

**PERBEDAAN PEMAKAIAN ABU BATU BIASA DENGAN  
ABU GRANITE TILE SEBAGAI AGREGAT HALUS (FA)  
TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA  
CAMPURAN AC-WC**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan Sebagai salah satu syarat Guna Memperoleh  
Gelar Sarjana Pada Fakultas Teknik  
Universitas Islam Riau*



Oleh :

**MIMIN WAHYUNI**

**153110436**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU  
2022**

## KATA PENGANTAR

*.Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

*Alhamdulillah* rabbilalamin, segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya, Sehingga penulis dapat menyusun Tugas Akhir ini sebagai syarat sebagai mahasiswa untuk menyelesaikan studi Program Sarjana S1 pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil di Universitas Islam Riau.

Pada Tugas Akhir ini penulis mengambil judul :

**“PERBEDAAN PEMAKAIAN ABU BATU BIASA DENGAN ABU GRANITE TILE SEBAGAI AGREGAT HALUS (FA) TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN AC-WC”**

Penulisan tugas akhir ini pada dasarnya dilakukan karena penulis ingin lebih mendalami ilmu pengetahuan tentang campuran material perkerasan LASTON (AC-WC) dengan membandingkan pemakaian agregat abu batu biasa dari PT.RMB, kombinasi antara abu batu biasa dengan abu *granite tile* dan agregat abu *granite tile* yang diproduksi di Laboratorium Teknik UIR. Jika hasil penelitian ini mencapai hasil yang baik, maka dimasa mendatang tidak menutup kemungkinan penggunaan dari salah satu campuran agregat ini dapat diproduksi sebagai bahan tambahan campuran perkerasan LASTON mengingat harga batu pecah yang mahal dan tidak dapat diperbaharui.

Dengan segala kerendahan hati penulis juga menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih belum memenuhi dari kata kesempurnaan sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini dan juga dapat memberikan manfaat yang banyak kepada semua pembaca, khususnya bagi penulis sendiri dan mahasiswa teknik sipil yang sedang melaksanakan bangku perkuliahan.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Pekanbaru, 19 April 2022

Mimin Wahyuni  
NPM.153110436

## UCAPAN TERIMA KASIH

بِسْمِ اللَّهِ 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 beserta jajarannya.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau beserta jajarannya.
3. Ibu Harmiyati, ST., M.Si selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau beserta jajarannya.
4. Bapak Prof.Dr.Ir.H. Sugeng Wiyono, M.MT, selaku pembimbing.
5. Bapak Firman Syarif, ST.,M.Eng, selaku Kepala Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Riau sekaligus penguji I.
6. Bapak Muchammad Zaenal Muttaqin,ST.,M.Sc, selaku penguji II.
7. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
8. Seluruh Staff Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
9. Penghargaan setinggi-tingginya kepada bapak Mujianto dan ibu Kasminah selaku orangtua serta Vema Dewi Indriyani selaku adek, yang selalu memberikan nasehat-nasehat dan bantuan moril maupun finansial.
10. Kepada rekan-rekan yang telah membantu di laboratorium terutama Miswarti, ST., MT dan Rahcmat Hidayat,ST.



11. Teruntuk Mohd.Bima Eruanda Putra dan Alm.Muhammad Noor Ramadhan yang telah memberikan waktu, tenaga dan supportnya.
12. Buat teman dan sahabat seperjuangan Riza Nurrohim.ST, Faiz Ikbarr.ST, Gian Beryl Favian.ST, Siti Khodizah.ST, Lestari Suryandini.ST, Rini Andrisari.ST, Wahyuningsih.ST, serta rekan-rekan Mahasiswa Teknik Sipil Angkatan 2015 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, 19 April 2022

Penulis

Mimin Wahyuni  
NPM. 153110436

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>i</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xi</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Umum.....	4
2.2 Penelitian Sebelumnya .....	4
2.3 Keaslian Penelitian .....	5
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b>	
3.1 Konstruksi Perkerasan Jalan.....	6
3.1.1 Jenis Konstruksi Perkerasan .....	6
3.1.2 Jenis Lapisan Perkerasan Lentur.....	8
3.2 Konstruksi Perkerasan Jalan dengan Bahan Aspal.....	9
3.3 Aspal.....	16
3.3.1 Jenis Aspal .....	17

3.3.2	Komposisi Aspal .....	20
3.3.3	Mutu Aspal.....	21
3.3.4	Kadar Aspal Dalam Campuran .....	21
3.4	Aspal Beton .....	23
3.5	AC-WC ( <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> ).....	26
3.6	Agregat .....	27
3.6.1	Gradasi Agregat .....	29
3.6.2	Pemeriksaan Agregat .....	31
3.7	Bahan Pengisi ( <i>Filler</i> ) .....	32
3.8	<i>Granite Tile</i> .....	34
3.9	Karakteristik Marshall.....	37
3.10	Analisis Sifat Fisik Agregat dan Campuran Aspal.....	39
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN</b>		
4.1	Lokasi Penelitian .....	43
4.2	Bahan Penelitian.....	43
4.3	Peralatan Penelitian .....	44
4.4	Tahapan Penelitian .....	46
4.4.1	Pengujian Material .....	48
4.4.2	Perancangan Proporsi dari Masing-masing Fraksi Agregat.....	53
4.4.3	Pembuatan Benda Uji Campuran AC-WC.....	54
4.4.4	Pengujian Marshall .....	56
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
5.1.	Hasil Pengujian Material .....	61
5.1.1	Distribusi Ukuran Butiran Agregat (Analisa Saringan).....	61
5.1.2	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar dan Halus .....	62

5.2	Gabungan Agregat.....	63
5.3	Pengujian Bahan Pengisi ( <i>Filler</i> ) .....	65
5.4	Pengujian Aspal.....	65
5.5	Penentuan Variasi Kadar Aspal.....	66
5.6	Penentuan Variasi Campuran Abu <i>Granite Tile</i> (AGT) + Abu Batu Biasa (ABS).....	66
5.7	Pembuatan Benda Uji.....	69
5.8	Hasil Pengujian Marshall.....	69
5.8.1	Stabilitas ( <i>Stability</i> ).....	72
5.8.2	Kelelehan ( <i>Flow</i> ).....	73
5.8.3	Rongga Dalam Campuran ( <i>Void In The Mix / VIM</i> ).....	74
5.8.4	Rongga Dalam Mineral ( <i>Void In Mineral Agreggate/VMA</i> ) .....	76
5.8.5	Rongga Terisi Aspal ( <i>Void Filled With Asphalt/VFA</i> ).....	77
5.8.6	Hasil Bagi Marshall ( <i>Marshall Quotient/MQ</i> ).....	78
5.9	Pembahasan.....	80
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
6.1	Kesimpulan.....	85
6.2	Saran.....	86
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN A</b>		
<b>LAMPIRAN B</b>		



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3. 1</b> Perbedaan Antara Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur (Sukirman , 1999) .....	7
<b>Tabel 3. 2</b> Ketentuan-ketentuan untuk Aspal Keras (Bina Marga 2010,Revisi 3) 19	
<b>Tabel 3.3</b> Contoh Komponen Fraksional di Indonesia, Beton Aspal Campuran Panas (Sukirman, 2003) .....	21
<b>Tabel 3. 4</b> Persyaratan Agregat Halus (Bina Marga, 2010) .....	29
<b>Tabel 3. 5</b> Sifat-sifat Jenis Gradasi (Sukirman, 1999) .....	30
<b>Tabel 3. 6</b> Persyaratan <i>Filler</i> .....	32
<b>Tabel 3.7</b> Ketentuan Sifat-sifat Campuran Aspal Beton (LASTON) Bina Marga 2010 (Revisi 3).....	39
<b>Tabel 3. 8</b> Koreksi <i>Stability</i> .....	41
<b>Tabel 4.1</b> Perbaikan tahapan penelitian.....	50
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Pembagian Proporsi dari Masing-masing Fraksi Agregat Abu Batu (FA) .....	54
<b>Tabel 4. 3</b> Benda Uji Penentu KAO .....	55
<b>Tabel 4.4</b> Benda Uji dengan KAO 5,7 % pada Variasi Penambahan Agregat Halus (FA) .....	55
<b>Tabel 5.1</b> Persen Lolos Agregat (Analisa Data).....	61
<b>Tabel 5. 2</b> Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat .....	62
<b>Tabel 5. 3</b> Hasil Gradasi Gabungan Campuran AC-WC .....	63
<b>Tabel 5. 4</b> Amplop Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal .....	64
<b>Tabel 5. 5</b> Persentase Penambahan masing-masing agregat AGT+ABS .....	65
<b>Tabel 5. 6</b> Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal Pen.60/70 PT.Pertamina .....	67
<b>Tabel 5.7</b> Sketsa Campuran Abu Granite Tile (AGT)Dengan Abu Batu Biasa (ABS) .....	69
<b>Tabel 5. 8</b> Hasil Pengujian Marshall .....	71
<b>Tabel 5. 9</b> Hasil Pengujian Marshall Abu <i>Granite Tile</i> pada KAO .....	73



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum .....	22
<b>Gambar 3.2</b>	Silikat Primer (SiO <sub>4</sub> ).....	38
<b>Gambar 4.1</b>	Denah Lokasi Penelitian.....	43
<b>Gambar 4. 2</b>	Alat Pengujian Analisa Saringan .....	49
<b>Gambar 4. 3</b>	Alat Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar dan Medium .....	50
<b>Gambar 4. 4</b>	Alat Pengujian Berat Jenis Agregat Halus .....	52
<b>Gambar 4. 5</b>	Bagan Alir Penelitian Aspal Beton (AC-WC).....	60
<b>Gambar 5.1</b>	Grafik Gradasi Agregat Gabungan Campuran AC-WC .....	64
<b>Gambar 5.2</b>	Gradasi Abu Batu Biasa dan Abu <i>Granite Tile</i> .....	68
<b>Gambar 5.3</b>	Dokumentasi Gradasi Agregat Abu Batu <i>Granite Tile</i> .....	68
<b>Gambar 5. 4</b>	Kadar Aspal Optimum.....	72
<b>Gambar 5.5</b>	Hubungan Stabilitas Dengan Variasi Penambahan Abu <i>Granite Tile</i> .....	74
<b>Gambar 5. 6</b>	Hubungan Kelelehan Dengan Penambahan Abu <i>Granite Tile</i> .....	74
<b>Gambar 5. 7</b>	Hubungan VIM Dengan Penambahan Abu <i>Granite Tile</i> .....	75
<b>Gambar 5. 8</b>	Hubungan VMA Dengan Variasi Penambahan Abu <i>Granite Tile</i> ..	76
<b>Gambar 5. 9</b>	Hubungan VFA Dengan Variasi Penambahan Abu <i>Granite Tile</i> ....	78
<b>Gambar 5. 10</b>	Hubungan MQ Dengan Variasi Penambahan Abu <i>Granite Tile</i> ...	79

## DAFTAR NOTASI

500	= Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)
1100	= Berat sampel benda uji (gram)
ABS	= Abu batu biasa
AC	= Aspal Beton/laston ( <i>Asphalt concrete</i> )
AGT	= Abu <i>granite tile</i>
APP	= Berat jenis apparent gabungan
B	= Berat piknometer berisi air (gram)
Ba	= Berat benda uji di dalam air (gram)
Bj	= Berat benda uji jenuh kering permukaan di udara (gram)
Bk	= Berat benda uji kering oven (gram)
Bt	= Berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)
c	= Berat benda uji sebelum direndam (gram)
CA	= Persen agregat tertahan saringan No. 8
d	= Berat benda uji jenuh air (gram)
e	= Berat benda uji dalam air (gram)
Eff	= Berat jenis efektif (V)
f	= Isi benda uji (ml)
FA	= Persen agregat lolos saringan No. 8 dan tertahan saringan No.200
g	= Berat isi benda uji (gr/ml)
i	= Persentase volume aspal (%)
l	= Persentase rongga agregat (%)
J	= Persentase volume agregat (%)
K	= Konstanta kadar aspal tengah
MQ	= Hasi bagi marshall ( <i>Marshall Quotient</i> )
Pb	= Kadar aspal perkiraan %
SSD	= Berat jenis kering permukaan jenuh ( <i>saturated surface dry</i> )
T	= Berat jenis Aspal
t	= Temperatur
U	= Berat jenis Bulk gabungan dari total agregat (gr/cm <sup>3</sup> )

- VFA = Volume pori diantara butir-butir agregat didalam beton aspal padat yang terisi oleh aspal, dinyatakan dalam %
- VIM = Volume pori dalam beton aspal padat, dinyatakan dalam %
- VMA = Volume pori diantara butir-butir agregat didalam beton aspal padat, dinyatakan dalam %
- V = Berat jenis efektif agregat (gram)
- WC = Lapisan aus (*Wearing Course*)



## DAFTAR LAMPIRAN

### Lampiran A

- Lampiran A.1 Analisa Saringan Agregat Kasar (CA)
- Lampiran A.2 Analisa Saringan Agregat Medium (MA)
- Lampiran A.3 Analisa Saringan Agregat Halus Abu Batu (FA)
- Lampiran A.4 Analisa Saringan Agregat Halus Pasir (FS)
- Lampiran A.5 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar (CA)
- Lampiran A.6 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Medium (MA)
- Lampiran A.7 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Abu Batu Biasa (FA)
- Lampiran A.8 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Abu *Granite Tile* (FA)
- Lampiran A.9 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus Pasir (FS)
- Lampiran A.10 Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO)
- Lampiran A.11 Perhitungan *marshall test* pengujian kadar aspal optimum (KAO) campuran Laston pada benda uji no.1
- Lampiran A.12 Perhitungan *Marshall Test* Pengujian Benda Uji Campuran Laston Pada Persentase Campuran Gradasi 50% Sampel 1
- Lampiran A.13 Perhitungan Gabungan Berat Jenis Campuran Aspal Pada Persenan Campuran Agregat ABS Dengan AGT Untuk Perbandingan Hasil Uji Marshall
- Lampiran A.19 Tabel A.12 Analisa Saringan Agregat Kasar
- Lampiran A.20 Tabel A.13 Analisa Saringan Agregat Medium
- Lampiran A.21 Tabel A.14 Analisa Saringan Agregat Halus (Abu Batu Biasa)
- Lampiran B.22 Tabel A.15 Analisa Saringan Agregat Halus (Abu *Granite Tile*)
- Lampiran A.23 Tabel A.16 Analisa Saringan Agregat Halus (Pasir)
- Lampiran A.24 Tabel A.17 Agregat Gabungan Untuk Campuran AC-WC
- Lampiran A.25 Tabel A.18 Tabel Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar
- Lampiran A.26 Tabel A.19 Tabel Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Medium
- Lampiran A.27 Tabel A.20 Tabel Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus (Abu Batu Biasa)



- Lampiran A.28 Tabel A.21 Tabel Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus  
(*Abu Granite Tile*)
- Lampiran A.29 Tabel A.22 Tabel Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus  
(Pasir)
- Lampiran A.30 Tabel A.23 Luas Permukaan Agregat AC-WC
- Lampiran A.31 Tabel A.24 Hasil Pengujian Marshall Campuran AC-WC KAO
- Lampiran A.32 Tabel A.24 Mekanisme pengujian hasil lab (KAO)
- Lampiran A.32 Tabel A.25 Mekanisme pengujian hasil lab (Variasi Campuran  
AGT+ABS )
- Lampiran A.33 Tabel A.25 Hasil Pengujian Marshall Campuran AC-WC 100 %  
Abu Batu Biasa + 0 % *Abu Granite Tile*
- Lampiran A.34 Tabel A.26 Hasil Pengujian Marshall Campuran AC-WC 75 %  
Abu Batu Biasa + 25 % *Abu Granite Tile*
- Lampiran A.35 Tabel A.27 Hasil Pengujian Marshall Campuran AC-WC 50 %  
Abu Batu Biasa + 50 % *Abu Granite Tile*
- Lampiran A.36 Tabel A.28 Hasil Pengujian Marshall Campuran AC-WC 25 %  
Abu Batu Biasa + 75 % *Abu Granite Tile*
- Lampiran A.37 Tabel A.29 Hasil Pengujian Marshall Campuran AC-WC 0 %  
Abu Batu Biasa + 100 % *Abu Granite Tile*
- Lampiran A.38 Tabel A.30 Hasil Pengujian Marshall Campuran AC-WC
- Lampiran A.39 Gambar A.1 Grafik Hasil Pengujian Campuran AC-WC  
Terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO)
- Lampiran A.40 Gambar A.2 Grafik Hasil Pengujian Marshall Campuran AC-WC  
dengan Abu Batu Biasa + *Abu Granite Tile*
- Lampiran A.41 Dokumentasi Penelitian

## **Lampiran B**

- Lampiran B Surat Menyurat

**PERBEDAAN PEMAKAIAN ABU BATU BIASA DENGAN ABU *GRANITE TILE*  
SEBAGAI AGREGAT HALUS (FA) TERHADAP KARAKTERISTIK  
MARSHALL PADA CAMPURAN AC-WC**

**MIMIN WAHYUNI**

**NPM: 153110436**

**Abstrak**

Permasalahan perencanaan jalan pada saat ini yang terjadi yaitu penggunaan material perkerasan sesuai dengan spesifikasi Bina Marga yang ditentukan mulai agak sulit didapatkan, karna banyak ruas jalan yang perlu ditingkatkan serta kurang tersedianya material dipasaran. Upaya untuk memperbaiki material perkerasan tersebut dilakukan kajian mengenai material lain yang dapat ditambahkan pada perkerasan jalan sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Pada penelitian kali ini menambahkan material abu *granite tile* dikarenakan material tersebut memiliki struktur yang padat dan keras, kedap air, dan kandungan SiO<sub>4</sub> yang dapat mengikat partikel lainnya menjadi ion yang sangat kuat. Penelitian menggunakan aspal penetrasi 60/70 dari PT.Pertamina, Agregat dari PT.RMB, dan *granite tile* dari limbah pembangunan rumah dengan alat marshall dan spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3.

Penelitian dilakukan sesuai dengan prosedur laboratorium. Pembuatan dan pengujian dilakukan 2 kali yang pertama dengan kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% untuk mendapatkan kadar aspal optimum (KAO), yang kedua dengan kadar penambahan abu *granite tile* (AGT) dan abu batu biasa (ABS) dengan variasi kadar pencampuran X1 adalah 0% AGT + 100% ABS, X2 adalah 25% AGT + 75% ABS, X3 adalah 50% AGT + 50% ABS, X4 adalah 75% AGT + 25% ABS, dan X5 adalah 100% AGT + 0% ABS terhadap agregat halus (FA) untuk mendapatkan hasil karakteristik campuran Laston AC-WC.

Berdasarkan hasil penelitian didapat hasil yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 yaitu variasi X3 dengan kadar pencampuran yang seimbang, namun menghasilkan nilai *stability* yang tinggi yang dapat mengakibatkan campuran perkerasan menjadi kaku dan mudah retak. Untuk hasil terbaik yaitu pada variasi X4 karna hasil parameter *stability*, *flow*, *VMA* dan *MQ* memiliki nilai yang baik, pada *VIM* dan *VFA* nilainya tidak terlalu buruk. Dan pada variasi X1, X2, dan X5 menghasilkan *VIM* dan *VFA* yang tidak memenuhi persyaratan, dikarenakan menghasilkan rongga antar agregat (*VMA*) semakin besar, sehingga banyak menghasilkan rongga udara (*VIM*) dan rongga terisi aspal (*VFA*) semakin terbatas yang penyebabnya bisa saja terjadi karna pemadatan tidak dilakukan secara maksimal.

**Kata Kunci:** Abu *Granite Tile*, AC-WC, Karakteristik Marshall

# DIFFERENCES OF THE USE OF REGULAR STONE ASH AND GRANITE TILE ASH AS FINE AGGREGATE (FA) ON MARSHALL CHARACTERISTICS IN AC-WC MIXED

MIMIN WAHYUNI  
NPM: 153110436

## Abstract

The current road planning problem that occurs is that the use of pavement materials in accordance with the specified Bina Marga specifications is starting to be a bit difficult to obtain, because there are many roads that need to be improved and the lack of available materials on the market. Efforts to improve the pavement material are carried out studies of other materials that can be added to the road pavement in accordance with the specified specifications. In this study, we added granite tile ash material because the material has a dense and hard structure, is impermeable to water, and contains  $\text{SiO}_4$  which can bind other particles into very strong ions. The study used 60/70 penetration asphalt from PT. Pertamina, aggregate from PT. RMB, and granite tile from house construction waste using marshall equipment and the 2010 Bina Marga specification Revision 3.

The study was carried out according to laboratory procedures on June 10, 2020, researchers chose Bina Marga 2010 Revision 3 because the latest specifications of Bina Marga 2018 Revision 1 still use the same data on hot asphalt mixes and will be refined again in Bina Marga 2018 Revision 2 specifications at the end of the year 2020. The manufacture and testing was carried out 2 times, the first with asphalt content of 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, and 6.5% to obtain the optimum asphalt content (KAO), the second with the addition of granite ash content tile (AGT) and ordinary stone ash (ABS) with various mixing levels of X1 is 0% AGT + 100% ABS, X2 is 25% AGT + 75% ABS, X3 is 50% AGT + 50% ABS, X4 is 75% AGT + 25% ABS, and X5 is 100% AGT + 0% ABS to fine aggregate (FA) to get the characteristic result of Laston AC-WC mixture.

Based on the results of the research, the results obtained that meet the specifications of Bina Marga 2010 Revision 3, namely the X3 variation with a balanced mixing level, but produce a high stability value which can cause the pavement mixture to become stiff and crack easily. For the best results, namely the X4 variation because the results of the stability, flow, VMA and MQ parameters have good values, the VIM and VFA values are not too bad. And the X1, X2, and X5 variants produce VIM and VFA that do not meet the requirements, because they produce larger voids between aggregates (VMA), resulting in more air voids (VIM) and more limited voids filled with asphalt (VFA). occurs because compaction is not carried out optimally.

**Keywords:** Granite Tile ash, AC-WC, Marshall Characteristics



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang memegang peranan penting yang menunjang laju ekonomi, pertanian, sosial, budaya dan sektor lainnya. Namun sering sekali pembangunan jalan tidak disertai dengan pemeliharaan yang baik, sehingga menimbulkan tantangan baru. Kerusakan jalan akan mengakibatkan biaya pemeliharaan menjadi tinggi jika dibiarkan terus menerus sehingga porsi anggaran pembangunan infrastruktur jalan terserap banyak untuk kegiatan pemeliharaan. Hal ini kemungkinan terjadi karena pemeliharaan hanya dilakukan terhadap kerusakan secara fisik saja tanpa mengevaluasi lebih lanjut mengenai kemungkinan faktor penyebab lain seperti mutu dan kualitas materialnya yang harus diantisipasi agar perkerasan jalan tidak mengalami kerusakan yang sama (Munggarani.N.A.dan Wibowo.A, 2017).

Pada perencanaan jalan yang saat ini dilakukan, penggunaan material perkerasan sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan mulai agak sulit didapatkan. Hal ini terjadi karena banyaknya ruas jalan yang perlu ditingkatkan serta kurang tersedianya material yang ada di pasaran seperti abu batu yang hanya tersedia pada *stone crusher* dalam jumlah sangat terbatas. Salah satu upaya untuk memperbaiki material perkerasan dan mengurangi keterbatasan material seperti abu batu banyak dilakukan kajian mengenai material lain yang dapat ditambahkan pada perkerasan jalan sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Permasalah timbul kembali untuk mencari agregat yang serupa dan dapat menyeimbangkan campuran perkerasan dengan baik agar dapat saling mengunci dengan agregat batu pecah sangat sulit ditemukan. Perkerasan laston umumnya terdiri dari agregat kasar (batu pecah, agregat medium (batu pecah), agregat halus (abu batu pecah), agregat halus (pasir) dengan atau tanpa *filler* (abu lolos saringan No.200) dan pengikatnya adalah aspal. Untuk mengurangi penggunaan batu pecah maka agregat halus (abu batu pecah) dilakukan penggantian atau mengombinasikan material agregatnya. Syarat dari agregat halus adalah butiran-



butiran yang keras dan tajam yang tidak mudah rapuh dan pecah sehingga menghasilkan ikatan yang kuat. Syarat tersebut terdapat pada *granite tile*, sehingga peneliti memilih *granite tile* untuk di jadikan sebagai agregat halus.

*Granite tile* merupakan rekayasa dari pencampuran beberapa material agregat sehingga terbentuk balok lantai yang menyerupai granit alam, apa bila penelitian ini menghasilkan kualitas yang semakin baik pada campuran AC-WC maka, tidak menutup kemungkinan di masa mendatang abu *granite tile* akan di gunakan sebagai bahan tambahan campuran Laston dengan agregat kasar (CA) dan agregat medium (MA) adalah batu pecah, untuk agregat halus (FA) adalah abu *granite tile*, dan agregat halus (FS) adalah pasir. Namun saat ini limbah abu *granite tile* juga masih susah didapatkan, dan perlu dilakukan rekayasa pembuatan *granite tile* tersendiri khusus untuk perkerasan jalan. Dari gagasan itulah peneliti membuat penelitian ini dengan judul **“Perbedaan Pemakaian Abu Batu Biasa Dengan Abu *Granite Tile* Sebagai Agregat Halus (FA) Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran AC-WC”**.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut :

Bagaimana pengaruh pemakaian abu batu biasa (ABS) dan abu *granit tile* (AGT) sebagai agregat halus (FA) pada kadar penambahan 0% AGT + 100% ABS, 25% AGT + 75% ABS, 50% AGT + 50% ABS, 75% AGT + 25% ABS dan 100% AGT + 100% ABS terhadap karakteristik marshall pada campuran AC-WC?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

Mengetahui pengaruh pemakaian abu batu biasa (ABS) dan abu *granit tile* (AGT) sebagai agregat halus (FA) pada kadar penambahan 0% AGT + 100% ABS, 25% AGT + 75% ABS, 50% AGT + 50% ABS, 75% AGT + 25% ABS dan 100% AGT + 100% ABS terhadap karakteristik marshall pada campuran AC-WC

#### 1.4 Manfaat penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui lebih dalam ilmu pengetahuan baru tentang kualitas penggunaan campuran abu batu biasa dan abu *granite tile* pada campuran AC-WC.
2. Agar dapat mengetahui hasil dari pengaruh campuran abu batu biasa dan abu *granite tile* pada kadar campuran yang berbeda.
3. Dalam bidang ilmu pengetahuan dapat bermanfaat bagi mahasiswa, masyarakat dan berguna sebagai bahan penelitian khususnya mengenai percampuran abu batu biasa dan abu *granite tile* pada campuran AC-WC.

#### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Tidak meneliti lebih dalam tentang sifat kimia *granite tile* dan reaksi  $\text{SiO}_2$  pada pasir silika.
2. Metode pengujian analisa saringan agregat halus dan kasar (SNI 03-1968-1990).
3. Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (SNI 1969:2008).
4. Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (SNI 1970:2008).
5. Metode pengujian dengan alat Marshall (SNI 06-2489-1991)
6. Menggunakan abu batu biasa dari PT.RMB sedangkan abu *granite tile* di peroleh dari limbah pembangunan rumah.
7. Menggunakan *filler* dari ke 4 fraksi yaitu agregat kasar (CA), agregat medium (MA), agregat halus (FA) dan pasir (FS) yang lolos saringan no.200.
8. Bahan pengikat menggunakan aspal dari PT.Pertamina penetrasi 60/70.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Beton Aspal Lapis Aus (*AC-Wearing Course*) adalah lapis beton aspal untuk permukaan jalan, biasanya tidak terlalu tebal, sekitar 5 cm, sebagai lapis aus sekaligus sebagai lapis penutup, sebagianya bersifat lentur untuk dapat menerima gerakan lapis dibawahnya tanpa mengalami retak. Ditinjau dari penggunaan material aspal, maka aspal yang digunakan harus dari jenis yang tahan panas (panas permukaan jalan biasanya 70°C), karna terletak pada posisi paling atas agar tidak mudah melunak (*bleeding*) dan *bulging* (berubah bentuk, jembul, bergelombang, terlihat secara visual pada marka jalan yang bengkok), tidak mudah timbul retak yang dapat menyebabkan bocor air, dan tidak mudah terjadi lepas butir (kehilangan daya lengket). ( Soehartono, 2015).

#### 2.2 Penelitian Sebelumnya

Beberapa peniliti berikut adalah penelitian yang mendjadi pedoman dalam penyusunan penelitian ini :

Ali, H (2011) melakukan penelitian tentang “*Karakteristik Campuran Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC) Dengan Penggunaan Abu Vulkanik Dan Abu Batu Sebagai Filler*” dengan spesifikasi Bina Marga 2010 dan berdasarkan hasil penelitian pada KAO nilai terbaik yaitu pada filler Abu Batu dengan kadar aspal 5,5%. Untuk nilai stabilitas, MQ, dan VFA hasil terbaik didapat dari filler Abu Vulkanik. Sedangkan pada flow, VMA dan VIM nilai terbaik didapat dari campuran filler Abu Batu.

Fasdarsyah dkk (2014) melakukan penelitian tentang “*Pengaruh Penambahan Filler Granit Dan Keramik Pada Campuran Laston AC-WC Terhadap Karakteristik Uji Marshall*” dengan spesifikasi Bina Marga 2010 dan hasil dari penelitian ini adalah nilai parameter marshall yang telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 untuk Keramik terdapat pada varian 5% , sedangkan Granit terdapat pada varian 5% dan 10%, untuk Keramik varian 10%, 15%, 20%



dan 25% tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 sedangkan untuk Granit varian 15%, 20% dan 25% tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010, nilai yang tidak memenuhi pada varian ini adalah nilai VIM.

Perdana, T.I. (2016) melakukan penelitian tentang : “ *Perbandingan Penggunaan Pasir Silika Rupas Utara Dengan Pasir Kampar Terhadap Karakteristik Marshall Pada Lapisan AC-WC* ” dengan spesifikasi Bina Marga 2010 dan hasil dari penelitian ini penggunaan 25 % pasir silika dari Rupas Utara dan 75 % pasir biasa yang terdapat di Kampar memberikan hasil yang baik untuk dijadikan alternatif sebagai agregat halus karna memenuhi persyaratan Bina Marga 2010.

Pohan, S. A. (2019) melakukan penelitian : “*Pengaruh Penambahan Abu Arang Kayu Pada Aspal Porus Terhadap Perkerasan Jalan*” dengan spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) 1997 dan AAPA 2004, dan penambahan abu kayu pada penelitian ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas semakin tinggi akan meningkatkan pengucian antar butir partikel pada perkerasan jalan, sehingga lapis permukaan akan lebih tahan terhadap perubahan (deformasi) seperti bleeding dan gelombang.

### 2.3 Keaslian Penelitian

Beberapa tinjauan penelitian sebelumnya, dari segi teori dan metode penelitian ada persamaan namun berbeda spesifikasi yang digunakan dan penggunaan abu (penganti) hanya di jadikan sebagai *filler* bukan sebagai agregat halus (FA), dari seluruh penelitian tersebut belum ada yang membandingkan penggunaan percampuran abu batu biasa dan abu *granite tile* terhadap campuran AC-WC.



## BAB III LANDASAN TEORI

### 3.1 Konstruksi Perkerasan Jalan

Dalam memenuhi segala kebutuhan hidup, manusia akan berpindah dari satu tempat ke tempat lainnya. Dalam perpindahan itu manusia akan menghasilkan rute atau jalannya tersendiri. Sejarah perkerasan jalan saling berhubungan dengan perkembangan umat manusia. Mulai dari jalan setapak hingga menjadi konstruksi modern seperti sekarang.

Berdasarkan (Sukirman, 1999) perkerasan jalan adalah campuran agregat dan bahan ikat yang diletakkan diatas tanah datar dengan pemadatan untuk melayani beban lalu lintas. Dimana, bertujuan untuk mengurangi tegangan atau tekanan yang diterima akibat beban roda yang diterima oleh tanah tersebut. Kinerja perkerasan jalan (*pavement performance*) meliputi 3 (tiga) hal, yaitu:

1. Keamanan, ditentukan oleh besarnya gesekan gesekan akibat adanya kontak antara ban dengan permukaan jalan. Besarnya gaya gesek yang sering terjadi dipengaruhi oleh bentuk dan kondisi ban, tekstur permukaan jalan, kondisi jalan dan sebagainya.
2. Wujud perkerasan (struktur perkerasan), sehubungan dengan kondisi fisik dari jalan tersebut seperti adanya retak-retak, amblas, alur, gelombang dan sebagainya.
3. Fungsi pelayanan (*functional performance*), sehubungan dengan bagaimana perkerasan tersebut memberikan pelayanan kepada pemakai jalan dapat digambarkan dengan “kenyamanan mengemudi (*riding quality*)”.

#### 3.1.1 Jenis Konstruksi Perkerasan

Beberapa tahap pelaksanaan konstruksi yang harus dilakukan pada pembangunan jalan raya dilakukan dengan menggunakan lapisan konstruksi yang mempunyai kekuatan, ketebalan, kekakuan dan kestabilan tertentu. Menurut

Sukirman (1999), beberapa bahan pengikat konstruksi perkerasan jalan sebagai berikut :

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Konstruksi perkerasan lentur adalah perkerasan jalan dengan menggunakan aspal sebagai pengikatnya dan Lapisan perkerasannya memiliki peran memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Konstruksi perkerasan kaku merupakan perkerasan menggunakan bahan pengikatnya adalah semen (portland cement). Pelat beton dengan tulangan atau tanpa tulangan diletakan diatas tanah dasar dengan lapis pondasi atau tanpa lapis pondasi bawah dan beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.

3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*)

Konstruksi perkerasan komposit adalah perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

Perbedaan utama antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku dapat dilihat pada tabel 3.1.

**Tabel 3. 1** Perbedaan Antara Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur (Sukirman , 1999)

No	Keterangan	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Bahan pengikat	Aspal	Semen
2	Repitasi beban	Timbul rutting (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3	Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perletakan
4	Perubahan temperatur	Modulus kekakuan berubah dan timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah dan timbul regangan dalam yang besar

### 3.1.2 Jenis Lapisan Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan-lapisan yang dihamparkan diatas permukaan tanah dasar dan sudah melalui proses pemadatan. Lapisan- lapisan tersebut berperan sebagai penerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan-lapisan dibawahnya.

Kelebihan perkerasan lentur yaitu warna hitam aspal mempengaruhi kenyamanan pengendara dan lebih teduh, jalan lebih mulus dan halus, jalan aspal lebih murah dibandingkan konstruksi jalan beton. Serta perawatan lebih murah karna ketika jalan rusak, area yang diganti hanyalah area yang rusak saja. Sedangkan kekurangan perkerasan lentur yaitu tidak tahan terhadap genangan air, sehingga memerlukan drainase yang baik untuk proses pengeringan jalan pasca hujan dan pada struktur tanah yang buruk terlebih dahulu dilakukan perbaikan tanah sebelum ditumpangi oleh perkerasan jalan aspal (Sukirman, 2003).

Perlu dilakukan kajian yang lebih intensif dalam penerapan dan memperhitungkan secara ekonomis, sesuai dengan kondisi setempat, tingkat kebutuhan, kemampuan pelaksanaan dan syarat teknisnya. Sehingga konstruksi jalan yang direncanakan lebih optimal. Berdasarkan (Sukirman, 1999) lapisan perkerasan lentur terdiri dari :

1. Lapisan permukaan (*surface course*)

Lapis permukaan adalah lapisan perkerasan yang terletak paling atas yang terdiri dari lapis aus (*wearing course*) dan lapisan antara (*binder course*). Fungsi lapis permukaan adalah :

- a. Menerima beban langsung dari lalu lintas dan menyebarkan untuk mengurangi tegangan pada lapis bawah lapisan perkerasan jalan.
- b. Menyediakan permukaan jalan yang rata, aman dan kesat (anti slip).
- c. Menyediakan drainase yang baik dari permukaan kedap air, sehingga melindungi struktur perkerasan jalan dari perubahan jalan.
- d. Menahan gaya geser dari beban kendaraan.



- e. Sebagai lapis aus, yaitu lapisan yang dapat aus yang selanjutnya dapat diganti dengan yang baru.

## 2. Lapisan pondasi atas (*base course*)

Lapisan pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah atau dengan tanah dasar apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah. Fungsi lapis pondasi atas adalah :

- a. Lapis pendukung bagi lapis permukaan.
- b. Pemikul beban horizontal dan vertikal.
- c. Lapis perkerasan bagi pondasi bawah.

## 3. Lapis pondasi bawah (*subbase course*)

Lapis pondasi bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar, yang berfungsi sebagai :

- a. Lapis pencegah masuknya tanah dasar ke lapisan pondasi atas.
- b. Lapis pertama pada pembuatan perkerasan.
- c. Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal.
- d. Melindungi lapis tanah dasar langsung setelah tertekan udara.

## 4. Lapis tanah dasar (*subgrade*)

Tanah dasar adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah yang setelah dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya, yang berfungsi :

- a. Memberi daya dukung terhadap lapisan di atasnya.
- b. Sebagai tempat perletakkan pondasi jalan.

### 3.2 Konstruksi Perkerasan Jalan dengan Bahan Aspal

Konstruksi perkerasan jalan dengan bahan aspal sejak dulu hingga sekarang masih dan kelihatannya akan tetap dianggap sebagai bagian tidak terpisahkan dari konstruksi perkerasan jalan. Meskipun perkerasan kaku (semen sebagai pengikatnya) mulai banyak dipakai, terutama pada saat harga minyak

bumi melejit ke USD 150 perbareil pada tahun 2006, 90% jalan raya di dunia masih menggunakan aspal sebagai bahan pengikat agregat (Soehartono, 2015).

Berikut beberapa konstruksi perkerasan jalan yang menggunakan bahan pengikat aspal menurut Soehartono (2015) :

1. Burtu (Labur Satu)

Burtu adalah konstruksi perkerasan jalan yang paling sederhana, hanya melaburkan satu lapis semprotan aspal (menggunakan *hand spray* atau *Asphalt Distributor*) pada permukaan agregat yang sudah dipadatkan dan dibersihkan.

Burtu digunakan pada jalan-jalan sederhana (biasanya di atas lapisan fondasi batu pecah macadam dan fondasi bawah *telford*) yang masih sepi lalu lintas, menghemat dana pembangunan, sambil memperbaiki kondisi tanah dasar agar secara bertahap menjadi semakin kuat , pada saat diperlukan bagi lalu lintas berat dan padat hanya perlu menambah lapis atas yang lebih kuat. Burtu menggunakan aspal biasa dengan titik leleh 48-50°C tanpa campuran bahan lain dan *filler*, sehingga mudah sekali melunak dibawah sinar matahari tropis dengan suhu permukaan jalan di sekitar 55°C.

2. Burda (Labur Dua)

Burda adalah konstruksi perkerasan jalan yang menggunakan dua kali peleburan aspal (dua kali semprotan aspal dan taburan batu pecah) di atas lapis agregat yang telah dipadatkan. Dibanding Burtu, tentu saja Burda lebih tebal dan lebih awet, Tetapi pada dasarnya sama aja, tidak kuat dibawah sinar matahari yang bersuhu tinggi karna dapat mengakibatkan aspal meleleh dan daya ikatnya hilang.

3. Penetrasi Macadam

Penetrasi macadam adalah lapis perkerasan berupa lapis batu pecah berukuran 5-7 cm, ditutup dengan lapis batu pecah berukuran 2-3 cm yang masing-masing telah disusun dan dipadatkan, kemudian disemprotkan aspal, lalu ditaburkan batu yang berukuran 1 cm dan pasir sebagai pengunci dan dipadatkan hingga tidak bergerak lagi atau goyah.

Disini fungsi aspal hanya sebagai material pencegah air menerobos masuk ke tanah dasar. Besarnya rongga antar batuan/*voids* hingga 25%, tipisnya lapis aspal dan sifat aspal yang tidak tahan terhadap panas menyebabkan konstruksi penetrasi macadam ini berumur pendek, memerlukan penyemprotan aspal berulang kali karna tergerus roda kendaraan, *bleeding* dan *ageing* (pelapukan) terkena sinar matahari.

Konstruksi semacam ini masih layak digunakan pada tempat jauh yang belum banyak pekerjaan jalan, dimana mobilisasi mesin besar akan boros karna pemakaiannya hanya sebentar dan tidak diperlukan kecepatan pembangunan atau kualitas jalan yang tinggi.

#### 4. Beton Aspal

Beton aspal adalah teknologi pelapisan aspal dengan cara mencampur terlebih dahulu agregat dengan aspal pada temperatur panas (dingin, menggunakan aspal emulsi), kemudian baru digelar dalam kondisi panas atau dingin dan dipadatkan hingga mencapai kepadatan tertentu. Jika pemadatan telah selesai dan suhu permukaan telah mencapai suhu  $\leq 60^{\circ}\text{C}$  barulah boleh dibuka untuk lalu lintas umum.

Dibandingkan dengan jenis konstruksi sebelumnya, beton aspal mempunyai banyak keuntungan yaitu pelaksanaan pekerjaan akan lebih cepat, kepadatan lapisan mudah tercapai, aspal akan meningkat sifat tahan terhadap panasnya karna tercampur dengan *filler* (Van Dormon, 1953), lebih hemat pemakaian aspalnya karna berbentuk lapis film tipis dipermukaan batuan, dan mampu membentuk kerataan permukaan yang dapat diandalkan untuk jalan-jalan yang digunakan untuk kecepatan tinggi.

#### 5. Beton Aspal Lapis Aus (*AC Wearing Course*)

*AC wearing course* adalah lapis beton aspal untuk permukaan jalan, biasanya tidak terlalu tebal sekitar 5 cm, sebagai lapis aus sekaligus sebagai lapis penutup, sebaigiannya bersifat lentur untuk dapat menerima gerakan lapis dibawahnya tanpa mengalami retak. Ditinjau dari penggunaan material aspal, maka aspal yang digunakan harus dari jenis



yang tahan panas (panas permukaan jalan bisa sampai 70°C), karna terletak pada posisi paling atas agar tidak mudah melunak (*bleeding*), berubah bentuk, dan tidak mudah timbul retak yang dapat menyebabkan air merembes yang berakibat mudah terjadi lepas butir (kehilangan daya lengket).

6. Beton Aspal Lapis Tipis (*ACVTO/Asphalt Concrete Very Thin Overlay*)

ACVTO adalah beton aspal yang sangat tipis (tebal 1 sampai dengan 3 cm). Umumnya sebagai lapis aus, lapis aus ulang atau lapis aus perata, juga sebagai lapis pemeliharaan, untuk memperbaiki permukaan agar berfungsi seperti semula, untuk menahan kemungkinan bocor air, menambah *skid sesistant* atau memperbaiki kerataan permukaan. Beton aspal lapis tipis dikenalkan di jalan tol Pondok Pinang – Kp Rambutan dan Cawang – Semanggi pada tahun 1996 dengan ketebalan 1-2 cm yang berhasil mencapai umur lebih dari 7 tahun.

7. Beton Aspal Lapis Pengikat (*AC Binder*)

*AC binder* adalah beton aspal sebagai lapis fondasi dan pengikat (*binder*), lapis beton aspal yang lebih kaya aspal (sekitar 5-6%) dibandingkan dengan lapis dibawahnya (misalnya *ATB/Asphalt Treated Base*, yang kadar aspalnya hanya berkisar 4,5% atau lapis fondasi batu pecah tanpa aspal/ *Crushed Stone Base*). Berfungsi secara struktural sebagai bagian dari lapis perkerasan jalan. Umumnya bersifat tahan beban (punya *beam effect*, nilai *Marshall stability* tinggi), mampu menyebarkan beban roda kendaraan kelapis dibawahnya, dan diusahakan agar kedap air untuk mempersulit air permukaan yang tembus lewat retak-retak atau lubang permukaan yang tidak segera ditambal, sehingga air tidak mudah dapat mencapai tanah dasar.

8. Beton Aspal Lapis Fondasi (*AC Base Course, Asphalt Treaded Base*)

Beton aspal lapis fondasi adalah lapis beton aspal yang berfungsi sebagai fondasi atas (*base course*), kehadiran aspal disini terutama sebagai pelicin pada waktu pemadatan (biasanya berkisar 4-5%), sehingga pemadatan mudah dicapai, tidak perlu terlalu kedap air, dan tidak ada

kekhawatiran terjadi *overcompaction*. Fungsi lapis fondasi terutama adalah untuk menahan gaya lintang kendaraan akibat beban roda kendaraan.

#### 9. Beton Aspal Anti Abrasi

Beton aspal anti abrasi adalah aspal yang dibuat khusus untuk bertahan terhadap gaya abrasi yang sangat kuat dari kendaraan yang lewat. Gaya abrasi ini merupakan beban khusus biasanya berarah horizontal seperti yang dibutuhkan untuk sirkuit balap mobil formula atau sebagai lapis aus perkerasan landasan pacu lapangan terbang. Disamping pemilihan agregat batuan yang tahan terhadap abrasi yang paling penting aspalnya perlu tambahan aditif kelengketan yang jauh lebih tinggi dari kebutuhan normal.

#### 10. Beton Aspal *Sand Sheet*

Beton aspal *sand sheet* adalah beton aspal campuran panas (tebal 2-4 cm) dengan bantuan pasir, biasanya digunakan untuk menutup permukaan jalan lama supaya rata dan mempunyai kekasaran tertentu atau untuk jalan lingkungan terbatas seperti di kompleks perumahan. *Sand sheet* bersifat seperti mastik aspal, dimana kekuatan lapisan sangat tergantung dari kombinasi kekuatan aspal, butir pasir, dan *filler* bukan seperti pada konsep kontak antarbutir agregat. Banyak kegagalan *sand sheet* akibat terburai (kurang aspal atau aspal kehilangan daya lengket) atau *bulging* (bergelombang) dan aspal terlalu banyak disamping karena tidak tahan panas.

#### 11. Beton Aspal SMA (*Split Mastic Asphalt*)

Beton aspal SMA adalah beton aspal dimana campuran agregat dan aspal masih ditambah dengan serbuk selulosa (serat kayu lembut). Teknologi asli Jerman ini pertama kali dikenalkan di Indonesia pada tahun 1992, dicoba secara terbatas di jalan tol Jagorawi (Plaza gerbang Ciawi) dengan hasil baik. Pada kelanjutannya teknologi SMA masuk ke spesifikasi Bina Marga, tergelar pada hampir 200 km jalan negara (antara lain Boyolali-Semarang, Merak-Balaraja), namun karena rawan manipulasi (kontrol terhadap jumlah selulosa yang harus dimasukkan ke dalam

pugmill sangat lemah) serta kontrol terhadap gradasi senjang juga tidak efektif, maka akhirnya sejak 1995 teknologi ini tidak lagi dipakai di Bina Marga.

#### 12. Beton Aspal HRS (*Hot Rolled Sheet*)

Beton aspal HRS adalah beton aspal dengan gradasi senjang, merupakan modifikasi dari teknologi HRA (*Hot Rolled Asphalt*, BS 594) dari Inggris yang dikenalkan di Indonesia pada tahun 1980, dengan alasan untuk mencegah terjadinya lubang-lubang pada jalan raya akibat kebijakan menggunakan gradasi menerus model AASHTO pada spesifikasi proyek bantuan World Bank pada tahun 1970. Pada gradasi HRS beberapa ukuran batu pecah sengaja dibuang untuk membentuk rongga batuan, sehingga jumlah aspal dapat ditingkatkan dari 5,5% menjadi sekitar 7%. Teknologi ini pun kemudian tidak dipakai lagi sejak tahun 1990 karena menimbulkan permukaan yang bergelombang, ketidak disiplin pemakaian gradasi senjang (batu yang seharusnya dibuang dimasukkan lagi untuk menghemat pemakaiannya) dan mutu HRS menjadi tidak menentu.

#### 13. *Gussasphalt*

*Gussasphalt* adalah teknologi bernuansa Jerman yang kemungkinan akan berkembang di kemudian hari karena bahan dasarnya adalah aspal titik lembek tinggi dan bisa menggunakan aspal modifikasi dengan suhu mencapai 200°C. *Gussasphalt* adalah *mastic asphalt* yang tahan beban tanpa harus dipadatkan karena kekuatan bersama antara butir halus, *filler*, dan aspalnya mampu bertahan dibebani meskipun dalam kondisi *zero void* (tanpa rongga). Kegunaan *gussasphalt* untuk lapis beton aspal anti bocor di atas lantai baja, agar tidak ada kemungkinan air masuk dan mencapai permukaan lantai baja yang akan menyebabkan karat. *Gussasphalt* memerlukan pemanasan di tempat karena harus segera digelar pada waktu temperatur masih tinggi.

#### 14. Beton Aspal *Recycling*

Beton aspal *recycling* adalah lapis beton aspal hasil dari garukan (*cold milling*) beton aspal lama yang dianggap sudah rusak, dihancurkan



lagi menjadi butir-butir halus, diremajakan dengan tambahan minyak/aspal atau dicampur dengan semen *portland* dan digelar ulang menjadi lapis baru yang akan berfungsi kembali. Seluruh proses ini dikerjakan ditempat oleh seperangkat mesin khusus yang berjalan diatas jalan raya. Keuntungan dari cara pelaksanaan ini adalah menghemat bahan dan angkutan material tidak akan terganggu kemacetan lalu lintas dan untuk mempertahankan *peil* (taraf ketinggian) agar tidak akan mengganggu kelancaran *drainase* dan akses ke kiri dan ke kanan jalan.

#### 15. Lapis Antarmuka

Lapis antarmuka pada dasarnya adalah aspal modifikasi dengan kelengketan tinggi, mampu digelar tipis (tebal 2-3 mm) sebagai lapis pengikat antar lapis bawah dan lapis bawah, mempunyai kelenturan tinggi agar tidak mudah retak dan bocor, serta mempunyai kemampuan kohesi tinggi karena akan menerima gaya geser cukup besar. Di Australia lapis antarmuka dikenal dengan nama "SAMI" (*Stress Alleviated Membrane Interlayer*), dipasang antara lapis *sub-base* dan lapis *base course* atau lapis base dengan lapis *binder*, terutama untuk mencegah retak bawah yang mereflaksi ke lapis di atasnya, atau mengantisipasi keterlambatan penambalan lubang di permukaan yang dapat mengakibatkan air masuk menerobos sampai ke tanah dasar.

#### 16. Sealant

*Sealant* adalah aspal modifikasi dengan kelengketan tinggi, mudah dicairkan dengan cara panas (dipanaskan dengan pemanas api atau kompor listrik didekat tempat yang akan dikerjakan) atau dengan cara dingin (dipakai ditempat khusus yang tidak boleh ada api terbuka seperti pada termak bandara dan sebagainya). Digunakan untuk menutup celah-celah sempit ( 2 – 20 mm) diantara dua pelat beton semen, celah sempit yang terjadi pada keretakan beton semen atau beton aspal.

