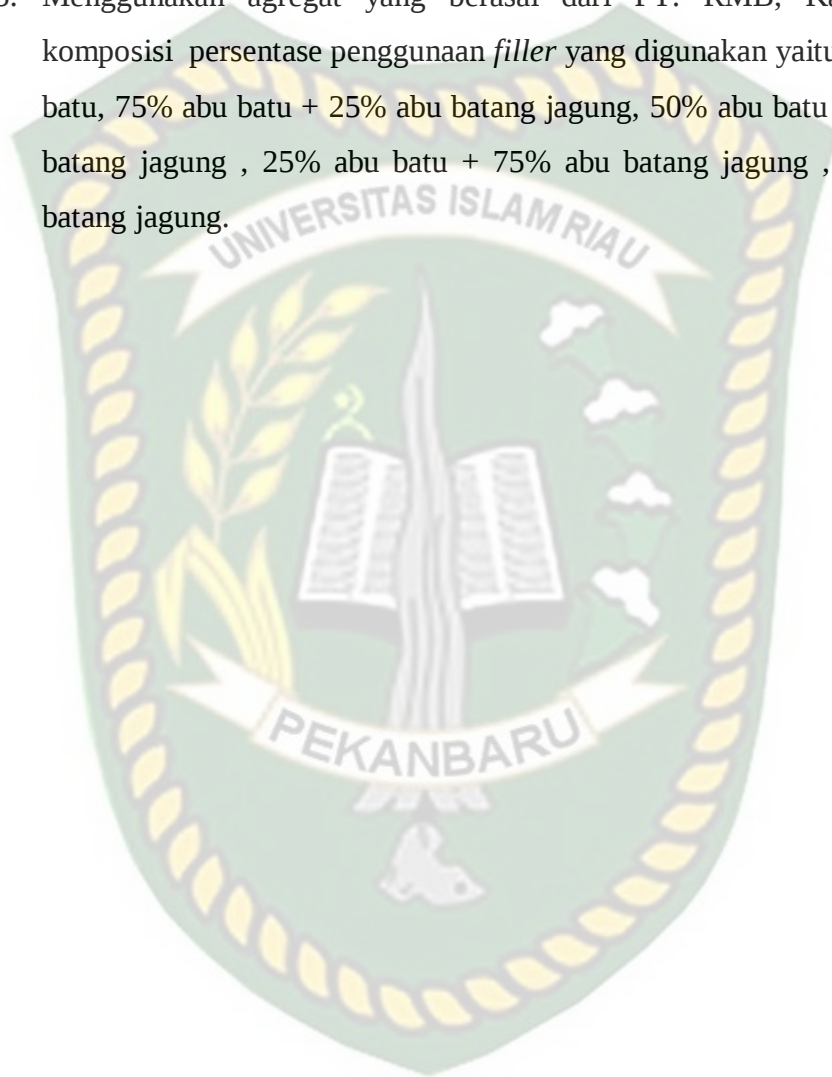
1. Bagi penulis untuk lebih mendalami ilmu pengetahuan tentang campuran material dan pekerasan *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*.
2. Diharapkan dapat merekomendasikan penggunaan pemanfaatan abu batang jagung untuk meningkatkan mutu perkerasan jalan lentur.

1.5. Batasan Masalah

Dalam hal ini, untuk memperikat dan memperjelas suatu penelitian penelitian agar dapat dibahas dengan baik dan tidak meluas, maka perlu direncanakan batasan masalah dalam penelitian ini yang terdiri dari :

1. Campuran yang diteliti adalah *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* dengan menggunakan Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010 (revisi 2)

2. Tidak meneliti lebih dalam tentang sifat kimia abu batang jagung.
3. Bahan pengikat menggunakan aspal keras (AC) Penetrasi 60/70.
4. Pengujian dilakukan dengan metode *Marshall*.
5. Menggunakan agregat yang berasal dari PT. RMB, Kampar dan komposisi persentase penggunaan *filler* yang digunakan yaitu 100% abu batu, 75% abu batu + 25% abu batang jagung, 50% abu batu + 50% abu batang jagung, 25% abu batu + 75% abu batang jagung, 100% abu batang jagung.



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Pada bab tinjauan pustaka ini akan membuat suatu uraian yang berisikan beberapa hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh beberapa peneliti terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis. Penelitian ini hanya memiliki kesamaan dari segi teori yang berkaitan dengan judul, tetapi berbeda pengambilan material, komposisi campuran, spesifikasi yang digunakan, dan jenis *filler* yang digunakan.

AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) atau lapisan aus adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang disyaratkan (Sukirman,1999).

2.2. Penelitian Sebelumnya

Beberapa peneliti berikut ini adalah penelitian yang menjadi pendoman dalam penyusunan penelitian ini :

Nurhazamil (2014), melakukan penelitian tentang “ *Kajian Pemakaian Filler Semen, Abu Batu, Abu Limbah AMP terhadap Campuran (AC-WC)*”. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *filler* semen, abu batu dan abu limbah AMP dan di uji dilaboratorium teknik universitas islam riau. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggunaan *filler* abu batu, semen dan abu limbah AMP terhadap pengujian marshall sebagai bahan alternatif pada campuran laston jenis AC-WC. Pada penelitian ini menggunakan metode spesifikasi bina marga 2010. Penelitian tersebut dilakukan dengan menggunakan bahan pengisi (*filler*) abu batu , semen, limbah AMP, adapun variasi komposisi *filler* yang digunaan 100% abu batu, 100% semen, 100% abu limbah AMP, 50% abu limbah + 50% abu batu, 50% abu limbah + 50% semen, 50% abu batu + 50% semen. Dari hasil pengujian karakteristik marshall dimana pemakaian komposisi *filler* abu limbah AMP bila dikombinasikan dengan abu batu dan semen portland

memberikan pengaruh extrim pada nilai stabilitas kombinasi komposisi *filler* 50% abu limbah AMP + 50% abu batu memberikan hasil tertinggi yaitu 2151,1 kg. Dan nilai *flow* terendah pada komposisi *filler* 50% abu limbah AMP + 50% semen yaitu sebesar 3,1mm dengan penggunaan kadar aspal optimum 5,375%. Dari penelitian ini yang diperoleh bahwa pemakaian *filler* abu limbah AMP, abu batu dan semen portland mengakibatkan nilai stabilitas naik.

Pratama (2015), melakukan penelitian dengan judul “ *Pengaruh Abu Vulkanik Gunung Sinabung Sebagai Bahan Pengganti Filler AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall*”. Penelitian ini menggunakan metode studi ekperimental dengan mengacu kepada Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (revisi 2). Pada komposisi campuran aspal diperoleh agregat kasar 10%; agregat sedang 37%; abu batu 51%; dan filler 2%. Hasil *Marshall* komposisi filler 100% semen didapat nilai stabilitas 1293,821 kg, 75% semen + 25% abu sinabung dengan stabilitas 1309,501 kg, 50% semen + 50% abu sinabung hasil stabilitas 1310,248 kg, 25% semen + 75% abu sinabung hasil stabilitas 1308.260 kg, dan 100% abu sinabung menghasilkan stabilitas 1303,460 kg. Hasil campuran komposisi maksimal didapat dengan campuran 50% semen + 50% abu sinabung. Campuran dengan filler abu vulkanik gunung sinabung dan menggunakan agregat dari siberida memenuhi persyaratan menurut Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 2) dan bisa digunakan untuk campuran aspal.

Robby (2016), melakukan penelitian dengan judul “ *Pengaruh Abu Vulkanik Gunung Sinabung Sebagai Bahan Pengganti Filler AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall*”. Penelitian ini menggunakan metode mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2010. Bahan bahan yang dipakai pada penelitian ini untuk seluruh agregat kasar dan agregat halus berasal dari *Quary* Bangkinang dan Abu Vulkanik Gunung Sinabung. Hasil pengujian analisa saringan diperoleh agregat kasar sebesar 22,12%, agregat medium sebesar 44,77%, abu batu sebesar 23,96% dan pasir sebesar 9,15%. Nilai kadar aspal optimum adalah 4,3%. Hasil nilai pengujian *Marshall* menggunakan kombinasi filler didapat nilai Stabilitas mengalami penurunan pada campuran 100% abu batu sebesar 2273,56 kg dan kembali naik pada campuran 100% abu vulkanik sebesar 2157,11 kg. Nilai VMA

pada campuran 100% abu batu sebesar 14,553% dan mengalami penurunan sampai pada campuran 100% abu vulkanik sebesar 14,395%. Nilai VFA mengalami peningkatan pada campuran 100% abu batu sebesar 65,828% dan terus naik sampai pada campuran 100% abu vulkanik sebesar 66,57%. Nilai VIM pada campuran 100% abu batu sebesar 4,97% terus mengalami penurunan sampai pada campuran 100% abu vulkanik sebesar 4,81%. Nilai flow pada campuran 100% abu batu sebesar 3mm mengalami peningkatan sampai pada campuran 100% abu vulkanik sebesar 3,467 mm. Nilai MQ campuran 100% abu batu sebesar 757,855 kg/mm mengalami penurunan sampai campuran 100% abu vulkanik sebesar 622,244 kg/mm.

Imam (2016), meneliti tentang “*Perbandingan Penggunaan Pasir Silika Rumpat Utara Dengan Pasir Kampar Terhadap Karakteristik Marshall Pada Lapisan AC-WC*”. Penelitian dilakukan dengan metode Marshall (SNI 06-2489-1991) dan menggunakan Spesifikasi Bina Marga 2010 perkerasan jalan, Devisi 6, bahan pada penelitian ini diperoleh dari PT. Virajaya Kampar dan pasir silika yang berasal dari Rumpat Utara, bahan pengikat aspal penetrasi 60/70, Komposisi campuran bahan agregat kasar 22,12%, agregat medium 44,77%, abu batu 23,96% dan pasir 9,15%. Dengan komposisi campuran 0% pasir *silika* + 100% pasir biasa, 25% pasir *silika* + 75% pasir biasa, 50% pasir *silika* + 50% pasir biasa, 75% pasir *silika* + 25% pasir biasa, 100% pasir *silika* + 0% pasir biasa. Dari hasil yang diperoleh nilai karakteristik *Marshall* (*stabilitas*, *flow*, *VMA*, *VFA*, *VIM*, dan *MQ*), nilai stabilitas pada kombinasi komposisi 25% pasir biasa + 75% pasir *silika* memberikan hasil tertinggi yaitu sebesar 2406,25 kg, sementara pada campuran kombinasi lainnya diperoleh nilai *flow* tertinggi sebesar 3,3 mm, nilai *VMA* tertinggi sebesar 5,281% yang melebihi spesifikasi bina marga 2010, dan nilai *MQ* tertinggi sebesar 757,855 kg/mm. Perbandingan penggunaan pasir *silika* dari rumpat utara dan pasir biasa yang terdapat di kampar memberikan hasil yang baik untuk dijadikan alternatif sebagai agregat halus karena memenuhi persyaratan bina marga 2010.

Juwanto, dkk (2017), melakukan penelitian tentang “*Pemanfaatan Bahan Additive Abu Batang Jagung Dan Bongol Jagung Sebagai Bahan Tambahan*”.

Pembuatan Beton Ringan Ramah Lingkungan". Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik beton ringan abu batang jagung dan bonggol jagung yang meliputi berat isi, modulus elastisitas dan kuat tekan. penelitian dilaksanakan dengan metode eksperimen yaitu dengan cara membuat percobaan berupa benda uji dilaboratorium dengan menggunakan abu batang jagung sebagai bahan aditif campuran semen dan bonggol jagung sebagai campuran agregat kasar pada pembuatan beton. Berdasarkan penelitian penggunaan Abu Batang Jagung dan Bonggol Jagung pada campuran beton normal dengan variasi 10%, 15% dan 20% dengan umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Pada penelitian didapatkan nilai kuat tekan beton pada campuran abu batang jagung dan bonggol jagung dengan variasi 10% untuk umur 7 hari sebesar 50,95 Kg/cm², sedangkan pada umur 14 hari nilai kuat tekan beton sebesar 62,29 Kg/cm², dan umur 28 hari nilai kuat tekan beton sebesar 73,60 Kg/cm² atau setara dengan 7,36 Mpa. Pada nilai kuat tekan beton pada campuran abu batang jagung dan bonggol jagung dengan variasi 15% untuk umur 7 hari sebesar 50,95 Kg/cm², sedangkan pada umur 14 hari nilai kuat tekan beton sebesar 67,94 Kg/cm², dan umur 28 hari nilai kuat tekan beton sebesar 84,92 Kg/cm² atau setara dengan 8,49 Mpa. Pada nilai kuat tekan beton pada campuran abu batang jagung dan bonggol jagung dengan variasi 20% untuk umur 7 hari sebesar 33,97 Kg/cm², sedangkan pada umur 14 hari nilai kuat tekan beton sebesar 28,31 Kg/cm², dan umur 28 hari nilai kuat tekan beton sebesar 39,63 Kg/cm² atau setara dengan 3,96 Mpa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton dengan campuran abu tebon jagung dengan kadar 10% mempunyai kuat tekan yang lebih rendah dari beton biasa, tetapi beton campurnan mempunyai nilai lebih ekonomis dan lebih ringan.

Perdana (2018), melakukan penelitian tentang "*Pemanfaatan Abu Batang Jagung Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Campuran Beton*". Semen merupakan salah satu bahan campuran utama penyusun beton yang tersusun dari sumber daya alam seperti kapur (*CaO*), *Silika* (*SiO₃*), *alumina* (*Al₂O₃*), sedikit *magnesia* (*MgO*), dan *alkali*. Selain dalam kerak bumi *silika* juga terdapat dalam tanaman dalam jumlah yang banyak, salah satunya adalah tanaman jagung, menurut (Roesmarkam dan Yuwono, 2002) tanaman jagung memiliki kadar *Silika* 20,6%.

Jagung terdapat kuat tekan dan modulus elastisitas beton. Abu batang jagung digunakan sebagai pengganti sebagian semen, dengan komposisi campuran 2%, 4%, 6%, 8% 10%. Penelitian ini menggunakan SNI 03-2834-2000 untuk *mix design* beton, dengan bahan tambah 0,25% bahan *addictive* sikament NN. Benda uji berupa silinder ukuran (150mm x 300mm), benda uji dirawat dan diuji pada umur 28 hari. Berdasarkan penelitian penggunaan abu batang jagung 2%,4%,6%,8%,10% baik tanpa sikament NN atau pun dengan menggunakan sikament NN memiliki nilai kuat tekan tertinggi 8% yaitu 20,8 Mpa dan 20,4 Mpa, kuat tekan beton mengalami penurunan mutu kembali pada penggunaan 10% abu batang jagung yaitu 18,2 Mpa dan 18,4 Mpa. Nilai Modulus Elastisitas tertinggi baik tanpa sikament NN ataupun menggunakan sikament NN terdapat pada 8% yaitu 21656,14 Mpa dan 21607,52 Mpa. Nilai modulus elastisitas mengalami penurunan pada penggunaan 10% abu batang jagung yaitu 20366,28 Mpa dan 20569,59 Mpa. Berdasarkan penelitian, abu batang jagung tidak dapat mengganti peranan sebagian semen dalam konstruksi berat, akan tetapi abu batang jagung dapat digunakan sebagai pengganti sebagian semen pada konstruksi beton ringan.

2.3. Keaslian Penelitian

Penelitian yang akan penulis lakukan adalah pemanfaatan abu batang jagung sebagai *filler* pada campuran aspal AC-WC. Abu batang jagung akan digunakan sebagai pengganti sebagian dari *filler* abu batu. Beberapa dari tinjauan penelitian sebelumnya, penelitian penggunaan abu batang jagung sebagai *filler* sudah pernah dilakukan, yaitu terhadap Beton. Namun penelitian penggunaan abu batang jagung sebagai *filler* ini belum pernah dilakukan terhadap pengujian pada campuran aspal beton. Maka dari itu, penulis ingin melakukan penelitian ini.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan berarti. Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi juga ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis. Lapisan paling atas disebut juga sebagai lapisan permukaan, merupakan lapisan yang baik mutunya. Dibawahnya terdapat lapisan pondasi, yang letaknya diatas tanah dasar yang telah dipadatkan (Sukirman, 2007).

Jenis-jenis perkerasan yaitu perkerasan dengan menggunakan aspal sebagai bahan pengikat disebut perkerasan lentur, dan perkerasan dengan menggunakan semen sebagai bahan pengikat disebut perkerasan kaku. Lapisan perkerasan menggabungkan perkerasan kaku dan lentur dinamakan perkerasan komposit (Sukirman, 2007).

