

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN PENGGUNAAN AGREGAT KASAR
BERBAGAI BENTUK PADA CAMPURAN ASPAL PANAS
(HOTMIX)**



DI SUSUN OLEH :

MISBAHUDDIN

45 16 041 046

JURUSAN SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

2022



LEMBAR PENGAJUAN SEMINAR TUTUP
TUGAS AKHIR

Judul : **“PERBANDINGAN PENGGUNAAN AGREGAT KASAR
BERBAGAI BENTUK PADA CAMPURAN ASPAL PANAS
(HOTMIX) “.**

Disusun dan diajukan oleh :

N a m a : **MISBAHUDDIN**

No.Stambuk : **45 16 041 046**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil / Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar

Telah disetujui oleh Komisi Pembimbing :

Pembimbing I : **Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT** (.....)

Pembimbing II : **Ir. Tamrin Mallawangeng, MT** (.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ridwan, S.T., M.Si
NIDN.00-101271-01

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil



Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT.
NIDN.00-010565-02



LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No. A. 110/FT/UNIBOS/1/2022, Tanggal 21 Januari 2022, Perihal Pengangkatan Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Rabu / 26 Januari 2022
N a m a : MISBAHUDDIN
No.Stambuk : 45 16 041 046
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : “PERBANDINGAN PENGGUNAAN AGREGAT KASAR BERBAGAI BENTUK PADA CAMPURAN ASPAL PANAS (HOTMIX)”

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Ujian Sarjana Strata Satu (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Tim Penguji Ujian Akhir

Ketua / Ex Officio : Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT (.....
Sekretaris / Ex Officio: Ir. Tamrin Mallawangeng, MT (.....
Anggota : Dr. Ir. Ahmad Yauri Yunus, ST. MT (.....
: Ir. Nurhadijah Yunianti, ST. MT (.....

Makassar, Februari 2022

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik
Dr. Ridwan, S.T., M.Si.
NIDN.09-101271-01

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil
Dr. H. Rumpang Yusuf, MT
NIDN.09-011265-02

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : MISBAHUDDIN

Nomor Stambuk : 45 16 041 046

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Tugas Akhir : "PERBANDINGAN PENGGUNAAN AGREGAT KASAR
BERBAGAI BENTUK PADA CAMPURAN ASPAL PANAS
(HOTMIX)"

mengatakan dengan sebenarnya bahwa

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, megalihmediakan / mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkannya untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Jurusa Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 7 Februari 2022

Yang membuat pernyataan



(MISBAHUDDIN)

45 16 041 046

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat, kasih karunia yang berlimpah sehingga Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul ***“Perbandingan Penggunaan Agregat Kasar Berbagai Bentuk Pada Campuran Aspal Panas (Hotmix)”***. Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan di Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan Universitas Bosowa. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan – bantuan pihak lain dalam memberi bantuan dan bimbingan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan Tugas akhir. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Allah SWT tempat meminta dan memohon pertolongan.
2. Orang tua, kakak dan adik saya yang telah memberikan dukungan moral dan materi yang tidak terhitung jumlahnya, sehingga Tugas akhir ini dapat rampung seperti saat ini.
3. Bapak Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT Selaku Ketua kelompok dosen Bidang Kajian transportasi dan juga Sebagai Dosen Pembimbing I saya, yang sudah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing

dan mengarahkan saya sehingga terselesainya penyusunan Tugas akhir ini.

4. Bapak Ir. Tamrin Mallawangeng, MT. Selaku Dosen Pembimbing II saya, yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan saya sehingga terselesainya penyusunan Tugas akhir ini.
5. Bapak Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT. Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Bosowa.
6. Ibu Marlina Alwi, ST yang telah membimbing dan mengarahkan saya selama melakukan penelitian di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa.
7. Seluruh jajaran Dosen dan Staf Teknik Sipil Universitas Bosowa
8. Teman – Teman Seangkatan Teknik Sipil Universitas Bosowa 2016 yang telah banyak bertukar pikiran, cerita, saran, dan semangat kepada saya selama hampir 5 Tahun, Semogah kalian juga cepat menyusul.
9. Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah membantu dan memberikan dukungan selama penyusunan Tugas akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa pada penulisan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan, oleh sebab itu penulis mohon maaf dan mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak.

Semoga penulisan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun rekan-rekan mahasiswa lainnya dimasa yang akan datang dan semoga segala bantuan dari semua pihak dapat bernilai ibadah disisi Tuhan Yang Maha Esa, Amin.

Makassar, 7 Februari 2022

Misbahuddin



PERBANDINGAN PENGGUNAAN AGREGAT KASAR BERBAGAI BENTUK PADA CAMPURAN ASPAL PANAS (HOTMIX)

Oleh : Misbahuddin¹⁾, Abdul Rahim Nurdin²⁾, Tamrin Mallawangeng³⁾
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa Makassar

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran aspal dengan menggunakan perbandingan material agregat bulat, lonjong, pipih, dan kubikal, melalui pengujian marshall dan untuk mengetahui pengaruh penggunaan berbagai bentuk agregat (bulat, lonjong, pipih, dan kubikal), pada campuran aspal panas terhadap sifat campuran. Penelitian ini meliputi pengujian karakteristik agregat dan marshall yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar. Agregat yang digunakan yaitu batu bulat 20%, lonjong 20%, pipih 20%, dan kubikal 20%. Dari hasil pengujian marshall test, agregat kubikal memiliki nilai yang terbaik, dimana nilai stabilitas = 1362.79 kg, dan flow = 3.22 mm. Setelah kubikal yaitu agregat lonjong, stabilitas = 1322.56 kg dan flow = 3.48 mm, kemudian agregat pipih, stabilitas = 1267.25 kg, flow = 3.73 mm, dan agregat bulat memiliki nilai yang paling rendah, stabilitas = 1232.04 kg, flow = 3.79 mm, akan tetapi masih dalam batas spesifikasi. Penggunaan agregat kubikal, bulat, pipih, dan lonjong, sangat berpengaruh terhadap sifat campuran. Agregat kubikal memiliki kemampuan untuk menahan beban tanpa mengalami perubahan bentuk, yang lebih baik dibandingkan dengan agregat lonjong, pipih, dan bulat.

Kata kunci : Aspal minyak, Abu batu, kubikal, pipih, bulat, lonjong, AC-WC

ABSTRACT

This study aims to determine the characteristics of the asphalt mixture by using the ratio of round, oval, flat, and cubical aggregates, through marshall testing and to determine the effect of using various forms of aggregate (round, oval, flat, and cubical), on hot asphalt mixtures to mixed nature. This research includes testing the characteristics of aggregates and marshalls conducted at the Civil Engineering Laboratory, University of Bosowa Makassar. The aggregates used are 20% round stone, 20% oval, 20% flat, and 20% cubic. From the results of the Marshall test, cubical aggregate has the best value, where the stability value = 1362.79 kg, and flow = 3.22 mm. After cubical, namely oval aggregate, stability = 1322.56 kg and flow = 3.48 mm, then flat aggregate, stability = 1267.25 kg, flow = 3.73 mm, and round aggregate has the lowest value, stability = 1232.04 kg, flow = 3.79 mm, will but still within specifications. The use of cubical, round, flat, and oval aggregates greatly influences the properties of the mixture. Cubic aggregates have the ability to withstand loads without deforming, which is better than oval, flat, and round aggregates.