#### 17. Expansion Joint

*Expansion joint* adalah aspal modifikasi dengan kekenyalan tinggi, kelengketan tinggi dan tahan panas (titik lembek minimum 120°C).

Digunakan untuk menutup celah-celah lebar (2-7 cm) dengan kemungkinan material tersebut ter-*exposed*, sehingga harus dapat menahan beban roda kendaraan. *Expansion joint* tipe ini sering dipakai pada sambungan jembatan beton dengan oprit jembatan, dimana gerakan muai susut relatif kecil, tidak disarankan untuk muai susut besar seperti terlihat pada jembatan baja benteng besar.

#### 18. Aspal Gelar Tunda

Aspal gelar adalah beton aspal campuran dingin, batuan gradasi terbuka, dengan aspal modifikasi beraditif polimer dengan sifat pressure sensitif (akan lengket bila diberikan tekanan/gesekan berkali-kali). Material ini pernah dipakai pada tahun 1994 oleh Jasamarga sebagai bahan tambal lubang siap pakai, menjadi bagian dari perlengkapan mobil patroli jalan tol. Bila ditemukan lubang dipermukaan jalan langsung dapat ditambal agar tidak meluas ataupun mengganggu perjalanan kendaraan di jalan tol. Material ini mampu disimpan dalam kantong semen dan ditumpuk digudang sampai 2 tahun tanpa menggumpal dan hanya akan langsung lengket bila dipadatkan sebagai penutup lubang.

### 3.3 Aspal

Definisi aspal adalah sebagai bahan pengikat suatu campuran perkerasan lentur berwarna hitam atau coklat tua, dapat berbentuk padat dan agak padat pada temperatur ruang. Jika dipanaskan sampai pada temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak dan mencair sehingga dapat menyelimuti partikel agregat pada saat pembuatan aspal beton atau dapat merembas kedalam pori-pori ketika melakukan penyemprotan atau penyiraman pada perkerasan macadam ataupun peleburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras kembali dan mengikat agregat pada tempatnya disebut termoplastis (Sukirman, 1999).

Aspal adalah komponen kecil dari salah satu material konstruksi perkerasan lentur, umumnya hanya 4-10% berdasarkan berat atau 10-15% berdasarkan volume, tetapi merupakan komponen material yang sangat relatif mahal yang berasal dari hasil residu minyak bumi.

Bahan dasar aspal dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Bahan dasar aspal (*asphaltic base crude oil*)
2. Bahan dasar parafin (*parafin base crude oil*)
3. Bahan dasar campuran (*mixed base crude oil*)

Fungsi aspal yang digunakan pada konstruksi perkerasan jalan yaitu sebagai :

1. Bahan pengikat, yang akan memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara aspal itu sendiri.
2. Sebagai bahan pengisi, mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

### 3.3.1 Jenis Aspal

Berdasarkan cara memperolehnya, aspal dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Aspal alam, dibedakan menjadi :
  - a. Aspal gunung (*rock asphalt*), contohnya aspal dari pulau buton.
  - b. Aspal danau (*lake asphalt*), contohnya aspal dari Trinidad.
2. Aspal buatan, dibedakan menjadi :
  - a. Aspal Minyak, yang merupakan hasil penyulingan dari minyak bumi.
  - b. Tar, yang merupakan hasil penyulingan dari batu bara.

Berdasarkan pengelompokan cara memperolehnya, jenis aspal dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Deposit alam ( Asbuton)

Asbuton adalah aspal dari pulau buton, Indonesia. Aspal buton merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan. Kandungan kadar bitumen yang ada pada aspal buton sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi. Berdasarkan kadar bitumen yang dikandungnya, aspal bitumen dapat dibedakan atas B10, B13, B20, B25, dan B30. Yang dimaksudkan dengan aspal buton B10 adalah aspal buton dengan kadar bitumen rata-rata 10 %, begitu juga dengan B13 dan seterusnya.



## 2. Aspal Minyak (*Petroleum Aspal*)

Aspal minyak disebut juga dengan aspal buatan. Aspal buatan adalah bitumen yang merupakan hasil penyulingan minyak bumi yang mengandung kadar paraffin rendah dan biasa disebut *paraffin base oil*.

Aspal minyak dapat dibedakan sebagai berikut :

### a. Aspal Keras/Panas

Aspal keras/panas (*Asphalt Cement/AC*) adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas. Aspal ini berbentuk padat pada temperatur ruangan. Biasanya pada temperatur ruang (25-30° C) yang berbentuk padat. Aspal keras terdiri dari beberapa jenis tergantung proses pembuatannya dan jenis minyak bumi asalnya. Di Indonesia, aspal biasanya dibedakan berdasarkan nilai penetrasinya, yaitu :

1. AC pen 40/50, yaitu AC dengan penetrasi antara 40-50
2. AC pen 60/70, yaitu AC dengan penetrasi antara 60-70
3. AC pen 85/100, yaitu AC dengan penetrasi antara 85-100
4. AC pen 120/150, yaitu AC dengan penetrasi antara 120-150
5. AC pen 200/300, yaitu AC dengan penetrasi antara 200-300

Aspal keras dengan penetrasi rendah digunakan didaerah bercuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal semen dengan penetrasi tinggi digunakan di daerah bercuaca dingin dan lalu lintas dengan volume rendah. Aspal keras yang sering digunakan di Indonesia umumnya pada penetrasi antara 60/70 dan 80/100. Jenis aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal keras penetrasi 60/70. Persyaratan/ ketentuan-ketentuan untuk aspal keras pen 60/70 dapat dilihat pada tabel 3.2.

**Tabel 3. 2** Ketentuan-ketentuan untuk Aspal Keras (Bina Marga 2010, Revisi 3)

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal yang Dimodifikasi	
				A <sup>1</sup>	B
				Asbuton yang diproses	Elastomer Sintesis
1	Penetrasi pada 25 <sup>o</sup> C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60-70	Min.50	Min.40
2	Visikositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 06-6441-2000	160-240	<u>240-260</u>	<u>320-480</u>
3	Visikositas Kinematis 135°C (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥ 300	385-2000	≤ 3000
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	≥ 53	≥ 54
5	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	≥ 100	≥ 100
6	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 232	≥ 232
7	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-03	≥ 99	≥ 90 <sup>1</sup>	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0	≥ 1,0	≥ 1,0
9	Stabilitas Penyimpanan Perbedaan Titik Lembek (°C)	AATM D 5976 part 6.1	-	≤ 2,2	≤ 2,2
10	Partikel yang lebih halus dari 150 micron (µm) (%)			Min.95 <sup>1</sup>	-
<b>Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002) :</b>					
11	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8	≤ 0,8	≤ 0,8
12	Visikositas Dinamis 60 <sup>o</sup> C (Pa.s)	SNI 03-6441-2000	≤ 800	≤ 1200	≤ 1600
13	Penetrasi pada 25 <sup>o</sup> C (%)	SNI 06-2456-1991	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14	Daktilitas pada 25 <sup>o</sup> C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	≥ 50	≥ 25
15	Keelastisan setelah Pengembalian (%)	AASHTO T 301-98	-	-	≥ 60

---

Catatan :

1. Hasil pengujian adalah untuk bahan pengikat (bitumen) yang diekstraksi dengan menggunakan metode SNI 2490:2008. Sedangkan untuk pengujian kelarutan dan gradasi mineral dilaksanakan pada seluruh bahan pengikat termasuk kandungan pengikatnya.
  2. Pabrik pembuat bahan pengikat Tipe II dapat mengajukan metode pengajuan alternatif untuk viskositas bilamana sifat-sifat elastomerik atau lainnya didapati berpengaruh terhadap akurasi pengujian penetrasi, titik lembek atau standar lainnya.
  3. Viscositas di uji juga pada temperatur 100°C dan 160°C untuk tipe I, untuk Tipe II pada temperatur 160°C dan 170°C.
  4. Jika untuk pengujian viskositas tidak dilakukan sesuai dengan AASHTO T201-03 maka hasil pengujian harus dikonversikan ke satuan cSt.
- b. Aspal Cair

Aspal cair/dingin (*cut back asphalt*) adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan dingin. Aspal ini merupakan campuran antara aspal semen dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Pada temperatur ruangan aspal cair berbentuk cair.

- c. Aspal Emulsi

Aspal emulsi (*emulsion asphalt*) adalah campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi, yang dilakukan di pabrik pencampuran. Dapat digunakan dalam keadaan dingin atau panas dan biasanya aspal emulsi dan aspal cair digunakan pada campuran dingin atau penyemprotan dingin.

### 3.3.2 Komposisi Aspal

Aspal sebagai bahan pengikat pada aspal campuran panas, mempunyai sifat fisis yang ditentukan oleh komposisi kimia. Unsur *hydrocarbon* yang sangat kompleks, sangat sukar untuk memisahkan molekul – molekul yang terbentuk aspal tersebut. Setiap sumber minyak bumi menghasilkan komposisi molekul yang berbeda. Komposisi aspal terdiri dari *aspaltene* dan *maltene*. *Aspaltene* merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang larut dalam heptanes yang merupakan cairan berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat *adhesi* pada aspal, merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan. Sedangkan *oil*, berwarna lebih muda merupakan media dan



*asphaltene* dan resin, faktor kimia yang mempengaruhi kandungan fisik aspal merupakan dasar faktor yang mengontrol kegunaan aspal itu sendiri (Sukirman,2003).

**Tabel 3. 3** Contoh Komponen Fraksional di Indonesia, Beton Aspal Campuran Panas (Sukirman, 2003)

Unsur kimia	<i>Asphalt cement penetrasi</i>
<i>Asphalt</i>	22,41 %
<i>Maltene</i>	-
<i>Basa nitrogen</i>	24,90 %
<i>Accidafin – (A1)</i>	14,50 %
<i>Accidafin – (A2)</i>	18,97 %
<i>Parafin – (P)</i>	19, 22 %

### 3.3.3 Mutu Aspal

Menurut Sukirman (2003) bahwa mutu aspal sangat bergantung pada kepadatan atau kekentalan, tingkat keawetan, serta ketahanan terhadap pelapukan akibat perubahan temperatur suhu/cuaca dan ketahanan terhadap air. Aspal yang baik adalah aspal yang mempunyai kekentalan yang tidak mudah terpengaruh oleh keadaan cuaca, cuaca menyebabkan aspal akan kehilangan berat. Agar tidak terjadi kehilangan berat dari aspal, maka untuk mencegahnya diusahakan aspal tetap dalam keadaan plastis.

Pengendalian mutu aspal dan pengujian lapangan harus di kontrol dengan baik dan benar karna berkaitan dengan kualitas hasil akhir dari pembangunan perkerasan jalan. Persyaratan umum yang harus dimiliki aspal sebelum dilakukan pengerjaan yaitu memiliki sertifikat dan contoh sampel, persetujuan awal atas mutu sumber bahan dari distributor melalui hasil tes laboratorium, dan setelah persetujuan mengenai mutu harus diulangi lagi sesuai direksi pekerjaan untuk menghindari perubahan mutu.

### 3.3.4 Kadar Aspal Dalam Campuran

Kadar aspal yaitu persentase berat aspal terhadap campuran agregat yang telah ditentukan. Kadar aspal dalam campuran aspal adalah kadar aspal efektif yang membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi pori antar

agregat, ditambah dengan kadar aspal yang akan terserap masuk ke dalam pori masing-masing butir agregat. 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 .

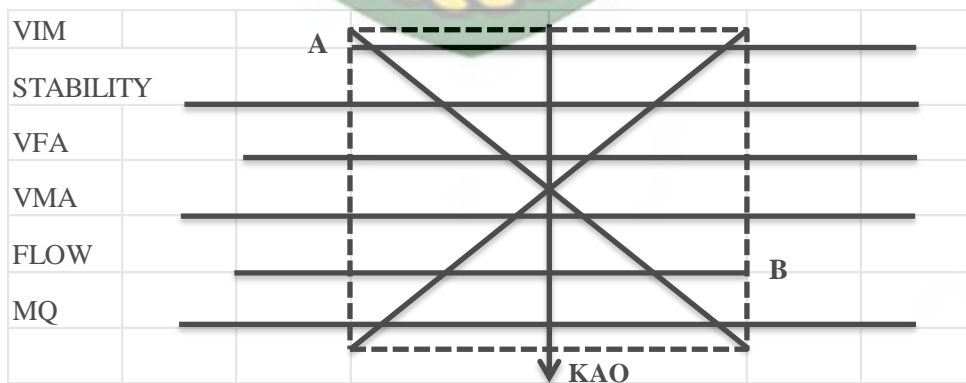
Perkiraan awal kadar aspal tengah dan rancangan campuran aspal dengan rumus :

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

Keterangan :

- P<sub>b</sub>* = Kadar aspal perkiraan %
- CA* = Persen agregat tertahan saringan No. 8
- FA* = Persen agregat lolos saringan No. 8 dan tertahan saringan No. 200
- Filler* = persen agregat minimal 75 % lolos saringan no.200
- K* = konstanta 0,5 – 1,0 laston  
= konstanta 2,0 – 3,0 lataston

Dari awal 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 *Stability*, *Flow*, *VIM*, *VMA*, *VFA* dan *MQ* dengan persen kadar aspal dengan menggunakan metode bar chart (diagram pita).



Gambar 3. 1 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum

Maka, didapat rumus Kadar Aspal Optimum (KAO) =  $\frac{A+B}{2}$  .....(3.2)

### 3.4 Aspal Beton

Aspal beton adalah salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu.

Aspal beton adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Campuran aspal beton yang biasa dikenal dengan nama “*Hotmix*”, dimana material-material pembentuk aspal beton dicampur diinstalasi pencampuran pada suhu tertentu, suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang digunakan, suhu pencampuran umumnya antara 45-155°C (Sukirman,2003).

Jenis aspal beton yang ada di Indonesia saat ini diantaranya :

1. Laston (Lapis Aspal Beton) adalah aspal beton yang bergradasi menerus yang biasa digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston juga dikenal dengan nama *AC (Asphalt Concrete)*, karakteristik beton yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Tebal minimum laston 4-6 cm sesuai dengan fungsinya. Laston memiliki 3 macam campuran yaitu :
  - a. Laston sebagai lapis aus, yang biasa dikenal dengan nama *AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)*. Mempunyai tebal minimum AC-WC adalah 4 cm.
  - b. Laston sebagai lapis pengikat, yang biasanya dikenal dengan nama *AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course)*. Mempunyai tebal minimum AC-BC adalah 5 cm.
  - c. Laston sebagai lapis fondasi, yang biasanya dikenal dengan dengan nama *AC-Base (Asphalt Concrete-Base)*. Mempunyai tebal minimum *AC-Base* adalah 6 cm.
2. Lataston (Lapis Tipis Aspal Beton) adalah aspal beton bergradasi senjang. Ditujukan untuk jalan-jalan dengan lalu lintas ringan dan sedang. Lataston



umumnya disebut juga dengan *HRS (Hot Rolled Sheet)*. Sesuai fungsinya lataston mempunyai 2 macam campuran, yaitu :

- a. Lataston sebagai lapis aus, yang biasanya dikenal dengan nama *HRS-WC (Hot Rolled Sheet-Wearing Course)*. Mempunyai tebal minimum *HRS-WC* adalah 3 cm.
  - b. Lataston sebagai lapis fondasi, yang biasanya dikenal dengan nama *HRS-Base (Hot Rolled Sheet-Base)*. Mempunyai tebal minimum *HRS-Base* adalah 3,5 cm.
3. Latastir (Lapis Tipis Aspal Pasir) adalah aspal beton untuk jalan-jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya dimana agregat kasar tidak sulit diperoleh. Lapisan ini mempunyai ketahanan alur (*rutting*) rendah. Oleh karena itu tidak digunakan untuk daerah berlalu lintas berat atau daerah tanjakan. Latastir biasa juga disebut dengan *SS (Sand Sheet)* atau *HRSS (Hot Rolled Sand Sheet)*. Sesuai dengan gradasi agregatnya, campuran latastir dapat dibedakan sebagai berikut :
- a. Latastir kelas A, yang biasanya dikenal dengan nama *HRSS-A* atau *SS-A*. Tebal minimum *HRSS-A* adalah 1,5 cm.
  - b. Latastir kelas B, yang dikenal dengan nama *HRSS-B* atau *SS-B*. Tebal minimum *HRSS-B* adalah 2 cm dan gradasi agregat *HRSS-B* lebih kasar dari *HRSS-A*.

Jenis aspal beton dapat dibedakan berdasarkan suhu pencampuran material pembentuk beton aspal dan fungsi beton aspal. Berdasarkan temperatur ketika pencampuran dan pematetan campuran, beton aspal dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Beton aspal campuran panas (*hot mix*) adalah beton aspal yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 140°C.
2. Beton aspal campuran sedang (*warm mix*) adalah beton aspal yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 60°C.
3. Beton aspal campuran dingin (*cold mix*) adalah beton aspal yang material pembentuknya dicampur pada suhu ruang sekitar 25°C.

Jenis kerusakan beton aspal dapat dibedakan berdasarkan beban lalu lintas kendaraan, suhu dan cuaca. Berdasarkan permasalahan umum yang sering terjadi pada perkerasan beton aspal yaitu :

1. Gemuk Aspal

Gemuk aspal adalah jejak ban kendaraan pada permukaan aspal dikarenakan titik lembek aspal yang digunakan kurang tinggi dibandingkan dengan temperatur lapangan yang terjadi. Titik lembek bahan aspal baku bisa saja terlalu rendah atau campuran tidak dilengkapi dengan jumlah *filler* yang cukup.

2. Marka Jalan Bengkok

Marka jalan bengkok adalah dari bentuk awal permukaan jalan lurus menjadi bengkok diakibatkan oleh aspal melunak dibawah sinar matahari langsung. Lapis beton aspal menjadi kehilangan kemampuannya untuk menahan beban lalu lintas, sehingga secara struktural akan terjadi under design bagi perkerasan tersebut karena beban roda tidak menyebar tetapi menusuk ke lapisan dibawahnya.

3. Deformasi Alur

Deformasi alur adalah perubahan bentuk permukaan beton aspal berupa alur sepanjang jejak ban, dipercaya aspal melunak pada suhu lapangan tinggi dan beban berjalan lambat (*loading time* tinggi, penelitian dari Van Der Poel). Perubahan bentuk diawali dengan *zero void*, kemudian aspal yang lunak akan meneruskan tekanan ban ke kiri dan ke kanan jejak ban, maka terbentuklah selokan memanjang yang sangat mengganggu lalu lintas.

4. Terburai

Terburai adalah butir agregat yang terlepas akibat daya lengket aspal berkurang. Kehilangan daya lengket bisa diakibatkan oleh sifat aspal baku yang sudah kehilangan banyak resin akibat proses kilang yang canggih, terbakar sewaktu di AMP atau terlalu dingin sewaktu digelar dan sulit dipadatkan sehingga banyak rongga diperkerasan, dan air mudah menerobos masuk.

#### 5. Porous pada Sebagian Permukaan

Porous pada sebagian permukaan dapat terlihat dengan jelas setelah hujan berhenti, permukaan beton aspal yang lain sudah bersih dan kering namun ada bagian tertentu dari permukaan yang masih gelap karena mengandung air. Kelainan ini bisa disebabkan karena waktu pengelaran sisa bahan beton aspal yang sudah dingin ditabur ke atas permukaan yang sudah dipadatkan.

Pada penelitian kali ini peneliti melakukan penelitian pada perkerasan lentur berjenis Laston (lapis aspal beton) pada campuran lapis aus / AC-WC (*asphalt concrete-wearing course*).

#### 3.5 AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*)

AC-WC adalah lapis beton aspal (laston) atau lapis aus untuk permukaan jalan. Tebalnya diantara 5 cm, bersifat lentur agar dapat menyesuaikan gerakan lapis di bawahnya tanpa mengalami retak. Laston (Lapisan Aspal Beton) adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat (Sukirman, 2003).

Menurut Imam (2018), Aspal Beton AC-*Wearing Course* merupakan lapisan yang paling atas disebut lapisan permukaan dimana lapisan permukaan ini harus mampu menerima seluruh jenis beban yang berkerja. Oleh karena itu lapisan permukaan mempunyai peranan sebagai berikut :

1. Lapis perkerasan penahan beban roda, harus mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
2. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
3. Lapis aus, lapisan yang langsung menerima gesekan akibat gaya rem dari kendaraan sehingga mudah menjadi aus.

Berawal dari lapisan permukaan yang kemudian menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang ada di bawahnya. Maka, lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat



aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama.

Adapun fungsi dari lapis aus permukaan (*AC-Wearing Course*) yaitu :

1. Menyelimuti perkerasan dari pengaruh air.
2. Menyediakan permukaan yang halus.
3. Menyediakan permukaan yang mempunyai karakteristik yang kesat, dan rata, sehingga aman dan nyaman untuk dilalui pengguna.
4. Menyebarkan beban kelapisan dibawahnya.

### 3.6 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik hasil dari alam maupun buatan (Bina Marga 2010 Revisi 3). Agregat adalah material berbutir keras dan kompak, yang terdiri dari batu bulat, batu pecah (hasil dari pemecahan menggunakan alat *stone crusher*), abu batu dan pasir. Agregat terdiri dari dua bagian yaitu :

#### 1. Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar berasal dari batu pecah yang disiapkan dalam ukuran yang sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan. Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran aspal adalah yang tertahan ayakan No.8 (2,36 mm). Fungsi agregat kasar pada campuran beraspal adalah memberikan kekuatan yang pada akhirnya mempengaruhi stabilitas dalam campuran, dengan kondisi saling mengunci (*interlocking*) dari masing-masing partikel agregat. Selain fungsi agregat kasar juga mempunyai peran sebagai pengembang volume, menjadikan campuran lebih ekonomis, meningkatkan ketahanan terhadap kelelahan (*flow*) dan meningkatkan stabilitas.

#### 2. Agregat Halus

Agregat halus terdiri dari butir-butir yang keras dan tajam. Fraksi agregat halus untuk rancangan campuran aspal adalah yang lolos saringan No.4 (4,75 mm) dan tertahan ayakan No.200 (0,075 mm) yang terdiri dari alam atau material buatan yang diperoleh dengan cara pemecahan batu

atau kerikil. Agregat halus harus dicuci apabila kadar lumpur melebihi 5 % terhadap berat kering bertujuan untuk menghilangkan kandungan kadar lumpur pada agregat seperti lempung dan bahan lain yang tidak dikehendaki.

Jenis-jenis agregat dibedakan menjadi tiga berdasarkan sumber dari cara memperoleh agregat tersebut, diantaranya :

1. Agregat Alam (*Natural Aggregates*)

Agregat alam adalah agregat yang diperoleh dari alam. Berdasarkan tempat asalnya agregat alam dapat dibedakan atas pitrun (agregat yang diambil dari tempat terbuka di alam) dan bakrun (agregat yang berasal dari sungai/endapan sungai). Agregat alam yang sering digunakan yaitu agregat batu kerikil dan pasir.

2. Agregat yang telah diproses

Agregat yang telah diproses diperoleh dari eksplorasi agregat alam yang kemudian dipecah dan disaring terlebih dahulu sebelum digunakan. Pada proses pemecahan agregat sebaiknya menggunakan mesin pemecah batu (*stone crusher*), agar ukuran partikel-partikel yang dihasilkan dapat terkontrol. Berarti gradasi yang diharapkan dapat dicapai sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

3. Agregat Buatan

Agregat buatan adalah agregat dari hasil proses kimia dan fisika sehingga membentuk mineral baru yang menyerupai agregat. Biasanya diperoleh dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen dan mesin pemecah batu.

Fungsi utama agregat halus ialah untuk menyediakan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari perkerasan melalui keadaan saling mengunci (*interlocking*) dan gesekan antar butiran. Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Maka dari itu peneliti menggunakan abu batu *granite tile* sebagai bahan tambahan campuran agregat halus dikarenakan bersifat bersih, keras dan bebas dari lempung.

Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada tabel 3.4.

**Tabel 3. 4** Persyaratan Agregat Halus (Bina Marga 2010 Revisi 3)

Jenis Pemeriksaan	Metode Pengujian	Persyaratan
Berat Jenis Bulk	SNI 03-1969-1990	Min. 2,5
Berat Jenis SSD		
Berat Jenis Semu		
Penyerapan, %	SNI 03-1969-1990	Maks. 3 %
Kadar Lempung	SNI 03-4142-2008	Maks. 1 %

### 3.6.1 Gradasi Agregat

Sukirman (1999) menyebutkan gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan.

Gradasi dari agregat mempengaruhi density, kekuatan dan ekonomi dari struktur perkerasan. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan satu set saringan. Analisa saringan dapat dilakukan dengan menggunakan analisa kering atau analisa basah. Analisa kering digunakan jika agregat yang akan diayak mengandung butir-butir halus sehingga fraksi butir-butir halus dapat terdeteksi dengan baik. Sedangkan analisa basah jika agregat kasar itu bersih, tidak atau sedikit sekali mengandung butir halus dapat digunakan analisa kering.

Menurut Sukirman (1999), gradasi agregat dapat dibedakan yaitu :

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



2. Gradasi rapat (*dense graded*), merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi berimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (*well graded*). Agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek dan berat volume jelek.
3. Gradasi buruk/jelek (*poorly graded*), merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi 2 kategori diatas. Agregat bergradasi buruk yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi celah (*gap graded*), merupakan campuran agregat dengan 1 fraksi hilang atau 1 fraksi sedikit sekali. Sering disebut juga gradasi senjang. Agregat dengan gradasi senjang akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis diatas.