3.2. Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur adalah jenis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat untuk lapisan perkerasan. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan perkerasan ini bersifat memikul dan menyebarkan beban ke tanah dasar. Lapisan konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan :

1. Lapisan permukaan (*Surface course*)
2. Lapisan pondasi atas (*Base course*)
3. Lapisan pondasi bawah (*Sub base course*)
4. Lapisan tanah dasar (*Sub Grade*)

Untuk susunan lapisan konstruksi perkerasan lentur dapat dilihat pada Gambar 3.1.



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

3.2.1. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan adalah lapisan yang bersentuhan langsung dengan beban roda kendaraan. Fungsi lapis permukaan antara lain (Hamirhan, 2005) :

1. Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda
2. sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan kerusakan akibat cuaca.
3. Sebagai lapisan aus (*wearing course*).

Bahan untuk lapis permukaan umumnya adalah campuran bahan agregat dan aspal, dengan persyaratan bahan yang memenuhi standar. Penggunaan bahan aspal diperlukan sebagai bahan pengikat agregat dan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik yang berarti mempertinggi lapisan terhadap beban roda lalu-lintas.

3.2.2. Lapisan Pondasi Atas (*Base course*)

Lapis pondasi atas (*Base course*) adalah lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan pondasi bawah dan lapisan permukaan, yang berfungsi sebagai bagian perkerasan yang mendukung lapis permukaan dan beban-beban roda yang bekerja diatasnya dan menyebarkan tegangan yang terjadi ke lapis pondasi bawah, kemudian ke lapis tanah dasar. Fungsi lapis pondasi atas antara lain (Hamirhan, 2005) :

1. Sebagai bagian perkerasan yang menahan beban roda.
2. Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.
3. Meneruskan limpahan gaya lalu lintas ke lapis pondasi bawah.

Bahan-bahan untuk lapis pondasi umumnya harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban-beban roda. Sebelum menentukan suatu bahan untuk digunakan sebagai bahan pondasi, hendaknya dilakukan penyelidikan dan pertimbangan sebaik-baiknya sehubungan dengan persyaratan teknik. Berbagai macam bahan alam / bahan setempat ($\text{CBR} \geq 50\%$, $\text{PI} \leq 4\%$) dapat digunakan sebagai bahan pelapis pondasi, antara lain : batu pecah, kerikil pecah, dan stabilisasi tanah dengan semen dan kapur.

3.2.3. Lapisan Pondasi Bawah (*Sub base course*)

Lapis pondasi bawah (*Sub base course*) adalah lapisan perkerasan yang terletak diatas lapisan tanah dasar dan dibawah lapisan pondasi atas, yang berfungsi sebagai bagian perkerasan yang meneruskan beban diatasnya dan selanjutnya menyebarkan tegangan yang terjadi kelapis tanah dasar. Fungsi lapis pondasi bawah antara lain (Hamirhan, 2005) :

1. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
2. Menjaga efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
3. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi.
4. Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.

Hal ini sehubungan dengan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar terhadap roda-roda, alat-alat besar atau karena kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca. Berbagai macam tipe tanah setempat ($\text{CBR} \geq 20\%$, $\text{PI} \leq 10\%$) yang relatif lebih baik dari tanah dasar dapat digunakan sebagai bahan pondasi bawah. Campuran-campuran tanah setempat dengan kapur atau semen portland dalam beberapa hal sangat dianjurkan, agar dapat bantuan yang efektif terhadap kestabilan konstruksi perkerasan.

3.2.4. Lapisan Tanah Dasar (*Sub Grade*)

Tanah dasar adalah lapisan tanah yang berfungsi sebagai tempat perletakan lapis perkerasan untuk mendukung konstruksi lapis perkerasan jalan di atasnya. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut (DPU, 1987) :

1. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
2. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
3. Daya dukung tanah yang tidak merata dan suka ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaannya.
4. Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu lintas dari macam tanah tertentu.
5. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkannya, yaitu pada tanah berbut (*granular soil*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan.

Untuk sedapat mungkin mencegah timbulnya persoalan diatas maka tanah dasar harus dikerjakan sesuai dengan “ Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya”.

3.3. Aspal

Aspal merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang dibentuk dari unsur-unsur *asphathenes*, *resins*, dan *oils*. Aspal lapisan perkerasan berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan masing-masing agregat (*Krebs and Walker*, 1971)

Aspal diartikan sebagai material perekat, berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh dialam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal merupakan material yang umum

digunakan untuk bahan pengikat agregat, oleh karena itu seringkali bitumen disebut juga sebagai aspal. Selain itu, aspal juga berfungsi untuk mengisi rongga antara butir agregat dan pori-pori yang ada di agregat itu sendiri. Pada temperatur ruang aspal bersifat *thermoplastis*, sehingga aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran (Sukirman, 2003).

3.4. Jenis Aspal

Aspal merupakan proses lanjutan dari residu hasil destilasi minyak bumi. Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dapat dibedakan 2 macam, yaitu aspal alam dan aspal buatan. Kedua jenis tersebut dapat dirincikan sebagai berikut (Sukirman, 2003).

1) Aspal Alam

Di Indonesia aspal alam ditemukan di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara yang dikenal dengan Aspal Buton (Asbuton), *Bitumen* asbuton berasal dari minyak bumi yang meresapi batu kapur yang porous, kemudian melalui periode waktu yang panjang dan berlangsung secara alamiah terjadi penguapan fraksi ringan dari minyak, mula-mula gas yang menguap kemudian diikuti oleh *gasoline*, *kerosene*, *diesel oil* yang akhirnya tinggal *bitumen* dalam batuan kapur. Berdasarkan kadar *bitumen* yang dikandungnya aspal buton dibedakan dengan kode B10, B13, B16, B20, B25 dan B30 (aspal buton B10 adalah aspal buton dengan kadar bitumen rata-rata 10%)(Sukirman, 2003).

2) Aspal Buatan

Aspal buatan adalah aspal yang merupakan hasil / residu penyulingan minyak bumi yang mengandung kadar paraffin yang rendah dan biasa disebut *paraffin base crude oil*. Aspal buatan ini sering juga disebut sebagai aspal minyak. Minyak bumi banyak mengandung gugusan *aromat* dan *skylis* sehingga kadar aspalnya tinggi dan paraffinnya rendah. Aspal buatan terdiri dari berbagai bentuk yaitu padat, emulsi dan ter.

1. Aspal Padat (Aspal Keras)

Aspal padat merupakan hasil penyulingan minyak bumi yang kemudian disuling sekali lagi pada suhu yang sama tetapi dengan tekanan rendah (hampa udara), sehingga dihasilkan *bitumen* yang disebut *straightrunbitumen*. Aspal ini berupa semi padat pada suhu ruang dan menjadi cair jika dipanaskan, dikenal dengan nama aspal semen.

Aspal dengan penetrasi yang rendah digunakan di daerah bercurah panas dan lalu lintas dengan volume yang tinggi, sedangkan aspal dengan penetrasi tinggi digunakan pada daerah bercurah relatif dingin yang mempunyai volume lalu lintas yang rendah. Di Indonesia umumnya digunakan aspal semen dengan penetrasi 60/70 dan 80/70 sebagaimana tercantum pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Persyaratan Aspal Keras Tipe I Penetrasi 60/70 (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010)

No	Jenis Pemeriksaan	Metode Pengujian	Persyaratan
1	Penetrasi, 25°C	SNI 06-2456-1991	60-70
2	Viskositas 135 °C (CSt)	SNI 06-6441-2000	385
3	Titik Lembek, °C	SNI 06-2434-1991	≥ 48
4	Indeks Penetrasi ⁴⁾	-	≥ -1,0
5	Daktilitas pada 25 °C, (cm)	SNI 06-2432-1991	≥ 100
6	Titik Nyala, °C	SNI 06-2433-1991	≥ 232
7	Kelarutan dalam Toluene berat	ASTM D5546	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0
9	Stabilitas Penyimpanan (°C)	ASTM D 5976 part 6.1	-

2. Aspal cair

Aspal cair adalah campuran antara aspal semen dengan bahan pencair dan hasil penyulingan minyak bumi. Dengan demikian *cut back asphalt* berbentuk cair dalam suhu ruang. Berdasarkan bahan pencairnya dan

kemudahan menguap bahan pelarutnya aspal cair dapat dibedakan atas (Sukirman, 2003) :

a. *RC (Rapid Curing Cut Back)*

Merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bensin atau premium. *RC* merupakan *Cut Back* yang paling cepat menguap.

b. *MC (Medium Curing)*

Merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bahan cair yang lebih kental dari minyak tanah, yang kecepatannya menguapnya sedang.

c. *SC (Slow Curing)*

Merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bahan yang lebih kental seperti solar. Aspal jenis ini merupakan *Cut Back* aspal yang paling lama menguap.

3. Aspal Emulsi

Aspal emulsi adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi yang lebih cair dari aspal cair dalam aspal emulsi butir-butir aspal akan larut dalam air. Untuk menghindari butiran aspal saling menarik dan membentuk butiran yang besar, maka butiran tersebut diberi muatan listrik. Berdasarkan muatan yang dikandungnya, aspal emulsi dapat dibedakan atas :

a. *Kationik* disebut juga aspal emulsi asam, merupakan aspal emulsi yang bermuatan listrik positif.

b. *Anionik* disebut juga aspal emulsi alkali, merupakan aspal emulsi yang bermuatan listrik negatif

c. *Nonionik* merupakan aspal emulsi yang tidak mengalami ionisasi, berarti tidak menghantarkan listrik.

Yang umum digunakan sebagai bahan perkerasan adalah aspal emulsi *anionik* dan *karionik*. Berdasarkan kecepatan pengerasan aspal dapat dibedakan atas :

a. *Rapid Selling (RS)*, aspal yang mengandung sedikit bahan pengemulsi sehingga pengikat yang terjadi cepat.

- b. *Medium Setting (MS)*, jenis aspal yang penguapannya sedang.
- c. *Slow Setting (SS)*, jenis aspal emulsi yang aling lambat menguap.

4. Ter

Ter isitilah umum cairan yang diperoleh dari mineral organik seperti kayu atau batu melalui proses pemijitan atau destilasi pada suhu tinggi tanpa zat asam. Sedangkan untuk konstruksi jalan dipergunakan hanya ter yang berasal dari baru bara, karena ter kayu sangat sedikit jumlahnya.

Tabel 3.2. Tebal Nominal Minimum Lapisan Beraspal Dan Toleransi (Departemen Pekerjaan Umum, 2010)

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)	Toleransi Tebal (mm)
Latasir Kelas A		SS-A	1,5	±2,0
Latasir Kelas B		SS-B	2,0	±3,0
Laston	Lapis Aus	HRS-WC	3,0	±3,0
	Lapis Pondasi	HRS-Base	3,5	
Laston	Lapis Aus	AC-WC	4,0	±3,0
	Lapis Pengikat (Antara)	AC-BC	6,0	±4,0
	Lapis pondasi	AC-Base	7,5	±5

3.5. Komposisi Aspal

Aspal sebagai bahan pengikat pada aspal campuran panas, mempunyai sifat fisis yang ditentukan oleh kimia, komposisi aspal terdiri dari *asphaltene* dan *maltene*. *Asphaltene* merupakan material yang berwarna hitam atau coklat tua dalam *heptane*, merupakan cairan kental yang terdiri dari *resin* dan *oil*. *Resin* adalah cairan berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat *adhesi* pada aspal, merupakan bagian yang mudah hilang dan berkurang selama masa pelayanan jalan. Sedangkan *oil*, berwarna lebih muda merupakan media dari

asphaltene dan *resin*, faktor kimia yang mengontrol kegunaan aspal itu sendiri (Sukirman, 2003).

Tabel 3.3. Contoh Komponen Fraksional Di Indonesia, Beton Aspal Campuran Panas (Sukirman, 2003)

Unsur Kimia	Asphalt Cement Penetrasi 60/70
<i>Asphalt</i>	22,41%
<i>Maltene</i>	-
<i>Basa Nitrogen</i>	24,90%
<i>Accidafin – 1(A1)</i>	14,50%
<i>Accidafin – 1(A2)</i>	18,97%
<i>Parafin (P)</i>	19,22%

Aspal yang digunakan pada konstruksi perkerasan jalan juga mempunyai fungsi sebagai berikut ini (Sukirman, 2003) :

1. Sebagai pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat serta antara aspal itu sendiri.
2. Sebagai bahan pengisi, mengisi rongga antar butiran-butiran agregat dan pori-pori yang ada pada agregat itu.

Dengan fungsi tersebut, berarti aspal memiliki beberapa persyaratan sifat-sifat aspal yang harus dimiliki sebagai bahan jalan. Adapun sifat-sifat aspal adalah sebagai berikut (Sukirman, 2003) :

1. Daya Tahan (*Durabilitas*)

Daya tahan aspal merupakan kemampuan aspal untuk mempertahankan sifat aslinya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat campuran aspal, tergantung agregatnya, campuran agregat dengan aspal serta pelaksanaannya.

2. *Adhesi* dan *Kohesi*

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga menghasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal, sedangkan

kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikat.

3. Kepekaan terhadap Temperatur

Karena bersifat termoplastis, maka aspal akan menjadi cair jika dipanaskan dan akan kental atau keras jika temperaturnya diturunkan. Kepekaan aspal untuk berubah sifat akibat perubahan temperatur ini dikenal sebagai kepekaan terhadap temperatur.

4. Kekerasan Aspal

Proses pencampuran aspal dengan agregat atau pada saat aspal panas disiramkan kepermukaan agregat yang telah dipersiapkan pada proses peleburan, dilakukan pada temperatur yang cukup tinggi. Pada saat pelaksanaan akan terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas dan akhirnya akan rapuh. Peristiwa pelapukan berlangsung setelah masa pelaksanaan selesai. Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan.

5. Berat jenis aspal

Adapun berat jenis aspal bervariasi antara 0,95-1,05 gr/cc.

3.6. Mutu Aspal

Aspal merupakan salah satu bahan utama dalam pembuatan campuran aspal beton, karena itu mutunya harus dikontrol. Mutu aspal ini sangat tergantung pada beberapa hal sebagai berikut :

1. Kepadatan atau kekentalan
2. Tingkat keawetan
3. Ketahanan terhadap pelapukan akibat perubahan temperatur suhu / cuacadan ketahanan terhadap air.

Karena sifat aspal sebagai bahan penyelemen, maka aspal digunakan sebagai bahan pengikat agregat dalam pembuatan Jalan Raya. Selain sebagai bahan pengikat, aspal juga harus tahan terhadap air dan tahan lama.

3.7. Kadar Aspal Dalam Campuran

Kadar aspal merupakan persentase berat aspal terhadap campuran agregat yang telah ditentukan. Biasanya kadar aspal campuran telah ditetapkan dalam spesifikasi sifat campuran, maka untuk rancangan campuran di laboratorium digunakan kadar aspal tengah. Kadar aspal tengah yaitu nilai tengah dan rentang kadar aspal dalam spesifikasi campuran.

Perkiraan awal kadar aspal tengah dan rancangan campuran aspal dapat ditentukan dengan mempergunakan rumus sebagai berikut (DPU, 2006) :

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

Keterangan :

P_b = kadar aspal perkiraan %

CA = persen agregat tertahan saringan No. 8

FA = persen agregat lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.200

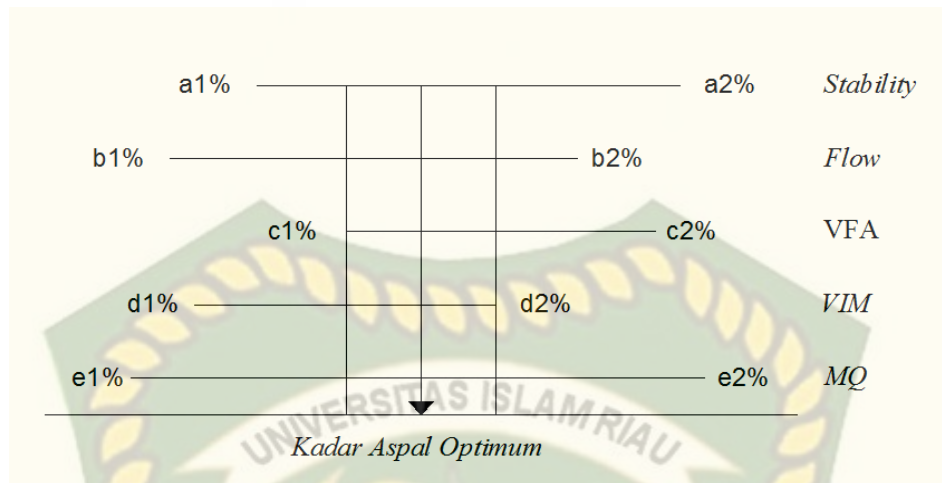
$Filler$ = persentase agregat minimal 75% lolos saringan No.200

K = konstanta 0,5-1,0 untuk Laston

= konstanta 2,0-3,0 untuk Lataston

Dari perkiraan awal kadar aspal, didapatkan nilai kadar aspal optimum yaitu nilai tengah dan rentang kadar aspal yang memenuhi semua spesifikasi campuran. Kadar aspal optimum (KAO) ditentukan setelah pengujian *Marshall*, dengan membuat diagram hubungan antara sifat teknis campuran yang paling berpengaruh (*Stabilitas, Flow, VMA, VFA, VIM* dan *MQ*) dengan persen kadar aspal.