Keywords : Oil asphalt, rock ash, cubical, flat, round, oval, AC-WC

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGAJUAN SEMINAR TUTUP.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR NOTASI	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan masalah	I-4
1.3 Tujuan dan manfaat penelitian	
1.3.1 Tujuan penelitian.....	I-5
1.3.2 Manfaat penelitian.....	I-5
1.4 Pokok bahasan dan batasan masalah	
1.4.1 Pokok bahasan.....	I-6
1.4.2 Batasan masalah.....	I-6
1.5 Sistematika Penulisan.....	I-7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Perkerasan Jalan.....	II-1

2.1.1	Perkerasan lentur dan kaku.....	II-2
2.1.2	Sruktur perkerasan jalan	II-5
2.1.3	Fungsi perkerasan.....	II-5
2.2	Aspal.....	II-7
2.2.1	Suhu dan viskositas aspal	II-8
2.2.2	Sifat sifat aspal	II-9
2.2.3	Sifat kimiawi aspal	II-10
2.2.4	Tes standar bahan aspal.....	II-12
2.2.5	Fungsi aspal.....	II-16
2.3	Campuran aspal panas	II-17
2.4	Aspal minyak	II-19
2.4.1	Aspal dingin/cair	II-19
2.5	Aspal Beton (Laston).....	II-20
2.5.1	Karakteristik campuran aspal beton	II-22
2.6	Agregat.....	II-24
2.6.1	Klasifikasi agregat berdasarkan asalnya	II-28
2.6.2	Sifat sifat fisik agregat	II-30
2.6.3	Gradasi Agregat	II-35
2.7	Bahan pengisi (Filler).....	II-38
2.8	Marshall test	II-39
2.8.1.	Stabilitas	II-40
2.8.2.	Kelelehan.....	II-42
2.8.3.	Kerapatan.....	II-43

2.8.4. VIM	II-44
2.8.5. VFA	II-46
2.8.6. VMA.....	II-47
2.8.7. Marshall Quotient	II-48

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Bagan alur penelitian	III-1
3.2 Lokasi material.....	III-3
3.3 Lokasi penelitian	III-3
3.4 Waktu pelaksanaan.....	III-3
3.5 Persiapan peralatan dan pengambilan sampel	III-3
3.5.1. Pemeriksaan analisa saringan agregat kasar	III-3
3.5.2. Pemeriksaan analisa saringan agregat halus	III-4
3.5.3. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar ..	III-5
3.5.4. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus..	III-7
3.5.5 Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar	III-9
3.5.6 Pemeriksaan Abrasi.....	III-10
3.5.7 Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus.....	III-12
3.6 Pemeriksaan aspal	
3.6.1 Pemeriksaan berat jenis aspal.....	III-13
3.6.2 Pemeriksaan daktilitas.....	III-15
3.6.3 Pemeriksaan Penetrasi Aspal.....	III-16
3.6.4 Pemeriksaan Viskositas.....	III-18
3.6.5 Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar.....	III-19

3.6.6 Pemeriksaan titik lembek aspal.....	III-20
3.7 Pemeriksaan kepipihan dan kelonjongan agregat.....	III-21
3.8 Penentuan dan persiapan benda uji.....	III-22
3.8.1 Perancangan agregat gabungan.....	III-23
3.8.2 Pembuatan benda uji.....	III-25
3.8.3 Pengetesan benda uji dengan alat marshall.....	III-26

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Penyajian Data.....	IV-1
4.1.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat.....	IV-1
4.1.2. Hasil pemeriksaan karakteristik Aspal Minyak.....	IV-4
4.1.3. Analisa Rancangan Campuran.....	IV-4
4.2. Pembuatan Benda Uji Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum	
4.2.1. Perkiraan Kadar Aspal Optimum Rencana (Pb).....	IV-7
4.2.2. Penentuan Berat Agregat dan Aspal dalam campuran.....	IV-8
4.2.3. Perhitungan berat jenis dan penyerapan campuran.....	IV-9
4.3. Data Uji Marshall Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum...	IV-10
4.4. Pembuatan Benda Uji	
4.4.1. Perhitungan Berat Agregat Dan Berat Aspal	
Menggunakan Kadar Aspal Optimum.....	IV-15
4.4.2. Data Hasil Uji Dengan Alat Marshall Yang Diperoleh	
Dengan Menggunakan Kadar Aspal Optimum.....	IV-17
4.5. Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS.....	IV-49

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan..... V-1

5.2. Saran..... V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku ..	II-3
Tabel 2.2 Kelebihan dan kekurangan perkerasan lentur dan kaku	II-3
Tabel 2.3 Ketentuan viskositas dan temperature aspal	II-9
Tabel 2.4 Pengujian aspal keras.....	II-15
Tabel 2.5 Ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas (ac).....	II-21
Tabel 2.6 Ketentuan agregat kasar.....	II-26
Tabel 2.7 Ketentuan agregat halus	II-27
Tabel 2.8 Gradasi agregat untuk campuran aspal.....	II-38
Tabel 3.1 Perhitungan benda uji.....	III-14
Tabel 4.1 Pemeriksaan analisa saringan.....	IV-1
Tabel 4.2 Hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar.....	IV-2
Tabel 4.3 Hasil pemeriksaan berat jenis abu batu.....	IV-3
Tabel 4.4 Hasil pemeriksaan aspal penetrasi.....	IV-4
Tabel 4.5 Rancangan campuran aspal panas ac-wc.....	IV-6
Tabel 4.6 Komposisi campuran ac-wc.....	IV-8
Tabel 4.7 Berat aspal pada campuran aspal panas ac-wc standar.....	IV-8
Tabel 4.8 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat.....	IV-9
Tabel 4.9 Hasil sifat campuran untuk mendapatkan KAO.....	IV-10
Tabel 4.10 Komposisi campuran agregat kubikal 20%.....	IV-16
Tabel 4.11 Komposisi campuran agregat lonjong 20%.....	IV-16
Tabel 4.12 Komposisi campuran agregat pipih 20%.....	IV-16
Tabel 4.13 Komposisi Campuran agregat bulat 20%.....	IV-16

Tabel 4.14 Hasil uji marshall KAO.....	IV-17
Tabel 4.15 Hasil uji marshall perbandingan bentuk agregat.....	IV-40
Tabel 4.16 Hubungan KAO dengan nilai IKS.....	IV-50



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Agregat Bulat	II-32
Gambar 2.2 Agregat Kubikal.....	II-32
Gambar 2.3 Agregat Lonjong.....	II-33
Gambar 2.4 Agregat Pipih	II-33
Gambar 3.1 Diagram alur penelitian.....	III-1
Gambar 4.1 Grafik gradasi penggabungan agregat AC-WC.....	IV-7
Gambar 4.2.1 Grafik kerapatan hasil uji marshall.....	IV-10
Gambar 4.2.2 Grafik stabilitas hasil uji marshall	IV-11
Gambar 4.2.3 Grafik flow hasil uji marshall.....	IV-11
Gambar 4.2.4 Grafik VIM hasil uji marshall.....	IV-12
Gambar 4.2.5 Grafik marshall quotient hasil uji marshall.....	IV-12
Gambar 4.2.6 Grafik VFB hasil uji marshall	IV-13
Gambar 4.2.7 Grafik VMA hasil uji marshall	V-13
Gambar 4.3 Diagram penentuan kadar aspal optimum	IV-14
Gambar 4.4 Grafik kerapatan.....	IV-41
Gambar 4.5 Grafik stabilitas	IV-42
Gambar 4.6 Grafik pelelehan (flow)	IV-43
Gambar 4.7 Grafik marshall quotient	IV-44
Gambar 4.8 Grafik VIM	IV-46
Gambar 4.9 Grafik VFB	IV-47
Gambar 4.10 Grafik VMA.....	IV-49