Sifat-sifat yang dimiliki ketiga gradasi dapat dilihat pada tabel 3.5.

**Tabel 3. 5** Sifat-sifat Jenis Gradasi (Sukirman, 1999)

No	Gradasi Seragam	Gradasi Baik	Gradasi Jelek
1	Kontak antar butir baik.	Kontak antar butir baik.	Kontak antar butir jelek.
2	Kepadatan bervariasi tergantung dari segregasi yang terjadi.	Seragam dan kepadatan tinggi.	Seragam tetapi kepadatan jelek.
3	Stabilitas dalam keadaan terbatas ( <i>confined</i> ) tinggi.	Stabilitas tinggi.	Stabilitas sedang.
4	Stabilitas dalam keadaan lepas rendah.	Kuat menahan deformasi.	Stabilitas sangat rendah pada keadaan basah.
5	Sukar untuk dipadatkan.	Sukar sampai sedang usaha untuk memadatkan.	Mudah dipadatkan.
6	Mudah diresapi air.	Tingkat permeabilitas cukup.	Tingkat permeabilitas rendah.
7	Tidak dipengaruhi kadar air.	Pengaruh kadar air cukup.	Kurang dipengaruhi oleh bervariasinya kadar air.

Gradasi yang digunakan pada penelitian ini adalah gradasi menerus atau gradasi baik (*well grade*).

### 3.6.2 Pemeriksaan Agregat

Menurut Sukirman (1999), agregat atau batuan merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui kelayakan material sebagai penyusun dan pemeriksaan material yang memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Maka dari itu, peneliti akan terlebih dahulu melakukan pengujian untuk mengetahui kualitas agregat yang akan digunakan seperti berikut :

#### 1. Analisa Saringan

Perhitungan analisa saringan merupakan persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing - masing saringan terhadap berat total benda uji. Dilakukan penyaringan terhadap masing - masing agregat, untuk mengetahui susunan butiran (gradasi) agregat kasar, agregat medium, agregat halus, dan *filler*.

Analisa saringan terdiri dari 2 macam metode yaitu analisa saringan kering dan analisa saringan basah (pencucian). Pada penelitian ini menggunakan metode analisa kering, yaitu sejumlah agregat yang dikeringkan terlebih dahulu (di oven) dan beratnya ditimbang, diguncang dengan satu set saringan sesuai dengan ukuran-ukuran yang ditetapkan. Saringan tersebut disusun dengan ukuran terbesar diatas dan terkecil dibawah. Pengguncangan dengan metode manual selama 15 menit.

#### 2. Berat Jenis

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Berat jenis umumnya direncanakan berdasarkan perbandingan berat dan juga untuk menentukan banyak pori. Agregat dengan berat jenis yang kecil mempunyai volume yang besar sehingga dengan berat yang sama membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak (Sukirman, 1999). Berdasarkan SNI 1969:2008, berat jenis terdiri dari 3 jenis yaitu :

- a. Berat jenis *bulk*
- b. Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)
- c. Berat jenis semu (Apparent)

### 3.7 Bahan Pengisi (*Filler*)

*Filler* yang artinya sebagai bahan pengisi dapat dipergunakan debu, batu kapur, debu kapur padam, semen atau mineral yang berasal dari asbuton yang sumbernya disetujui oleh direksi pekerjaan. Jika digunakan aspal modifikasi dari jenis asbuton yang diproses maka bahan pengisi (*filler*) yang ditambahkan harus berasal dari mineral yang diperoleh dari asbuton tersebut (Bina Marga 2010 Revisi 3). Bahan pengisi (*filler*) merupakan bagian dari agregat halus atau sekumpulan mineral agregat yang lolos saringan no.200 (0,075 mm). *Filler* harus dalam keadaan kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan. Persyaratan penggunaan *filler* pada campuran aspal beton dapat dilihat pada tabel 3.6.

**Tabel 3. 6** Persyaratan *Filler*

No	Jenis Pemeriksaan	Metode Pengujian	Persyaratan
1	Lolos saringan no.200 (0,075 mm)	SNI 03-1968-1990	Min 75%
2	Berat Jenis	SNI-03-2531-1991	3,0-3,2

Sumber : Spesifikasi umum Bina Marga 2010 Revisi 3

Jenis bahan *filler* alternatif selain bahan asbuton (batu alam dari pulau buton) dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategorikan yaitu :

#### 1. Abu batu

Abu batu (*stone dust*) adalah material konstruksi dari agregat buatan yang diolah menggunakan alat *stone crusher*. Abu batu bertekstur butiran halus, tajam dan berwarna abu-abu. Memiliki sifat awet, keras dan unsur *pozzolan* (memiliki kandungan senyawa silika serta alumina yang tidak bersifat semen, namun bentuk halusanya jika dicampur air dapat berubah menjadi massa padat). Komposisi abu batu tergantung jenis batu yang diolah dengan alat *stone crusher*, jika yang dihancurkan adalah abu granit maka komposisinya adalah abu granit dan jika batu kapur maka komposisinya adalah abu batu kapur.

#### 2. *Fly ash*

Abu terbang atau yang sering disebut *fly ash* merupakan limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batubara pada pembangkit tenaga listrik. Dahulu abu terbang dihasilkan dari pembakaran batubara secara



sederhana namun sekarang abu terbang dapat dihasilkan dengan bahan lainnya seperti abu cangkang sawit, abu bongkol jagung, abu kayu dan lain-lainnya pada penelitian campuran perkerasan.

### 3. PC (*Portland Cement*)

Semen portland (*Portland Cement*) adalah jenis bahan pengikat/perekat yang paling umum digunakan diseluruh dunia sebagai bahan dasar beton, mortar, plester dan adukan lainnya. Penggunaan abu semen sebagai bahan dasar pengikat umumnya pada perkerasan kaku (*rigid*).

### 4. Debu batu

Debu batu adalah pertikel kecil yang berasal dari beberapa sumber yang dibawa oleh udara yang umumnya terjadi karena aktivitas mesin-mesin industri, transportasi, aktivitas manusia dan alam. Debu dapat terbentuk dari hasil proses mekanisme seperti penghancuran, pelembutan, peledakan suatu bahan maupun hasil dari letusan gunung berapi.

### 5. Batu Kapur

Batu kapur atau limestone adalah batuan sedimen yang berasal dari organisme laut yang telah mati dan berubah menjadi kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang umum diolah menjadi debu kapur. Debu kapur merupakan partikel padat yang terbentuk karena proses alami maupun kekuatan mekanis pada industri batu kapur. Sumber utama debu kapur berasal dari pemecahan batu kapur, pembakaran, pembongkaran tobong, pemadaman batu kapur dan pengayakan. Proses pembakaran batu kapur menghasilkan debu silika yang dapat terdispersi ke udara dengan partikel lainnya, seperti debu alumina, oksida besi dan karbon dalam bentuk debu.

### 6. Bahan mineral non-plastis

Bahan mineral non-plastis yang dimaksudkan berupa batu, abu batu, debu dan bahan pengisi lainnya yang tidak mengandung bahan bersifat plastis seperti lempung dan lumpur karna dapat mempengaruhi hasil perkerasan yang semakin buruk.

Bahan pengisi (*filler*) memiliki fungsi pada campuran laston adalah sebagai berikut :

- a. Sebagai pengisi antara agregat yang lebih kasar, sehingga rongga udara menjadi lebih kecil dan menghasilkan tahanan gesek serta penguncian antar butir yang tinggi, dengan demikian akan meningkatkan stabilitas campuran.
- b. Jika ditambahkan ke dalam laston, bahan pengisi akan menjadi suspensi (padat dan tidak larut), sehingga mengikat partikel agregat. Dengan penambahan bahan pengisi, laston menjadi lebih kental, dan campuran agregat laston menjadi bertambah kekuatannya.

*Filler* juga memiliki peran dalam campuran aspal dengan agregat adalah untuk mengisi rongga-rongga (*voids*) diantara rongga kasar sehingga rongga udara menjadi lebih kecil dan kerapatan massanya menjadi lebih besar. *Filler* yang digunakan pada penelitian ini adalah hasil dari analisa saringan (lolos saringan no.200) ke 4 fraksi yaitu agregat kasar (CA), agregat medium (MA), agregat halus/FA (abu batu biasa/abu *granite tile*/kombinasi keduanya) dan agregat pasir (FS) yang persentase berat totalnya dapat dilihat pada gradasi gabungan campuran AC-WC.

### 3.8 *Granite Tile*

*Granite tile* merupakan ubin lantai yang menyerupai lantai keramik namun lebih memiliki keunggulan yang lebih baik dari pada keramik itu sendiri. Dan juga sering dikatakan sebagai lantai granit. Perbedaan dari *granite tile* dan granit alam adalah *granite tile* berupa rekayasa dari pencampuran beberapa material agregat sehingga terbentuk balok lantai yang menyerupai granit alam. Sedangkan bahan dasar *Granite tile* tidak hanya berasal dari batu granit saja, namun hanya beberapa persen dari pecahan batu granit yang digunakan. Secara umum granit alam adalah batuan beku berwarna terang terdiri dari *feldspar* dan kuarsa dengan sejumlah kecil mika dan mineral *amphibola*. Batuan ini yang sudah banyak diaplikasikan untuk rumah tinggal, gedung, mall, hotel dan lain-lain baik itu sebagai pelapis dinding maupun lantai. Kata granit berasal dari bahasa latin

*granum* yang artinya butir (Wikipedia). Keunggulan sifat fisik dari *granite tile* memiliki sifat tahan terhadap suhu tinggi sehingga juga baik dipasang untuk meja dapur. Struktur yang padat dan keras memungkinkan batuan ini tahan berada di dalam maupun di luar ruangan dan juga tahan terhadap air (kedap air). *Granite tile* bahan utamanya adalah pasir silika berbeda dengan keramik yang menggunakan tanah liat (lempung) sebagai bahan utama pembuatannya. Silika adalah senyawa kimia dengan rumus molekul  $\text{SiO}_2$  (silicon dioxide) yang dapat diperoleh dari dalam bahan tambang/galian yang berupa mineral seperti pasir kuarsa, granit, dan feldspar yang mengandung kristal-kristal silika ( $\text{SiO}_2$ ) (Bragmann and Goncalves,2006). Pada proses pembakaran *granite tile* pada suhu tinggi senyawa silika akan menjadi struktur silika primer yaitu tetrahedron  $\text{SiO}_4$ , jadi setiap atom silikon dikelilingi 4 atom oksigen, dapat dilihat pada gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Silikat Primer ( $\text{SiO}_4$ )

Gambar 3.2  $\text{SiO}_4$  didapat dari hasil proses pembakaran disebut senyawa tetrahedron (gaya-gaya yang mengikat atom), tetrahedron berasal dari ikatan ionik dan kovalen (berbagi ikatan elektron, sehingga ikatan ini sangat kuat) atau ion (terutama ikatan antar ion bermuatan, sehingga ikatan ini kuat), ikatan ini jauh lebih kuat daripada ikatan logam. Akibatnya, sifat-sifat seperti kekerasan dan ketahanan panas dan listrik secara signifikan lebih tinggi keramik silika dari pada logam (Hambali.I.M,2015). Ikatan-ikatan atom  $\text{O}_2$  pada pada tetrahedron semakin banyak maka semakin baik, dikarenakan dapat mengikat atau menyerap aspal maupun agregat halus pada perkerasan dan akan pecah pada permukaan setelah dilakukan pencampuran. Contoh reaksinya dapat dilihat pada gambar 3.3



dimana gambar diambil ketika dilakukan perendaman selama 24 jam untuk mendapatkan berat jenis curah (bulk) agregat abu *granite tile*.



**Gambar 3.3** Reaksi  $\text{SiO}_4$  pada perendaman agregat abu *granite tile*  
(Dokumentasi Pribadi)

Pada gambar 3.3 reaksi yang dihasilkan silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang sudah menjadi tetrahedron ( $\text{SiO}_4$ ) melalui proses pembakaran yang tinggi menghasilkan banyak atom  $\text{O}_2$  yang berfungsi mengikat partikel lainnya menjadi ikatan yang sangat kuat (ion) dan melepaskan  $\text{O}_2$  ke udara.

Di Indonesia sudah terkenal lantai *granite tile* ada dua jenis yang paling menonjol yang sering ditemukan yaitu :

1. *Granite Tile (Homogenous tile)*

Bahan pembentuk *granite tile (homogenous tile)* adalah tanah liat, pasir silika, kaolin dan juga pecahan batu granit alam yang dicampur menjadi satu dan melalui proses pembakaran yang mencapai suhu  $\pm 1230$  °Celsius, sehingga menjadi *homogen*. Yang dimaksud *homogen* pada *granite tile* yaitu baik warna, motif dan kekuatan dari lapisan atas sampai bawah mempunyai mutu material yang sama (*homogen*). Jadi antara yang matang (sudah dipoles) dengan bagian bawah struktur penyusunnya sama.

## 2. *Granite Tile (Glazur dan Non glazur)*

Bahan baku *granite tile (glazur dan non glazur)* yaitu tanah liat, pasir silika, stain (pewarna) dan *feldspar* (mineral silikat). Perbedaan *granite tile glazur* yaitu menambahkan material *glazur* sedangkan *granite tile jenis non glazur* tanpa penambahan bahan *glazur*. *Glazur* adalah lapisan atas permukaan yang tipis seperti kaca dengan ketebalan 1-2 mm.

Dipasaran sudah banyak terjual berbagai macam merk *granite tile* seperti *Decogress, Roman, Granito, Q&Q*, dan masih banyak lagi. Kekuatan *granite tile* sebesar  $\geq 500 \text{ kg/cm}^2$  dan gaya penyerapan airnya yaitu 0,05 %.

*Granite tile* sisa dari pembangunan umumnya digunakan sebagai bahan timbunan tanah dasar atau di pengempul di dimanfaatkan kembali sebagai ubin lantai yang disusun sedemikian rupa hingga menjadi lantai yang estetika, biasanya di area dapur, teras, kamar mandi, kolam renang dan taman untuk menghindari lantai licin. Kali ini peneliti akan membuat inovasi baru dengan cara penambahan abu hasil pemecahan *granite tile* sebagai agregat halus (FA) pada campuran AC-WC. *Granite tile* yang digunakan sebagai bahan penambah agregat halus (FA) yaitu *granite tile* berjenis *Granite tile – Glazur*.

### 3.9 Karakteristik Marshall

Karakteristik campuran panas agregat aspal dapat diukur dari sifat-sifat Marshall (SNI 06-2489-1991) yang ditunjukkan pada nilai-nilai sebagai berikut :

#### 1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan kemampuan lapisan perkerasan jalan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap, seperti gelombang, alur (*ruting*) dan naiknya aspal ke permukaan (*bleeding*). Stabilitas terjadi dari hasil pergeseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Saat aspal pada kadar tertentu akan menjadi perekat dan stabilitas meningkat, tetapi ketika kadar aspal lebih dari yang dibutuhkan maka akan berubah menjadi pelicin dan stabilitas menurun. Nilai

stabilitas menunjukkan kekuatan dan ketahanan terhadap terjadinya alur (ruting).

2. Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan adalah besarnya deformasi vertical sample yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapisan perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya.

3. VIM (*Void in The Mix*)

VIM merupakan persentase rongga yang terdapat dalam rongga campuran yang telah dipadatkan atau banyaknya rongga udara yang berada dalam campuran beton aspal. Apabila kadar aspal rendah dan nilai VIM tinggi akan mengakibatkan kelelehan yang lebih cepat.

4. VMA (*Void In Mineral Agregate*)

VMA merupakan rongga udara antar butir agregat dalam campuran agregat aspal yang telah dipadatkan, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, dan dinyatakan dalam persen terhadap volume total benda uji.

5. VFA (*Void Filled With Asphalt*)

VFA merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. VFA merupakan persentase volume beton aspal padat yang menjadi selimut aspal.

6. MQ (*Marshall Quotient*)

*Marshall Quotient* merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai stabilitas yang tinggi dan *flow* yang rendah akan menunjukkan campuran aspal beton yang kaku, sehingga bila menerima beban akan mudah retak (Rahmadi, 2017). Apabila nilai MQ semakin besar maka campuran aspal akan semakin kaku yang akan mengakibatkan keretakan pada perkerasan.

Adapun ketentuan-ketentuan sifat-sifat campuran AC-*Wearing Course*, dapat dilihat pada tabel 3.7.



**Tabel 3. 7** Ketentuan Sifat-sifat Campuran Aspal Beton (LASTON) Bina Marga 2010 (Revisi 3)

Sifat-Sifat Campuran		Laston					
		Lapis Aus		Lapis Antara		Fondasi	
		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 per bidang		75				112	
Rongga dalam campuran VIM (%)	Min	3,5					
	Maks	5,0					
Rongga dalam Agregat VMA (%)	Min	15		14		13	
Rongga terisi aspal VFA (%)	Min	65		63		60	
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800				1800	
	Maks	-				-	
Kelelehan (mm)	Min	2				3	
	Maks	4				6	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	250				300	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 <sup>0</sup> C	Min	90					
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan Membel (refusal)	Min	2					

Tabel 3.7 menjelaskan ketentuan yang digunakan Laston sebagai batasan hasil pengujianya memenuhi spesifikasi atau tidak.

### 3.10 Analisis Sifat Fisik Agregat dan Campuran Aspal

Data-data yang diperoleh setelah pengujian di laboratorium dianalisis dengan menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

#### 1. Berat Jenis

- a. Berat jenis agregat kasar (SNI 03-1969-1990)

$$\text{Berat jenis } bulk = \frac{Bk}{Bj - Ba} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan} = \frac{Bj}{Bj - Ba} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{Bk - Ba} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$\text{Berat jenis penyerapan} = \left[ \frac{Bj - Bk}{Bk} \right] \times 100\% \dots\dots\dots(3.6)$$

Dimana,

Bk = Berat jenis uji kering oven (gram)

Bj = Berat benda uji jenuh kering permukaan di udara (gram)

Ba = Berat benda uji di dalam air (gram)

b. Berat jenis agregat halus (SNI 03-1970-1990)

$$\text{Berat jenis bulk} = \frac{Bk}{(B+500-Bt)} \dots\dots\dots(3.7)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan} = \frac{500}{(B+500-Bt)} \dots\dots\dots(3.8)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)} \dots\dots\dots(3.9)$$

$$\text{Berat jenis penyerapan} = \left[ \frac{500-Bk}{Bk} \right] \times 100\% \dots\dots\dots(3.10)$$

Dimana,

Bk = Berat jenis uji kering oven (gram)

B = Berat piknometer berisi air (gram)

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

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

c. Berat jenis *bulk* gabungan

$$\text{Bulk} = \frac{100}{\frac{\%CA}{Bj.Bulk CA} + \frac{\%MA}{Bj.Bulk MA} + \frac{\%FA}{Bj.Bulk FA} + \frac{\%FS}{Bj.Bulk FS}} \dots\dots\dots(3.11)$$

d. Berat jenis semu gabungan (*apparent*)

$$\text{Apparent} = \frac{100}{\frac{\%CA}{Bj.Semu CA} + \frac{\%MA}{Bj.Semu MA} + \frac{\%FA}{Bj.Semu FA} + \frac{\%FS}{Bj.Semu FS}} \dots\dots(3.12)$$

e. Berat jenis efektif

$$\text{Efektif} = \frac{Bj.bulk campuran + Bj.apparent campuran}{2} \dots\dots(3.13)$$

## 2. 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 :

$$Stability = p \times q \times E' \dots\dots\dots(3.14)$$

Dimana,

*Stability* = Stabilitas Marshall (kg)

p = Pembacaan arloji stabilitas (Lbs)

q = Kalibrasi alat Marshall

E' = Angka koreksi volume benda uji

Dari hasil pengujian campuran aspal panas tersebut maka dikoreksi dengan angka koreksi *Stability* seperti pada table 3.8.

**Tabel 3. 8** Koreksi *Stability*

Volume	Tinggi (Cm)	Koreksi
457 – 470	5,72	1,19
471 – 482	5,87	1,14
483 – 495	6,03	1,09
496 – 508	6,19	1,04
509 – 522	6,35	1,00
523 – 535	6,40	0,96
536 – 545	6,51	0,93
547 – 559	6,67	0,89
560 – 573	6,83	0,86
574 – 585	7,14	0,83

Kalibrasi Alat = 35,42 kg

Di tabel 3.8 menjelaskan penentuan angka koreksi dengan melihat volume aspal pada tabel pengujian marshall.

### 3. Kelelahan (*Flow*)

Nilai *flow* = r , didapat dari pembacaan arloji *flow* yang menyatakan deformasi benda uji dalam satuan 0,01 mm atau 1 inchi. *Flow* adalah indikator dari lentur.

### 4. VIM (*Void in The Mix*)

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

$$VIM = 100 - i - j \dots\dots\dots(3.15)$$



Dimana,

$i$  = Prosentase volume aspal

$j$  = Prosentase volume agregat

5. VMA (*Void In Mineral Agreggate*)

VMA merupakan persen volume rongga di dalam campuran agregat yang terisi aspal, didapat dengan rumus sebagai berikut :

$$VMA = 100 - j \dots\dots\dots(3.16)$$

Dimana,

$j$  = Persentase volume agregat

6. VFA (*Void Filled With Asphalt*)

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

$$VFA = \frac{i}{l} \dots\dots\dots(3.17)$$

Dimana,

$i$  = Persentase volume aspal

$l$  = Persentase rongga agregat

7. MQ (*Marshall Quotient*)

Perhitungan nilai *Marshall Quotient* didasarkan atas rumus sebagai berikut :

$$MQ = \frac{s}{r} \dots\dots\dots(3.16)$$

Dimana :

$s$  = Nilai stabilitas terpasang (Kg)

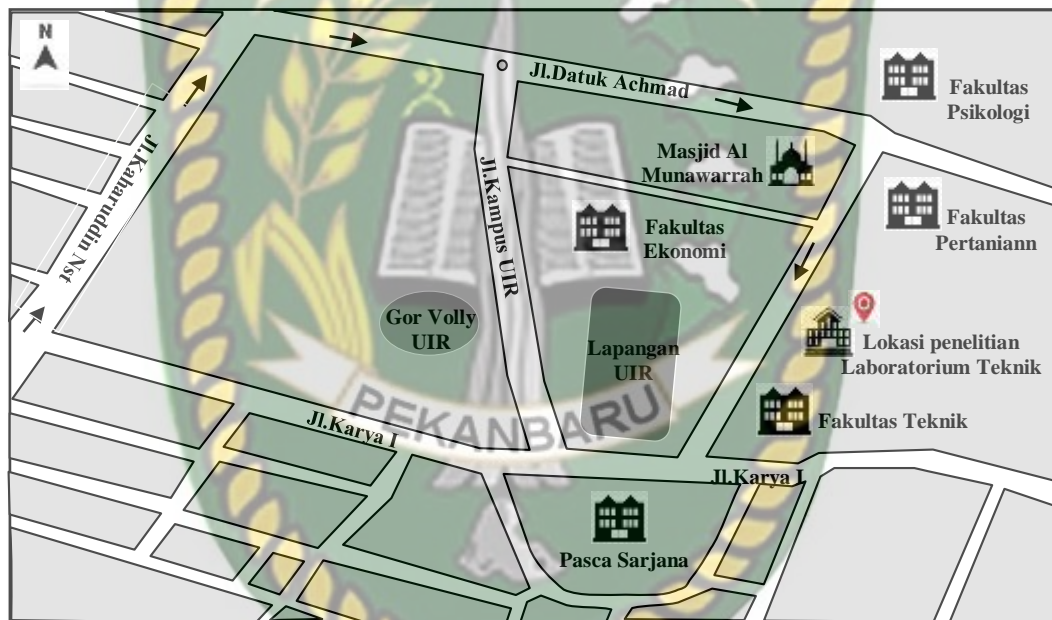
$r$  = Nilai kelelehan (mm)

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

## BAB IV METODE PENELITIAN

### 4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Universitas Islam Riau tepatnya di Laboratorium Teknik Sipil . Pada Laboratorium ini peneliti melakukan persiapan material, pemecahan agregat halus (abu *granite tile*), pengujian material, *mix design*, pembuatan benda uji, dan pengujian marshall. Berikut denah lokasi penelitian pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Denah Lokasi Penelitian

### 4.2 Bahan Penelitian

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Agregat kasar, agregat medium, abu batu biasa, dan pasir yang digunakan berasal dari PT.RMB (PT.Riau Mas Bersaudara) Rimba Panjang Kab. Kampar, Riau.
2. Aspal penetrasi 60/70 yang di produksi oleh PT. Pertamina.

3. Abu *granite tile* dapat berasal dari limbah pembangunan gedung-gedung dan perumahan, pada penelitian kali ini didapat dari limbah bangunan rumah.

#### 4.3 Peralatan Penelitian

Dalam Penelitian dibutuhkan peralatan yang mendukung, peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Peralatan Pengujian Analisa Saringan

Peralatan yang digunakan dalam pengujian analisa saringan adalah sebagai berikut :

- a. Saringan satu set dari ukuran saringan 1",  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{3}{8}$ ", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100 dan No.200.
- b. *Pan* dan *cover* (penutup)
- c. Timbangan dengan penelitian 0,1 gram dari berat benda uji.
- d. *Oven* yang dilengkapi dengan pengatur suhu.
- e. Cawan aluminium, kuas dan sikat.