Penentuan kadar aspal optimum ditentukan sesuai dengan persyaratan batasan sifat-sifat teknis campuran, seperti ilustrasi pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum (Sukirman, 1995)

Maka Kadar Aspal Optimum = $\frac{c_1 + d_2}{2}$ (3.2)

3.8. Aspal Beton

Lapisan aspal beton merupakan jenis campuran aspal panas yang dikembangkan di Amerika oleh *The Asphalt Institute* dengan nama *Asphalt Concrete (AC)*. *Asphalt Concrete (AC)* adalah jenis campuran yang dikarakterisasikan dengan menggunakan agregat menerus. Menurut Bina Marga, lapis aspal beton adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan raya yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu.

Sukirman (2007) menyampaikan bahwa aspal beton atau beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari pencampuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampuran pada suhu tertentu. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang digunakan. Jika menggunakan aspal semen, maka suhu pencampuran umumnya antara 145°C – 155°C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal dengan nama *hotmix*.

Sedangkan menurut Soehartono (2015), beton aspal adalah teknologi pelapisan dengan cara mencampur terlebih dahulu agregat dengan aspal pada temperatur panas, kemudian baru digelar dalam kondisi panas atau dingin dan

dipadatkan hingga mencapai kepadatan tertentu. Bila pemadatan telah selesai dan suhu permukaan telah berada dibawah 60°C, baru boleh dibuka untuk lalu lintas umum.

Jenis campuran panas aspal beton yang ada diantaranya (Sukirman, 2003):

1. Laston (Lapisan Aspal Beton) adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston dikenal pula dengan nama AC (*Asphalt Concrete*) karakteristik beton yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Tebal minimum Laston 4-6 cm sesuai fungsinya. Laston mempunyai 3 macam campuran yaitu :
 - a. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*).
 - b. Laston sebagai lapisan pengikat, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Binder Course*).
 - c. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*).
2. Lataston (Lapisan Tipis Aspal Beton) adalah beton aspal bergradasi senjang. Ditunjukan untuk jalan-jalan lalu lintas yang ringan dan sedang. Ini sering juga disebut dengan HRS (*Hot Rolled Sheet*).
3. Latasir (Lapisan Tipis Aspal Pasir) adalah beton aspal untuk jalan-jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya dimana agregat kasar tidak ada atau sulit diperoleh. Lapisan ini mempunyai ketahanan alur (*rutting*) rendah.
4. ATB (*Asphalt Treated Base*) adalah lapisan yang khusus di formalasikan untuk meningkatkan keawetan dan kelelehan.

Asphalt Concrete merupakan *hot mix* yang mempunyai agregat bergradasi menerus. *Asphalt Concrete* adalah jenis campuran dengan susunan butiran agregat yang dibuat dengan tingkat kehati-hatian tinggi, dan ukuran yang besar samapai ukuran yang paling halus, dengan tujuan untuk memperoleh kadar pori yang

terkontrol baik, dan jumlah aspal yang ditambah tergantung dan kadar pori yang dikehendaki sehubungan dengan kondisi lalu lintas dan iklim yang ada.

AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) atau lapisan aus adalah lapisan beton untuk permukaan jalan biasanya tidak terlalu tebal, mempunyai tebal nominal minimum 4cm. *AC-WC* difungsikan sebagai lapis penutup, bersifat lentur untuk dapat menerima gerakan lapis dibawahnya tanpa mengalami retak. (Soehartono, 2015).

Untuk mendapatkan jenis aspal beton dengan jenis tertentu diperlukan pembatasan-pembatasan dalam ukuran agregat yang akan digunakan yang disebut dengan gradasi agregat gabungan. Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat, harus memenuhi batas-batas. Adapun spesifikasi untuk gradasi agregat pada campuran *AC-Wearing Course* yang digunakan telah diatur dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 seperti pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010)

Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran					
		Laston (AC)					
ASTM	(mm)	Gradasi Halus			Gradasi Kasar		
		WC	BC	Base	WC	BC	Base
1 ^{1/2"}	37,5	-	-	100	-	-	100
1	25	-	100	90-100	-	100	90-100
3/4 "	19	100	90-100	73-90	100	90-100	73-90
1/2 "	12,5	90-100	74-90	61-79	90-100	79-90	55-76
3/8 "	9,5	72-90	64-82	47-67	72-90	58-80	45-66
No. 4	4,75	54-69	47-64	39,5-50	43-63	37-56	28-39,5
No. 8	2,36	39,1-53	34,6-49	30,8-37	28-39,1	23-34,6	19-26,8
No. 16	1,18	31,6-40	28,3-38	24,1-28	19-25,6	15-22,3	12-18,1
No. 30	0,600	23,1-30	20,7-28	17,6-22	13-19,1	10-16,7	7-13,6

Lanjutan Tabel 3.4

No. 50	0,300	15,5-22	13,7-20	11,4-16	9-15,5	7-13,7	5-11,4
No. 100	0,150	9-15	4-13	4-10	6-13	5-11	4,5-9
No. 200	0,075	4-10	4-8	3-6	4-10	4-8	3-7

Dari hasil pemadatan campuran agregat berdasarkan spesifikasi gradasi agregat pada Tabel 3.4 maka komposisi pemakaian agregat dengan aspal hendaknya dapat menjamin bahwa asumsi-asumsi rencana mengenai kadar aspal efektif (*Asphalt Content*), rongga udara (*airvoid*) stabilitas (*stability*) samai batasan kelelehan plastis (*Flow*) benar-benar terpenuhi sesuai persyaratan atau ketentuan sifat-sifat campuran yang telah ditetapkan. Ketentuan sifat-sifat campuran AC-WC dapat dilihat seperti pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston AC-WC untuk Lalu Lintas Berat (Dinas Pekerjaan Umum, 2010)

Sifat-Sifat Campuran		Laston					
		Lapis Aus		Lapis Antara		Pondasi	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)		5,1	4,3	4,3	4,0	5,1	3,5
Penyerapan Aspal (%)	Maks	1,2					
Jumlah tumbukan perbidang		75					112
Rongga dalam campuran	Min	3,5					
VIM (%)	maks	5,0					
Rongga dalam Agregat VMA (%)	Min	15	14				13
Rongga terisi Aspal VFA (%)	Min	65	63				60
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min	800					1800
	Maks	-					-
Pelelehan (mm)	Min	3					4,5
<i>Marshall quotient</i> (kg/mm)	Min	250					300

Lanjutan Tabel 3.5

Stabilitas <i>marshall</i> sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam. 60°C	Min	90
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membela (<i>refusal</i>)	Min	2,5
Stabilitas dinamis, lintasan/mm	Min	2500

3.9. Agregat

Agregat dalam campuran aspal berupa batu pecah, kerikil, pasir, atau komposisi material lainnya, baik merupakan hasil alam maupun hasil pengolahan (penyaringan/pemecahan) yang merupakan bahan utama konstruksi lapisan keras jalan dalam mendukung kekuatan (LASTON No. 13/PT/B/1983 DPU). Agregat dapat dibedakan berdasarkan beberapa hal.

3.9.1. Berdasarkan Proses Pengolahan

Pembagian agregat berdasarkan proses pengolahannya dapat dibedakan menjadi : agregat alam, agregat yang melalui proses pengolahan, dan agregat buatan.

1. Agregat Alam

Agregat alam merupakan agregat yang dapat digunakan langsung sesuai dengan bentuk aslinya atau melalui sedikit pengolahan. Bentuk dari agregat alam ini tergantung dari proses terbentuknya. Agregat yang terbentuk dari air sungai berbentuk bulat dan licin, sedangkan agregat yang terbentuk dari proses degradasi berbentuk kubus (bersudut) dan permukaannya kasar. Dua bentuk agregat alam yang sering digunakan yaitu kerikil dan pasir.

2. Agregat yang melalui proses pengolahan

Agregat yang sering ditemui di alam masih banyak yang berbentuk batu gunung atau batu sungai dalam ukuran besar, sehingga diperlukan

proses pengolahan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai agregat dalam konstruksi perkerasan. Agregat ini harus melalui proses pemecahan terlebih dahulu bertujuan untuk memperoleh bentuk partikel yang bersudut, diusahakan berbentuk kubus. Partikel kasar yang dihasilkan hendaknya mempunyai permukaan kasar sehingga menghasilkan gesekan yang baik, disamping itu gradasi juga harus sesuai dengan yang diinginkan. Proses pemecahan agregat sebaiknya dilakukan dengan menggunakan mesin pemecah batu (*crusher stone*) sehingga ukuran partikel yang dihasilkan dapat terkontrol.

3. Agregat Buatan

Agregat yang berupa mineral *filler* atau pengisi (partikel dengan ukuran 0.075 mm), diperoleh dan hasil sampingan pabrik semen dan mesin pemecah batu.

3.9.2. Berdasarkan Asal Kejadiannya

Berdasarkan dari asalnya batuan atau agregat dapat dibedakan atas batuan beku, batuan sedimen, dan batuan *metamorf*.

1. Batuan beku

Batuan beku adalah batuan yang berasal dari magma yang sudah mendingin atau membeku. Batuan ini dibedakan dua macam yaitu batuan beku luar dan batuan beku dalam. Batuan beku luar terbentuk dari material yang keluar pada saat gunung berapi meletus. Akibat dari perubahan cuaca, magma tersebut mengalami pendinginan dan membeku. Sedangkan batuan beku dalam terbentuk dari magma yang tidak dapat keluar kepermukaan bumi, sehingga magma mengalami pendinginan dan membeku secara perlahan. Jenis-jenis batuan beku yaitu *granit*, *gabbro*, *diorite*.

2. Batuan Sedimen

Batuan sedimen berasal dari campuran partikel mineral, sisa-sisa hewan dan tanaman. Pada umumnya terbentuk dari lapisan kulit bumi, hasil endapan di danau, di laut, dan sebagainya.

3. Batuan *Metamorf*

Batuan ini berasal dari batuan sedimen ataupun batuan beku yang mengalami proses perubahan bentuk karena adanya perubahan suhu dan tekanan dan kulit bumi, seperti batuan *marmer*, *kuarsit* dan sebagainya.

3.9.3. Berdasarkan Besar Partikel-Partikel Agregat

Berdasarkan besar ukuran butirannya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*). Biasanya batasan ukuran dari masing-masing agregat ini sering berbeda sesuai dengan institusi yang menentukannya.

Dapertemen Pekerjaan Umum, 2006 membedakan agregat menjadi :

1. Agregat Kasar

Fraaksi agregat kasar untuk rancangan campuran aspal adalah yang tertahan ayakan No.8 (2,36mm), terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah yang bersih, kering, kuat, dan bebas dari bahan lain yang mengganggu dan memenuhi persyaratan.

2. Agregat Halus

Agregat yang merupakan semua unsur yang lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.200 (0,075 mm) yang terdiri dari pasir alam atau material buatan yang diperoleh dengan cara pemecahan batu atau kerikil, termasuk bahan isian mineral dan mempunyai sifat dan syarat-syarat tertentu.

Adapun syarat-syarat agregat halus antara lain sebagai berikut (Sukirman, 2003) :

- a. Agregat halus harus bersih, kering, kuat, bebas dari gumpalan-gumpalan lempung dan bahan-bahan lain yang mengganggu serta terdiri dari butiran –butiran tang bersudut tajam dan mempunyai permukaan kasar.
- b. Agregat halus yang berasal dari batu kapur pecah hanya boleh digunakan apabila dicampur dengan pasir alam dalam

perbandingan yang sama kecuali apabila pengalaman telah menunjukkan bukti bahwa bahan tersebut aman untuk lalu lintas.

- c. Agregat halus yang berasal dari hasil pemecahan batu, harus berasal dari batuan induk yang memenuhi persyaratan agregat kasar.
- d. Agregat halus harus mempunyai ekivalen pasir minimum 50% (AASHTO T – 176).

3. Bahan Pengisi

Menurut Hardiyatmo (2007), bahan pengisi *filler* yang merupakan material berbutir halus yang lolos saringan No.200 (0,075mm), dapat terdiri dari debu batu, kapur padam, semen portland atau bahan non-plastis lainnya.

Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bahan lain yang tidak dikehendaki. Bahan pengisi ini mempunyai fungsi yaitu :

- a. Sebagai pengisi antara partikel agregat yang lebih kasar, sehingga rongga udara menjadi lebih kecil dan menghasilkan tahanan gesek, serta penguncian antar butiran yang tinggi.
- b. Jika ditambahkan kedalam aspal, bahan pengisi akan menjadi suspensi, sehingga terbentuk mastik yang bersama-sama dengan aspal mengikat partikel agregat. Dengan penambahan pengisi aspal menjadi lebih kental, dan campuran aspal akan bertambah kekuatannya.

3.10. Pengujian Sifat dan Mekanis Material

Dilakukan pengecekan terhadap material-material yang digunakan untuk pembuatan bahan campuran contoh sampel, supaya dapat diketahui sifat-sifat pada material, baik itu untuk agregat ataupun aspal. Pengujian agregat yang dilakukan antara lain sebagai berikut :

A. Pemeriksaan Agregat

Kualitas agregat yang akan digunakan sebagai bahan perkerasan jalan ditentukan dengan cara melakukan serangkaian pengujian sebagai berikut :

1. Analisa Saringan

Perhitungan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butiran agregat dengan menggunakan saringan. Perhitungan analisa saringan merupakan persentase berat benda uji yang tertahan diatas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji. Dilakukan penyaringan terhadap masing-masing agregat, untuk mengetahui susunan butiran (gradasi) agregat kasar, agregat halus, dan *filler*.

2. Berat Jenis Agregat

- a. Berat jenis (*Bulk Spesific Gravity*) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan serta air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- b. Berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*) yaitu perbandingan antara agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling antara agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh suhu tertentu.
- c. Berat jenis semu (*Apparent Spesific gravity*) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.
- d. Penyerapan (*Absorption*) adalah persentase berat air yang bisa diserap oleh pori terhadap berat agregat kering.

3. Keausan Agregat (*abration*)

Keausan adalah ketahanan agregat terhadap penghancuran akibat pengaruh mekanisme yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan yang aus lewat saringan No.12 terhadap berat benda uji semula dengan menggunakan mesin *Los Angeles*.

4. Kelekatan aspal terhadap agregat

Kelekatan aspal terhadap agregat adalah persentase dan perbandingan luas permukaan batuan yang diselimuti aspal, terhadap keseluruhan luar permukaan batuan.

5. *Sand Equivalent (SE)*

Sand equivalent adalah perbandingan antara skala agregat halus/pasir dengan skala lumpur.

3.11. **Bahan Pengisi (*Filler*)**

Menurut Hardiyatmo (2007), bahan pengisi *filler* yang merupakan material berbutir halus yang lolos saringan No.200 (0,075mm), dapat terdiri dari debu batu, kapur padam, semen portland atau bahan non-plastis lainnya.

Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bahan lain yang tidak dikehendaki. Bahan pengisi ini mempunyai fungsi yaitu :

1. Sebagai pengisi antara partikel agregat yang lebih kasar, sehingga rongga udara menjadi lebih kecil dan menghasilkan tahanan gesek, serta penguncian antar butiran yang tinggi.
2. Jika ditambahkan kedalam aspal, bahan pengisi akan menjadi suspensi, sehingga terbentuk mastik yang bersama-sama dengan aspal mengikat partikel agregat. Dengan penambahan pengisi aspal menjadi lebih kental, dan campuran aspal akan bertambah kekuatannya.