DAFTAR NOTASI

<i>a</i>	<i>= Persentase aspal terhadap batuan</i>
<i>ASTM</i>	<i>= America Standard Testing and Material</i>
<i>AASHTO</i>	<i>= American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
<i>AC</i>	<i>= Aspal Concrete</i>
<i>AC-WC</i>	<i>= Asphalt Concrete Wearing Course</i>
<i>AC – BC</i>	<i>= Asphalt Concrete Base Course</i>
<i>Al₂O₃</i>	<i>= Aluminum Oxide (aluminium oksida)</i>
<i>b</i>	<i>= Persentase aspal terhadap campuran</i>
<i>B-0</i>	<i>= blinding concrete/beton lantai kerja</i>
<i>c</i>	<i>= Berat kering / sebelum direndam (gram)</i>
<i>CA</i>	<i>= Agregat kasar</i>
<i>cm</i>	<i>= Centimeter</i>
<i>CaO</i>	<i>= Calcium Oxide (kalsium oksida/ batu kapur)</i>
<i>d</i>	<i>= Berat benda uji jenuh air (gr)</i>
<i>e</i>	<i>= Berat benda uji dalam air (gr)</i>
<i>F</i>	<i>= flow</i>
<i>f</i>	<i>= Volume benda uji (cc)</i>
<i>Fe₂O₃</i>	<i>= Iron Oxide (besi oksida)</i>
<i>FA</i>	<i>= Agregat halus</i>
<i>g</i>	<i>= Nilai kepadatan (gr/cc)</i>
<i>g</i>	<i>= Persen rongga terisi aspal</i>

gr	= Gram
HRS	= Hot Rolled Sheet
i dan j	= Rumus Substitusi
K ₂ O	= Potassium Oxide (potasium oksida)
LPA	= Lapisan Pondasi Atas
LPB	= Lapisan Pondasi Bawah
MQ	= Nilai Marshall Quotient (kg/mm)
MgO	= Magnesium Oxide (magnesium oksida)
MC	= Medium Curing cut back
Na ₂ O	= Sodium Oxide (soda abu)
ODOL	= Over Dimension Over load
P	= Pembacaan Arloji Stabilitas x Kalibrasi Alat
PB	= Perkiraan Karas Aspla Optimum
q	= Angka Koreksi Benda Uji
RC	= Rapid Curing cat back
S	= Nilai Stabilitas
SS	= Sand Sheet
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SMA	= Split Mastic Asphalt
SC	= Slow Curing Cat Back
SiO ₂	= Silica (silika)
SO ₃	= Sulfur Trioxide (belerang trioksida)
SSD	= Saturated Surface Dry

TD	= <i>Lapisan Tanah Dasar</i>
USA	= <i>United States of America</i>
VIM	= <i>Void In The Mix</i>
VFB	= <i>Void Filled With Bitumen</i>
VMA	= <i>Void In Mineral Agregate</i>
°C	= <i>Derajat Celcius</i>



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan volume lalu lintas yang meningkat memberikan dampak terhadap permintaan akan pembangunan struktur perkerasan jalan dan penggunaan material yang digunakan. Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman.

Campuran beton lapis aus (AC-WC) difungsikan menahan beban maksimum akibat beban lalu lintas, sehingga diperlukan suatu campuran yang memiliki kekuatan yang cukup. Untuk mendapatkan campuran AC-WC yang memenuhi mutu yang diharapkan, maka diperlukan suatu pengetahuan tentang sifat, pengadaan, dan pengolahan bahan yang diperlukan. Secara umum bahan perkerasan campuran AC-WC terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (filler) dan aspal. Agregat kasar yang digunakan berupa batu pecah dengan spesifikasi tertentu yang merupakan hasil dari mesin pemecah batu (stone crusher). Agregat halus terdiri dari pasir atau pengayakan batu pecah yang memenuhi spesifikasi sebagai bahan campuran AC-WC.

Pemilihan material perkerasan jalan yang tepat sesuai dengan karakteristik daerah adalah hal penting dalam pencapaian konsistensi

kualitas perkerasan jalan sesuai dengan umur jalan yang direncanakan. Pada perkerasan lentur dengan lapisan permukaan aspal beton, salah satu material yang berperan penting adalah agregat. Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun bahan buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen (Sukirman, 2003).

Agregat memiliki beberapa peranan penting pada campuran aspal beton diantaranya sebagai penyumbang kekuatan struktural terbesar pada campuran, mengurangi susut perkerasan, dan mempengaruhi kualitas perkerasan. Berdasarkan proses pengolahannya, agregat digolongkan menjadi dua jenis yaitu agregat alam dan agregat buatan. Pada umumnya, konstruksi perkerasan lentur di Indonesia menggunakan agregat buatan atau batu pecah yang dihasilkan melalui industri pemecah batu yang memiliki permukaan kasar dan bersudut sehingga memiliki daya lekat yang sangat baik terhadap aspal. Selain itu, rongga antar agregat yang terjadi relatif lebih kecil sehingga dapat membentuk ikatan yang baik antar agregat. Kelebihan yang dimiliki oleh agregat buatan jika dibandingkan dengan agregat alami, maka penggunaan agregat buatan pada campuran aspal beton merupakan langkah tepat untuk memperoleh kondisi lapisan perkerasan yang baik. Namun dibutuhkan sumber daya yang sangat tinggi untuk mewujudkan penggunaan agregat buatan sebagai material pada campuran aspal beton secara utuh. Hal ini disebabkan karena biaya yang besar dalam proses pengolahan dan

pengangkutan ke lokasi proyek. Disamping itu, terkadang ditemukan agregat alam yang masih mempunyai permukaan yang tidak rata (bulat) atau masih seperti bentuk semula dan memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai material agregat pada perkerasan (Syahputra, 2013).

Agregat alami merupakan agregat yang berbentuk bulat dan memiliki permukaan yang relatif lebih licin dibandingkan dengan agregat buatan karena agregat ini mengalami pengikisan oleh air. Agregat ini juga memiliki daya lekat yang kurang baik terhadap aspal karena memiliki permukaan yang cenderung lebih halus dan licin. Selain itu, rongga yang dihasilkan oleh agregat ini sangatlah besar karena memiliki bentuk yang relatif bulat dan tidak memiliki sudut seperti agregat buatan. Oleh karena itu agregat ini tidak layak dijadikan sebagai material perkerasan pada campuran aspal beton. Namun realita yang sering terjadi dilapangan, masih dapat dijumpai agregat alami digunakan sebagai material perkerasan. Misalnya untuk proyek-proyek yang tidak dikelola oleh pemerintah, yang pelaksanaanya tidak membutuhkan pengawasan yang ketat, sehingga dengan pertimbangan ini, maka penulis merasa perlu menguji dan menganalisis pengaruh keberadaan agregat alami dalam campuran aspal beton sehingga diperoleh acuan yang toleran mengenai kadar pemanfaatan agregat alami dalam material perkerasan agar tujuan utama untuk mewujudkan lapisan perkerasan dengan karakteristik yang mantap dapat tetap tercapai.

Berdasarkan bentuknya, partikel atau butir agregat yang di pakai pada penelitian ini yaitu agregat berbentuk bulat, lonjong, pipih, dan kubikal. Agregat berbentuk bulat yang ditemui disungai pada umumnya telah mengalami erosi, sehingga berbentuk bulat (rounded) dan licin. Bidang kontak antar agregat berbentuk bulat sangat sempit, hanya berupa titik singgung sehingga menghasilkan penguncian antar agregat yang tidak baik. Agregat berbentuk kubikal pada umumnya merupakan hasil pemecah batu massif atau hasil mesin pemecah batu. Bidang kontak agregat ini luas, sehingga mempunyai daya saling mengunci yang baik. Agregat berbentuk lonjong (elongated) dapat ditemukan di sungai atau bekas andapan di sungai. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya lebih dari 1,8 kali diameter rata-rata. Agregat berbentuk pipih (flacky) Merupakan hasil dari mesin pemecah batu dan biasanya agregat ini memang cenderung pecah dengan bentuk pipih. Memiliki ketebalan lebih tipis dari 0,6 diameter rata-rata. Atas dasar itulah, maka penulis melakukan penelitian mengenai perbandingan penggunaan agregat kasar berbagai bentuk (bulat, lonjong, pipih, kubikal) sebagai material perkerasan pada campuran aspal panas (Hotmix).