2. Peralatan Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar dan Halus

Peralatan yang digunakan pada pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan halus sebagai berikut :

- a. Peralatan pengujian agregat kasar
  - 1) Saringan No.4 dan No.8
  - 2) *Oven* yang dilengkapi dengan pengatur suhu
  - 3) Timbangan yang dilengkapi dengan alat pengantung keranjang
  - 4) Keranjang kawat
- b. Peralatan pengujian agregat halus
  - 1) Saringan No.4
  - 2) *Oven* yang dilengkapi dengan pengatur suhu
  - 3) Timbangan dengan ketelitian 0,1
  - 4) Sendok pengaduk dan cawan aluminium
  - 5) *Picnometer* (labu ukur) 500 mm
  - 6) Kerucut Kuning (*cone*) dengan diameter bagian atas (40+3 mm)



### 3. Peralatan Pemecahan *Granite Tile*

Peralatan yang digunakan pada pemecahan *granite tile* untuk mendapatkan abu *granite tile* adalah sebagai berikut :

- a. Limbah *granite tile*
- b. Wadah/ember ukuran besar
- c. Sendok pengaduk
- d. Kuas dan sikat
- e. Saringan No.4
- f. Penumbuk, tabung dan alas (berbahan besi)

### 4. Peralatan Pembuatan Abu *Granite Tile*

Peralatan yang digunakan pada pembuatan gradasi abu *granite tile* menyesuaikan dengan kadar % lolos agregat abu batu biasa.

- a. Saringan No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100 dan No.200
- b. *Pan* dan *cover* (penutup)
- c. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- d. Cawan aluminium dan sendok
- e. Plastik bening ukuran 1 kg

### 5. Peralatan Pembuatan Campuran Material Agregat

Peralatan yang digunakan pada pembuatan campuran agregat Kasar, agregat medium, abu batu biasa, abu *granite tile* dan pasir.

- a. Sendok pengaduk
- b. Cawan aluminium
- c. Plastik bening ukuran 1 kg
- d. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- e. Spidol untuk menandai setiap kadar persentase pencampuran

### 6. Peralatan Pembuatan Benda Uji

Peralatan yang digunakan pada pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

- a. Sendok pengaduk
- b. Silinder cetakan benda uji
- c. Cawan aluminium untuk tempat mengaduk

- d. Pisau pengaduk (*spatula*)
  - e. Kompor untuk memanaskan campuran material
  - f. *Oven* yang dilengkapi dengan pengatur suhu
  - g. *Termometer* logam untuk menentukan suhu pemanasan dan suhu pemadatan
  - h. 3 buah cetakan benda uji (*slab mold*) berbentuk tabung
  - i. Alat pengeluar benda uji (*ekstruder*) dari cetakan *mold*
  - j. Pematik berbentuk silinder
  - k. Landasan pematik
  - l. Kertas silinder
  - m. Kain dan sarung tangan
7. Peralatan Pengujian Marshall

Peralatan 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 (min.60°C)
- f. Timbangan yang dilengkapi penggantung benda uji dan bak air

#### 4.4 Tahapan Penelitian

Tahapan sebelum melakukan penelitian adalah melakukan perencanaan penelitian terlebih dahulu bertujuan untuk mempermudah keberlangsungan saat melakukan penelitian yang dikerjakan. Namun ada kalanya rencana penelitian ada kesalahan atau pun ada kekeliruan seiring berjalannya penelitian. Maka dari itu pada tabel 4.1 dilakukan perubahan tahapan penelitian dari rencana penelitian I menjadi rencana penelitian II yang sudah direvisi pada penelitian sebelumnya. Dan pada bagan alir akan dijelaskan rincian tahapan-tahapan penelitian, dapat dilihat pada gambar 4.5.

Tabel 4.1 Perbaikan tahapan penelitian

No	Rencana Penelitian I	Rencana Penelitian II
1	Mulai	Mulai
2	Persiapan alat dan bahan	Persiapan alat dan bahan
3	Sleksi <i>granite tile</i>	Pengujian agregat a. Analisa saringan 1. Agregat Kasar 2. Agregat Medium 3. Agregat Halus (ABS) 4. Agregat Pasir b. Berat jenis dan penyerapan 1. Agregat Kasar 2. Agregat Medium 3. Agregat Halus (ABS) 4. Agregat Pasir
4	Pemecahan <i>granite tile</i>	Analisa data, Speksifikasi, dan Mix design
5	Pengujian agregat a. Analisa saringan 1. Agregat Kasar 2. Agregat Medium 3. Agregat Halus (ABS) 4. Agregat Halus (AGT) 5. Agregat Pasir b. Berat jenis dan penyerapan 1. Agregat Kasar 2. Agregat Medium 3. Agregat Halus (ABS) 4. Agregat Halus (AGT) 5. Agregat Pasir	Pembuatan benda uji untuk mendapatkan KAO
6	Analisa data, Speksifikasi, dan Mix design	Pengujian Marshall pertama
7	Pembuatan benda uji untuk mendapatkan KAO	Analisa data, Spesifikasi dan Penentuan KAO
8	Pengujian Marshall pertama	Sleksi <i>granite tile</i>
9	Analisa data, Spesifikasi dan Penentuan KAO	Pemecahan <i>granite tile</i>
10	Mempersiapkan sampel	Pembuatan Abu Granite Tile (AGT)
11	Pembuatan benda uji dengan variasi X1, X2, X3, X4, dan X5 untuk mendapatkan karakteristik campuran AC-WC	Analisa data dan Spesifikasi berat jenis AGT
12	Pengujian Marshall kedua	Pencampuran AGT+ABS sesuai kadar persen variasi menjadi agregat halus (FA)
13	Hasil dan Pembahasan	Mempersiapkan sampel
14	Kesimpulan dan saran	Pembuatan benda uji dengan variasi X1, X2, X3, X4, dan X5 untuk mendapatkan karakteristik campuran AC-WC
15		Pengujian Marshall kedua
16	Selesai	Kesimpulan dan saran
17		Selesai



Pada tabel 4.1, pada kolom rencana penelitian dihentikan pada kegiatan no.6 dikarenakan ada terkendala agregat abu *granite tile* tidak memenuhi spesifikasi dari Bina Marga 2010 Revisi 3 walaupun sudah dilakukan pemecahan berulang kali namun gradasi abu *granite tile* tetap tidak masuk ke dalam persyaratan yang mengakibatkan tidak bisa melakukan tahapan selanjutnya. Maka dari itu dilakukan perencanaan ulang agar gradasi abu *granite tile* dapat memenuhi persyaratan dan layak digunakan sebagai agregat halus campuran AC-WC dengan cara menyamakan ukuran setiap gradasi dari abu batu biasa yang prosesnya dapat dilihat pada bagan alir.

#### 4.4.1 Pengujian Material

Pengujian material bertujuan untuk mengetahui fungsi dari pemeriksaan terhadap material-material yang digunakan untuk pembuatan bahan campuran. Yang fungsinya adalah untuk mengetahui sifat-sifat material tersebut, baik untuk material maupun aspal. Adapun pengujian yang dilakukan yaitu sebagai berikut :

##### 1. Analisa Saringan

Analisa saringan dilakukan untuk memperoleh gradasi agregat, yaitu agregat kasar, sedang (medium), halus (abu) dan pasir dengan menggunakan saringan. Analisa saringan agregat adalah penentuan persentase berat butir agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir. Standar pengujian dan alat mengacu pada SNI 03-1968-1990 pada analisis saringan kering, pengujian sebagai berikut :

- a. Ambil contoh material secukupnya untuk butir material secara merata. Timbang contoh material yang akan digunakan, kemudian keringkan dengan oven pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai beratnya tetap.
- b. Susun saringan dengan urutan paling bawah adalah *pan* kemudian saringan dengan lubang terkecil dan seterusnya sampai saringan dengan lubang yang terbesar. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

- c. Biarkan selama 5 menit untuk memberi kesempatan debu-debu mengendap. Berat yang tertahan pada masing-masing saringan ditimbang dan di catat.
- d. Kemudian dihitung persentase berat uji yang tertahan pada masing-masing saringan.



**Gambar 4. 2** Alat Pengujian Analisa Saringan  
(Dokumentasi Pribadi)

Gambar 4.1 adalah dokumentasi pribadi penelitian yaitu peralatan yang digunakan ketika pengujian analisa saringan. Peralatan yang digunakan adalah satu set saringan mulai dari ukuran saringan 1",  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100 dan No.200.

## 2. Berat Jenis

Berat jenis agregat adalah perbandingan berat dari volume bahan terhadap berat air dengan volume yang sama pada temperatur 20°-25°C. Pengujian berat jenis ini digunakan untuk mendapatkan berat jenis efektif dari campuran aspal.

### a. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar dan Agregat Medium

Benda uji adalah agregat yang tertahan pada saringan No.4 (4,75) sebanyak lebih kurang 3 kg. Standar pengujian dan alat yang digunakan mengacu pada SNI 03-1970-1990, pengujian sebagai berikut :

- 1) Cuci benda uji untuk menghilangkan debu dan bahan-bahan lainya yang melekat pada permukaan benda uji.
- 2) Benda uji kemudian dikeringkan dalam *oven* pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ . Sampai berat tetap.
- 3) Dinginkan benda uji pada suhu selama 1- 3 jam dan timbang dengan ketelitian 0,5 gram (*Bk*)
- 4) Benda uji direndam dalam air lebih kurang 24 jam pada suhu ruang.
- 5) Letakkan benda uji didalam, guncangkan keranjang untuk mengeluarkan udara yang tersekap, tentukan beratnya dalam air, ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu setandar ( $25^{\circ}\text{C}$ ) (*Ba*).
- 6) 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.
- 7) Timbang benda uji keringkan permukaan jenuh tersebut (*Bj*).



**Gambar 4. 3** Alat Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar dan Medium  
(Dokumentasi Pribadi)



Gambar 4.3 adalah alat yang digunakan pada penelitian yaitu timbangan neraca manual, timbangan harus di seimbangkan terlebih dahulu agar hasil penimbangan agregat akurat.

b. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan angka berat jenis curah, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis semu dan penyerapan air pada agregat halus. Standar pengujian dan alat yang digunakan mengacu pada SNI 03-1910-1990. Tahapan dalam pengujian agregat halus adalah :

- 1) Keringkan benda uji yaitu agregat yang lolos saringan No. 4 (4,75mm) pada suhu 110 °C sampai berat tetap, berat tetap apabila tidak terjadi penurunan / perubahan kadar air lebih besar dari 1 %.
- 2) Dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama 24 jam.
- 3) Buang air perendam dengan hati-hati jangan sampai ada butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas koran dan keringkan dengan cara diangin-anginkan sambil dibalik-balik sampai mencapai kondisi kering kepermukaan 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 tumbukan total 25 tumbukan), angkat kerucut tersebut, keadaan kering permukaan jenuh setelah tercapai apabila benda uji runtuh tetapi masih dalam keadaan tercetak.
- 5) Setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh, maka masukan 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 (Bc).
- 8) Keluar kan 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 penyesuain dengan suhu standar ( $25^{\circ}\text{C}$ )



**Gambar 4. 4** Alat Pengujian Berat Jenis Agregat Halus  
(Dokumtasi Pribadi)

Gambar 4.4 adalah pengujian berat jenis agregat halus (*abu granite tile*) yaitu untuk mengetahui keadaan kering permukaan jenuhnya dengan cara mengisi benda uji kedalam kerucut terpacung (*cone*)

### 3. Pengolahan Abu *Granite Tile*

Tahap-tahap pengolahan *granite tile* menjadi abu *granite tile* yaitu sebagai berikut :

#### a. Persiapan limbah *granite tile*

Berawal dari menyiapkan limbah *granite tile* diperoleh dari konstruksi pembangunan rumah, pencucian *granite tile* dengan air bersih, pengeringan dengan bantuan sinar matahari, dan yang terakhir proses pemilahan *granite tile* diusahakan bebas dari semen/acian dan material-material lain yang dapat mempengaruhi komposisi gradasi abu *granite tile* dan campuran aspal beton itu sendiri. Maka sebelum dipecahkan granite

tile melalui proses seleksi terlebih dahulu dengan cara mencuci dengan air bersih dan dikeringkan kembali dengan bantuan panas matahari setelah kering dilakukan pemilihan.

b. Pemecahan *granite tile*

Pemecahan limbah *granite tile* dimulai dengan memecahkan lembaran *granite tile* menjadi bagian-bagian kecil dengan alat pemukul (palu) agar dapat masuk ke tabung besi yang kemudian ditumbuk dengan penumbuk besi yang dialasi lempengan besi hingga menjadi gradasi menerus. Setelah ditumbuk ditampung ke wadah ember hingga mencapai berat agregat abu rencana ( $\pm 4$  kg).

c. Penyaringan abu *granite tile*

Abu hasil pemecahan disaring dengan saringan No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100 dan No.200, untuk mendapatkan gradasi sesuai dengan gradasi abu batu yang sudah disesuaikan spesifikasi campuran laston (AC-WC). Setelah abu diayak kemudian ditempatkan di cawan setiap masing-masing nomor saringan berbeda cawan.

d. Penimbangan abu *granite tile*

Penimbangan dilakukan satu persatu pada setiap nomor saringan sesuai dengan angka hasil analisa saringan abu batu (% lolos agregat). Setelah ditimbang kemudian ditempatkan ke satu wadah yang sama. Kemudian abu batu di dalam wadah tersebut di aduk dengan sendok pengaduk hingga merata dan didiamkan sampai debu-debu abu lolos saringan No.200 mengendap kembali. Dan pada akhirnya agregat dalam wadah tersebut sudah dapat disebut sebagai abu batu *granite tile*.

#### 4.4.2 Perancangan Proporsi dari Masing-masing Fraksi Agregat

Sebelum dilakukan pembuatan benda uji (briket aspal), peneliti akan memperhitungkan jumlah agregat yang dibutuhkan dari masing-masing fraksi agregat yang akan dicampurkan. Agar mendapatkan hasil perhitungan yang optimal, dilakukan perhitungan yang akurat menggunakan data excel. Jumlah proporsi setiap agregat campuran abu batu (FA) dapat dilihat pada tabel 4.1.



**Tabel 4. 1** Hasil Pembagian Proporsi dari Masing-masing Fraksi Agregat Abu Batu (FA)

NOMOR SARINGAN	% LOLOS AGREGAT FA	% TERTAHAN	% TIMBANGAN	% PEMBAGIAN GRADASI FA			
				25%	50%	75%	100%
				152.961	305.922	458.883	611.844
1'	100	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
3/4"	100	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
1/2"	100	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
3/8"	100	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
NO.4	71.36	28.64	28.64	43.808	87.616	131.424	175.232
NO.8	46.7	53.3	24.66	37.720	75.440	113.161	150.881
NO.16	32.08	67.92	14.62	22.363	44.726	67.089	89.452
NO.30	24.5	75.5	7.58	11.594	23.189	34.783	46.378
NO.50	19.17	80.83	5.33	8.153	16.306	24.458	32.611
NO.100	13.03	86.97	6.14	9.392	18.784	28.175	37.567
NO.200	9.76	90.24	3.27	5.002	10.004	15.005	20.007
	<i>FILLER</i>		9.76	14.929	29.858	44.787	59.716

Sumber : Hasil analisa penelitian, 2020

Sebelum dilakukan pencampuran ke empat fraksi agregat campuran aspal (CA,MA,FA dan FS), terlebih dahulu melakukan pencampuran fraksi agregat abu batu (FA) yaitu antara abu batu biasa (ABS) dengan abu *granite tile* (AGT). Setelah pencampuran ABS+AGT sesuai kadar proporsi diatas, maka selanjutnya dilakukan pencampuran ke empat fraksi dan dilanjutkan dengan tahap pembuatan benda uji (briket aspal).

#### 4.4.3 Pembuatan Benda Uji Campuran AC-WC

Adapun tahap-tahap persiapan dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. Pemilihan spesifikasi yang digunakan untuk campuran aspal beton (AC-WC), spesifikasi yang dipergunakan adalah spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3).
2. Menentukan proporsi masing-masing fraksi agregat sehingga mendapatkan komposisi yang digunakan untuk campuran.

3. Dan rancang fraksi agregat, diperoleh persentase untuk tiap fraksi agregat setelah persentase gradasi campuran diperoleh selanjutnya didapat kadar aspal awal tengah (Pb) yaitu 5.5 %.
4. Pembuatan benda uji sebanyak 5 buah sampel untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) dapat dilihat pada tabel 4.2.

**Tabel 4. 2** Benda Uji Penentu KAO

No.	Kadar Aspal	Jumlah Benda Uji
1	4,5%	1 buah
2	5%	1 buah
3	5,5 %	1 buah
4	6%	1 buah
5	6,5 %	1 buah
Jumlah Total		5 buah

Sumber : Hasil analisa penelitian, 2020

5. Setelah pembuatan benda uji sebanyak 5 buah, selanjutnya dilakukan pengujian marshall sehingga diketahui nilai KAO yaitu 5,7 %. Dengan kadar aspal optimum 5,7 % dilakukan pembuatan benda uji dengan kadar pencampuran AGT+ABS pada variasi X1, X2, X3, X4, dan X5 terhadap agregat halus (FA) sebanyak 15 buah sampel, masing-masing kadar campuran 3 buah sampel. Dapat dilihat pada tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Benda Uji dengan KAO 5,7 % pada Variasi Pencampuran Agregat Halus (FA)

No.	Variasi	Kadar Pencampuran Agregat Halus (FA)	Jumlah Benda Uji
1	X1	0% AGT+100% ABS	3 buah
2	X2	25% AGT+75% ABS	3 buah
3	X3	50% AGT+50% ABS	3 buah
4	X4	75% AGT+25% ABS	3 buah
5	X5	100% AGT+0% ABS	3 buah
Jumlah Total			15 buah

Sumber : Hasil analisa penelitian, 2020

#### 4.4.4 Pengujian Marshall

Pengujian marshall bertujuan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) dan kelelahan (*flow*) suatu campuran beraspal. Perhitungan parameter aspal pada penelitian meliputi *stability*, *flow*, VIM, VMA, VFA, dan MQ sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran laston.

Adapun tahap-tahap pengujian marshall yaitu sebagai berikut :

1. Bersihkan benda uji dari kotoran-kotoran yang menempel.
2. Beri tanda pengenal pada tiap benda uji.
3. Timbanglah benda uji.
4. Rendam dalam air selama  $\pm 24$  jam pada suhu ruang.
5. Timbang dalam air untuk mendapatkan isi.
6. Timbang benda uji dalam kondisi kering permukaan jenuh.
7. Rendam benda uji dalam *water bath* selama 30 menit dengan suhu tetap  $(60\pm 1)^{\circ}\text{C}$ .
8. Keluarkan benda uji dari *water bath* dan letakan pada segmen bawah kepada penekan kemudian pasang segmen atas diatas benda uji dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
9. Pasang arloji kelelahan pada kedudukan jarum penunjuk pada angka nol. Sementara selubung tangkai arloji dipegang teguh pada segmen atas kepala penekan. Tekan selubung tangkai arloji kelelahan tersebut pada segmen atas dan kepala penekan selama pembebanan berlangsung.
10. Sebelum pembebanan dilakukan, kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji. Aturlah kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol.
11. Tekan saklar pada posisi up dimana proses pembebanan berlangsung berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sebesar 50 mm/menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti yang dicapai. Jumlah penekanan yang terjadi akan terlihat pada jarum arloji tekan (*Manometer Hidrolik*), jika perlawanan benda uji sudah tidak ada, tekan kembali saklar pada posisi down.

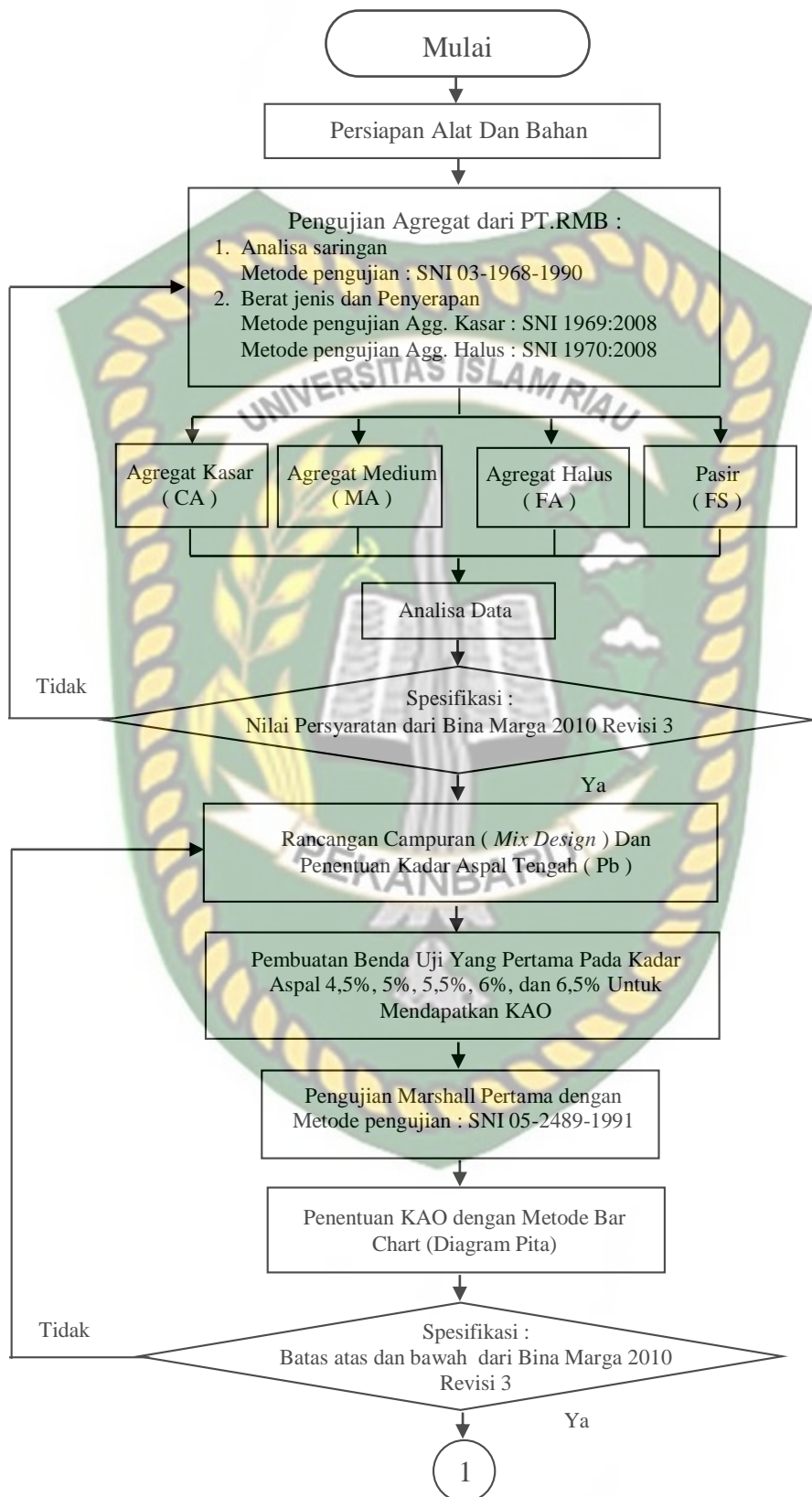


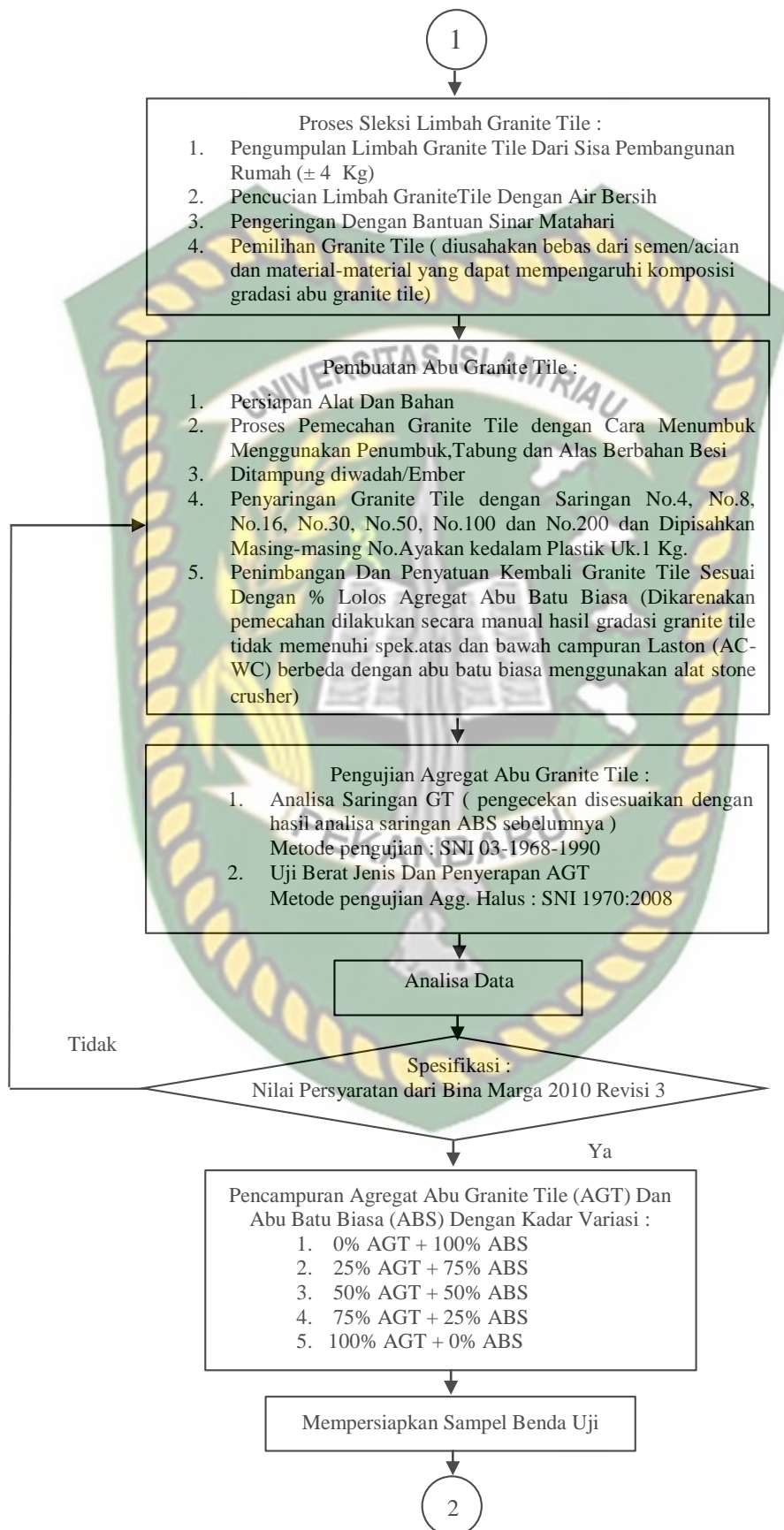
12. Catat nilai pembebanan maksimum pada arloji tekan, dan nilai kelelehan yang ditunjukkan oleh *flow meter*.
13. Waktu yang dibutuhkan dan saat diangkatnya benda uji dan melebihi 30 detik. Dalam pengujian Marshall untuk pengujian benda uji yang dipadatkan akan melalui tahapan perhitungan, analisa dan test sebagai berikut ini :
  - a. Perhitungan volume benda uji.
  - b. Berat isi benda uji.
  - c. Berat jenis campuran maksimum.
  - d. Penyerapan aspal dari campuran.
  - e. Kadar aspal dari campuran.
  - f. Kadar aspal efektif terhadap campuran.
  - g. Volume total campuran yaitu kadar efektif AC (*asphalt concrete*) agregat dan rongga Udara.
  - h. Porsen rongga terhadap agregat (VMA).
  - i. Porsen rongga yang terisi aspal (VFA).
  - j. Stabilitas dan *flow* (kelelehan).