Bahan pengisi (*filler*) untuk campuran aspal adalah :

1. Bahan pengisi yang ditambahkan harus terdiri dari debu batu, kapur, semen portland, abu terbang atau bahan non-plastis lainnya dari sumber manapun. Bahan tersebut harus bebas dari bahan yang tidak dikehendaki.
2. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji penyaringan sesuai SNI 03-4142-1996 harus mengandung bahan yang lolos saringan No.200 tidak

kurang dari 75% dari lolos saringan No.30 serta harus memenuhi gradasi sesuai Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Spesifikasi *Filler* Untuk Campuran Aspal Beton (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010)

Saringan (mm)	% Lolos
0,600 (No.30)	100
0,300 (No.50)	90-100
0,075 (No.200)	75-100

3.11.1. Abu Batang Jagung

Bahan tambahan merupakan bahan-bahan yang ditambahkan kedalam campuran aspal pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat pada campuran lapisan aspal agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya.

Abu batang jagung merupakan abu hasil dari pembakaran batang jagung yang lolos saringan No.200. komponen tanama jagung tua dan siap panen terdiri atas 38% biji, 7% tongkol, 12% kulit, 13% daun dan 30% batang. Jagung merupakan sala satu tanaman yang memiliki limbah terbesar di Indonesia. Selain tongkol jagung , batang jagung juga merupakan limbah dari pertanian. Limbah tanaman jagung berupa batang, daun, kulit, tongkol mencapai 1,5 kali bobot biji artinya bahwa jika dihasilkan 8 ton biji per ha maka diperoleh 12 ton limbah yang terbuat. Batang tanaman jagung tergolong padat, ketebalan batang jagung sekitar 2-4 cm tergantung pada varietasnya. Genetik memberikan pengaruh yang tinggi pada tanaman. Tinggi tanaman yang sangat bervariasi ini merupakan karakter yang sangat berpengaruh pada klasifikasi karakter tanaman jagung (Singh, dalam Ervina, 2013).

Jagung merupakan tanaman yang memiliki kandungan silika. Tanaman jagung memiliki kadar silika 20,6% yang melebihi unsur hara makro (N, P, K, Ca, Mg dan S) (Roesmarkam dan Yuwono,2002). Kadar silika pada batang jagung ini

diharapkan dapat memberikan dampak positif pada kekuatan dalam campuran aspal.

3.12. Gradasi

Gradasi merupakan distribusi variasi ukuran butiran agregat yang ditentukan melalui analisa saringan yang lolos melalui satu set saringan. Agregat yang lolos saringan dinyatakan dalam persentase berat dari saringan yang lolos atau tertahan. Gradasi agregat dapat dibedakan atas :

1. *Uniform graded* (gradasi terbuka) yaitu agregat campuran yang tersusun dengan agregat yang ukuran butirannya seragam atau hampir sama. Gradasi ini memiliki pori antara butiran agregat yang cukup besar, contohnya : burtu (laburan aspal satu lapis) dan burda (lapisan aspal dua lapis).
2. *Dense graded* (gradasi baik) adalah campuran agregat yang distribusi ukurannya merata, campuran ini mempunyai sedikit pori sehingga mudah untuk dilakukan pemadatan dan memiliki nilai stabilitas yang tinggi.
3. *Poorly graded* (gradasi buruk) merupakan campuran agregat yang distribusi agregatnya tidak menerus atau bagian yang hilang, contoh campurannya yaitu *HRA (Hot Rolled Asphalt)*.

3.13. Karakteristik Campuran

Campuran dari aspal dan agregat yang direncanakan harus dapat memenuhi karakteristik tertentu agar dapat bertahan pada kondisi beban lalu lintas dan iklim sehingga dapat menghasilkan suatu perkerasan yang kuat, aman dan nyaman. Maka setiap campuran aspal beton (AC) harus memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan bleeding. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan

beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai nilai stabilitas yang tinggi.

Stabilitas yang tinggi dapat dicapai dengan mengusahakan penggunaan:

- a. Agregat dengan gradasi rapat.
- b. Agregat dengan gradasi kasar.
- c. Agregat berbentuk kubus.
- d. Aspal dengan penetrasi yang rendah.
- e. Aspal dengan jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butiran.

2. Keawetan / Durabilitas (*Durability*)

Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan aspal beton menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran.

3. Kelenturan (*Fleksibilitas*)

Fleksibilitas adalah kemampuan pada lapisan perkerasan untuk menyesuaikan perubahan bentuk yang terjadi pada lapisan bawahnya tanpa mengalami keretakan. Sifat *fleksibilitas* bertolak belakang dengan sifat *stabilitas*, oleh karena itu kedua sifat tersebut diupayakan mencapai tingkat optimum dalam perencanaan meningkatkannya *fleksibilitas* campuran aspal dapat dilakukan dengan menambah kadar aspal, mempertinggi *dekaitas*, mengurangi tebal lapisan keras dan menggunakan gradasi agregat relatif terbuka.

4. Kekesatan (*Skid Resistensi*)

Kekesatan (*Skid Resistensi*) adalah kemampuan permukaan aspal beton terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, ataupun slip. Nilai kekesatan yang

tinggi didapat dengan cara menggunakan agregat dengan tekstur permukaan yang kasar dan nilai abrasi yang rendah. Pemakaian aspal berlebihan pada campuran dapat mengakibatkan slip pada sisi permukaan.

5. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan merupakan kemampuan lapisan untuk menahan lendutan berulang-ulang dari roda kendaraan yang melewati lapisan perkerasan tanpa mengalami keretakan. Kuantitas aspal berpengaruh besar terhadap sifat ketahanan terhadap kelelahan lapisan perkerasan, semakin banyak kandungan aspal maka semakin besar nilainya.

6. *Workabilitas*

Workabilitas atau kemudahan pelaksanaan adalah hal utama dalam proses penghamparan dan pemadatan terhadap aspal beton. Tingkat *workabilitas* menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Dimungkinkan terjadi perbedaan hasil pengujian di laboratorium dengan pelaksanaan di lapangan harus segera dilakukan secara efektif dan efisien.

3.14. Karakteristik Marshall

Karakteristik campuran panas agregat aspal dapat diukur dari sifat-sifat marshall yang ditunjukkan pada nilai-nilai sebagai berikut :

1. Stabilitas / *Stability*

Stabilitas ialah kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan naiknya aspal ke permukaan.

2. Rongga Didalam Agregat / *Void in Mineral Aggregate (VMA)*

VMA adalah rongga udara antara butir agregat dalam campuran agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, yang merupakan persen volume rongga didalam agregat yang terisi oleh aspal, dinyatakan dalam persen terhadap total volume.

3. Rongga Dalam Campuran / *Void In the Mix (VIM)*

VIM adalah persentase rongga yang terdapat dalam rongga campuran.

4. Rongga yang terisi aspal / *Void Filled Asphalt (VFA)*

VFA adalah persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan.

5. Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan (*Flow*) adalah besarnya deformasi vertikal sampel yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapisan perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya.

6. *Marshall Quotient*

Marshall Quotient adalah hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*.

7. Kepadatan / *Density*

Density adalah tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan.

3.15. Cara Analisa

Data-data yang diperoleh dari tes penelitian di laboratorium dianalisis dengan rumus berikut ini :

A. Berat Jenis

1. Berat jenis agregat kasar dengan rumus sebagai berikut ini.

$$a. \text{ Berat Jenis} = \frac{B_k}{(B_j - B_a)} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$b. \text{ Berat Jenis Kering Permukaan} = \frac{B_j}{(B_j - B_a)} \dots\dots\dots (3.4)$$

$$c. \text{ Berat Jenis Semu} = \frac{B_k}{(B_k - B_a)} \dots\dots\dots (3.5)$$

$$d. \text{ Penyerapan} = \frac{B_j - B_k}{(B_k)} \times 100\% \dots\dots\dots (3.6)$$

Keterangan :

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

B_k = Berat benda uji kering oven (gram)

B_a = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gram)

2. Berat jenis agregat halus dengan rumus sebagai berikut :

$$a. \text{ Berat Jenis} = \frac{B_k}{(B + 500 - B_t)} \dots\dots\dots (3.7)$$

$$b. \text{ Berat Kering Permukaan} = \frac{500}{(B+500-Bt)} \dots\dots\dots (3.8)$$

$$c. \text{ Berat Jenis Semu} = \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)} \dots\dots\dots (3.9)$$

$$d. \text{ Penyerapan} = \frac{500-Bk}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots (3.10)$$

Keterangan :

500 = Berat benda uji (gram)

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat piknometer + berat air (gram)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

3. Berat Jenis Bulk Gabungan (U)

$$\frac{100}{\left(\frac{a}{Bja_{Bulk}}\right) + \left(\frac{b}{Bjb_{Bulk}}\right) + \left(\frac{c}{Bjc_{Bulk}}\right) + \left(\frac{d}{Bjd_{Bulk}}\right)} \dots\dots\dots (3.11)$$

4. Berat Jenis Apparent Gabungan (App)

$$\frac{100}{\left(\frac{a}{Bja_{App}}\right) + \left(\frac{b}{Bjb_{App}}\right) + \left(\frac{c}{Bjc_{App}}\right) + \left(\frac{d}{Bjd_{App}}\right)} \dots\dots\dots (3.12)$$

5. Berat Jenis Efektif (V)

$$\frac{U+App}{2} \dots\dots\dots (3.13)$$

Dari data tersebut diperoleh harga *Density*, *Stabilitas*, *Marshall Quentient*.

6. Kelelehan (Flow)

Nilai *flow* = r didapat dari pembacaan arloji *flow* yang menyatakan deformasi benda uji dalam satuan 0,01 mm.

7. Stabilitas

Nilai stabilitas dari benda uji didapat dari pembacaan arloji stabilitas alat tekan *Marshall*. Angka ini dikoreksi dengan angka kalibrasi alat dan angka koreksi ketebalan benda uji.

Rumus stabilitas adalah :

$$Q = P \times 0 \times \text{koreksi volume benda uji} \dots\dots\dots (3.14)$$

Keterangan :

P = Kalibrasi proving ring pada 0

0 = Nilai pembacaan arloji stabilitas

8. *Marshall Quentient*

Perhitungan nilai *Marshall Quentient* didasarkan atas rumus:

$$MQ = S / r \dots\dots\dots (3.15)$$

Keterangan :

S = Nilai stabilitas terpasang (Kg)

r = Nilai kelelehan (mm)

MQ = Nilai *Marshall Quentient* (kg/mm)

9. *Density*

Nilai *density* dihitung dengan rumus :

$$g = c / f \dots\dots\dots (3.16)$$

$$f = d - e \dots\dots\dots (3.17)$$

keterangan :

c = Berat benda uji sebelum direndam (gram)

d = Berat benda uji jenuh air (gram)

e = Berat benda uji dalam air (gram)

f = Isi benda uji (ml)

g = Berat isi benda (gram/ml)

10. *Void In the Mix (VIM)*

VIM adalah nilai persentase rongga udara yang ada dalam campuran, didapat dengan rumus sebagai berikut :

$$VIM = 100 - i - j \dots\dots\dots (3.18)$$

Keterangan :

i = Persentase volume aspal

j = Persentase volume agregat

11. *Void Filled With Asphalt (VFA)*

VFA adalah nilai persentase rongga yang terisi aspal efektif, didapat dari rumus sebagai berikut :

$$VFA = i / l \dots\dots\dots (3.19)$$

Keterangan :

i = Persentase volume aspal

l = Persentase rongga agregat

12. *Void in Mineral Aggregate (VMA)*

VMA adalah nilai persentase rongga udara yang ada diantara butir agregat dalam campuran, dengan rumus berikut :

$$VMA = 100 - j \dots\dots\dots (3.20)$$

Keterangan :

j = Persentase volume agregat



BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau. Pada Laboratorium Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil penulis melakukan penelitian pemeriksaan agregat, analisa saringan, berat jenis dan pengujian *Marshall*.

4.2. Bahan Penelitian

Material yang digunakan peneliti pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Agregat kasar, agregat sedang, agregat halus dan abu batu yang digunakan berasal dari PT. RMB, Kampar
2. Aspal produksi pertamina dengan penetrasi 60/70 berasal dari PT. Multi Trading Pratama.
3. Bahan yang digunakan sebagai pengganti *filler* adalah abu batang jagung. Abu batang jagung didapatkan dari proses pengolahan yang dilakukan oleh peneliti dengan cara pembakaran limbah batang jagung. Limbah batang jagung yang digunakan berasal dari Kebun Jagung Kubang Raya, Pekanbaru.

4.3. Peralatan Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan peralatan dari Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau. Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Peralatan Pengujian Analisa Saringan

Peralatan yang digunakan pada pengujian analisa saringan antara lain :

- a. Saringan satu set dari ukuran saringan 1", 3/4", 1/2", 3/8", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No.200.
- b. *Pan* dan *cover* (penutup)
- c. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram dari berat benda uji.

- d. Oven yang dilengkapi pengatur suhu.
- e. Wadah plastik, kuas, dan sikat.

2. Peralatan Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis dilakukan bertujuan untuk mendapatkan berat jenis efektif dari campuran aspal. Peralatan yang digunakan dalam pengujian berat jenis pada agregat kasar, agregat sedang dan agregat halus adalah sebagai berikut :

- A. Peralatan yang digunakan untuk pengujian agregat kasar dan sedang :
 - a. Timbangan yang dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
 - b. Keranjang kawat.
 - c. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu.
 - d. Saringan no.4 (4,75mm) dan No.8 (2,36mm)
- B. Peralatan yang digunakan untuk pengujian agregat halus :
 - a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
 - b. Labu ukur (*piknometer*) 500ml.
 - c. Kerucut kuningan (*cone*) dengan diameter (40 ± 3 mm) dan diameter bagian bawah (90 ± 3 mm) dan tinggi (75 ± 3 mm).
 - d. Batang penumbuk (*tamper*)
 - e. Saringan No.4 (4,75mm)
 - f. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu.
 - g. Wadah plastik dan sendok pengaduk.

3. Peralatan Pembakaran Batang Jagung

Peralatan yang digunakan pada pembakaran batang jagung berguna untuk menghasilkan abu batang jagung adalah sebagai berikut :

- a. Limbah batang jagung
- b. Tong
- c. Korek api
- d. Besi / kayu panjang
- e. Seng dan Terpal

4. Peralatan Penyaringan Hasil Pembakaran Batang Jagung

Peralatan yang digunakan pada penyaringan hasil pembakaran batang jagung adalah sebagai berikut :

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- b. Saringan No.30, No.50, No.100, No.200
- c. Wadah / Plastik

5. Peralatan Pembuatan Benda Uji

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

- a. 3 buah cetakan benda uji (*Slab Mold*) berbentuk lingkaran.
- b. Alat pengeluar benda uji (*Ekstruder*) dari cetakan mold.
- c. Penumbuk yang memiliki tumbuk rata berbentuk silinder (*Steel Roller*)
- d. Silinder cetakan benda uji.
- e. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu.
- f. Landasan pemadat.
- g. *Thermometer* untuk menentukan suhu pemanas dan suhu pemadat.
- h. Kompor untuk memanasi campuran material
- i. Wadah / cawan untuk mengaduk
- j. Sendok pengaduk

6. Peralatan Pengujian *Marshall*

Peralatan yang digunakan dalam pengujian *Marshall* adalah sebagai berikut :

- a. Mesin tekan lengkap dengan alat pembacanya.
- b. Kepala penekan.
- c. Cincin penguji.
- d. Arloji kelelahan.
- e. Bak perendam (water bath) yang dilengkapi dengan pengatur suhu minimal 30°C.
- f. Timbangan yang dilengkapi penggantungan benda uji dan bak air.

4.4. Tahapan Penelitian

Adapun tahapan pelaksanaan penelitian akan dilakukan secara garis besar sebagaimana bagan air dan secara detail sebagai berikut :

1. Persiapan penyediaan bahan dan peralatan.
2. Pengujian sifat fisik dan mekanis agregat.
 - a. Analisa saringan
 - b. Berat jenis dan penyerapan.
3. Perancangan campuran AC-WC menggunakan Spesifikasi Bina Marga 2010
4. Mencari Kadar Aspal Optimum dan Variasi Komposisi Abu Batang Jagung yang digunakan 0%, 25%, 50%, 75%, 100% abu batang jagung.
5. Pembuatan benda uji
6. Pengujian benda uji dengan *Marshall Test* untuk mendapatkan nilai Stabilitas, *Flow*, *VIM*, *VMA*, *VFA*, *MQ*.
7. Analisa dan Pembahasan

Menganalisa benda uji dari campuran filler abu batang jagung dengan abu batu dengan menggunakan *Marshall Test* yang mendapatkan nilai karakteristik *Marshall* (*Stabilitys*, *Flow*, *VIM*, *VMA*, *VFA*, *MQ*).
8. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran akan didapat setelah pengujian selesai dilakukan dan didapatkan hasil analisa dan pembahasan yang telah diuraikan oleh peneliti.