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana karakteristik campuran aspal AC-WC dengan menggunakan material agregat bulat, lonjong, pipih, dan kubikal pada pengujian marshall.

2. Bagaimana pengaruh penggunaan berbagai bentuk agregat bulat, lonjong, pipih, dan kubikal pada campuran aspal panas (hotmix), terhadap sifat campuran.

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan dan manfaat dari penelitian ini adalah :

1.3.1 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui karakteristik campuran aspal dengan menggunakan material agregat bulat, lonjong, pipih, dan kubikal, melalui pengujian marshall.
2. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan berbagai bentuk agregat (bulat, lonjong, pipih, dan kubikal), pada campuran aspal panas terhadap sifat campuran .

1.3.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan ini adalah memberikan informasi tentang penggunaan agregat batu bulat, pipih, lonjong, dan kubikal serta dapat menjadi acuan bagi pihak perencana dan pelaksana konstruksi khususnya konstruksi jalan raya dalam menentukan material perkerasan yang dapat menghasilkan efisiensi dan kualitas perkerasan jalan raya yang optimal.

1.4. Pokok Bahasan dan Batasan Masalah

Pokok Bahasan dan Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1.4.1 Pokok Bahasan

1. Melakukan penelitian terhadap perbandingan berbagai bentuk agregat pada campuran aspal panas.
2. Melakukan pengujian yang meliputi pengujian perendaman dan pengujian marshall.
3. Melakukan analisa hasil pengujian.

1.4.2 Batasan Masalah

1. Tipe campuran yang digunakan adalah Laston (AC-WC) *Asphalt Concrete-Waering Course* gradasi halus Spesifikasi Bina Marga 2018.
2. Permasalahan yang diamati adalah Karakteristik Marshall.
3. Agregat yang digunakan yaitu batu bulat 20%, lonjong 20%, pipih 20%, dan kubikal 20%.
4. Aspal yang digunakan adalah aspal minyak dengan penetrasi 60/70
5. Pengujian material yang dilakukan mengacu pada standar SNI
6. Material yang di gunakan di ambil dari Bili-Bili, Kab. Gowa, Makassar
7. Pengujian dilakukan dengan Metode Marshall
8. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1.5.1. Bab I Pendahuluan

Berisi latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan penulisan, ruang lingkup penulisan, batasan masalah, dan sistematika penulisan

1.5.2. Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini membahas teori-teori serta rumus-rumus yang digunakan untuk menunjang penelitian yang diperoleh dari berbagai sumber.

1.5.3. Bab III Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian untuk data-data yang dibutuhkan dalam proses pengolahan data.

1.5.4. Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang pelaksanaan penelitian mencakup hasil pengumpulan data, pengolahan data, analisis, dan pembahasan data yang diperoleh dari teori yang ada.

1.5.5. Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dan saran mengenai tugas akhir ini. Pada akhir penulisan akan dilampirkan daftar pustaka dan lampiran yang berisi data-data penunjang dalam proses pengolahan data.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah segala jenis material konstruksi yang di hampar dan dipadatkan diatas tanah dasar. Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas diatasnya ke tanah dasar secara aman. Lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Silvia Sukirman, 2003 dalam skripsi Serli Carlina 2013).

Agar dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan, dimana hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni:

1. Daya dukung tanah dasar
2. Beban lalu lintas
3. Keadaan lingkungan di sekitar
4. Masa pelayanan atau umur rencana
5. Karakteristik material pembentuk perkerasan jalan disekitar lokasi,

6. Pengawasan pelaksanaan pekerjaan jalan sesuai prosedur pengawasan yang ada,
7. Pemeliharaan jalan selama masa pelayanan perlu dilakukan secara periodik sehingga umur rencana dapat tercapai.

2.1.1. Perkerasan lentur dan kaku

Mengadopsi model makadam dengan bahan penutup (*surfacing*) dari campuran aspal agregat. Bahan konstruksi perkerasan lentur terdiri atas : bahan ikat (aspal, tanah liat) dan batu. Perkerasan ini umumnya terdiri atas tiga lapis yaitu lapisan tanah dasar (*subgrade*), lapisan pondasi bawah (*sub-base*), lapis pondasi (*base*) dan lapisan penutup (*surface*). Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya.

Digunakannya pelat beton diatas lapisan agregat, diatas pelat beton tersebut dapat dilapisi aspal agregat atau aspal pasir yang tipis atau tidak. ada lapisan sama sekali. Bagian dari perkerasan kaku terdiri dari : tanah dasar (*subgrade*), lapisan pondasi bawah (*sub-base*), lapisan beton B-0 (*blinding concrete/beton lantai kerja*), lapisan pelat beton (*concrete slab*), dan lapisan aspal agregat/aspal pasir yang bisa ada bisa tidak. (Didik Purwadi, 2008).

Tabel 2.1 Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku

No		Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1.	Bahan Pengikat	Aspal	Semen
2.	Repetisi Beban	Timbul <i>rutting</i> (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 temperature	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam kecil.	Modulus kekakuan tidak berubah timbul tegangan dalam yang besar.

Sumber : Sukirman, S., (1992)

Tabel 2.2. Kelebihan dan kekurangan perkerasan lentur dan kaku

No	Perkerasan kaku	Perkerasan Lentur
1.	Kebanyakan digunakan hanya pada jalan kelas tinggi pada	Dapat digunakan untuk semua tingkat
2.	Job mix lebih mudah dikendalikan kualitasnya. Modulus Elastisitas antara lapis	Kendali kualitas untuk job mix lebih rumit. (-)
3.	Dapat lebih bertahan terhadap kondisi	Sulit bertahan terhadap kondisi drainase
4.	Umur rencana dapat mencapai 20 tahun.	Umur rencana relative pendek 5 – 10
5.	Jika terjadi kerusakan maka kerusakan tersebut cepat dan dalam waktu singkat. (-)	Kerusakan tidak merambat ke bagian konstruksi yang lain, kecuali jika perkerasan

No	Perkerasan kaku	Perkerasan Lentur
6.	Indeks pelayanan tetap baik hampir selama umur rencana, terutama jika transverse joint dikerjakan dan dipelihara dengan baik. (+)	Indeks pelayanan yang terbaik hanya pada saat selesai pelaksanaan konstruksi, setelah itu berkurang seiring dengan waktu dan frekuensi beban lalu lintasnya. (-)
7.	Pada umumnya biaya awal konstruksi tinggi. Tetapi biaya awal hampir sama untuk jenis	Pada umumnya biaya awal konstruksi rendah, terutama untuk jalan lokal dengan
8.	Biaya pemeliharaan relatif tidak ada. (+)	Biaya pemeliharaan yang dikeluarkan, mencapai lebih kurang dua kali lebih besar dari pada perkerasan kaku. (-)
9.	Agak sulit untuk menetapkan saat yang tepat untuk melakukan pelapisan ulang. (-)	Pelapisan ulang dapat dilaksanakan pada semua tingkat ketebalan perkerasan yang diperlukan, dan lebih mudah
10.	Kekuatan konstruksi perkerasan kaku lebih ditentukan oleh kekuatan pelat beton sendiri (tanah dasar tidak begitu menentukan) . (+)	Kekuatan konstruksi perkerasan lentur ditentukan oleh tebal setiap lapisan dan daya dukung tanah dasar. (-)
11.	Tebal konstruksi perkerasan kaku adalah tebal pelat beton tidak termasuk pondasi. (-)	Tebal konstruksi perkerasan lentur adalah tebal seluruh lapisan yang ada diatas tanah dasar. (+)
12.	Bila dibebani praktis tdk melentur (kecil) .(-)	Bila dibebani melentur. Beban hilang, lenturan kembali. (+)