Hasil pemeriksaan tersebut kemudian dicocokkan dengan kriteria yang telah ditentukan untuk selanjutnya dibuat grafik-grafik hubungan antara lain:

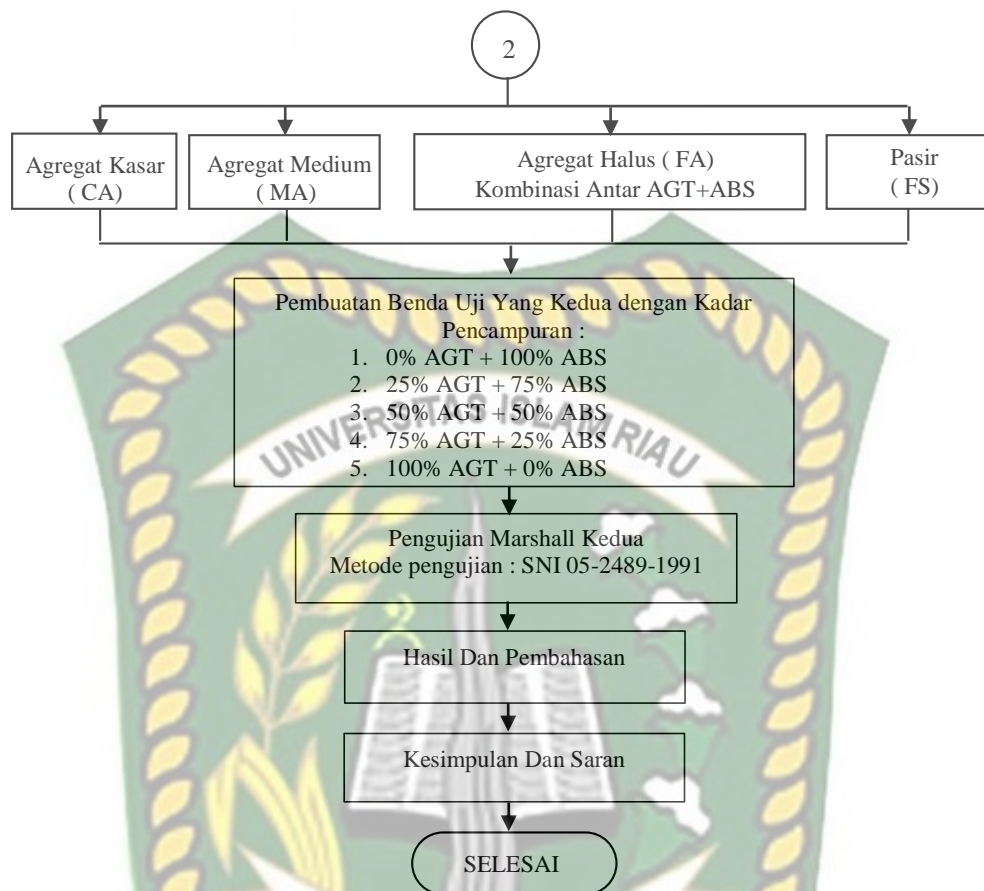
- 1) Stabilitas dengan kadar abu *granite tile*.
- 2) Flow dengan kadar abu *granite tile*.
- 3) Kadar rongga terhadap agregat dengan kadar abu *granite tile*.
- 4) Kadar rongga udara dengan kadar abu *granite tile*.
- 5) Kadar rongga yang terisi aspal dengan kadar abu *granite tile*.
- 6) *MQ* (hasil bagi *marshall*) dengan kadar abu *granite tile*.

Untuk lebih jelasnya, tahapan penelitian dapat dilihat pada bagan alir gambar 4.5.









**Gambar 4. 5** Bagan Alir Penelitian Aspal Beton (AC-WC)

## BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1. Hasil Pengujian Material

Hasil pengujian agregat yang meliputi agregat kasar (CA), medium (MA), abu batu (FA) dan pasir (FS) yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis batu pecah yang berasal dari PT.RMB sedangkan abu *granite tile* sendiri (AGT) didapatkan dari proses pemecahan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Riau menggunakan alat tabung besi, penumbuk besi dan landasan/alas besi. Agregat dari PT.RMB tersebut dilakukan analisa saringan untuk mendapatkan gradasi agregat abu batu (FA) yang kemudian abu *granite tile* disesuaikan dengan gradasi agregat abu batu (FA), data hasil analisa saringan dapat dilihat pada tabel 5.1.

#### 5.1.1 Distribusi Ukuran Butiran Agregat (Analisa Saringan)

Pemeriksaan analisa saringan bertujuan sebagai panduan dalam menentukan penggabungan agregat ketika proses pembuatan campuran agregat. Hasil perhitungan analisa saringan agregat kasar (CA), medium (MA), abu batu (FA), dan pasir (FS) dapat dilihat pada tabel 5.1.

**Tabel 5. 1** Persen Lolos Agregat (Analisa Data)

NOMOR SARINGAN	% LOLOS AGREGAT				
	CA	MA	FA (Kombinasi)		FS
			ABS	AGT	
1'	100	100	100	100	100
3/4"	89.19	100	100	100	100
1/2"	28.38	99.59	100	100	100
3/8"	4.05	91.31	100	100	100
NO.4	1.2	15.41	71.36	71.36	98.93
NO.8	1.2	9.04	46.7	46.7	89.21
NO.16	1.16	8.25	32.08	32.08	66.31
NO.30	1.12	7.83	24.5	24.5	44.38
NO.50	1.08	7.21	19.17	19.17	12.09
NO.100	0.97	5.78	13.03	13.03	9.11
NO.200	0.85	4.48	9.76	9.76	3.61

Sumber : Hasil analisa penelitian, 2020

Dari tabel 5.1 dapat dilihat % lolos agregat AGT disamakan nilainya dengan agregat ABS dikarenakan gradasi agregat AGT tidak sesuai spek. atas dan bawah % lolos terhadap total dalam campuran Laston (AC-WC). Salah satu faktor penyebabnya pada saat pemecahan *granite tile* menjadi abu *granite tile* (AGT) dengan cara ditumbuk secara manual menggunakan penumbuk besi mengakibatkan pemecahan gradasi yang tidak stabil dan lebih halus. Adapun kemungkinan *granite tile* dijadikan abu batu dengan menggunakan alat *stone crusher* dapat menghasilkan gradasi yang lebih baik/menerus dan dapat memenuhi spesifikasi untuk campuran Laston.

### 5.1.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar dan Halus

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar dapat dilihat pada tabel 5.2.

**Tabel 5. 2** Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

No.	Pengujian	Agregat Kasar (CA) gr/cm <sup>3</sup>	Agregat Medium (MA) gr/cm <sup>3</sup>	Abu Batu (FA) gr/cm <sup>3</sup>		Pasir (FS) gr/cm <sup>3</sup>	Persyaratan	Keterangan
				Abu Batu Biasa	Abu Granit Tile			
1	Berat Jenis (Bulk)	2,693	2,522	2,517	2,500	2,507	Min 2,5	Memenuhi
2	Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)	2,725	2,568	2,587	2,588	2,573	Min 2,5	Memenuhi
3	Berat Jenis Semu (Apparent)	2,784	2,645	2,706	2,741	2,684	Min 2,5	Memenuhi
4	Penyerapan (Absorption) %	0,012	0,018	0,028	0,035	0,026	Maks 3%	Memenuhi

Sumber : Hasil analisa penelitian, 2020

Dari tabel 5.2 dapat dijelaskan bahwa agregat tersebut memenuhi persyaratan yang digunakan dan dapat digunakan pada perhitungan Marshall.



## 5.2 Gabungan Agregat

Komposisi campuran AC-WC yang terdiri dari 4 fraksi yaitu agregat kasar, medium, abu batu dan pasir dengan cara matrik adalah 9,25 % untuk agregat kasar, 26,00 % agregat medium, 55,57 % agregat abu batu dan 9,18 % agregat pasir. Nilai-nilai tersebut didapat dari komposisi campuran AC-WC yang terdiri dari 4 fraksi yaitu agregat kasar, medium, abu batu, dan pasir. Gradasi agregat gabungan didapat dari presentase pemakaian agregat tersebut dikalikan dengan presentase lolos masing-masing agregat. Hasil perhitungan komposisi campuran dapat dilihat pada tabel 5.3.

**Tabel 5. 3 Hasil Gradasi Gabungan Campuran AC-WC**

NOMOR SARINGAN	% LOLOS AGREGAT				% PEMAKAIAN AGREGAT				GRADASI GAB.	SPEK.
	CA	MA	FA	FS	CA	MA	FA	FS		% LOLOS
					9.25	26.00	55.57	9.18		
1"	100.00	100.00	100.00	100.00	9.25	26.00	55.57	9.18	100.000	100
3/4"	89.19	100.00	100.00	100.00	8.25	26.00	55.58	9.18	99.000	100
1/2"	28.38	99.59	100.00	100.00	2.62	25.90	55.57	9.18	93.269	90-100
3/8"	4.05	91.31	100.00	100.00	0.38	23.75	55.57	9.18	88.867	77-90
NO.4	1.20	15.41	71.36	98.93	0.11	4.01	39.80	9.08	53.000	53-69
NO.8	1.20	9.04	46.70	89.21	0.11	2.35	25.95	8.19	36.600	33-53
NO.16	1.16	8.25	32.08	66.31	0.11	2.15	17.83	6.09	26.167	21-40
NO.30	1.12	7.83	24.50	44.38	0.10	2.04	13.61	4.07	19.829	14-30
NO.50	1.08	7.21	19.17	12.09	0.10	1.87	10.65	0.49	13.117	9-22
NO.100	0.97	5.78	13.03	9.11	0.09	1.50	7.24	0.84	9.669	6-15
NO.200	0.85	4.48	9.76	3.61	0.08	1.17	5.42	0.33	7.000	4-9

Sumber : Hasil analisa penelitian, 2020

Dari tabel 5.3 didapatkan persen pemakaian agregat kasar (CA) adalah 9,25 %, agregat medium (MA) adalah 26,00 %, abu batu (FA) adalah 55,57 %, dan pasir (FS) adalah 9,18 %.

Untuk mendapatkan komposisi gabungan gradasi ke 4 fraksi yang baik perlu dilakukan trial and error dari microsoft excel berupa tabel hasil gradasi agregat gabungan campuran AC-WC dan metode grafik dengan ketentuan spesifikasi dari Bina Marga 2010 Revisi 3. Pada tabel 5.4 dicantumkan spesifikasi

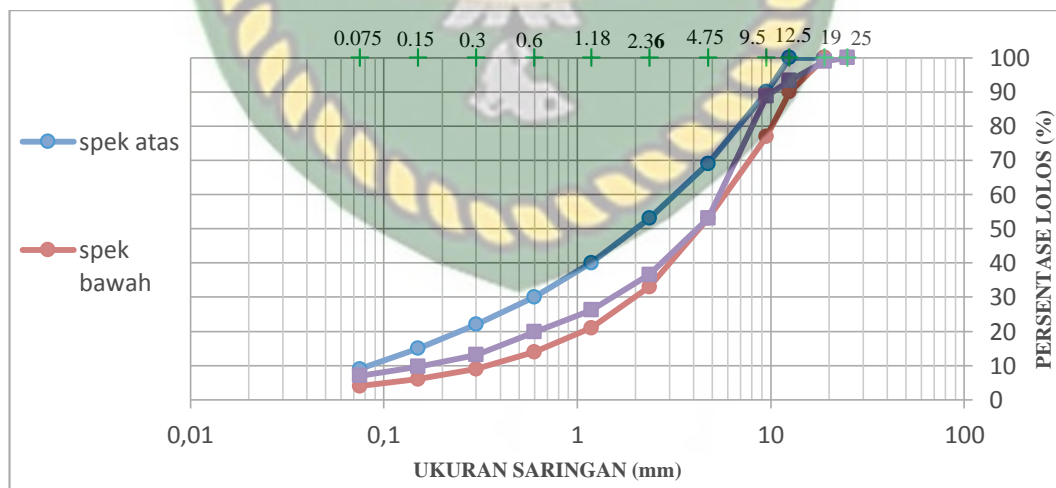
Bina Marga 2010 Revisi 3 dan gambar 5.1 untuk hasil grafik gradasi gabungan campuran AC-WC.

**Tabel 5. 4** Amplop Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos terhadap Agregat dalam Campuran								
	Latasir (SS)		Lataston (HRS)				Laston (AC)		
	Kelas A	Kelas B	Gradasi Senjang <sup>3</sup>		Gradasi Semi Senjang <sup>3</sup>		WC	BC	Base
			WC	Base	WC	Base			
37,5									100
25								100	90-100
19	100	100	100	100	100	100	100	90-100	76-90
12,5			90-100	90-100	87-100	90-100	90-100	75-90	60-78
9,5	90-100		75-85	65-90	55-88	55-70	77-90	66-82	52-71
4,75							53-69	46-64	35-54
2,36		75-100	50-72 <sup>3</sup>	35-55 <sup>3</sup>	50-62	32-44	33-53	30-49	23-41
1,18							21-40	18-38	13-30
0,600			35-60	15-35	20-45	15-35	14-30	12-28	10-22
0,300					15-35	5-35	9-22	7-20	6-15
0,150							6-15	5-13	4-10
0,075	10-15	8-13	6-10	2-9	6-10	4-8	4-9	4-8	3-7

Sumber : Bina Marga 2010 Revisi 3

Pada tabel 5.4 persyaratan Perkerasan Aspal pada spesifikasi Bina Marga umum 2010 Revisi 3, peneliti menggunakan spesifikasi Laston (AC) lapisan AC-WC dikarenakan jenis perkerasan aspal ini sudah umum dipergunakan dalam perkerjaan aspal.



**Gambar 5. 1** Grafik Gradasi Agregat Gabungan Campuran AC-WC

Berdasarkan gambar 5.1 dapat dilihat bahwa gradasi gabungan agregat berada tepat antara batas atas dan batas bawah, tidak bersinggungan yang artinya gradasi gabungan ini memenuhi spesifikasi.

### 5.3 Pengujian Bahan Pengisi (*Filler*)

Bina Marga 2010 Revisi 3 menyatakan bahwa *filler* adalah bahan berbutir halus yang lolos saringan No.200. Pada penelitian ini bahan pengisi (*filler*) yang digunakan adalah agregat gabungan yaitu 100 % pencampuran agregat CA, MA, FA dan FS. Dapat dilihat pada tabel 5.3 dimana persen lolos agregat no.200 adalah 7 % sebagai *filler*. Dimana, agregat CA adalah 0,08 %, MA adalah 1.17 %, FA adalah 5,42 % dan FS adalah 0,33 % dari masing-masing % pemakaian agregat.

Pada agregat FA persen kombinasi perkadar variasi dapat dilihat pada tabel 5.5. Dimana *filler* agregat FA memiliki % pemakaian agregat yaitu sebesar 5,43 % dari berat sampel/briket (1100 gram), yang berarti total berat *filler* FA adalah 1100 dikali 5,43 % yaitu 59,716 gram

**Tabel 5. 5** Persentase Penambahan masing-masing agregat AGT+ABS

NOMOR SARINGAN	% PEMBAGIAN GRADASI FA				
	0%	25%	50%	75%	100%
	0.000	152.961	305.922	458.883	611.844
1'	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3/4"	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1/2"	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3/8"	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO.4	0.000	43.808	87.616	131.424	175.232
NO.8	0.000	37.720	75.440	113.161	150.881
NO.16	0.000	22.363	44.726	67.089	89.452
NO.30	0.000	11.594	23.189	34.783	46.378
NO.50	0.000	8.153	16.306	24.458	32.611
NO.100	0.000	9.392	18.784	28.175	37.567
NO.200	0.000	5.002	10.004	15.005	20.007
<b>FILLER</b>	0.000	14.929	29.858	44.787	59.716

### 5.4 Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 PT.Pertamina, dimana hasil pengujian hanya mengambil data sekunder yang dapat dilihat pada tabel 5.6.



**Tabel 5. 6** Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal Pen.60/70 PT.Pertamina

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 PT.Pertamina tersebut telah memenuhi syarat seperti tercantum pada spesifikasi SNI 2441:2011. Sehingga aspal penetrasi 60/70 dari PT.Pertamina dapat digunakan pada penelitian ini.

### 5.5 Penentuan Variasi Kadar Aspal

Setelah persentase gradasi agregat campuran didapat maka selanjutnya ditentukan perkiraan awal kadar aspal tengah rancangan (Pb), dimana perhitungannya untuk campuran laston adalah sebagai berikut :

Persen agregat tertahan saringan nomor 8 (CA)	= 63,266 %
Persen agregat lolos nomor 8 tertahan Nomor 200(FA)	= 29,734 %
Persen agregat lolos saringan Nomor 200 ( <i>filler</i> ) (c)	= 7,000 %
Konstanta (0,5 – 1,0) untuk lapis aspal beton dipakai	= 0,7
Didapat nilai Pb	= 5,5 %

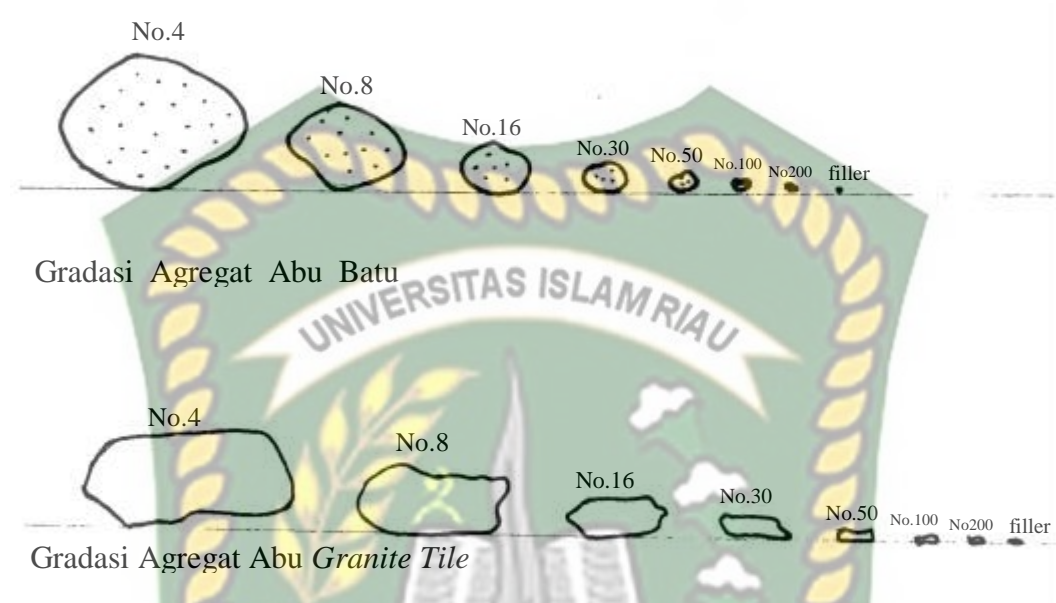
(Perhitungan pada Lampiran A.10)

Dari hasil perhitungan, didapat perkiraan awal kadar aspal tengah (Pb) yaitu sebesar 5,5 % sehingga dapat ditentukanlah untuk kadar aspal campuran Laston dimulai dari 4,5 % ; 5 % ; 5,5 % ; 6 % dan 6,5 %.

### 5.6 Penentuan Variasi Campuran Abu *Granite Tile* (AGT) + Abu Batu Biasa (ABS)

Sebelum dilakukan pembuatan benda uji maka harus merancang terlebih dahulu variasi pencampuran AGT dan ABS untuk campuran Laston AC-WC agar memudahkan pengerjaan selanjutnya. Pencampuran dilakukan berdasarkan persentase masing-masing agregat AGT dan ABS disesuaikan pada tabel 5.5.

Adapun gambaran hasil dari pencampuran agregat AGT+ABS pada setiap variasi kombinasinya dapat dilihat pada gambar 5.2 dan tabel 5.7.



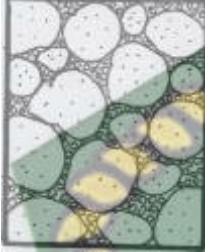




**Gambar 5.2** Gradasi Abu Batu Biasa dan Abu *Granite Tile*

Berdasarkan gambar 5.2 dapat dilihat perbedaan bentuk gradasinya, Abu batu biasa lebih berbentuk bulat dan bervolume jika dilihat dengan kasatmata dan untuk abu *granite tile* bentuknya lebih tajam dan lonjong. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5.3 dokumentasi agregat. Agregat halus adalah lolos saringan No.4 dan tertahan No.200, dengan urutan gradasi yaitu No.4 (4,75 mm), No.8(2,36 mm), No.16 (1,18 mm), No.30 (0,6 mm), No.50 (0,3 mm), No.100 (0,15 mm), dan No.200 (0,075 mm).



**Gambar 5.3** Dokumentasi Gradasi Agregat Abu Batu *Granite Tile*

**Tabel 5.7** Sketsa Campuran Abu *Granite Tile* (AGT) Dengan Abu Batu Biasa (ABS)

Gambar	Variasi	Persentase Campuran
	X1	0% AGT + 100% ABS
	X2	25% AGT + 75% ABS
	X3	50% AGT + 50% ABS
	X4	75% AGT + 25% ABS
	X5	100% AGT + 0% ABS



Dapat dilihat pada tabel 5.7 bentuk fisik dan keragaman gradasi sangat mempengaruhi hasil pemadatan laston. Semakin tinggi persentase pencampuran agregat AGT terhadap agregat halus maka perkerasan akan semakin padat dan semakin sedikit rongga yang tersedia.

### 5.7 Pembuatan Benda Uji

Agregat, gradasi agregat, aspal penetrasi 60/70 yang telah memenuhi persyaratan dan variasi campuran agregat halus (FA) telah dipersiapkan selanjutnya akan dilakukan pembuatan benda uji. Proses pembuatan benda uji dilakukan 2 kali berdasarkan pengelompokannya yaitu :

1. Benda uji dengan variasi kadar aspal 4,5 %, 5 %, 5,5 %, 6 % dan 6,5 % dengan aspal pen.60/70 pada campuran laston (AC-WC) sebanyak 5 buah, dimana satu varian kadar aspal dibuat 1 benda uji. Ke lima benda uji ini dibuat untuk menentukan nilai kadar aspal optimum (KAO).
2. Benda uji pada KAO dengan penambahan kadar pencampuran 0% AGT + 100% ABS, 25% AGT + 75% ABS, 50% AGT + 50% ABS, 75% AGT + 25% ABS, dan 100% AGT + 0% ABS terhadap agregat halus (FA) pada campuran laston (AC-WC). Setiap kadar varian penambahan abu *granite tile* dibuat 3 buah benda uji, dimana 3 x 5 variasi = 15 buah benda uji.

### 5.8 Hasil Pengujian Marshall

Pengujian marshall pertama dilakukan untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) dengan kadar aspal tengah (Pb) adalah 5,5 %, maka didapatkan variasi kadar aspal yaitu 4,5 %, 5 %, 5,5 %, 6 %, dan 6,5 %. Setelah dilakukan pembuatan benda uji dan hasil pengujian marshall nilai KAO yang didapatkan yaitu 5,7 %. Selanjutnya, dengan KAO 5,7 % dilakukan pengujian kedua dengan variasi penambahan X1 (0%AGT+100%ABS), X2 (25%AGT+75%ABS), X3 (50%AGT+50%ABS), X4 (75%AGT+25%ABS), dan X5 (100%AGT+0%ABS) terhadap agregat halus/abu batu (FA). Hasil pengujian marshall ini untuk mengetahui apakah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3.