Nilai dari percobaan di laboratorium baik dari uji material sampai dengan pengujian sampel yang telah dibuat, kemudian nilai yang didapat tersebut dianalisa dan digambarkan dalam grafik dan tabel terhadap nilai karakteristik *marshall* (*Stabilitys*, *Flow*, *VIM*, *VMA*, *VFA*, *MQ*). Hal ini tergambar pada bagan alir pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian *Asphalt Concrete-Wearing Course*

4.5. Pengujian Agregat

Pada prosedur dari pengujian ini dilakukan pengecekan terhadap material-material yang digunakan pada pembuatan bahan campuran pembuatan contoh, agar dapat diketahui sifat-sifat material tersebut, baik untuk agregat maupun aspal. Pengujian agregat dilakukan sebagai berikut :

4.5.1. Pengujian Analisa Saringan

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar, agregat sedang dan agregat halus dengan menggunakan saringan.

- Ambil contoh material secukupnya untuk butir material secara merata. Timbang contoh material yang akan digunakan, setelah itu keringkan dengan oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap.
- Susun saringan pada mesin pengguncang yang paling bawah adalah pan selanjutnya saringan dengan lubang terkecil dan seterusnya sampai saringan dengan lubang yang terbesar. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.
- Biarkan selama 5 menit untuk memberi kesempatan debu-debu mengendap. Berat yang tertahan pada masing-masing saringan ditimbang.
- Selanjutnya dihitung persentase berat uji yang tertahan pada masing-masing saringan.



Gambar 4.2 Pengujian Anaisa Saringan (Dokumentasi Pribadi)

4.5.2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

Pengujian dilakukan terhadap agregat kasar dan agregat halus. Berat jenis ini digunakan untuk mendapatkan berat jenis efektif dari campuran aspal. Pengujian memakai standar percobaan SNI 03-1969-1990 untuk agregat kasar, SNI 03-1970-1990 untuk pemeriksaan agregat halus.

A. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar dan Agregat Sedang.

1. Benda uji adalah agregat kasar dan agregat sedang sebanyak lebih kurang 1 kg.
2. Rendam benda uji dalam air selama 24 jam pada suhu ruang.
3. Keluarkan benda uji dari air, keringkan dengan menggunakan lap hingga mencapai keadaan kering permukaan jenuh (*SSD*), untuk agregat butiran besar pengeringan dilakukan satu per satu.
4. Letakkan benda uji didalam keranjang kawat, guncangan keranjang untuk mengeluarkan udara yang tersekap, Timbang benda uji kering permukaan jenuh tersebut (*B_j*).
5. Tentukan beratnya dalam air, ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar (25°C) (*B_a*).
6. Benda uji kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu (110±5)°C, sampai berat tetap.
7. Dinginkan benda uji pada suhu ruang selama 1-3 jam dan timbang dengan ketelitian 0,5 gram (*B_k*).



Gambar 4.3 Alat Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar dan Sedang
(Dokumentasi Pribadi)

B. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

1. Keringkan benda uji yaitu agregat hasil dari saringan No.4 (4,75mm) pada suhu 110°C sam berat tetap, berat tetap apabila tidak terjadi penurunan atau perubahan kadar air lebih besar dari 1%.
2. Dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama 24 jam.
3. Buang air perendaman dengan hati-hati jangan sampai butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas koran dan keringkan dengan cara diangin-anginkan sambil dibalik-balik sampai mencapai kondisi kering permukaan jenuh.
4. Kemudian periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisi benda uji kedalam kerucut pancung. Padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 9 tumbukan untuk 1/3 lapis pertama, 8 tumbukan untuk 1/3 lapis kedua dan 8 tumbukan untuk lapis terakhir (jumlah total tumbukan 25 tumbukan), angkat kerucut tersebut, keadaan kering permukaan jenuh setelah tercapai apabila benda uji runtuh tetapi masih dalam keadaan retak.
5. Setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh, maka masukkan 500 gram benda uji ke dalam piknometer, tambahkan air suling kedalam piknometer hingga benda uji terendam, putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara. Untuk mempercepat proses ini dapat digunakan pompa udara.
6. Tambahkan air suling sampai mencapai tanda batas leher piknometer, rendam piknometer dalam air selama 24 jam.
7. Timbang piknometer berisi dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (Bt).
8. Keluarkan benda uji dan keringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5^{\circ}\text{C})$.
9. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur air untuk penyesuaian dengan suhu standar (25°C).



Gambar 4.4 Pengujian Berat Jenis Agregat Halus (Dokumentasi Pribadi)

4.5.3. Pengujian Kelekatan Aspal Terhadap Agregat

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan angka kelekatan agregat terhadap aspal. Selain daya kelekatan dengan aspal dipengaruhi juga oleh sifat agregat terhadap air. Granit dan batuan yang mengandung silika merupakan agregat yang bersifat *hydrophilic* yaitu agregat yang cenderung menyerap air. Agregat yang demikian tidak bagus digunakan untuk bahan campuran dengan aspal karena mudah terjadi *striping* yaitu lepasnya lapis aspal dari agregat karena pengaruh air sehingga ikatan antara aspal dan agregat cukup baik.

4.5.4. Pengolahan Abu Batang Jagung

Pengolahan abu batang jagung dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu :

a. Pengambilan Batang Jagung

Proses pengambilan batang jagung langsung dari kebun jagung, lokasi Kubang Raya, Pekanbaru.



Gambar 4.5 Pengambilan Batang Jagung, lokasi Kubang Raya Pekanbaru
(Dokumentasi Pribadi)

b. Pemisahan Batang Jagung

Maksudnya ialah proses pemisahan batang jagung dengan daunnya. Karena yang dipakai pada penelitian ini adalah batang jagung.



Gambar 4.6 Pemisahan batang jagung dengan daun jagung
(Dokumentasi Pribadi)

c. Penjemuran Batang Jagung

Setelah pemisahan batang dengan daunnya, batang jagung kemudian di jemur sekitar 1-2 hari hingga batangnya kering.



Gambar 4.7 Penjemuran batang jagung (Dokumentasi Pribadi)

d. Pembakaran Batang Jagung

Proses pembakaran batang jagung dengan menggunakan tong besi dan tempat pembakaran ditutup dengan menggunakan seng. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan abu dari batang jagung.



Gambar 4.8 Pembakaran Batang jagung (Dokumentasi Pribadi)

e. Penyaringan Abu Batang Jagung

Abu hasil dari pembakaran disaring dengan menggunakan saringan No.30, No.50, No.100, No.200. Tujuan dari penyaringan ini agar abu batang jagung memiliki tingkat kehalusan yang seragam (abu lolos saringan No.200).



Gambar 4.9 Penyaringan Abu Batang Jagung (Dokumentasi Sendiri)

4.5.5. Prosedur Pembuatan Benda Uji Atau Briket Aspal

Sebelum pembuatan benda uji diadakan pembuatan rancangan campuran (*Mix Design*). Perencanaan rancang campuran meliputi perencanaan gradasi agregat, penentuan kadar aspal, dan penentuan komposisi masing-masing fraksi baik agregat, aspal, dan *filler*. Menentukan prosorsi masing-masing fraksi agregat untuk mendapatkan komposisi yang digunakan untuk campuran, menggunakan metode perhitungan matrik. Setelah persentase gradasi agregat campuran diperoleh selanjutnya didapat kadar aspal tengah awal (*Pb*) yaitu 5%.

Dibuat Benda Uji sebanyak 3 buah sampel pada setiap variasi dengan variasi yaitu 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6% bertujuan untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) kemudian dilanjutkan dengan pengujian *Marshall*. Didapatkan nilai kadar aspal optimum yaitu 5,7%, maka selanjutnya dibuat benda uji dengan komposisi *filler* abu batang jagung yaitu 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% terhadap nilai KAO sebanyak total 15 buah sampel. Tiap masing-masing variasi dibuat 3 buah benda uji.

4.5.6. Pengujian *Marshall*

Pengujian *marshall* bertujuan untuk menentukan stabilitas dan kelelahan (*flow*) dari suatu campuran beraspal. Alat *marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) dan *flow meter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas dan *flow meter* untuk mengukur kelelahan plastis (*flow*). Secara garis besar pengujian *marshall* meliputi persiapan benda uji, penentuan berat jenis bulk dari benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan *flow*, dan perhitungan sifat volumetrik campuran. Perhitungan parameter aspal pada penelitian ini meliputi VMA, VFA, VIM, Stabilitas, *Flow* dan MQ sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran.



Gambar 4.10 Alat Pengujian Marshall (Dokumentasi Pribadi)

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian Material

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi beberapa pengujian analisa saringan, berat jenis agregat dan penyerapan sesuai persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 2).

5.1.1 Hasil Distribusi Ukuran Butiran Agregat (Analisa Saringan)

Dalam penelitian ini pemeriksaan analisa saringan dimaksudkan sebagai pegangan dalam menentukan penggabungan agregat dalam campuran aspal. Data yang didapat dari hasil perhitungan analisa saringan agregat kasar, agregat medium, agregat halus (abu batu) dan pasir dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Persen Lolos Agregat (Analisa Data)

Ukuran Saringan		% Lolos Agregat			
inci	mm	Kasar	Medium	Halus	Pasir
1"	25,4	100	100	100	100
3/4"	19,1	100	100	100	100
1/2"	12,7	51,40	100	100	100
3/8"	9,5	21,73	98,32	100	100
No.# 4	4,75	4,52	20,29	98,10	100
No.# 8	2,38	1,28	8,57	65,46	91,18
No.# 16	1,18	1,27	7,40	40,20	82,04
No.# 30	0,6	1,24	5,92	26,28	70,30
No.# 50	0,3	1,21	4,80	19,35	24,34
No.# 100	0,15	1,07	3,59	15,52	4,94
No.# 200	0,075	0,91	2,81	12,22	1,97

Berdasarkan tabel 5.1 persen lolos agregat didapatkan dari perhitungan analisa saringan, dapat dilihat pada tabel A1 – A4 pada Lampiran A1 – A4.

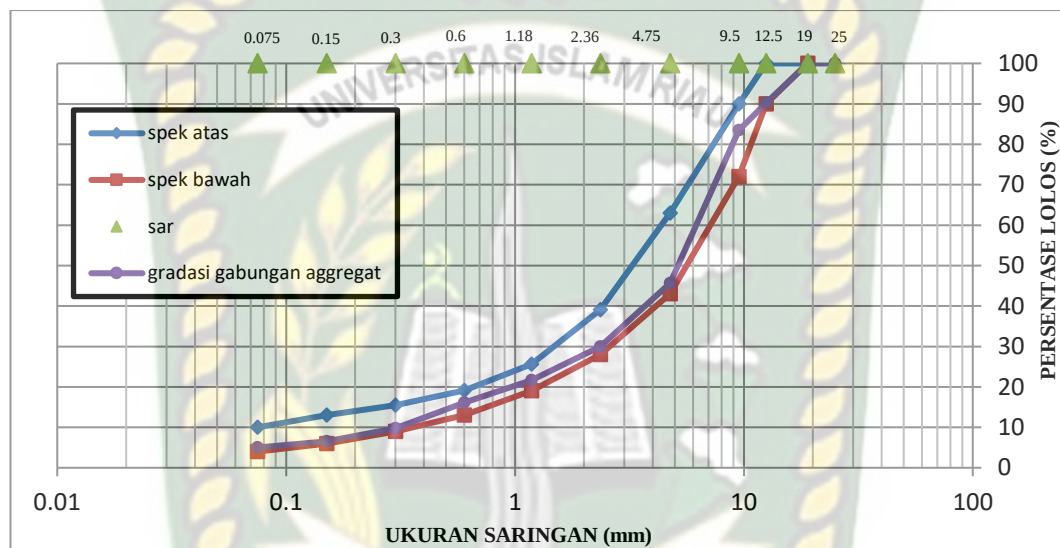
5.1.2 Hasil Perhitungan Gabungan Agregat

Komposisi campuran AC-WC yang terdiri dari 4 fraksi yaitu agregat kasar, agregat medium, agregat halus (abu batu) dan pasir. Persentase masing-masing agregat diperoleh dengan cara metode matrik. Didapat hasil 20,16% untuk agregat kasar, 43,37% untuk agregat medium, 28,09% untuk agregat abu batu, dan 8,37 pasir. Nilai ini didapat dari komposisi campuran AC-WC yang terdiri dari 4 fraksi. Persentase pemakaian agregat tersebut dikalikan dengan persen lolos masing-masing agregat sehingga didapatkan gradasi agregat gabungan. Gradasi agregat gabungan ini harus memenuhi persyaratan menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 2) untuk campuran aspal AC-WC. Hasil perhitungan komposisi campuran dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Gradasi Agregat Gabungan Campuran AC-WC (Analisa Data)

Ukuran Saringan		% Lolos Agregat				% Pemakaian Agregat				Agg Gabungan	Spek
Inchi	mm	Kasar	Medium	Halus	Pasir	Kasar	Medium	Halus	Pasir		
						20,16	43,37	28,09	8,37		
1"	25,4	100	100	100	100	20,16	43,37	28,09	8,37	100	-
3/4"	19,1	100	100	100	100	20,16	43,37	28,09	8,37	100	100
1/2"	12,7	51,40	100	100	100	10,36	43,37	28,09	8,37	90,200	90 - 100
3/8"	9,5	21,73	98,32	100	100	4,38	42,64	28,09	8,37	83,490	72 - 90
No.4	4,75	4,52	20,29	98,10	100	0,91	8,80	27,56	8,37	45,644	43 - 63
No.8	2,38	1,28	8,57	65,46	91,18	0,26	3,72	18,39	7,64	30,000	28 - 39.1
No.16	1,18	1,27	7,40	40,20	82,04	0,26	3,21	11,29	6,87	21,629	19 - 25.6
No.30	0,6	1,24	5,92	26,28	70,30	0,25	2,57	7,38	5,89	16,088	13 - 19.1
No.50	0,3	1,21	4,80	19,35	24,34	0,24	2,08	5,44	2,04	9,800	9 - 15.5
No.100	0,15	1,07	3,59	15,52	4,94	0,22	1,56	4,36	0,41	6,547	6 - 13
No.200	0,075	0,91	2,81	12,22	1,97	0,18	1,22	3,43	0,16	5,000	4 - 10

Berdasarkan Tabel 5.2 didapatkan persen pemakaian agregat kasar (CA) yaitu 20,16 %, agregat medium (MA) yaitu 43,37 %, abu batu (FA) yaitu 28,09 %, dan pasir (FS) yaitu 8,37 %. Berdasarkan persentase pemakaian tiap fraksi agregat juga didapatkan nilai berat jenis *bulk* gabungan, berat jenis *apparent* dan berat jenis efektif. Grafik gradasi gabungan dapat dilihat pada gambar 5.11



Gambar 5.1 Grafik Gradasi Agregat Gabungan Campuran AC-WC

Berdasarkan pada Gambar 5.1 dapat dilihat bahwa gradasi gabungan agregat berada tepat diantara batas atas dan batas bawah, tidak keluar dari batas atas dan batas bawah, artinya gradasi ini memenuhi spesifikasi.

Tabel 5.3 Batasan Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010 (Revisi 2))

Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran					
		Laston (AC)					
ASTM	(mm)	Gradasi Halus			Gradasi Kasar		
		WC	BC	Base	WC	BC	Base
1 ^{1/2"}	37,5	-	-	100	-	-	100
1	25	-	100	90-100	-	100	90-100
3/4"	19	100	90-100	73-90	100	90-100	73-90
1/2"	12,5	90-100	74-90	61-79	90-100	79-90	55-76
3/8"	9,5	72-90	64-82	47-67	72-90	58-80	45-66
No. 4	4,75	54-69	47-64	39,5-50	43-63	37-56	28-39,5

Sambungan Tabel 5.3

No. 8	2,36	39,1-53	34,6-49	30,8-37	28-39,1	23-34,6	19-26,8
No. 16	1,18	31,6-40	28,3-38	24,1-28	19-25,6	15-22,3	12-18,1
No. 30	0,600	23,1-30	20,7-28	17,6-22	13-19,1	10-16,7	7-13,6
No. 50	0,300	15,5-22	13,7-20	11,4-16	9-15,5	7-13,7	5-11,4
No. 100	0,150	9-15	4-13	4-10	6-13	5-11	4,5-9
No. 200	0,075	4-10	4-8	3-6	4-10	4-8	3-7

Persyaratan Laston pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 2), peneliti menggunakan spesifikasi Laston AC bergradasi kasar pada AC-WC sesuai berdasarkan pada tabel 5.3.