(Sumber, dikutip dari <http://bebas-unik.blogspot.co.id/2014/11/perkerasan-jalan.html>)

2.1.2. Struktur Perkerasan jalan

Pada umumnya, perkerasan jalan terdiri dari beberapa jenis lapisan perkerasan yang tersusun dari bawah ke atas, sebagai berikut : (sumber : www.ilmutekniksipil.com)

1. Lapisan Permukaan (*surface course*)
2. Lapisan Pondasi atas (*base course*)
3. Lapisan Pondasi bawah (*subbase course*)
4. Lapisan Panah dasar (*subgrade*)

Karena sifat penyebaran gaya maka muatan yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin kebawah semakin kecil. Lapisan permukaan harus mampu menerima seluruh jenis gaya yang bekerja. Lapis pondasi atas menerima gaya vertikal dan getaran, sedangkan tanah dasar dianggap hanya menerima gaya vertikal saja. Oleh karena itu terdapat perbedaan syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh masing-masing lapisan.

2.1.3. Fungsi perkerasan

Adapun fungsi dari lapis perkerasan yaitu :

1. Lapis permukaan adalah lapisan yang terletak pada bagian paling atas dari struktur perkerasan konstruksi jalan dan berfungsi sebagai:
 - a. Lapisan perkerasan yang ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal maupun beban horizontal (gaya geser).
 - b. Lapisan kedap air, mencegah masuknya air ke dalam lapisan

perkerasan yang ada di bawahnya.

- c. Lapisan perkerasan menyediakan permukaan yang tetap rata, agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan yang cukup.
- d. Lapisan aus (*wearing course*), lapisan yang langsung akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.

2. Lapis Pondasi Atas (LPA) atau *Base Course*

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

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

3. Lapis Pondasi Bawah (LPB) atau *SubbaseCourse*

Lapis Pondasi Bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar. Fungsi lapis ini adalah :

- a. Penyebar beban roda.
- b. Lapis peresapan.
- c. Lapis pencegah masuknya tanah dasar ke lapis pondasi.
- d. Lapis pertama pada pembuatan perkerasan.

4. Lapisan Tanah Dasar (TD) atau *Subgrade*

Tanah dasar (*subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan

merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

2.2. Aspal

Aspal adalah suatu bahan bentuk padat atau setengah padat berwarna hitam sampai coklat gelap, bersifat perekat (cementious) yang akan melembek dan meleleh bila dipanasi. Aspal tersusun terutama dari sebagian besar bitumen yang kesemuanya terdapat dalam bentuk padat atau setengah padat dari alam atau hasil pemurnian minyak bumi, atau merupakan campuran dari bahan bitumen dengan minyak bumi atau derivatnya (ASTM, 1994).

Aspal sebagai bahan pengikat yang digunakan pada perkerasan lentur. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan akibat limpasan atau air pasang air laut adalah dengan meningkatkan kualitas dan stabilitas perkerasan tersebut. Aspal memiliki sifat Thermoplastis, yaitu konsistensinya atau viskositasnya akan berubah sesuai dengan perubahan temperatur yang terjadi. Semakin tinggi temperatur aspal, maka viskositasnya akan semakin rendah. Aspal mempunyai sifat Thixotropy, yaitu jika dibiarkan tanpa mengalami tegangan regangan akan berakibat aspal menjadi mengeras sesuai dengan jalannya waktu. Semakin besar angka penetrasi aspal (semakin kecil tingkat konsistensi aspal) akan memberikan nilai modulus elastis aspal yang semakin kecil dalam tinjauan temperatur dan pembebanan yang sama. Terdapat bermacam – macam tingkat penetrasi aspal yang

dapat digunakan dalam campuran agregat aspal, antara lain 40/50, 60/70, 80/100. Umumnya aspal yang digunakan di Indonesia adalah aspal dengan penetrasi 80/100 dan penetrasi 60/70.

2.2.1. Suhu dan Viskositas Aspal

Suhu merupakan ukuran atau derajat panas atau dinginnya suatu benda atau sistem. Suhu didefinisikan sebagai suatu besaran fisika yang dimiliki bersama antara dua benda atau lebih yang berada dalam kesetimbangan termal. Suatu benda yang dalam keadaan panas dikatakan memiliki suhu yang tinggi, dan sebaliknya, suatu benda yang dalam keadaan dingin dikatakan memiliki suhu yang rendah. Perubahan suhu benda, baik menjadi lebih panas atau menjadi lebih dingin biasanya diikuti dengan perubahan bentuk atau wujudnya.

Aspal mempunyai kepekaan terhadap perubahan suhu / temperatur, karena aspal adalah material yang termoplastis. Aspal akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau cair bila temperatur bertambah. Setiap jenis aspal mempunyai kepekaan terhadap temperatur berbeda-beda, karena kepekaan tersebut dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspalnya, walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu. Aspal memiliki struktur molekul yang sangat kompleks dan memiliki ukuran yang bervariasi serta jenis ikatan kimia yang berbeda-beda. Semua jenis molekul berinteraksi satu dan yang lainnya dengan cara yang berbeda-beda, cara berinteraksi antar molekul ini mempengaruhi

tidak saja sifat kimia aspal tetapi juga fisik dari aspal tersebut. Perubahan molekul-molekul yang terdapat dalam aspal juga akan mempengaruhi sifat fisik aspal.

Tabel 2.3 Ketentuan Viskositas dan Temperatur aspal

NO	Prosedur Pelaksanaan	Viskositas aspal (Pa.s)	Perkiraan temperature aspal
			Tipe 1
1	Pencampuran benda uji Marshall	0,17±0,02	155±1
2	Pemadatan benda uji Marshall	0,28±0,03	145±1
3	Pencampuran, rentang temperature sasaran	0,2-0,5	145-155
4	Menuangkan campuran beraspal dari alat pencampur ke daalam truk	±0,5	135-150
5	Pemasokan ke alat penghampar	0,5-10	130-150
6	Pemadatan awal (roda baja)	1-2	125-145
7	Pemadatan antara (roda karet)	2-20	100-125
8	Pemadatan akhir (roda baja)	<20	>95

Sumber : Spesifikasi umum 2018

2.2.2. Sifat Sifat Aspal

Aspal sangat banyak digunakan untuk perkerasan jalan karena aspal dapat mengikat dan dapat mengisi rongga antar agregat

Sifat-sifat aspal adalah sebagai berikut (Sukirman, 1993)

a. Daya tahan (*durability*)

Daya tahan (*durability*) adalah kemampuan aspal menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan roda kendaraan.

b. Adhesi dan kohesi

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan.

c. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal adalah material yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah.

d. Kekerasan aspal

Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga agregat dilapisi aspal atau aspal panas disiramkan ke permukaan agregat yang telah disiapkan (pada proses pelaburan). Pada proses pemanasan inilah akan terjadi pengerasan. Peristiwa pengerasan akan mengakibatkan terjadinya proses perapuhan yang terus berlangsung setelah masa pelaksanaan selesai.

2.2.3. Sifat kimiawi aspal

Aspal terdiri dari senyawa hidrokarbon, nitrogen, dan logam lain, sesuai jenis minyak bumi dan proses pengolahannya. Mutu kimiawi aspal ditentukan dari komponen pembentuk aspal. Saat ini telah banyak metode yang digunakan untuk meneliti komponen-komponen pembentuk aspal.

Komponen fraksional pembentuk aspal dikelompokkan berdasarkan karakteristik reaksi yang sama.