Hasil pengujian marshall meliputi stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA dan MQ dapat dilihat pada tabel 5.8.

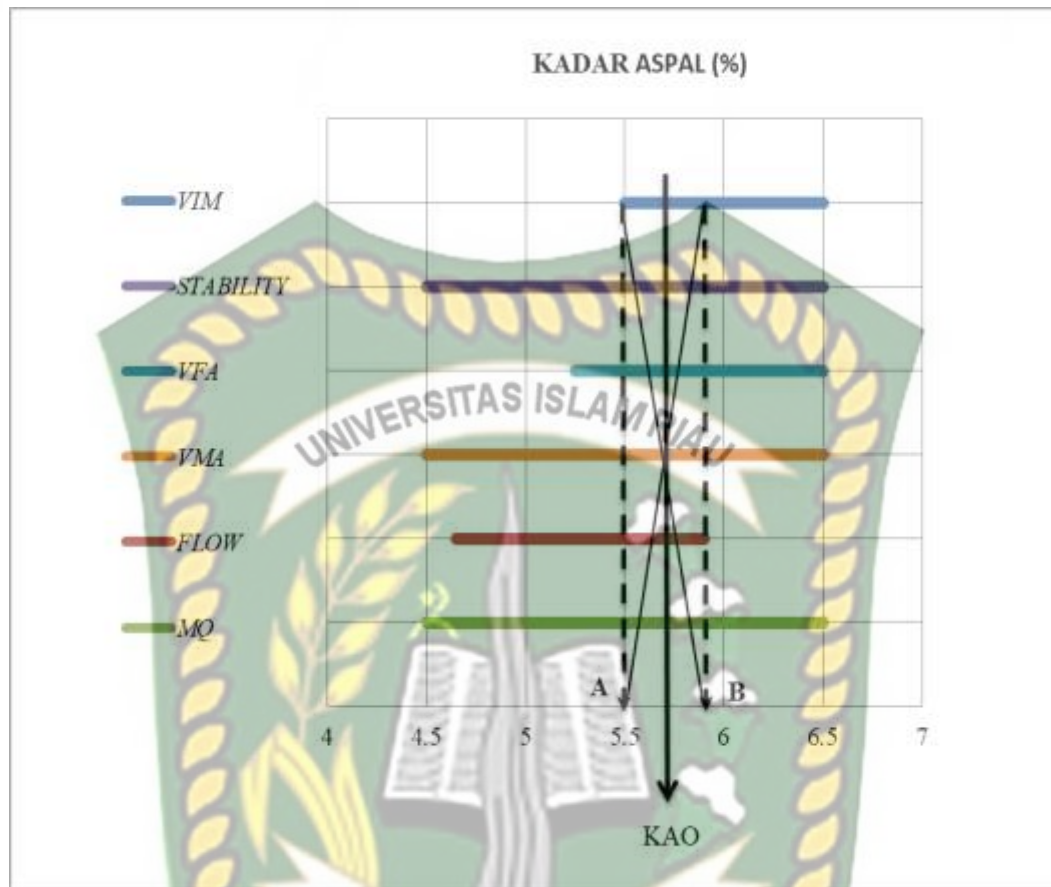
**Tabel 5. 8** Hasil Pengujian Marshall

No	Karakteristik Campuran	Satuan	Kadar Aspal (%)					Spek. Bina Marga 2010
			4,5	5	5,5	6	6,5	
1	Stability	Kg	2818.758	2072.514	2409.9	2924.012	1992.184	≥ 800
2	Flow	mm	4.900	2.300	2.350	4.300	4.950	2-4
3	VIM	%	7.209	6.930	4.999	3.864	4.017	3,5-5
4	VMA	%	17.119	17.896	17.223	17.265	18.409	≥ 15
5	VFA	%	57.887	61.273	70.978	77.617	78.182	≥ 65
6	MQ	Kg/mm	534.440	901.093	1025.489	680.003	402.461	≥ 250

Sumber : Hasil analisa penelitian, 2020

Berdasarkan tabel 5.7 dapat dilihat bahwa, nilai stability, VMA dan MQ pada kelima variasi kadar aspal telah memenuhi spesifikasi karena nilainya telah lebih dari nilai minimum spesifikasi Bina Marga 2010. Pada nilai *flow* kadar aspal 4,5 %, 6 %, dan 6,5 % tidak memenuhi spek. Dikarenakan nilainya melampaui batas maksimal dari spek. Bina Marga 2010 yaitu 2 – 4 mm. Untuk nilai VIM dapat dilihat semakin rendah kadar aspal maka nilai VIM semakin tinggi, pada kadar 4,5 % dan 5 % tidak memenuhi spesifikasi karena melebihi batas maksimum spek. Bina Marga 2010 yaitu 5 %, untuk kadar aspal 5,5 % , 6 % dan 6,5 % berada antara 3,5 – 5 %. Dan pada nilai VIM semakin tinggi kadar aspal maka nilai VIM juga semakin tinggi, spek. Bina Marga mengisyaratkan min. 65 % pada kadar 4,5 % dan 5 % tidak memenuhi dikarenakan nilai VIM-nya kurang dari yang diisyaratkat.

Setelah menganalisa ke 5 buah briket aspal, selanjutnya menghitung nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan metode bar chart (Diagram pita) dapat dilihat pada gambar 5.4.



**Gambar 5.4** Kadar Aspal Optimum

$$\text{Kadar Aspal Optimum (KAO)} = \frac{A+B}{2} = \frac{5.5\%+5.9\%}{2} = 5.7\%$$

KAO merupakan hasil bagi 2 dari semua kadar aspal yang di uji melalui proses uji marshall KAO di dapat batas-batas nilai kadar aspal pada setiap grafik VIM, *Stability*, VFA, VMA, *Flow* dan MQ yang memenuhi atau lebih dari syarat spesifikasi yang ditetapkan. Grafik hasil uji marshall KAO pada setiap parameter aspal dapat di lihat pada lampiran.A. Setelah KAO didapat maka dilanjutkan dalam proses pengujian Marshall dengan kadar aspal 5,7 %.

Setelah dilakukan pengujian marshall penentuan KAO, maka dilanjutkan pembuatan benda uji dengan penambahan AGT+ABS terhadap FA. Benda uji yang akan dibuat sebanyak 15 buah beriket, dimana satu variasi dibuat 3 buah briket. Berikut hasil pengujian marshall variasi penambahan AGT+ABS pada KAO dapat dilihat pada tabel 5.9.



**Tabel 5. 9** Hasil Pengujian Marshall Variasi Campuran AGT+ABS pada KAO

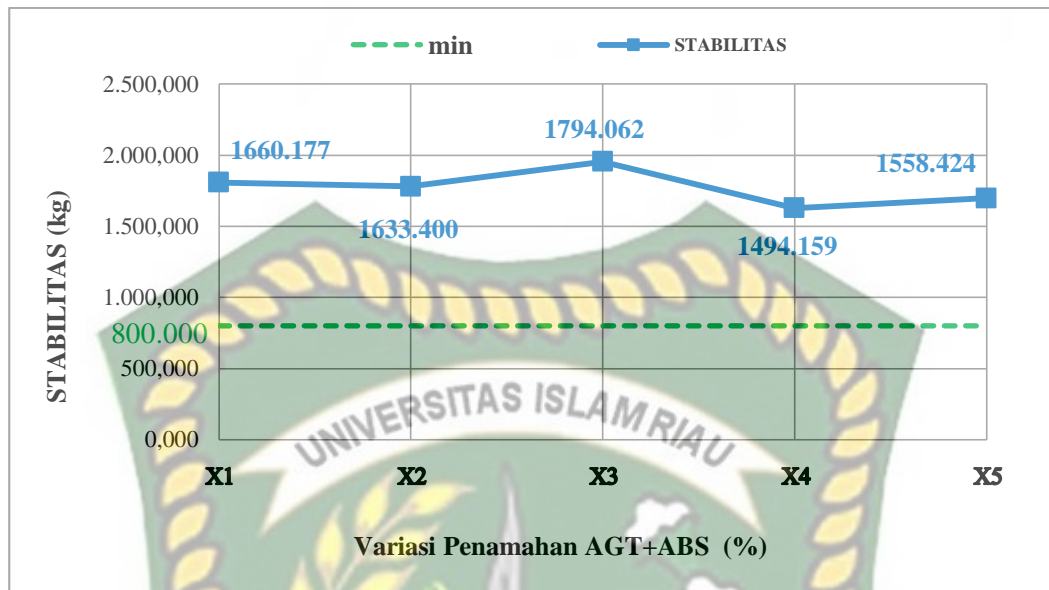
No	Karakteristik Campuran	Satuan	Kadar Abu Granite Tile (AGT)+Abu Batu Biasa (ABS) (%)					Spek. Bina Marga 2010 Revisi 3
			X1 ( 0 AGT + 100 ABS)	X2 ( 25 AGT + 75 ABS )	X3 ( 50 AGT + 50 ABS )	X4 ( 75 AGT + 25 ABS )	X5 ( 100 AGT + 0 ABS )	
1	<i>Stability</i>	Kg	1660.177	1633.400	1794.064	1494.159	1558.424	≥ 800
2	<i>Flow</i>	mm	3.617	3.500	3.083	3.183	3.117	2-4
3	VIM	%	19.391	6.850	5.024	8.778	10.005	3,5-5
4	VMA	%	30.129	19.252	17.664	20.914	21.973	≥ 15
5	VFA	%	35.643	64.799	71.583	58.109	54.496	≥ 65
6	MQ	Kg/mm	465.220	467.311	605.314	480.189	522.722	≥ 250

Sumber : Hasil analisa penelitian, 2020

Berdasarkan tabel 5.9 dapat dilihat bahwa penambahan AGT+ABS terhadap karakteristik campuran *stability* ke lima variasi memenuhi persyaratan dari Bina Marga 2010 Revisi 3, begitu pula dengan *flow* dan MQ. Namun pada VIM dan VFA pada kadar 0%AGT+100%ABS, 25%AGT+75%ABS, 75AGT%+25%ABS dan 100%AGT+0%ABS tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 dan pada kadar 50 % nya dapat memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3.

### 5.8.1 Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas (*stability*) adalah kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) seperti gelombang, alur (*rutting*), maupun naiknya aspal permukaan (*bleeding*). Nilai stabilitas dipengaruhi oleh kualitas agregat, bentuk, tekstur permukaan dan gradasi agregat. Batas minimum nilai stabilitas yaitu 800 kg berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3. Dapat dilihat pada gambar 5.4 adalah grafik stabilitas variasi X1, X2, X3, X4, dan X5 pada pencampuran Laston AC-WC.



**Gambar 5. 5** Hubungan Stabilitas Dengan Variasi Penambahan AGT+ABS

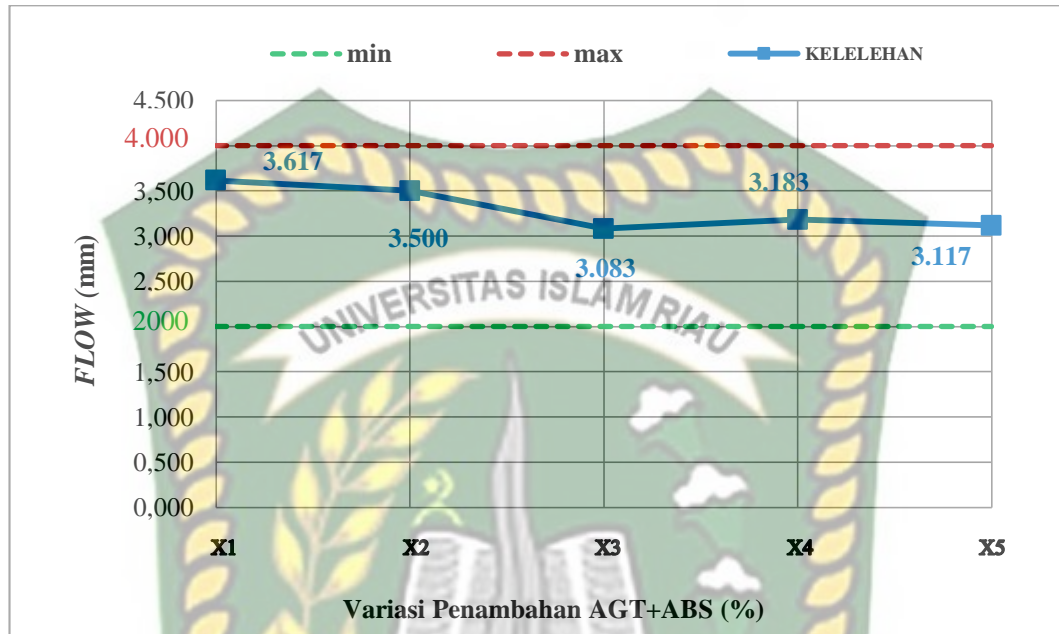
Dari gambar 5.5 nilai stabilitas mengalami penurunan dan kenaikan pada setiap kadar variasi AGT+ABS. Penurunan terendah terjadi pada variasi pencampuran X4 (75 % AGT + 25 % ABS) dan kenaikan tertinggi terjadi pada variasi pencampuran X5 (50 % AGT + 50 % ABS).

Pencampuran antara abu batu biasa dengan abu *granite tile* dengan porsi campuran yang sama dapat menghasilkan perkerasan menjadi semakin kaku. Nilai stabilitas yang semakin tinggi mengakibatkan lapisan perkerasan cenderung kaku dan dapat mengalami retakan. Keseluruhan persentase pencampuran nilai stabilitasnya memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3.

### 5.8.2 Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan adalah besarnya deformasi yang terjadi pada awal pembebanan sampai stabilitas menurun yang menunjukkan besarnya deformasi dari campuran perkerasan akibat beban yang bekerja padanya. Campuran yang memiliki nilai kelelahan tinggi dengan nilai stabilitas rendah cenderung bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk apabila mengalami pembebanan lalu lintas. Sedangkan campuran dengan kelelahan rendah dan stabilitas yang tinggi cenderung bersifat getas. Nilai kelelahan campuran dipengaruhi oleh kadar viskositas aspal, gradasi agregat serta jumlah dan temperatur pematangan.

Menentukan batas nilai kelelehan untuk campuran Laston yaitu 2-4 mm (Bina Marga 2010 Revisi 3).



**Gambar 5. 6** Hubungan Kelelehan Dengan Variasi Pencampuran AGT+ABS

Dari gambar 5.6 nilai kelelehan (*flow*) mengalami penurunan dan kenaikan pada setiap persentase kadar pencampuran abu batu biasa dengan abu *granite tile*. Penurunan terendah terjadi pada variasi penambahan X3 ( 50 % AGT + 50 % ABS) dan kenaikan tertinggi terjadi pada variasi penambahan X1 ( 0 % AGT+100 % ABS).

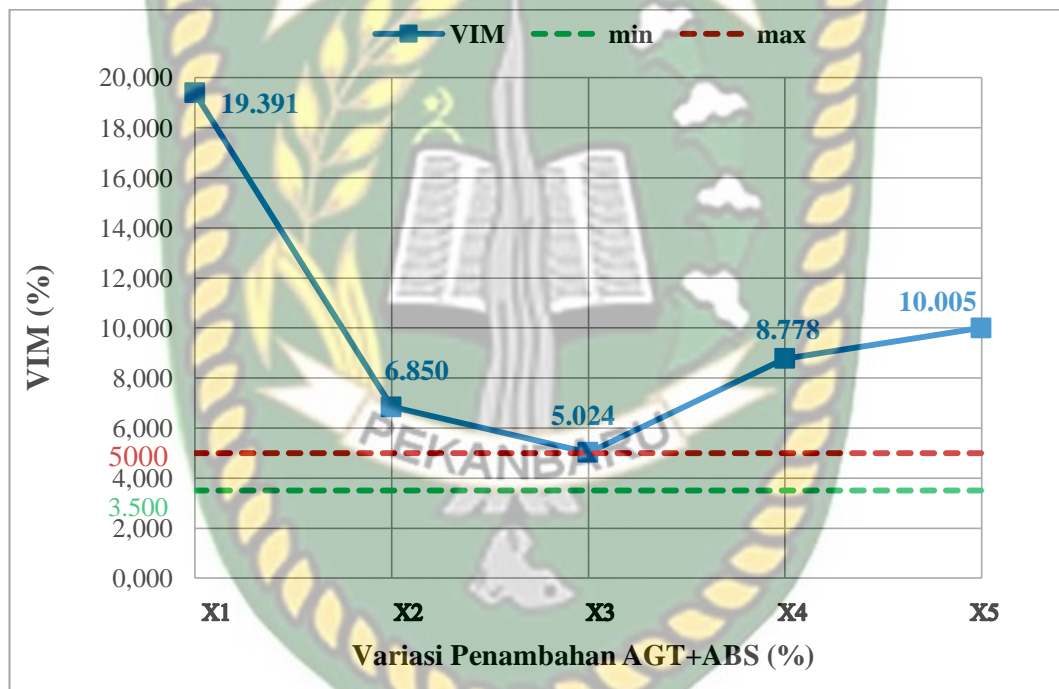
Pencampuran antara abu batu biasa dengan abu *granite tile* dengan porsi yang sama dapat menghasilkan kelelehan (*flow*) menjadi semakin rendah. Nilai kelelehan (*flow*) yang semakin rendah mengakibatkan lapisan perkerasan cenderung tidak plastis dan menyebabkan getas pada perkerasan apabila diikuti sertai nilai stabilitas yang tinggi. Keseluruhan persentase pencampuran nilai kelelehan (*flow*) memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3.

### 5.8.3 Rongga Dalam Campuran ( *Void In The Mix* / VIM )

*Void in the mix* (VIM) adalah volume total udara yang berada di antara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang telah dipadatkan. Rongga yang dihasilkan ditentukan oleh susunan partikel agregat



dalam campuran dan ketidak seragaman bentuk agregat. Diharapkan rongga udara tidak terlalu kecil dan tidak juga terlalu besar di dalam campuran. Rongga udara yang terlalu kecil didalam campuran dapat menimbulkan keluarnya aspal dari permukaan jalan (*bleeding*). Semakin kecil rongga udara maka campuran beraspal akan semakin kedap air, tetapi menyebabkan udara tidak dapat masuk kedalam lapisan beraspal sehingga aspal menjadi rapuh dan getas. Semakin besar rongga udara dan kadar aspal yang rendah akan menyebabkan kelelahan (*flow*) lebih cepat. Batasan nilai *void in the mix* (VIM) 3,5-5 % berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3.



**Gambar 5. 7** Hubungan VIM Dengan Pencampuran AGT+ABS

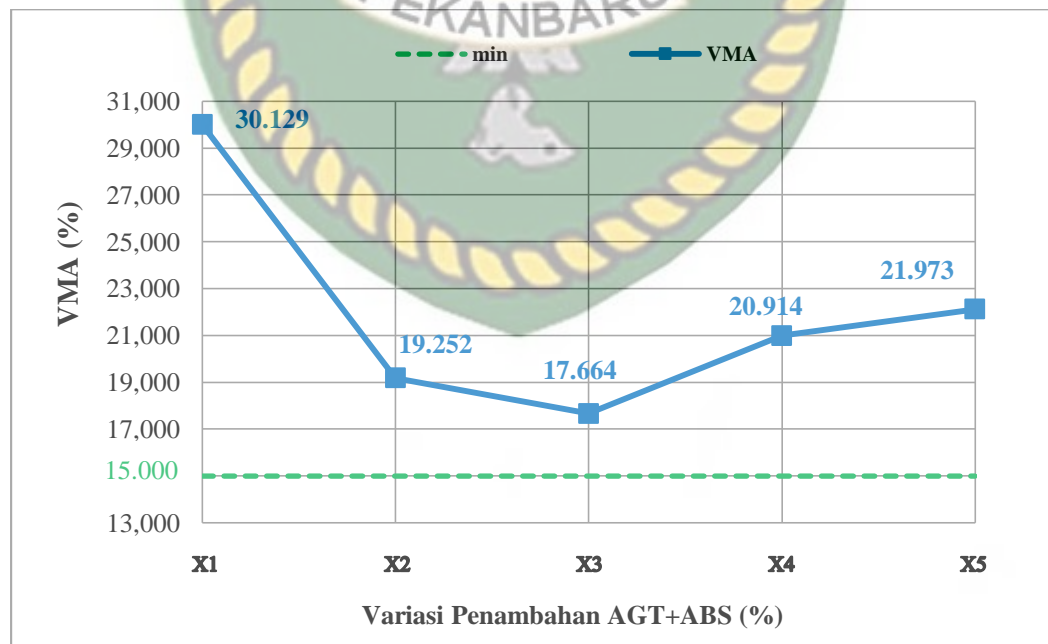
Dari gambar 5.7 nilai *void in the mix* (VIM) mengalami penurunan dan kenaikan pada setiap persentase kadar pencampuran abu batu biasa dengan abu *granite tile*. Penurunan terendah terjadi pada variasi pencampuran X1 (50 % AGT + 50 % ABS) dan kenaikan tertinggi terjadi pada variasi pencampuran X1 (0%AGT+100%ABS).

Pencampuran antara abu batu biasa dengan abu *granite tile* dengan porsi yang sama dapat menghasilkan VIM menjadi semakin rendah. Namun nilai terendah tersebut masih tinggi berdasarkan penilaian batas persyaratan

spesifikasi dari Bina Marga 2010 yaitu 5 %. Nilai VIM yang semakin tinggi mengakibatkan lapisan perkerasan mengalami kelelahan (*flow*) semakin cepat dengan kadar aspal yang rendah. Keseluruhan persentase pencampuran nilai VIM tidak memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3.

#### 5.8.4 Rongga Dalam Mineral ( *Void In Mineral Agreggate/VMA* )

Rongga dalam mineral (*void in mineral agreggate/VMA*) adalah volume rongga yang terdapat di antara partikel agregat suatu campuran yang telah dipadatkan. Agregat menerus memberikan rongga antara butiran VMA yang kecil dan menghasilkan stabilitas yang tinggi sedangkan agregat terbuka memberikan rongga antar butiran VMA yang besar. VMA yang lebih besar dalam agregat menyebabkan lebih besar ruang yang tersedia untuk selimut aspal. Sebaliknya bila agregat mempunyai nilai VMA yang kecil, mengakibatkan aspal yang dapat menyelimuti agregat tersebut terbatas dan menyebabkan selimut aspal yang tipis. Nilai VMA tergantung pada ukuran mineral agregat, tekstur permukaan agregat, bentuk permukaan agregat dan metode pematatannya. Batas minimum nilai VMA yaitu 15 % berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3.



**Gambar 5. 8** Hubungan VMA Dengan Variasi Pencampuran AGT+ABS

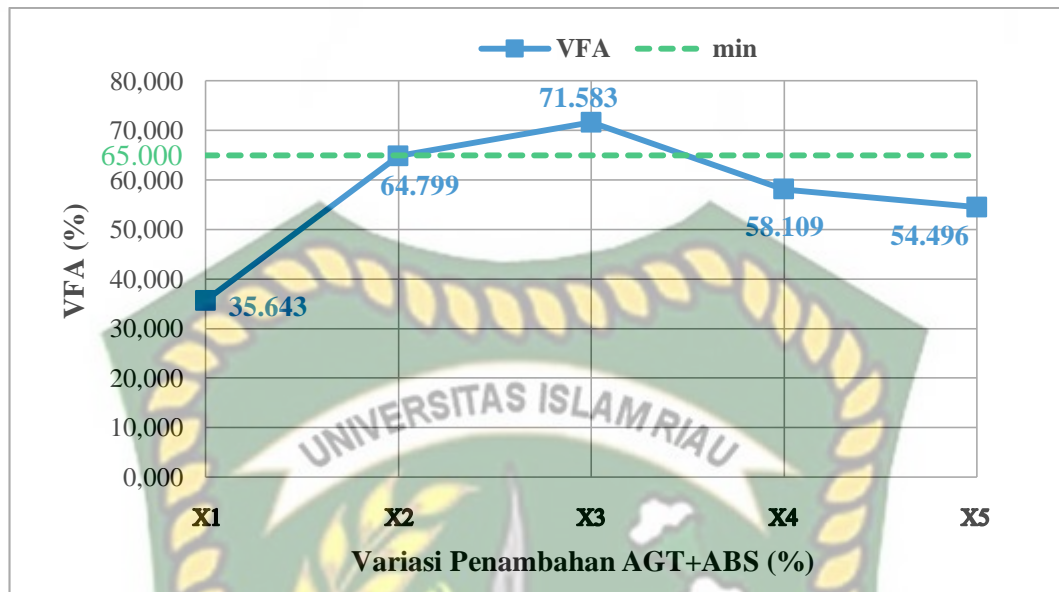
Dari gambar 5.8 nilai *void in mineral aggregate* (VMA) mengalami penurunan dan kenaikan pada setiap persentase kadar pencampuran abu batu biasa dengan abu *granite tile*. Penurunan terendah terjadi pada variasi pencampuran X3 (50 % AGT + 50 % ABS) dan kenaikan tertinggi terjadi pada variasi penambahan 0 % abu *granite tile* (0 % AGT + 100 % ABS).