5.1.3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar dan Agregat Halus

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan pada agregat kasar, medium, abu batu dan pasir dapat dilihat pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat

No.	Pengujian	Agregat Kasar (gr/cm ³)	Agregat Medium (gr/cm ³)	Abu Batu (gr/cm ³)	Pasir (gr/cm ³)	syarat
1	Berat Jenis (<i>Bulk</i>)	2,51	2,53	2,51	2,56	Min. 2,5
2	Berat Jenis Kering Permukaan (<i>SSD</i>)	2,55	2,55	2,53	2,59	Min. 2,5
3	Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	2,62	2,58	2,57	2,65	Min. 2,5
4	Penyerapan (%)	0,016	0,007	0,009	0,012	Maks 3 %

Berdasarkan persyaratan umum yang digunakan sebagai pedoman, pada tabel 5.4 dapat dijelaskan bahwa agregat tersebut memenuhi persyaratan yang ditentukan dan layak digunakan sebagai bahan campuran perkerasan aspal. Syarat berat jenis minimum 2,5 gram/cm³, serta penyerapan tidak lebih dari 3% (Dapartemen Pekerjaan Umum, 1998). Dari keempat agregat dapat digunakan pada perhitungan tabel pengujian *Marshall*.

5.1.4 Hasil Pengujian Bahan Pengisi (*Filler*)

Berdasarkan dari SNI 03-1968-1990 menyatakan bahwa *filler* adalah bahan berbutir kering dan halus yang lolos ayakan saringan No.200 besar 75% dari berat semulanya. Pada penelitian ini bahan pengisi *filler* yang digunakan adalah abu batang jagung yaitu abu yang lolos ayakan saringan No.200.

5.1.5 Pengujian Aspal

Dalam penelitian ini aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60-70. Pada pengujian mutu aspal hanya mengambil data sekunder yang dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Aspal

No.	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Persyaratan Pengujian
1	Penetrasi	0.1	63,24	60-70
2	Titik Lembek	°C	49,75	48-58
3	Titik Nyala	°C	300	Min 232
4	Daktilitas	°C	135	Min 100

Sumber: Manggiring, 2006 dalam pratama, 2016

Hasil pengujian aspal berdasarkan tabel 5.5 dapat dijelaskan bahwa aspal tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran perkerasan aspal karena telah memenuhi persyaratan yang ditentukan pada Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010. Sedangkan berat jenis aspal dapat dilihat pada tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal Penetrasi 60-70

No.	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Persyaratan Pengujian
1	Berat jenis	Gr/cc	1,030	Min 1,0

Sumber: Laboratorium Teknik Sipil UIR, Pekanbaru

Berdasarkan tabel 5.6, hasil pengujian berat jenis aspal penetrasi 60-70 tersebut telah memenuhi syarat yang tercantum pada Revisi SNI 03-1737-1989. Sehingga aspal penetrasi 60-70 dapat digunakan pada penelitian ini.

5.1.6 Hasil Perhitungan Perkiraan Awal Kadar Tengah (pb)

Setelah hasil dari persentase gradasi agregat campuran didapatkan, maka selanjutnya ditentukan perkiraan awal kadar aspal tengah rancangan (pb). Variasi kadar aspal yang digunakan sebanyak 5 variasi yang tiap masing-masing berbeda 0,5%. Untuk perhitungan perkiraan kadar aspal rencana awal (pb) adalah sebagai berikut :

Persen agregat tertahan saringan No.8 (CA)	= 70,00 %
Persen agregat lolos No.8 tertahan No.200 (FA)	= 25,00 %
Persen agregat lolos saringan No.200	= 5,00 %
Konstanta (0,5-1) untuk lapis aspal beton dipakai	= 0,7
Didapat nilai Pb	= 5 %

(Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A9)

Dari hasil perhitungan, didapat nilai perkiraan awal kadar aspal tengah (pb) yaitu sebesar 5%. Sehingga dapat ditentukanlah untuk variasi kadar aspal campuran AC-WC dimulai dari 4% ; 4,5% ; 5% ; 5,5% ; dan 6%.

5.2 Pembuatan Benda Uji

Agregat, gradasi agregat, aspal penetrasi 60-70 dan abu batang jagung yang telah memenuhi syarat, selanjutnya akan dibuat benda uji dengan dua tahapan yaitu :

1. Benda uji dengan aspal penetrasi 60-70 dalam campuran AC-WC dengan variasi kadar aspal sebesar 4% ; 4,5% ; 5% ; 5,5% ; dan 6%. Benda uji dibuat sebanyak 15 buah, dimana setiap variasi kadar aspal dibuat 3 buah benda uji. Benda uji ini dibuat bertujuan untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO).
2. Dibuat Benda uji dengan KAO terhadap campuran *filler* abu batang jagung dengan variasi kadar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% *filler* abu batang jagung. Tiap variasi kadar *filler* abu batang jagung masing-masing dibuat benda uji sebanyak 3 buah, maka total seluruhnya dibuat didapat sebanyak 15 buah benda uji terhadap kadar *filler* abu batang jagung.

Setelah pembuatan benda uji, dilanjutkan dengan pengujian *Marshall*.

5.3 Hasil Pengujian Marshall

Pengujian *Marshall* dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai stabilitas (*stability*) dan nilai kelelahan (*flow*) dari campuran aspal yang direncanakan. Dari hasil pengujian ini dapat juga ditentukan besarnya kadar aspal optimum (KAO) campuran, dengan menentukan 6 parameter *Marshall* yaitu stabilitas, *flow*, *MQ*, *VIM*, *VMA*, dan *VFA* terlebih dahulu. Hasil analisa tersebut harus memenuhi standar persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 2) terhadap campuran AC-WC. Hasil pengujian Marshall dari 5 variasi dengan jumlah benda uji aspal 15 buah dapat dilihat pada tabel 5.7.

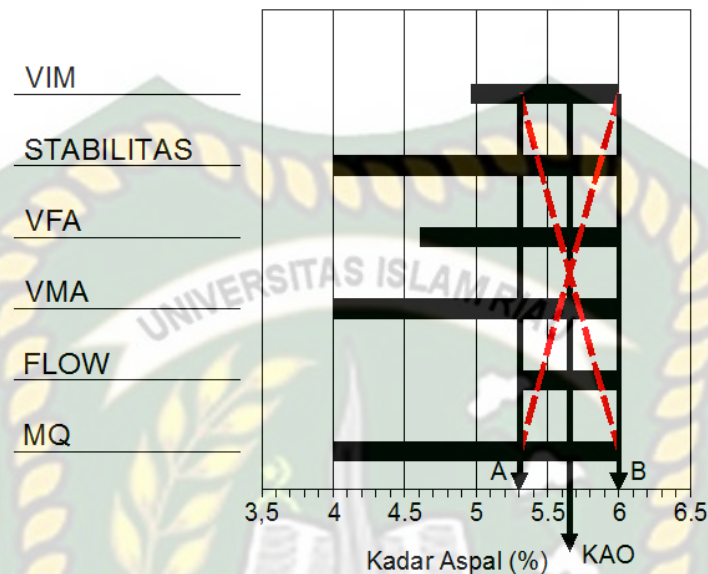
Tabel 5.7 Hasil Pengujian *Marshall* Campuran AC-WC

No.	Parameter	Satuan	Kadar Aspal (%)					Spek.
			4	4,5	5	5,5	6	
1	VMA	%	15,245	15,598	15,957	16,308	16,761	Min. 15
2	VFA	%	57,511	63,375	68,899	74,234	78,785	Min. 65
3	VIM	%	6,477	5,713	4,963	4,202	3,556	3,5-5
4	Stabilitas	Kg	1985,942	2369,974	2106,852	2127,526	2067,384	Min. 800
5	Flow	mm	2,24	2,69	2,89	3,07	3,04	Min. 3
6	MQ	Kg/mm	886,581	882,124	729,015	693,759	680,061	Min. 250

Berdasarkan Tabel 5.7 dapat dilihat bahwa, nilai VMA, Stabilitas, MQ pada kelima variasi kadar aspal telah memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 2). Pada nilai VFA dan nilai VIM yang memenuhi standar spesifikasi yaitu pada kadar aspal 5% hingga 6%, namun pada kadar aspal 4% dan 4,5% nilai VFA dan VIM tidak memenuhi standar spesifikasi. Pada nilai *Flow* pada kadar aspal 5,5% dan 6% memenuhi standar spesifikasi, namun pada kadar aspal 4% hingga 5% nilai *Flow* tidak memenuhi spesifikasi dikarenakan batas nilai standar spesifikasi minimum yaitu 3 mm.

Setelah menganalisa ke 15 benda uji aspal, selanjutnya menghitung nilai kadar aspal optimum (KAO) yang ditentukan dari 6 parameter *Marshall* yaitu nilai stabilitas, *flow*, *MQ*, *VIM*, *VMA* dan *VFA*. KAO merupakan pembagian bagi dua antara nilai berbagai macam spesifikasi yang memenuhi antara penjumlahan

batas kiri (a) dan batas kanan (b) lalu dibagi 2. Nilai kadar aspal optimum (KAO) dapat dilihat pada gambar 5.2.



Gambar 5.2 Diagram Kadar Aspal Optimum

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Aspal Optimum} &= \frac{A+B}{2} \\
 &= \frac{5,3+6}{2} = 5,65 \approx 5,7 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan gambar 5.2 didapatkan nilai KAO yaitu 5,7 %. Selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji dengan menggunakan *filler* abu batang jagung terhadap KAO. Benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 15 benda uji, dimana 3 benda uji untuk komposisi 100% *filler* Abu Batu, 3 benda uji untuk komposisi 75% *filler* Abu Batu + 25% *filler* Abu Batang Jagung, 3 benda uji untuk komposisi 50% *filler* Abu Batu + 50% *filler* Abu Batang Jagung, 3 benda uji untuk komposisi 25% *filler* Abu Batu + 75% *filler* Abu Batang Jagung, dan 3 benda uji untuk komposisi 100% *filler* Abu Batang Jagung. Berikut hasil pengujian *Marshall* KAO + Persentase penambahan *filler* abu batang jagung sesuai standar peraturan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 2) dapat dilihat pada tabel 5.8.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian *Marshall* Campuran AC-WC dengan *Filler* Abu Batang Jagung Terhadap KAO

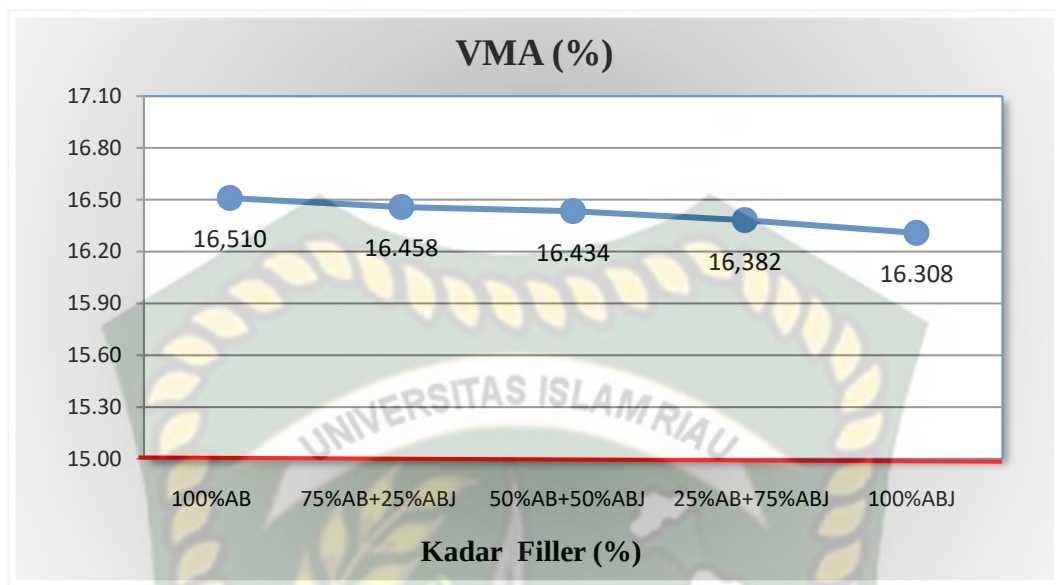
No.	Parameter	Satuan	Kadar Abu Batang Jagung (%)					Spek.
			0	25	50	75	100	
1	VMA	%	16,510	16,458	16,434	16,382	16,308	Min. 15
2	VFA	%	75,887	76,258	76,392	76,685	77,099	Min. 65
3	VIM	%	3,981	3,908	3,880	3,819	3,735	3,5-5
4	Stabilitas	Kg	2380,624	2443,272	2529,413	2435,441	2411,948	Min. 800
5	Flow	mm	3,38	3,41	3,52	3,37	3,30	Min. 3
6	MQ	Kg/mm	703,633	715,802	719,264	723,938	730,893	Min. 250

Berdasarkan tabel 5.7 dapat dilihat bahwa penambahan abu batang jagung memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 2). Semakin besar campuran komposisi *filler* abu batang jagung, maka nilai VMA dan VIM semakin rendah. Tapi pada nilai VFA dan MQ, semakin besar campuran komposisi *filler* abu batang jagung maka semakin tinggi nilainya. Pada nilai *Flow* dan Stabilitas terjadi peningkatan dan penurunan yaitu dari persentase kadar abu batang jagung di 0% hingga 50% nilai *Flow* dan Stabilitas mengalami peningkatan, namun di kadar 75% hingga 100% nilai pada *Flow* dan Stabilitas mengalami penurunan.

5.3.1 Rongga Dalam Mineral Agregat (*Void In Mineral Agregate* / VMA)

VMA (*Void In Mineral Agregate*) merupakan rongga udara yang ada diantara butir-butir agregat dalam campuran agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, yang merupakan persen volume rongga didalam agregat yang terisi oleh aspal, dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Nilai VMA tergantung pada ukuran mineral agregat, tekstur permukaan agregat, bentuk partikel agregat, dan metode pemadatannya.

Nilai VMA pada komposisi *filler* abu batang jagung yang berbeda terhadap kadar aspal optimum 5,7% pada penelitian *Marshall* dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Hubungan VMA dengan *Filler* Abu Batang Jagung pada KAO

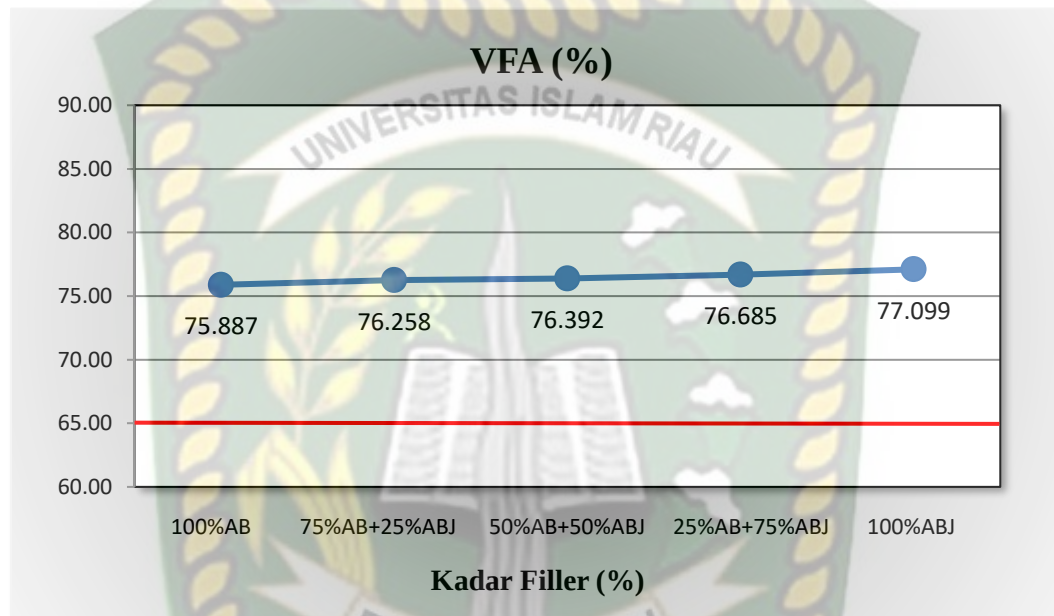
Berdasarkan Gambar 5.3 dapat dilihat bahwa semakin besar persentase penambahan komposisi *filler* abu batang jagung kedalam campuran aspal, maka nilai VMA semakin menurun. Tetapi walaupun mengalami penurunan, nilainya masih dalam standar yang ditetapkan Bina Marga (Revisi 2) yaitu syarat minimum untuk nilai VMA adalah 15%. Nilai VMA pada kadar aspal optimum untuk campuran diperoleh pada kadar *filler* 100 % abu batu sebesar 16,510 %, untuk 75% abu batu + 25% abu batang jagung sebesar 16,458 %, untuk 50% abu batu + 50% abu batang jagung sebesar 16,434 %, untuk 25% abu batu + 75% abu batang jagung sebesar 16,382 %, dan untuk 100% abu batang jagung didapatkan nilai VMA sebesar 16,308 %.