Metode Rostler menentukan komponen fraksional aspal melalui daya larut aspal didalam aspal belerang (sulfuric acid) terdapat 2 komponen fraksional aspal berdasarkan daya reaksi kimiawinya didalam asam sulfuric acid, yaitu:

1. Aspalten

Aspalten adalah unsur kimia aspal yang padat yang tidak larut dalam n-penten. Aspalten berwarna coklat sampai hitam yang terdiri dari senyawa karbon dan hydrogen dengan perbandingan 1 : 1, dan kadang-kadang mengandung nitrogen, sulfur, dan oksigen. Molekul aspalten ini memiliki ukuran antara 5 – 30 nano meter. Besar kecilnya kandungan aspalten dalam aspal sangat mempengaruhi sifat rheologi aspal tersebut.

2. Malten

Malten adalah unsur kimia lainnya yang terdapat di dalam aspal selain aspalten. Unsur malten ini terbagi lagi menjadi tiga unsur yaitu:

a) Resin

Terdiri dari hidrogen dan karbon, dan sedikit mengandung oksigen, sulfur dan nitrogen. Resin memiliki ukuran antara 1 – 5 nano meter, berwarna coklat, berbentuk semi padat sampai padat, bersifat sangat polar dan memberikan sifat adesif pada aspal.

b) Aromatik

Aromatik adalah unsur pelarut aspalten yang paling dominan

didalam aspal. Aromatik berbentuk cairan kental yang berwarna coklat tua dan kandungannya dalam aspal berkisar 40% - 60% terhadap berat aspal. Aromatik terdiri dari rantai karbon bersifat non-polar yang didominasi oleh unsur tak jenuh (unsaturated) dan memiliki daya larut yang tinggi terhadap molekul hidrokarbon.

c) Saturated

Saturated adalah bagian dari molekul malten yang berupa minyak kental yang berwarna putih atau kekuning-kuningan dan bersifat non-polar. Saturated terdiri dari paraffin dan non-paraffin, kandungannya dalam aspal berkisar antara 5% - 20% terhadap berat aspal.

2.2.4. Tes Standar Bahan aspal

Aspal merupakan hasil dari produksi bahan-bahan alam, sehingga sifat-sifat aspal harus selalu diperiksa di laboratorium dan aspal yang memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan dapat digunakan sebagai bahan bahan pengikat perkerasan lentur.

a. Penetrasi

Penetrasi adalah masuknya jarum penetrasi ukuran tertentu, beban tertentu dan waktu tertentu kedalam aspal pada suhu tertentu. Pengujian penetrasi dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal. Berdasarkan nilai penetrasinya, semen aspal dibagi menjadi lima kelompok jenis aspal, yaitu aspal 40-50, aspal 60-70, aspal 80-100, aspal 120-150, dan aspal 200-300. Di Indonesia, aspal yang umum digunakan untuk perkerasan jalan adalah aspal pen 60/70 dan aspal pen 80/100.

b. Titik Lembek

Titik lembek adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan horisontal didalam larutan air atau gliserin yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek karena beban bola baja. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan suhu/angka titik lembek aspal yang berkisar antara 30°C sampai 200°C dengan cara ring dan ball. Hasil pengujian ini selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan kepekaan aspal terhadap suhu. Adapun hasil yang dilaporkan adalah temperatur setiap bola menyentuh pela dasar.

c. Titik Nyala

Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat kurang dari 5 detik pada suatu titik diatas permukaan aspal. Tujuan dari pengujian titik nyala aspal adalah untuk menentukan batas temperatur tertinggi dimana aspal mulai menyala sehingga menjaga keselamatan agar pada waktu pemanasan aspal tidak mudah terjadi kebakaran.

d. Daktilitas

Daktilitas aspal adalah nilai keelastisitasan aspal, yang diukur dari jarak terpanjang, apabila diantara dua cetakan berisi bitumen keras yang ditarik sebelum putus pada suhu 25°C dan dengan kecepatan 50 mm/menit (SNI 06-2432-1991). Jarak minimal benang aspal hasil tarikan adalah minimal 100 cm. Maksud pengujian ini adalah untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara 2 cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada temperatur dan kecepatan tarik tertentu.

Pengujian ini juga dilakukan untuk mengetahui bahan aspal mengandung bahan lain yang tidak menyatu dengan aspal, karena bila ada bahan asing yang lain maka benang aspal hasil tarikan mesin tidak akan mencapai panjang 100 cm. Pendapat lain mengatakan bahwa tes daktilitas dimaksudkan untuk melihat kekuatan kohesi aspal, bila tarikan tidak mencapai 100 cm maka dikhawatirkan bahan tidak punya kelenturan cukup dan akan cenderung putus dan retak.

e. Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat jenis aspal padat dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu 25°C atau 15,6°C. Pengujian ini ditujukan untuk memperoleh nilai berat jenis aspal keras dengan menggunakan rumus berat jenis hasil pengujian. Batasan minimal yang dicantumkan dalam spesifikasi ini mensyaratkan berat jenis di atas 1,0 gram/cc, kalau terlalu ringan berarti bahan aspal tersebut kekurangan asphaltene dan terlalu banyak minyak ringan yang mudah menguap dan kehilangan daya lengketnya.

f. Kehilangan Berat

Kehilangan berat adalah selisih sebelum dan sesudah pemanasan pada tebal tertentu pada suhu tertentu. Maksud dari pemeriksaan ini untuk mencegah pasokan bahan aspal yang terlalu banyak mengandung minyak-minyak ringan yang kalau dipanaskan lama (pada tes ini sampel dipanaskan 163°C selama 5 jam sebagai simulasi) terlalu banyak yang

menguap sehingga aspal akan kering dan sulit dikerjakan (kental dan getas). berikut Dibawah ini merupakan sifat-sifat standar untuk aspal.

Tabel 2.4 Pengujian Aspal Keras

No.	Jenis pengujian	Metode pengujian	Tipe 1 Aspal pen. 60/70
1.	Penetrasi pada 25° C (0,1mm)	SNI 06-2456- 2011	60-70
2.	Viskositas kinematis 135° C (Cst)	ASTM D2170-10	≥300
3.	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥48C
4.	Penetrasi pada (% semula)	SNI 2456-2011	≥54
5.	Daktilitas pada 25° C, (cm)	SNI 06-2432-2011	≥50
6.	Titik nyala (°C)	SNI 06-2433-2011	≥232
7.	Kelarutan dalam tricholoroethylene (%)	AASTHO T44-14	≥99
8.	Berat jenis	SNI 2441-2011	≥1,0
9.	Stabilitas penyimpanan (°C)	ASTM D5976 part 6.1	-
10.	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	<0.80
12.	Indeks Penetrasi 4	-	>-1.0
13.	Kadar parafin lilin %	SNI 03-3639-2002	≥2

Sumber : Spesifikasi Umum 2018

2.2.5. Fungsi Aspal

Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai:

1. Sebagai bahan pengikat antara agregat maupun antara aspal itu sendiri.
2. Sebagai bahan pengisi, mengisi rongga antar butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Untuk dapat memenuhi kedua fungsi aspal itu dengan baik, maka aspal haruslah memiliki sifat adhesi dan kohesi yang baik, serta pada saat dilaksanakan mempunyai tingkat kekentalan tertentu. Penggunaan aspal pada perkerasan jalan dapat dicampurkan pada agregat sebelum dihamparkan (prahampar), seperti lapisan beton aspal atau disiramkan pada lapisan agregat yang telah dipadatkan dan ditutupi oleh agregat-agregat yang lebih halus (pascahampar), seperti perkerasan penetrasi makadam atau pelaburan.