Pencampuran antara abu batu biasa dengan abu *granite tile* dengan porsi yang sama dapat menghasilkan VMA menjadi semakin rendah. Nilai VMA yang semakin rendah dapat mengakibatkan rongga dalam campuran semakin kecil yang dapat membuat selimut aspal terbatas menyebabkan tidak kedap air dan kerusakan. Kemudian pencampuran agregat abu batu biasa tanpa abu *granite tile* menjadikan nilai VMA semakin tinggi yang dapat menyebabkan lebih besar ruangan untuk selimut aspal. Nilai VMA yang besar mengakibatkan campuran akan kedap terhadap air dan udara, sehingga dapat menahan keausan dengan baik. Namun nilai VMA yang terlalu besar tidak baik terhadap stabilitasnya dikarenakan rongga campuran yang terlampau besar mengakibatkan kerapuhan atau tidak mampu menahan beban lalu lintas. Keseluruhan persentase pencampuran nilai VMA memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3.

#### 5.8.5 Rongga Terisi Aspal (*Void Filled With Asphalt/VFA*)

Rongga terisi aspal (*void filled with asphalt/VFA*) adalah persen volume rongga didalam campuran agregat yang telah terisi oleh aspal setelah melalui proses pemadatan dan tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Untuk mendapatkan lapisan aspal yang baik dan bertahan lama maka rongga-rongga antar agregat harus terisi aspal yang cukup. Nilai VFA suatu campuran aspal yang terlalu tinggi tidak begitu baik karena dapat menyebabkan terjadinya *bleeding* (naiknya aspal kepermukaan). Batas minimum nilai VFA yaitu 65 % berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3.





**Gambar 5. 9** Hubungan VFA Dengan Variasi Penambahan Abu *Granite Tile*

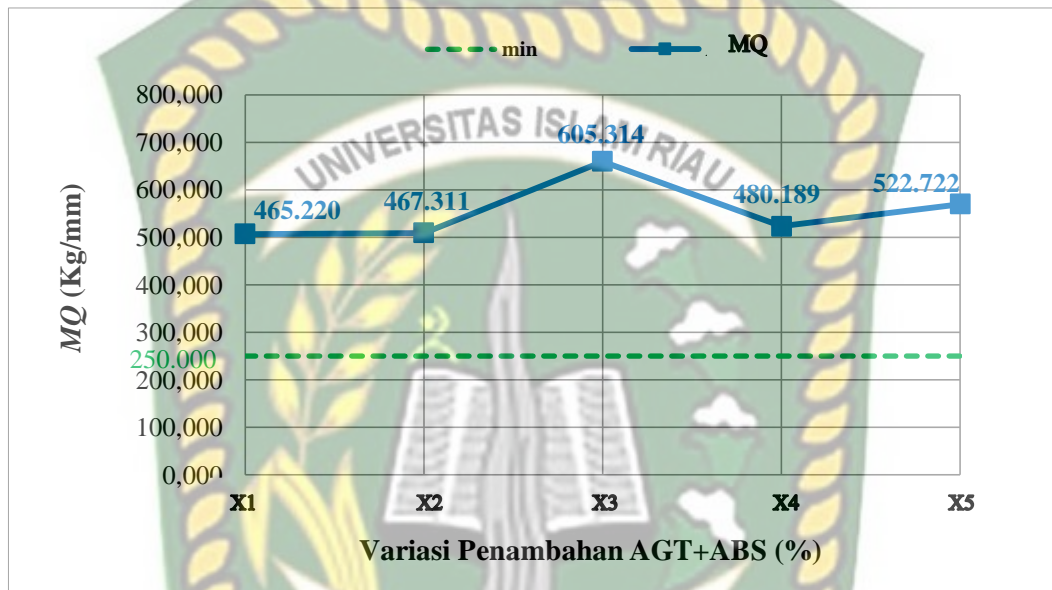
Dari gambar 5.9 nilai *void filled with asphalt* (VFA) mengalami penurunan dan kenaikan pada setiap persentase kadar pencampuran abu batu biasa dengan abu *granite tile*. Penurunan terendah terjadi pada variasi pencampuran X1 (0 % AGT + 100 % ABS) dan kenaikan tertinggi terjadi pada variasi pencampuran X3 (50 % AGT + 50 % ABS).

Pencampuran abu batu biasa dengan abu *granite tile* dengan porsi yang sama dapat menghasilkan VFA menjadi semakin tinggi. Sedangkan pencampuran abu batu biasa tanpa abu *granite tile* (0 % abu *granite tile* + 100 % abu batu biasa) menghasilkan VFA yang semakin rendah. Hasil VFA yang terlampau rendah tidak baik untuk lapisan aspal karena rongga-rongga tidak terisi aspal dengan cukup. Namun hasil VFA yang terlampau tinggi juga tidak baik untuk lapisan aspal dikarenakan dapat menyebabkan naiknya aspal kepermukaan (*bleeding*). Hasil VFA yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 hanyalah pada persentase variasi pencampuran X2 dan X3 saja, selebihnya tidak memenuhi persyaratan.

### 5.8.6 Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient/MQ*)

Hasil bagi marshall (*marshall quotient/MQ*) menyatakan sifat kekakuan suatu campuran. Nilai *MQ* diperoleh dari hasil bagi antara stabilitas (*stability*)

dengan kelelehan (*flow*). Bila nilai *MQ* terlalu tinggi, maka campuran akan cenderung terlalu kaku dan mudah retak. Sebaliknya bila nilai *MQ* terlalu rendah, maka perkerasan menjadi terlalu lentur (*flexible*) / plastis dan kurang stabil. Batas minimum untuk nilai *MQ* yaitu 250 kg/mm berdasarkan Bina Marga 2010 Revisi 3.



**Gambar 5. 10** Hubungan *MQ* Dengan Variasi Penambahan Abu *Granite Tile*

Dari gambar 5.10 nilai *marshall quotient* (*MQ*) mengalami penurunan dan kenaikan pada setiap persentase kadar pencampuran abu batu biasa dengan abu batu *granite tile*. Penurunan terendah terjadi pada variasi penambahan X1 (0 % AGT + 100 % ABS) dan kenaikan tertinggi terjadi pada variasi pencampuran X3 (50 % AGT + 50 % ABS).

Pencampuran abu batu biasa dengan abu *granite tile* dengan porsi yang sama dapat menghasilkan *MQ* menjadi semakin tinggi dan pencampuran abu batu biasa tanpa abu *granite tile* (0 % AGT +100 % ABS) menghasilkan *MQ* semakin rendah. Nilai *MQ* yang terlalu rendah mengakibatkan campuran aspal bersifat plastis dan akan mudah berubah bentuk bila mendapat beban lalu lintas, sedangkan nilai *MQ* yang terlalu tinggi akan mengakibatkan campuran aspal menjadi getas dan tidak bertahan lama. Keseluruhan persentase pencampuran nilai *MQ* memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3.

## 5.9 Pembahasan

Pembahasan pengaruh pemakaian dua jenis agregat halus (FA) yang berbeda terhadap karakteristik Marshall pada AC-WC dari penggunaan abu batu biasa PT.RMB dan abu *granite tile* hasil produksi di Laboratorium UIR pada setiap persentase pencampuran dua jenis agregat yaitu :

1. Berdasarkan persentase pemakaian agregat kasar sebesar 9,25 %, agregat medium 26 %, agregat halus 55,57 %, pasir 9,18 % dan masing-masing fraksi menyumbang *filler* sebesar 0,08 % dari agregat kasar, 1,17 % agregat medium, 5,42 % agregat halus dan 0,33 % agregat pasir didapatkan total *filler* dari ke empat fraksi ialah 7 %.
2. Berdasarkan perhitungan perkiraan kadar aspal tengah (Pb) sebesar 5,5 % maka variasi kadar aspal yaitu 4,5 %, 5 %, 5,5 %, 6 %, dan 6,5 % didapatkan nilai kadar aspal optimum pada campuran AC-WC sebesar 5,7 %.
3. Variasi penambahan AGT+ABS sebagai agregat halus (FA) adalah variasi X1 adalah 0%AGT+100%ABS, variasi X2 adalah 25%AGT+75%ABS, variasi X3 adalah 50%AGT+50%ABS, variasi X4 adalah 75%AGT +25%ABS dan variasi X5 adalah 100%AGT+0%ABS.
4. Berat benda uji adalah 1100 gram maka, berat agregat halus (FA) adalah  $1100 \times 55,57\%$  (FA) = 611,257 gram untuk berat setiap persen kombinasinya yaitu 0%=0 g, 25%=152.814 g, 50%=305.628 g, 75%=458.442 g, dan 100%=611.257 g.
5. Berdasarkan hasil uji marshall didapat nilai *stability* yang mengalami kenaikan dan penurunan secara acak dimulai dari kadar persen campuran yang terendah ke kadar persen campuran yang tinggi di dapat data nilai rata-ratanya yaitu:

( Spek.Bina Marga 2010 ; Min = 800 kg )

- a.  $X4 = 75 \% \text{ AGT} + 25 \% \text{ ABS} = 1494.159\text{kg} \sim \text{Memenuhi}$
- b.  $X1 = 0 \% \text{ AGT} + 100 \% \text{ ABS} = 1660.177 \text{ kg} \sim \text{Memenuhi}$
- c.  $X2 = 25 \% \text{ AGT} + 75 \% \text{ ABS} = 1633.400 \text{ kg} \sim \text{Memenuhi}$
- d.  $X5 = 100 \% \text{ AGT} + 0 \% \text{ ABS} = 1558.424 \text{ kg} \sim \text{Memenuhi}$



e.  $X3 = 50 \% \text{ AGT} + 50 \% \text{ ABS} = 1794.062 \text{ kg} \sim \text{Memenuhi}$

Pengaruh perbandingan penggunaan abu batu biasa dengan abu *granite tile* dapat dilihat dari hasil pengujian marshall pada masing-masing karakteristik campurannya. Pada *stability* kadar variasi 0 % bernilai 1809,593 kg dan pada kadar variasi 100 % bernilai 1698,682 kg, yang artinya penambahan abu *granite tile* mempengaruhi penurunan *stability*.

6. Nilai *Flow* mengalami kenaikan dan penurunan secara acak dimulai dari kadar persen campuran yang terendah ke kadar kadar persen campuran yang tinggi di dapat data nilai rata-ratanya yaitu:

( Spek.Bina Marga 2010 ; Min = 2 mm, Max = 4 mm )

- a.  $X3 = 50 \% \text{ AGT} + 50 \% \text{ ABS} = 3.083 \text{ mm} \sim \text{Memenuhi}$   
 b.  $X5 = 100 \% \text{ AGT} + 0 \% \text{ ABS} = 3.117 \text{ mm} \sim \text{Memenuhi}$   
 c.  $X4 = 75 \% \text{ AGT} + 25 \% \text{ ABS} = 3.183 \text{ mm} \sim \text{Memenuhi}$   
 d.  $X2 = 25 \% \text{ AGT} + 75 \% \text{ ABS} = 3.500 \text{ mm} \sim \text{Memenuhi}$   
 e.  $X1 = 0 \% \text{ AGT} + 100 \% \text{ ABS} = 3.617 \text{ mm} \sim \text{Memenuhi}$

Pada *flow* kadar variasi 0 % bernilai 3,617 mm dan pada kadar variasi 100 % bernilai 3,117 mm, yang artinya penambahan abu *granite tile* mempengaruhi penurunan *flow*. Nilai *stability* dan *flow* selalu berbanding lurus, maka kekuatan dan elastisitas pada campuran ini berkurang. Namun kelima kadar variasi pada *stability* dan *flow* masih dapat memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010.

7. Nilai VIM mengalami kenaikan dan penurunan secara acak dimulai dari kadar persen campuran yang terendah ke kadar kadar persen campuran yang tinggi di dapat data nilai rata-ratanya yaitu:

( Spek.Bina Marga 2010 ; Min = 3.5 % , Max = 5 % )

- a.  $X3 = 50 \% \text{ AGT} + 50 \% \text{ ABS} = 5.024 \% = 5 \% \sim \text{Memenuhi}$   
 b.  $X2 = 25 \% \text{ AGT} + 75 \% \text{ ABS} = 6.773 \% \sim \text{Tidak Memenuhi}$   
 c.  $X4 = 75 \% \text{ AGT} + 25 \% \text{ ABS} = 8.853 \% \sim \text{Tidak Memenuhi}$   
 d.  $X5 = 100 \% \text{ AGT} + 0 \% \text{ ABS} = 10.153 \% \sim \text{Tidak Memenuhi}$   
 e.  $X1 = 0 \% \text{ AGT} + 100 \% \text{ ABS} = 19.259 \% \sim \text{Tidak Memenuhi}$

Pada VIM kadar variasi 0 % bernilai 19,391 % dan kadar variasi 100 % bernilai 10,005 %, yang berarti penambahan abu *granite tile* mempengaruhi penurunan pada VIM. Namun spesifikasi Bina Marga 2010 mengisyartakan nilai VIM berkisar antara 3,5 sampai 5 %, sehingga hanya kadar variasi 50 % yang memenuhi persyaratan. Nilai VIM yang semakin tinggi menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran yang menjadi bersifat porous. Hal ini mengakibatkan aspal kurang rapat sehingga air dan udara mudah masuk dan mudah teroksidasi berakibat kurang kelekatan antar agregat dan mengalami pengelupasan permukaan.

8. Nilai VMA mengalami kenaikan dan penurunan secara acak dimulai dari kadar persen campuran yang terendah ke kadar persen campuran yang tinggi di dapat data nilai rata-ratanya yaitu:

( Spek.Bina Marga 2010 ; Min = 15 % )

- a.  $X3 = 50 \% \text{ AGT} + 50 \% \text{ ABS} = 19.103 \% \sim \text{Memenuhi}$
- b.  $X2 = 25 \% \text{ AGT} + 75 \% \text{ ABS} = 19.176 \% \sim \text{Memenuhi}$
- c.  $X4 = 75 \% \text{ AGT} + 25 \% \text{ ABS} = 20.989 \% \sim \text{Memenuhi}$
- d.  $X5 = 100 \% \text{ AGT} + 0 \% \text{ ABS} = 22.121 \% \sim \text{Memenuhi}$
- e.  $X1 = 0 \% \text{ AGT} + 100 \% \text{ ABS} = 29.996 \% \sim \text{Memenuhi}$

Nilai VMA pada kadar 0 % adalah 30,129 %, dan pada kadar 100 % adalah 21,973 %, yang berarti penambahan abu *granite tile* mempengaruhi penurunan VMA. Kuantitas rongga udara berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran karna jika nilai VMA terlalu kecil maka campuran dapat mengalami durabilitas. Namun, kelima kadar variasi pada VMA masih dapat memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu minimal 15 %.

9. Nilai VFA mengalami kenaikan dan penurunan secara acak dimulai dari kadar persen campuran yang terendah ke kadar persen campuran yang tinggi di dapat data nilai rata-ratanya yaitu:

( Spek.Bina Marga 2010 ; Min = 65 % )

- a.  $X1 = 0 \% \text{ AGT} + 100 \% \text{ ABS} = 35.801 \% \sim \text{Tidak Memenuhi}$
- b.  $X5 = 100 \% \text{ AGT} + 0 \% \text{ ABS} = 54.132 \% \sim \text{Tidak Memenuhi}$
- c.  $X4 = 75 \% \text{ AGT} + 25 \% \text{ ABS} = 57.901 \% \sim \text{Tidak Memenuhi}$

d.  $X_2 = 25 \% \text{ AGT} + 75 \% \text{ ABS} = 64.799 \% \sim \text{Tidak Memenuhi}$

e.  $X_3 = 50 \% \text{ AGT} + 50 \% \text{ ABS} = 71.583 \% \sim \text{Memenuhi}$

Pada VFA kadar variasi 0 % bernilai 35,643 % dan pada kadar 100 % bernilai 54,496 %, yang berarti penambahan abu *granite tile* mempengaruhi kenaikan VFA. Semakin tinggi nilai VFA berarti semakin banyak rongga dalam campuran dan semakin kecil nilai VFA maka semakin sedikit pula rongga dalam campuran, yang mengakibatkan kurang kedap terhadap air dan udara menjadikan film aspal tipis dan mudah retak. Spesifikasi Bina Marga mengisyaratkan VFA minimal 65 %, sehingga hanya satu kadar yang memenuhi spesifikasi yaitu pada kadar 50 % dengan nilai 71,583 %.

10. Nilai MQ mengalami kenaikan dan penurunan secara acak dimulai dari kadar persen campuran yang terendah ke kadar kadar persen campuran yang tinggi di dapat data nilai rata-ratanya yaitu:

( Spek.Bina Marga 2010 ; Min = 250 Kg/mm )

a.  $X_1 = 0 \% \text{ AGT} + 100 \% \text{ ABS} = 465.220 \text{ Kg/mm} \sim \text{Memenuhi}$

b.  $X_2 = 25 \% \text{ AGT} + 75 \% \text{ ABS} = 467.311 \text{ Kg/mm} \sim \text{Memenuhi}$

c.  $X_4 = 75 \% \text{ AGT} + 25 \% \text{ ABS} = 480.189 \text{ Kg/mm} \sim \text{Memenuhi}$

d.  $X_5 = 100 \% \text{ AGT} + 0 \% \text{ ABS} = 522.722 \text{ Kg/mm} \sim \text{Memenuhi}$

e.  $X_3 = 50 \% \text{ AGT} + 50 \% \text{ ABS} = 605.314 \text{ Kg/mm} \sim \text{Memenuhi}$

MQ dengan kadar variasi 0 % bernilai 507,090 kg/mm dan pada kadar variasi 100 % bernilai 569,767 kg/mm, yang berarti penambahan abu *granite tile* mempengaruhi kenaikan MQ. Kelima kadar variasi penambahan abu *granite tile* memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu minimal 250 kg/mm. Sudah dapat disimpulkan bahwa campuran laston (AC-WC) ini bersifat kaku karna dari hasil bagi stabilitas dengan *flow* menghasilkan nilai yang semakin tinggi.

11. Penambahan AGT+ABS pada kadar variasi X3(50%AGT+50% ABS) memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 Revesi 3 terhadap karakteristik pada campuran AC-WC. Adapun nilai hasil pengujian karakteristik marshall pada variasi X3(50%AGT+50%ABS) yaitu nilai stabilitas adalah



1955,528 Kg, nilai *flow* adalah 3,083 mm, nilai VMA adalah 17,664 %, nilai VFA adalah 71,583 %, nilai VIM adalah 5,024 % (pembulatan menjadi 5 %), dan nilai MQ adalah 659,792 Kg/mm.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Dari penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh hasil penggunaan Abu Batu Biasa dengan Abu *Granite Tile* terhadap karakteristik Marshall pada lapisan AC-WC dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh penambahan agregat AGT+ABS pada setiap variasinya yaitu menyebabkan kenaikan dan penurunan (*fluktuatif*) pada grafik parameter marshall yang dipengaruhi oleh sifat senyawa SiO<sub>4</sub> pada AGT yang mengikat partikel lainnya, namun dapat saling mengisi dan mengikat (*interlocking*) pada jumlah yang seimbang dan menghasilkan kekuatan perkerasan laston semakin meningkat jika dibebani.
2. Pada variasi X1 (0% AGT : 100% ABS) menghasilkan parameter stability, flow, VMA dan MQ yang baik, namun pada VIM dan VFA belum memenuhi spesifikasi dari bina marga 2010 revisi 3 dikarenakan kerapatan (densitas) agregatnya masih besar dapat disebabkan pada saat pemadatan yang kurang sempurna.
3. Didapatkan hasil uji marshall yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 adalah variasi X3 (50% AGT + 50% ABS), namun menghasilkan hasil bagi marshall (MQ) yang sangat tinggi yang akan mengakibatkan campuran aspal menjadi getas dan tidak dapat bertahan lama. Untuk hasil yang terbaik pada penelitian kali ini adalah pada variasi X4 (75% AGT + 25% ABS) dikarenakan daya tahan tekan (stabilitas dan MQ) termasuk nilai yang baik, memiliki nilai VIM dan VFA mendekati persyaratan.
4. Pada variasi X2 (25% AGT : 75% ABS), dan X5 (100% AGT : 0% ABS) untuk parameter stability, flow, VMA dan MQ juga baik, namun menghasilkan rongga antar agregat (VMA) semakin besar, sehingga banyak menghasilkan rongga udara (VIM) dan rongga terisi aspal (VFA) semakin terbatas.

5. Kelemahan pada penelitian ini adalah pemecahan agregat abu *granite tile* menggunakan cara manual sehingga mempengaruhi hasil gradasi agregatnya yang tidak dapat memenuhi persyaratan.

## 6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan, maka didapat beberapa saran sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian yang sama dengan pengembangan ilmu dan kandungan/sifat kimia dari *granite tile*.
2. Perlu dilakukan penelitian yang sama dengan spesifikasi terbaru dari Bina Marga 2018 Revisi 2 mengingat penelitian kali ini masih menggunakan spesifikasi lama.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut perbandingan penggunaan abu batu biasa dengan abu *granite tile*. Terkait proses pemecahan *granite tile* yang masih menyesuaikan angka % lolos agregat dari abu batu biasa, maka diperlukan metode baru untuk memecahkan *granite tile* menjadi abu batu (FA) agar gradasi abu *granite tile* dapat memenuhi grafik gradasi gabungan campuran AC-WC (Bina Marga 2010 Revisi 3).
4. Perlu dilakukan penelitian dengan penggunaan rekayasa Abu Batu dari jenis lainnya dalam perencanaan perkerasan AC-WC.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, H (2011). Karakteristik Campuran *Asphalt Concrete–Wearing Course* (AC-WC) Dengan Penggunaan Abu Vulkanik Dan Abu Batu Sebagai *Filler*. Jurnal Rekayasa, Vol. 15, No. 1.
- Arif, M. S. 2013. Penggunaan Bahan Pengisi (*filler*) Serbuk Keramik, Ditinjau Dari Parameter Marshall Pada Lapis Aspal Beton (Laston). JURNAL REKAYASA SIPIL/ Vol 1 No 1, ISSN 2337-7720.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2010. Perkerasan Aspal, Revisi 3. Direktorat Jendral Bina Marga.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2018. Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan, Revisi 1. Direktorat Jendral Bina Marga.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2020. Penentuan Porsentasi Komposisi dan Fraksi Agregat Untuk Gradasi Campuran AC-WC (*Asphalt Concrete–Wearing Course*) dengan Aplikasi Microsoft Excel. Direktorat Jendral Bina Marga.
- Fasdarsyah, Mukhlis dan Sulaiman. 2014. “Pengaruh Penambahan *Filler* Granit Dan Keramik Pada Campuran Laston AC-WC Terhadap Karakteristik Uji Marshall”. Jurnal Teras, Vol. 4, No. 1. ISSN: 2088-0561.
- Hadi.P.L dan Santosa.W. 2020. “Kajian Perubahan Manual Supervisi Jalan Dengan Spesifikasi Umum 2018 Bina Marga”. Jurnal Transportasi Vol.19 No.3.

Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya. 2017. Buku Panduan Praktikum Aspal / Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau, Pekanbaru.

Munggarani.N.A. dan Wibowo.A. 2017. “Kajian Faktor-Faktor Penyebab Kerusakan Dini Perkerasan Jalan Lentur Dan Pengaruhnya Terhadap Biaya Penanganan”. Jurnal Infrastruktur, vol.3 no.01.

Nurhakim, A. 2019. Perbandingan Dua Jenis Agregat Daerah Yang Berbeda Terhadap Karakteristik Marshall Pada Aspal Porus. Jurnal Teknik Sipil, Universitas Islam Riau.

Perdana, T. I. 2016. Perbandingan Penggunaan Pasir Silika Rumat Utara Dengan Pasir Kampar Terhadap Karakteristik Marshall Pada Lapisan AC-WC. Jurnal Teknik Sipil, Universitas Islam Riau.

Pohan, S. A. 2019. Pengaruh Penambahan Abu Arang Kayu Pada Aspal Porus Terhadap Perkerasan Jalan. Jurnal Teknik Sipil, Universitas Islam Riau.

Standar Nasional Indonesia. Metode Pengujian Tentang Analisa Saringan Agregat Halus Dan Kasar. SNI 03-1968-1990.

Standar Nasional Indonesia. Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar. SNI 1969:2008.

Standar Nasional Indonesia. Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus. SNI 1970:2008

Standar Nasional Indonesia. Cara Uji Berat Jenis Aspal Keras. SNI 2441:2011.

Standar Nasional Indonesia. Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall. SNI 06-2489-1991.

Soehartono, 2015. Teknologi Aspal dan Penggunaannya dalam Konstruksi Perkerasan Jalan. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET.

Sukirman, Silvia. 1993. Perkerasan Lentur Jalan Raya. Bandung: Nova.

Sukirman, Silvia. 2003. Beton Aspal Campuran Panas. Jakarta: Granit, Yayasan Obor Indonesia.

Supriadi.T., S. A. “Perkerasan Campuran Aspal AC-WC Terhadap Sifat Penuan Aspal”. Jurnal Teknik Sipil FT.UNTAN.

Tahir, A. 2009. “Karakteristik Campuran Beton Aspal (AC-WC) Dengan Menggunakan Variasi Kadar *Filler* Abu Terbang Batu Bara”. Jurnal SMARTek, Vol. 7, No. 4.

Wakkang.H, Fadli. F dan Ramdiana. 2021. “Pengaruh Penambahan Limbah Keramik Sebagai *Filler* Pada Lapisan Perkerasan Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)”. Jurnal Karajata Engineering, Vol.1 No.1.

Wardana.H.W., Marhadi.P., dan Risdianto.Y., 2020. “Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Dalam Campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) Dengan Limbah Beton Sebagai Penganti Agregat”. Jurnal Teknik Sipil, FT. Universitas Negeri Surabaya.

Wiyono, S. (2018). Perancangan Perkerasan Jalan, TS.5512. SMT V. Pekanbaru.