Nilai VMA berpengaruh pada sifat kekedenan campuran terhadap air dan udara, sehingga kemampuannya menahan keausan semakin baik. Jika nilai VMA terlalu kecil, maka pada campuran dapat mengalami masalah durabilitas dan mengakibatkan lapisan aspal menjadi lebih mudah rusak. Namun sebaliknya, jika nilai VMA terlalu besar maka akan bermasalah pada stabilitasnya.

5.3.2 Rongga Terisi Aspal (*Void Filled with Asphalt / VFA*)

VFA (*Void Filled with Asphalt*) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan, tetapi tidak termasuk aspal

yang diserap agregat. Untuk menghasilkan campuran perkerasan yang awet, maka rongga-rongga antara harus terisi aspal yang cukup untuk mendapatkan lapisan aspal yang baik. Nilai *VFA* pada komposisi filler abu batang jagung yang berbeda terhadap kadar aspal optimum 5,7% pada penelitian *Marshall* dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Hubungan *VFA* dengan *Filler* Abu Batang Jagung pada KAO

Berdasarkan Gambar 5.4 dapat dilihat bahwa semakin besar persentase penambahan komposisi *filler* abu batang jagung kedalam campuran aspal, maka nilai *VFA* semakin tinggi. Nilai *VFA* pada kadar aspal optimum untuk campuran diperoleh pada kadar *filler* 100 % abu batu sebesar 75,887 %, untuk 75% abu batu + 25% abu batang jagung sebesar 76,258 %, untuk 50% abu batu + 50% abu batang jagung sebesar 76,392 %, untuk 25% abu batu + 75% abu batang jagung sebesar 76,685 %, dan untuk 100% abu batang jagung sebesar 77,099 %. Untuk semua variasi *filler* telah memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 2) yaitu nilai minimum *VFA* untuk campuran AC-WC adalah 65%.

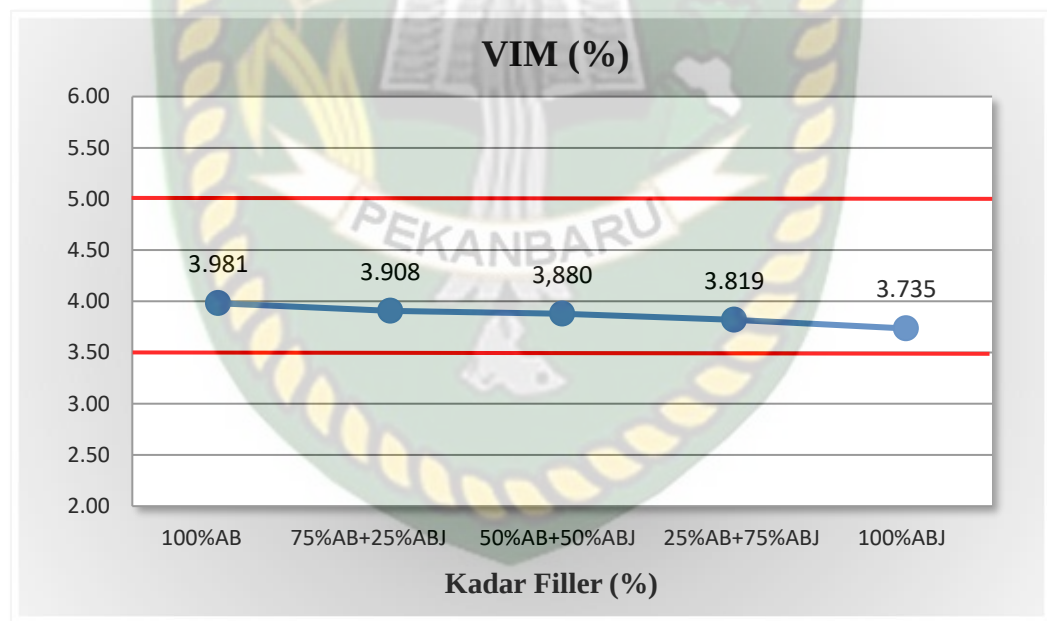
Nilai *VFA* berpengaruh pada sifat kededapan campuran terhadap air dan udara. *VFA* juga menentukan *stabilitas*, *fleksibilitas*, *durabilitas* pada lapis perkerasan. Semakin tinggi nilai *VFA* maka semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kededapan campuran terhadap air dan udara

juga semakin tinggi, namun bila nilai *VFA* terlalu tinggi maka akan menyebabkan terjadinya *bleeding*. Jika nilai *VFA* terlalu rendah akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapis film aspal akan menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima beban sehingga akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama.

5.3.3 Rongga Dalam Campuran (*Void In the Mix / VIM*)

VIM (*Void In the Mix*) adalah persentase rongga yang terdapat dalam rongga campuran atau volume pori yang masih tersisa dalam campuran aspal beton dipadatkan.

Nilai *VIM* pada komposisi filler abu batang jagung yang berbeda terhadap kadar aspal optimum 5,7% pada penelitian *Marshall* dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut :



Gambar 5.5 Hubungan *VIM* dengan *Filler* Abu Batang Jagung pada KAO

Berdasarkan Gambar 5.5 dapat dilihat bahwa semakin besar penambahan komposisi *filler* abu batang jagung kedalam campuran aspal, maka nilai *VIM* semakin menurun. Nilai *VIM* pada kadar aspal optimum untuk campuran dengan komposisi *filler* 100 % abu batu sebesar 3,981 %, 75% abu batu + 25% abu batang jagung sebesar 3,908 %, 50% abu batu + 50% abu batang jagung sebesar 3,880 %, 25% abu batu + 75% abu batang jagung sebesar 3,819 %, dan 100% abu batang jagung sebesar 3,735 %.

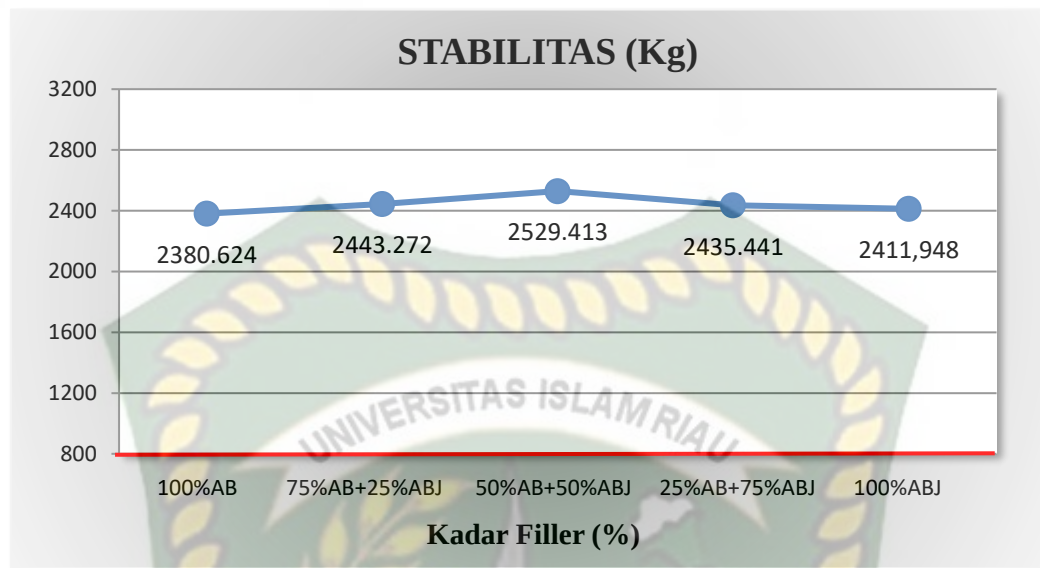
25% abu batu + 75% abu batang jagung sebesar 3,819 %, dan 100% abu batang jagung didapatkan nilai *VIM* sebesar 3,735 %. Pada semua variasi *filler* telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 2) mengisyaratkan nilai *VIM* untuk campuran AC-WC minimum yaitu 3,5% dan maksimum yaitu 5%.

Nilai *VIM* merupakan ukuran yang umum dikaitkan dengan durabilitas dan kekuatan dari campuran perkerasan. Semakin tinggi nilai *VIM* maka menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porus dan hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran, maka menyebabkan lekatan antar butiran agregat berkurang sehingga terjadi pelepasan butiran pada lapis perkerasan. Namun sebaliknya, semakin rendah nilai *VIM* maka mengakibatkan campuran aspal akan kedap terhadap air, sehingga udara tidak dapat masuk kedalam lapisan perkerasan menyebabkan perkerasan akan cepat mengalami kerusakan dan juga dapat mengakibatkan *bleeding* (aspal meleleh keluar) pada saat memikul beban lalu lintas.

5.3.4 Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menerima beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang (*washboarding*), alur (*rutting*), dan *bleeding*. Inti dari stabilitas ialah tahanan terhadap geser atau kekuatan saling mengunci (*interlocking*) yang dimiliki bahan agregat, dan lekatan yang disumbangkan oleh aspal. Stabilitas akan terjaga tetap tinggi bilamana agregat terkunci satu sama lain dengan baik. Stabilitas sangat dipengaruhi oleh kadar aspal. Penggunaan aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Seiring penambahan aspal, nilai stabilitas akan meningkat hingga batas maksimum. Namun penambahan aspal di atas batas maksimum, akan menurunkan nilai stabilitas sehingga lapis perkerasan menjadi kaku dan mudah retak.

Nilai Stabilitas pada komposisi *filler* abu batang jagung yang berbeda terhadap kadar aspal optimum 5,7% pada penelitian *Marshall* dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Hubungan Stabilitas dengan *Filler* Abu Batang Jagung pada KAO

Berdasarkan Gambar 5.6 dapat bahwa nilai Stabilitas cenderung mengalami peningkatan dan penurunan dengan bertambahnya komposisi *filler* abu batang jagung pada kadar yang berbeda. Nilai stabilitas tertinggi yaitu pada komposisi *filler* 50% abu batu + 50% abu batang jagung dan nilai stabilitas terendah terdapat pada komposisi *filler* 100% abu batu. Pada semua variasi *filler* untuk nilai stabilitas telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 (revisi 2) dengan nilai minimumnya yaitu 800 Kg.

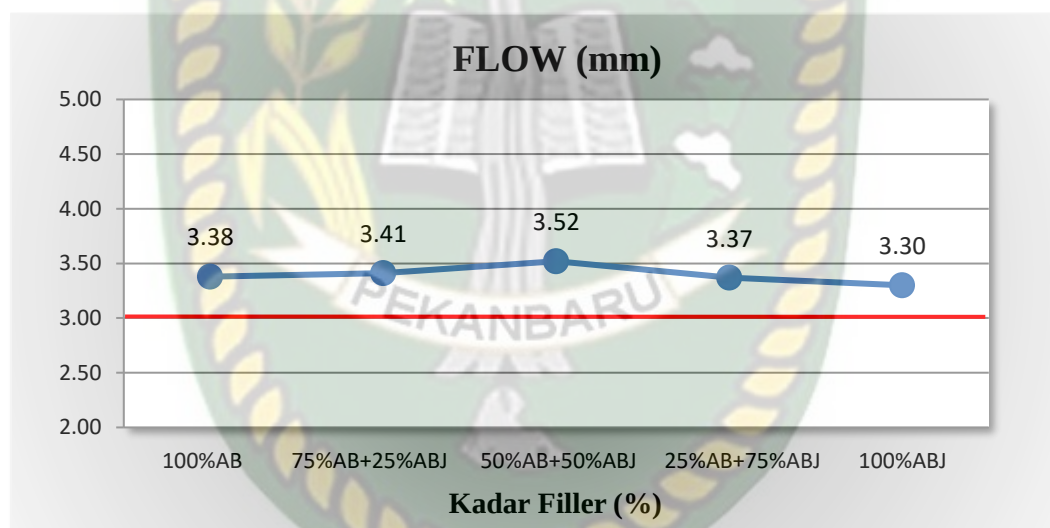
Diperoleh nilai stabilitas terhadap kadar aspal optimum pada komposisi *filler* 100 % abu batu sebesar 2380,624 Kg, 75% abu batu + 25% abu batang jagung sebesar 2443,272 Kg, 50% abu batu + 50% abu batang jagung sebesar 2529,413 Kg, 25% abu batu + 75% abu batang jagung sebesar 2435,441 Kg, dan 100% abu batang jagung sebesar 2411,948 Kg. Nilai Stabilitas yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan lapisan perkerasan terlalu kaku dan akan mudah terjadi retak pada waktu menerima beban lalu lintas sehingga tingkat keawetannya berkurang. Namun bila nilai stabilitas terlalu rendah akan mudah mengalami *rutting* oleh beban lalu lintas atau terjadi deformasi.

Hasil nilai stabilitas yang besar pada penelitian ini disebabkan karena faktor besarnya angka kalibrasi *provingring* pada alat pengujian *marshall* yaitu 51,793 lbs = 23,493 kg.

5.3.5 Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan (*Flow*) adalah keadaan perubahan bentuk campuran yang terjadi akibat pembebanan sampai batas runtuh, sehingga stabilitas menurun yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterima. Ketahanan terhadap kelelehan (*flow*) merupakan kemampuan aspal beton menerima lendutan berulang akibat repetisi beban. Nilai *Flow* dipengaruhi oleh kadar aspal, viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan.

Nilai *Flow* pada komposisi filler abu batang jagung yang berbeda terhadap kadar aspal optimum 5,7% pada penelitian *Marshall* dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut :



Gambar 5.7 Hubungan *Flow* dengan *Filler* Abu Batang Jagung pada KAO

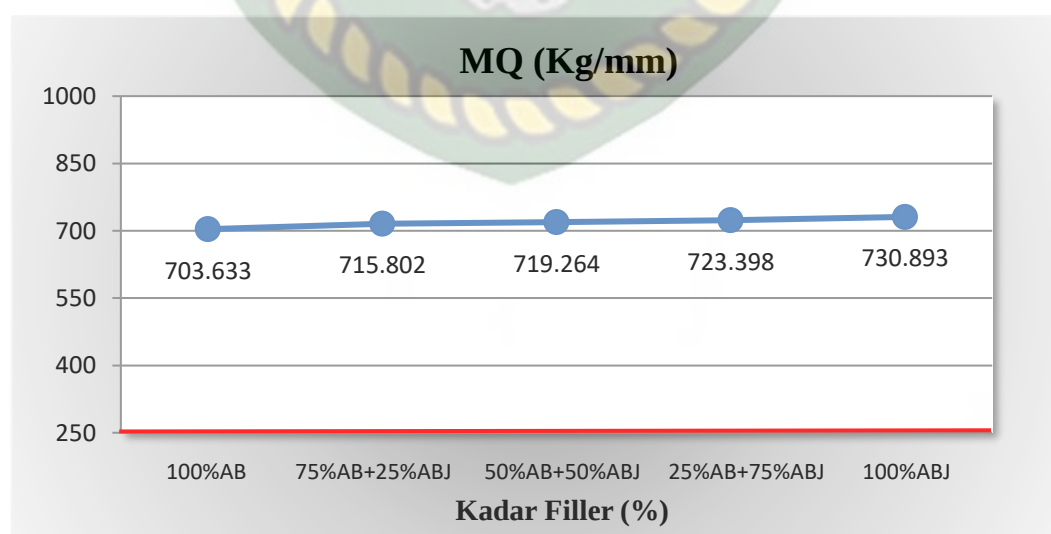
Berdasarkan Gambar 5.7 dapat dilihat bahwa nilai *Flow* cenderung mengalami peningkatan dan penurunan dengan bertambahnya komposisi *filler* abu batang jagung pada kadar yang berbeda. Nilai *flow* tertinggi yaitu pada komposisi *filler* 50% abu batu + 50% abu batang jagung dan nilai *flow* terendah terdapat pada komposisi *filler* 100% abu batang jagung. Pada nilai *flow* untuk semua variasi *filler* telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 (Revisi 2) yaitu dengan minimumnya adalah 3 mm.