Pada proses pascahampar, aspal disiramkan pada lapisan agregat yang telah dipadatkan, lalu di atasnya ditaburi butiran agregat halus. Pada keadaan ini aspal akan meresap ke dalam pori-pori antar butir agregat di bawahnya. Dengan adanya aspal dalam campuran diharapkan diperoleh lapisan perkerasan yang kedap air sehingga mampu melayani arus lalu lintas selama masa pelayanan jalan. Oleh karena itu aspal harus mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca.

Adhesi adalah kemampuan agregat untuk mengikat aspal sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan. Sifat ini dapat diperiksa dengan melakukan pengujian tentang kelekatan aspal (stripping test). Agregat bersilika tinggi bersifat hydrophilic, sehingga mempunyai ikatan dengan aspal yang kurang baik. Agregat bersilika rendah mengikat aspal dan bersifat hidrophobic. Agregat yang dapat digunakan sebagai material perkerasan jalan adalah agregat dengan kelekatan agregat terhadap aspal minimum 95%.

2.3. Campuran aspal panas

Aspal Beton (*Hotmix*) adalah campuran agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (Filler) dengan bahan pengikat aspal dalam kondisi suhu tinggi (panas) dengan komposisi yang diteliti dan diatur oleh spesifikasi teknis. Aspal beton adalah jenis jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material - material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampuran pada suhu tertentu, kemudian diangkut kelokasi, dihampar, dan dipadatkan. Suhu pencampuran berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya antara 145°C - 155°C , sehingga disebut beton aspal campuran panas. Untuk mengeringkan agregat dan mendapatkan tingkat kecairan yang cukup dari aspal sehingga diperoleh kemudahan untuk

mencampurnya, maka kedua material harus dipanaskan dulu sebelum dicampur. Karena dicampur dalam keadaan panas maka seringkali disebut sebagai *Hotmix*.

Berdasarkan gradasinya campuran beraspal panas dapat dibedakan dalam tiga jenis campuran yaitu campuran beraspal bergradasi rapat, senjang dan terbuka. Tebal minimum penghamparan masing-masing campuran sangat tergantung pada ukuran maksimum agregat yang digunakan. Tebal padat campuran beraspal harus lebih dari dua kali ukuran butir agregat maksimum yang digunakan.

Ada beberapa jenis beton aspal campuran panas, namun dalam penelitian ini jenis beton aspal yang ditinjau adalah AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*). Salah satu produk campuran aspal panas yang kini banyak digunakan oleh Departemen Pekerjaan Umum adalah AC-WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*)/Lapis Aus Aspal Beton. AC-WC adalah salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu AC-WC, AC-BC, dan AC-Base. Ketiga jenis Laston tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang telah disempurnakan oleh Bina Marga bersama dengan Pusat Litbang Jalan. Dalam perencanaan spesifikasi baru tersebut menggunakan pendekatan kepadatan mutlak. Lapis aspal beton (laston) sebagai bahan pengikat, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*). Lapisan ini merupakan bagian dari lapis permukaan diantara lapis pondasi atas (*Base-Course*) dengan lapis aus (*Wearing-Course*) yang bergradasi agregat gabungan

rapat / menerus, umumnya digunakan untuk jalan- jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat

Penggunaan AC-WC yaitu digunakan sebagai lapisan antara dalam perkerasan dan mencegah rembesan air dari atas masuk ke lapis pondasi. Pada campuran aspal panas AC-WC memiliki ukuran maksimum agregat sebesar 25,4 mm, tebal lapisan padat minimum 6,0 cm dengan toleransi tebal tiap lapisan campuran beraspal tidak lebih dari 4,0 mm. Hal tersebut menyebabkan campuran AC-WC peka terhadap variasi dalam proporsi campuran.

2.4. Aspal Minyak

Aspal minyak dengan berbahan dasar aspal dapat dibedakan atas Aspal Keras/Panas (Asphalt Cement,AC) dan Aspal Emulsi (Emulsion Asphalt) Aspal keras/panas (*Asphalt Cement,AC*) yaitu, aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas. Aspal semen pada temperatur ruang (25°-30°C) berbentuk padat. Aspal semen terdiri dari beberapa jenis tergantung dari proses pembuatannya dan jenis minyak bumi asalnya. Pengelompokan aspal semen dapat dilakukan berdasarkan nilai penetrasinya ataupun berdasarkan nilai viskositasnya.

2.4.1. Aspal Dingin/Cair (Cut Back Asphalt)

Aspal cair adalah campuran antara aspal semen dengan bahan-bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Dengan demikian cut back asphalt berbentuk cair dalam temperatur ruang. Berdasarkan bahan

pencairnya dan kemudahan bahan pelarutnya aspal cair dapat di bedakan atas :

a) RC (*Rapid Curing cat back*)

Merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bensin atau premium, RC merupakan cut back aspal yang paling mudah menguap.

b) MC (*Medium Curingcut back*)

Merupakan aspal yang di larutkan dengan bahan pencair minyak tanah.

c) SC (*slow Curing cat back*)

Merupakan aspal semen yan dilarutkan dengan bahan yang kental seperti solar. Aspal jenis ini merupakan aspal yang paling lama menguap.

2.5. Aspal beton (Laston)

Lapis aspal beton (Laston) adalah suatu lapis pada kontruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu (Silvia Sukirman, 1999).

Menurut Bina Marga Depertement Pekerjaan Umum, laston terdiri atas agregat menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan pada suhu tertentu. Yang dimaksud gradasi menerus adalah komposisi yang menunjukkan pembagian butiran yang merata dari ukuran yang terbesar samapai ukuran yang terkecil.

Beton aspal dengan campuran bergradasi menerus memiliki komposisi dari agregat kasar, agregat halus, mineral pengisi (*filler*) dan aspal (*bitumen*) sebagai pengikat. Ciri lainnya memiliki sedikit rongga dalam struktur agregatnya, saling mengunci satu dengan yang lainnya, oleh karena itu beton aspal memiliki sifat stabilitas tinggi dan relatif kaku.

Tabel 2.5 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Beraspal Panas (AC)

Sifat-Sifat Campuran		Lapis aspal beton (Laston)		
		Lapis Aus	Lapis Pengikat	Pondasi
Kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Max	1,2		
Penyerapan aspal (%)	Max	1,2		
Jumlah tumbukan perbidang		75		112
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min	3,0		
	Max	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi Aspal (VFB) (%)	Max	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1800
	Max	-		-
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Max	4		6
Marshall Quotien (kg/mm)	Max	250		300
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah Perendaman selama 24 jam, 60° C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan (refusal)	Min	2		

Sumber : Spesifikasi Umum Binamarga 2018 Divisi 6 Perkerasan aspal tabel 6.3.3. (lc]

2.5.1. Karakteristik campuran aspal beton

Pada dasarnya lapisan perkerasan aspal beton sangat dipengaruhi oleh material pembentuknya. Hal ini akan menentukan karakteristik dari lapisan perkerasan tersebut. Adapun karakteristik dari lapisan aspal beton adalah :

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti bergelombang, alur dan bleeding. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi, sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai stabilitas yang tinggi. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas aspal beton adalah gesekan interna dan kohesi.

2. Keawetan atau Durabilitas

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

3. Kelenturan atau Fleksibilitas

Kelenturan adalah kemampuan aspal beton untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/settlement) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas, ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat diatas tanah asli. Fleksibel dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

4. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan adalah kemampuan aspal beton menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat terjadi jika mempergunakan aspal yang tinggi.

5. Kekesatan/tahanan geser (*Skid Resistance*)

Kekesatan adalah kemampuan permukaan aspal beton terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, ataupun slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, kepadatan campuran, dan tebal film aspal. Ukuran maksimum butir agregat ikut menentukan kekesatan permukaan.