Diperoleh nilai *flow* terhadap kadar aspal optimum pada komposisi *filler* 100% abu batu sebesar 3,38 mm, 75% au batu + 25% abu batang jagung sebesar 3,41 mm, 50% abu batu + 50% abu batang jagung sebesar 3,52 mm, 25% abu batu + 75% abu batang jagung sebesar 3,37 mm, dan 100% abu batang jagung didapatkan nilai *Flow* sebesar 3,30 mm. Campuran yang memiliki angka *flow* rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku. Namun bila campuran yang memiliki nilai *flow* tinggi dengan stabilitas rendah cenderung bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk apabila mengalami pembebanan lalu lintas.

5.3.6 Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient (MQ) adalah hasil yang diperoleh dari hasil pembagian antara nilai Stabilitas dengan nilai *Flow*. Nilai MQ memberikan tingkat terhadap kekuatan dan fleksibilitas campuran yaitu kemampuan perkerasan untuk dapat mengikuti deformasi akibat beban yang bekerja tanpa terjadi perubahan volume dan keretakan.

Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 2) mengisyaratkan nilai MQ untuk campuran AC-WC minimum yaitu 250 kg/mm. Nilai MQ pada komposisi filler abu batang jagung yang berbeda terhadap kadar aspal optimum 5,7% pada penelitian *Marshall* dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Hubungan MQ dengan *Filler* Abu Batang Jagung pada KAO

Berdasarkan Gambar 5.8 dapat dilihat bahwa semakin besar penambahan komposisi *filler* abu batang jagung kedalam campuran aspal, maka nilai *MQ* semakin tinggi. Nilai *MQ* terhadap kadar aspal optimum untuk campuran diperoleh pada komposisi *filler* 100 % abu batu sebesar 703,633 Kg/mm, 75% abu batu + 25% abu batang jagung sebesar 715,802 Kg/mm, 50% abu batu + 50% abu batang jagung sebesar 719,264 Kg/mm, 25% abu batu + 75% abu batang jagung sebesar 723,398 Kg/mm, dan 100% abu batang jagung sebesar 730,893 Kg/mm.

Faktor yang mempengaruhi nilai *MQ* adalah nilai stabilitas dan *flow*. Nilai *MQ* menyatakan sifat kekakuan suatu campuran. Bila nilai *MQ* terlalu rendah, maka mengakibatkan perkerasan menjadi terlalu lentur dan cenderung kurang stabil. Sebaliknya bila nilai *MQ* terlalu tinggi, maka akan mengakibatkan campuran akan terlalu kaku dan mudah retak dan akhirnya tidak bertahan lama.

5.4 Perbedaan Hasil Penelitian Dengan Beberapa Peneliti Sebelumnya

Perbedaan dari hasil penelitian ini dengan hasil penelitian sebelumnya yaitu terletak pada campuran pada aspal seperti penggunaan jenis *filler* yang berbeda, komposisi campuran gradasi agregat gabungan yang terdiri (agregat kasar, agregat medium, agregat halus dan pasir), kadar aspal optimum, dan perbedaan penggunaan material atau *quary* dari agregat kasar dan agregat halus.

Perbandingan antara hasil peneliti dengan penelitian sebelumnya terhadap karakteristik *Marshall* adalah sebagai berikut :

Tabel . 5.9 Perbandingan Hasil Penelitian

Penelitian	Variasi Komposisi	KAO (%)	Stabilitas (kg)	VFA (%)	VMA (%)	VIM (%)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
Peneliti	100% AB	5,7	2380,624	75,887	16,510	3,981	3,38	703,633
	75%AB+25%ABJ	5,7	2443,272	76,258	16,458	3,908	3,41	715,802
	50%AB+50%ABJ	5,7	2529,413	76,392	16,434	3,880	3,52	719,264
	25%AB+75%ABJ	5,7	2435,441	76,685	16,382	3,819	3,37	723,938
	100% ABJ	5,7	2411,948	77,099	16,308	3,735	3,30	730,893
Robby A.	100% AB	4,3	2273,65	65,828	14,553	4,97	3,000	757,855
	75%AB+25%AV	4,3	1968,67	66,724	14,361	4,77	3,041	663,564
	50%AB+50%AV	4,3	2007,39	67,036	14,304	4,71	3,067	654,584
	25%AB+75%AV	4,3	2245,84	66,475	14,412	4,83	3,300	680,557
	100% AV	4,3	2157,11	66,570	14,395	4,81	3,467	622,244

1. Stabilitas

Dari hasil penelitian Robby A. (2016), secara keseluruhan nilai stabilitas cenderung mengalami kenaikan dan penurunan dengan bertambahnya penggunaan dari *filler* abu vulkanik dengan kadar komposisi *filler* yang berbeda. Pada penelitian ini nilai stabilitas tertinggi yaitu pada campuran *filler* 100% abu batu sebesar 2273,65 Kg

Dari hasil Peneleti, secara keseluruhan nilai stabilitas cenderung mengalami kenaikan dan penurunan dengan bertambahnya penggunaan dari *filler* abu batang jagung dengan kadar komposisi *filler* yang berbeda. Pada penelitian ini nilai stabilitas tertinggi yaitu pada campuran *filler* 50% abu batu + 50% abu batang jagung sebesar 2529,413 Kg.

Dari perbandingan *filler* diatas yang mempunyai nilai stabilitas tertinggi yaitu dari penggunaan *filler* abu batang jagung. Nilai stabilitas *filler* abu batang jagung lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan *filler* abu vulkanik. Namun nilai stabilitas yang tinggi pada *filler* abu batang jagung disebabkan karena angka kalibrasi *provingring* pada alat pengujian *marshall* berbeda dengan angka kalibrasi alat pengujian *marshall* pada *filler* abu vulkanik. Pada penelitian peneliti untuk angka kalibrasi *provingring* pada alat pengujian *marshall* yaitu 51,793 lbs = 23,493 kg. Sedangkan pada penelitian Robby A. (2016), untuk angka kalibrasi *provingring* pada alat pengujian *marshall* yaitu 43,019 lbs = 19,513 kg.

2. Rongga Terisi Aspal (*Void Filled with Asphalt / VFA*)

Pada hasil penelitian Robby A. (2016), pada nilai VFA cenderung mengalami kenaikan dan penurunan dengan penggunaan *filler* abu vulkanik dengan kadar komposisi yang berbeda. Nilai VFA tertinggi terdapat pada komposisi campuran *filler* 50% abu batu + 50% abu vulkanik sebesar 67,036%.

Dari hasil Peneliti, pada nilai VFA semakin besar penambahan kadar komposisi *filler* abu batang jagung kedalam campuran aspal, maka nilai VFA semakin tinggi. Pada penelitian ini nilai VFA tertinggi terdapat pada komposisi campuran *filler* 100% abu batang jagung sebesar 77,099%.

3. Rongga Dalam Mineral Agregat (*Void In Mineral Agregate* / *VMA*)

Pada penelitian Robby A. (2016), pada nilai *VMA* cenderung mengalami kenaikan dan penurunan dengan penggunaan *filler* abu vulkanik dengan kadar komposisi yang berbeda. Nilai *VMA* tertinggi terdapat pada komposisi *filler* 100% abu batu sebesar 14,553%. Nilai *VMA* tidak memenuhi spesifikasi.

Dari hasil Peneliti, pada nilai *VMA* semakin besar penambahan kadar komposisi *filler* abu batang jagung kedalam campuran aspal, maka nilai *VMA* semakin rendah. Pada penelitian ini nilai *VMA* tertinggi terdapat pada komposisi campuran *filler* 100% abu batu sebesar 16,510%.

4. Rongga Dalam Campuran (*Void In the Mix* / *VIM*)

Pada penelitian Robby A. (2016), pada nilai *VIM* cenderung mengalami kenaikan dan penurunan dengan penggunaan *filler* abu vulkanik dengan kadar komposisi yang berbeda. Nilai *VIM* tertinggi terdapat pada komposisi *filler* 100% abu batu sebesar 4,97%.

Dari hasil Peneliti, pada nilai *VIM* semakin besar penambahan kadar komposisi *filler* abu batang jagung kedalam campuran aspal, maka nilai *VIM* semakin rendah. Pada penelitian ini nilai *VIM* tertinggi terdapat pada komposisi campuran *filler* 100% abu batu sebesar 3,981%.

5. Flow

Pada penelitian Robby A. (2016), pada nilai *flow* mengalami peningkatan, semakin besar penambahan komposisi *filler* abu sinabung kedalam campuran aspal, maka nilai *flow* semakin tinggi. Nilai *flow* tertinggi terletak pada komposisi *filler* 100% abu vulkanik sebesar 3,467 mm.

Dari hasil Peneleti, secara keseluruhan nilai *flow* cenderung mengalami kenaikan dan penurunan dengan bertambahnya penggunaan dari *filler* abu batang jagung dengan kadar komposisi *filler* yang berbeda. Pada penelitian ini nilai *flow* tertinggi yaitu pada campuran *filler* 50% abu batu + 50% abu batang jagung sebesar 3,52 mm.

6. *Marshall Quotient (MQ)*

Pada penelitian Robby A. (2016), pada nilai *MQ* cenderung mengalami kenaikan dan penurunan dengan penggunaan *filler* abu vulkanik dengan kadar komposisi yang berbeda. Nilai *MQ* tertinggi terdapat pada komposisi *filler* 100% abu batu sebesar 757,855 Kg/mm.

Dari hasil Peneliti, pada nilai *MQ* semakin besar penambahan kadar komposisi *filler* abu batang jagung kedalam campuran aspal, maka nilai *MQ* semakin tinggi. Pada penelitian ini nilai *MQ* tertinggi terdapat pada komposisi campuran *filler* 100% abu batang jagung sebesar 730.893 Kg/mm.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil gradasi agregat gabungan campuran AC-WC didapat persentase pemakaian agregat kasar sebesar 20,16%, agregat medium 43,37%, agregat halus (abu batu) 28,09%, pasir 8,37% dan variasi kadar aspal dengan persentase 4% ; 4,5% ; 5% ; 5,5% ; 6%, maka didapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO) yang diperoleh pada campuran AC-WC yaitu 5,7%.
2. Hasil penelitian dari karakteristik *Marshall* pada campuran AC-WC terhadap pengaruh penggunaan filler abu batang jagung dengan variasi komposisi filler 100% abu batu, 75% abu batu + 25% abu batang jagung, 50% abu batu + 50% abu batang jagung, 25% abu batu + 75% abu batang jagung dan 100% abu batang jagung dengan kadar aspal optimum 5,7% yang sesuai memenuhi standar Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 2) yaitu sebagai berikut :
 - a. Hasil yang didapat dari pengujian *Marshall Test* untuk semua campuran komposisi filler telah memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (revisi 2).
 - b. Dari hasil penelitian yang dilakukan, Semakin besar campuran komposisi *filler* abu batang jagung, maka nilai VMA dan VIM semakin rendah. Namun pada nilai VFA dan MQ semakin tinggi. Pada nilai *Flow* dan Stabilitas, nilai mengalami peningkatan dan penurunan yaitu pada variasi filler 100% abu batu hingga 50% abu batu + 50% abu batang jagung nilai semakin tinggi, namun nilai stabilitas dan flow mengalami penurunan pada variasi filler 25% abu batu + 75% abu batang jagung hingga 100% abu batang jagung nilai semakin rendah .

- c. Untuk semua campuran komposisi *filler*, komposisi maksimal dari campuran *filler* abu batang jagung didapat dari campuran 50% abu batu + 50% abu batang jagung dengan nilai VMA sebesar 16,434%, VIM sebesar 3,880%, VFA sebesar 76,392%, Stabilitas sebesar 2529,413 Kg, Flow 3,52 mm dan MQ sebesar 719,264 kg/mm.
3. Perbandingan dari penggunaan *filler* abu batang jagung dengan *filler* abu vulkanik terhadap AC-WC yaitu :
 - a. Berdasarkan hasil dari nilai Karakteristik *Marshall*, nilai stabilitas dari penggunaan *filler* abu batang jagung lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan *filler* abu vulkanik. Namun nilai stabilitas yang tinggi pada *filler* abu batang jagung disebabkan karena angka kalibrasi *provingring* pada alat pengujian *marshall* berbeda dengan alat pengujian *marshall* pada *filler* abu vulkanik. Pada penelitian peneliti untuk angka kalibrasi *provingring* pada alat pengujian *marshall* yaitu 51,793 lbs = 23,493 kg. Sedangkan pada penelitian Robby A. (2016), untuk angka kalibrasi *provingring* pada alat pengujian *marshall* yaitu 43,019 lbs = 19,513 kg.
 - b. Dari segi pengolahan, abu vulkanik lebih mudah didapatkan dibandingkan dengan abu batang jagung dikarenakan pengolahan dari abu batang jagung yang rumit.

6.2 Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian, maka diusulkan beberapa saran yaitu sebagai berikut :

1. Untuk penelitian selanjutnya dianjurkan melakukan pengkajian unsur kimia batang jagung.
2. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan penelitian yang sama namun dengan komposisi campuran agregat yang berbeda

DAFTAR PUSTAKA

- BinaMarga, 2010. https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj2svU_MjkAhW1ILcAHVM9DpAQjhx6BAgBEAI&url=http%3A%2F%2Frepository.umsida.ac.id%2Fbitstream%2Fhandle%2F123456789%2F10829%2Ff.%2520BAB%2520II.pdf%3Fsequence%3D6%26isAllowed%3Dy&psig=AOvVaw3mwTT9_VO5BBOCfy5Gn_fq&ust=1568298004333715, (11 September 2019) pukul 20:14.
- Dapartemen Pekerjaan Umum, 1987. *Petunjuk Perencanaan Perkerasan Jalan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen*. Direktorat Jendral Bina Marga
- Dapartemen Pekerjaan Umum, 2010 (Revisi 2). *Spesifikasi Umum Perkerasan Aspal Devisi 6*. Direktorat Bina Marga
- Hamirhan, S, 2005. *Perancangan Perkerasan Jalan Raya*. Bandung: Nova
- Hardiyatmo, CH, 2009. *Pemeliharaan Jalan Raya*, Gajah Mada Press, Yogyakarta
- Imam, 2016. *Perbandingan Penggunaan Pasir Silika rupa Utara dengan Pasir Kampar Terhadap Karakteristik Marshall*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Juwanto, dkk, 2017. *Pemanfaatan Bahan Addictive Abu Batang Jagung dan Bonggol Jagung Sebagai Bahan Tambahan Pembuatan Beton Ringan Ramah Lingkungan*, Tugas Akhir, Universitas Semarang, Semarang.
- Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya, 2011. *Diktat Pedoman Praktikum Aspal dan Jalan Raya*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Nurzamil, 2014. *Kajian Pemakaian Filler Semen, Abu Batu, Abu Limbah AMP Terhadap Campuran AC-WC*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau, Pekanbaru
- Perdana, 2018. *Pemanfaatan Abu Batang Jagung Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Campuran Beton*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau, Pekanbaru.

Pratama, 2015. *Pengaruh Abu Vulkanik Gunung Sinabung Sebagai Bahan Pengganti Filler AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau, Pekanbaru.

Robby.A, 2016. *Pengaruh Penggunaan Filler Abu Vulkanik Gunung Sinabung Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran AC-WC*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau, Pekanbaru

Roesmarkam dan Yuwono, (2002). *Kesuburan dan Pemupukan Tanah Pertanian*, Teknik ITS, Surabaya.

Soehartono, Ir, 2015. *Teknologi Aspal dan Penggunaannya dalam Konstruksi Perkerasan Jalan*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta

Sukirman, S, 2007. *Beton Aspal Campuran Panas* (Edisi Kedua). Jakarta: Yayasan Obor Indonesia

Sukirman, Silvia, 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Granit, Jakarta