6. Kedap Air (*Impermeability*)

Kedap air adalah kemampuan aspal beton untuk tidak dimasuki air ataupun udara kedalam lapisan aspal beton. Air dan udara dapat

mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat.jumlah pori yang tersisa setelah aspal beton dipadatkan dapat menjadi indikator kekedapan air campuran.

7. Mudah Dilaksanakan (*Workability*)

Workability adalah kemampuan campuran aspal beton untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekatan aspal terhadap perubahan temperatur, dan gradasi serta kondisi agregat.

2.6. Agregat

Agregat adalah sekumpulan batu-batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun hasil buatan. Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95 % agregat. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasarana transportasi, khususnya pada konstruksi perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Dengan pemilihan agregat yang tepat dapat memenuhi syarat, akan sangat menentukan keberhasilan pembangunan jalan.

Menurut Silvia Sukirman (2003), agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen.

Sedangkan menurut American Society for Testing and Materials (ASTM) mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat adalah bahan yang berbutir yang mempunyai komposisi mineral seperti pasir, kerikil, batu pecah, atau komposisi mineral-minerallainnya, baik berupa hasil alam maupun hasil pengolahannya yang merupakan bahan utama untuk konstruksi jalan.

Salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan dalam memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca adalah sifat agregat. Sifat agregat menentukan kualitasnya sebagai bahan material perkerasan jalan, sehingga diperlukan pemeriksaan terhadap sifat-sifat fisik dari material. Dalam hal ini yang perlu untuk dilakukan pemeriksaan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis, dan daya pelekatan dengan aspal. Secara umum agregat yang digunakan dalam campuran beraspal dibagi atas 2 (dua) fraksi, yaitu:

a. Agregat kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran terkecil tertahan di atas saringan no 4 (4,75) menurut ASTM, lebih besar dari 2 mm menurut AASTHO. Agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri atas batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran-ukuran normal. Agregat kasar ini menjadikan perkerasan lebih stabil dan

mempunyai *skid resistance* (tahanan terhadap selip) yang tinggi sehingga lebih menjamin keamanan berkendara. Agregat kasar yang mempunyai bentuk butiran (*particle shape*) yang bulat memudahkan proses pemadatan, tetapi rendah stabilitasnya, sedangkan yang berbentuk menyudut (*angular*) sulit dipadatkan tetapi mempunyai stabilitas yang tinggi. Agregat kasar harus mempunyai ketahanan terhadap abrasi bila digunakan sebagai campuran *wearing course*, untuk itu nilai *Los Angeles Abrasion Test* harus dipenuhi.

Tabel 2.6 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 33407:2008	Maks. 12%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi	SNI 2417:2008	Maks. 30%
	Semua jenis campuran bergradasi lainnya		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439-2011	Min. 95%
Partikel pipih dan Lonjong		ASTM D4791-10 Perbandingan 1:5	Maks. 10%
Butir pecah pada agregat kasar		SNI 7619:2012	95/90%
Material lolos Ayakan No.200		SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal Tabel 6.3.2.2

b. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat dengan ukuran terkecil yang mempunyai sifat lolos saringan No.8 (2,36 mm) tertahan diatas saringan No.200 (0,74 mm). Fungsi utama agregat halus adalah untuk menyediakan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari perkerasan melalui keadaan saling mengunci (*interlocking*) dan gesekan antar butiran. Untuk hal ini maka sifat eksternal yang diperlukan adalah *angularity* (bentuk menyudut) dan *particle surface roughness* (kekasaran permukaan butiran).

Tabel 2.7 Ketentuan agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Material Lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%
Kadar Lempung	SNI 3423 : 2008	Maks 1%
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji kadar rongga tanpa pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min 45%
Gumpalan lempung dan butir butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Kadar lempung	SNI 3423:2008	Maks 1%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal
Tabel 6.3.2.(2a)

c. Ukuran Agregat

Ukuran agregat dalam suatu campuran beraspal terdistribusi dari yang berukuran besar sampai ke yang kecil. Semakin besar ukuran maksimum agregat yang dipakai semakin banyak variasi ukurannya dalam campuran tersebut.

d. Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi dari ukuran partikelnya dan dinyatakan dalam persentase terhadap total beratnya. Gradasi ditentukan dengan melewati sejumlah material melalui serangkaian saringan dari ukuran besar ke ukuran kecil dan menimbang berat material yang tertahan pada masing-masing saringan. Kombinasi gradasi agregat campuran dinyatakan dalam persen berat agregat. Untuk keperluan penelitian ini, maka dipilih kombinasi agregat yang sesuai dengan dibawah. Gradasi agregat dalam diambil dari spesifikasi agregat campuran dari 3 fraksi agregat.

2.6.1. Klasifikasi agregat berdasarkan asalnya

Berdasarkan proses pengolahannya agregat untuk campuran beraspal umumnya di klasifikasikan, seperti agregat alam (Natural aggregates), agregat hasil pemrosesan dan agregat buatan atau agregat artificial.

a. Agregat Alam

Agregat alam merupakan agregat yang digunakan dalam bentuk alamiahnya dengan sedikit atau tanpa pemrosesan sama sekali, agregat ini terbentuk dari proses erosi alamiah atau proses pemisahan akibat angin, air, pergeseran es dan reaksi kimia. Aliran gletser dapat menghasilkan agregat dalam bentuk bongkahan bulat dan batu kerikil, sedangkan aliran air menghasilkan batuan yang bulat licin. Dua jenis utama dari agregat alam yang digunakan untuk konstruksi jalan adalah pasir dan kerikil.

b. Agregat yang Diproses

Agregat yang diproses adalah batuan yang telah di pecah atau disaring sebelum digunakan. Pemecahan agregat dilakukan dengan tiga alasan yakni : untuk merubah tekstur permukaan partikel dari licin kekasar. Untuk merubah bentuk partikel dari bulat ke angular, dan untuk mengurangi serta meningkatkan distribusi dan rentang ukuran partikel. Penyaringan yang dilakukan pada agregat yang telah di pecahkan akan menghasilkan partikel agregat dengan rentang gradasi tertentu.

c. Agregat Buatan

Agregat ini didapatkan dari proses kimia atau fisika dari beberapa material sehingga menghasilkan suatu material baru yang sifatnya menyerupai agregat, salah satu contohnya adalah Slag, Batuan ini adalah substansi nonmetalik yang didapat dari hasil sampingan produksi yang timbul ke permukaan dari pencairan/peleburan biji besi selama proses

peleburan. Beberapa jenis dari agregat ini merupakan hasil sampingan dari proses industri dan dari proses material yang sengaja diproses agar dapat digunakan sebagai agregat atau sebagai material pengisi (*Filler*).

2.6.2. Sifat-sifat Fisik Agregat

Dalam hubungannya dengan kinerja campuran beraspal diperlukan pemeriksaan terhadap sifat-sifat fisik agregat. Untuk tujuan ini sifat pada agregat yang harus di periksa antara lain : ukuran butir,kebersihan, kekerasan bentuk partikel, tekstur permukaan, penyerapan dan kelekatan terhadap aspal.

a. Ukuran Butir

Ukuran agregat dalam suatu campuran beraspal terdistribusi dari berukuran besar sampai yang terkecil. Semakin besar ukuran maksimum agregat yang di pakai semakin banyak variasi ukurannya dalam campuran tersebut. Mineral pengisi dan mineral abu dapat terjadi secara almhiah atau dapat juga di hasilkan dari proses pemecahan batuan atau proses buatan. Mineral ini penting artinya untuk mendapatkan campuran yang padat, berdaya tahan dan kedap air. Perubahan sifat dari campuran ini bisa terjadi hanya karena sedikit perubahan dalam jumlah atau sifat dari bahan pengisi atau mineral debu yang digunakan. Oleh karena itu jenis dan jumlah mineral pengisi atau debu yang di gunakan dalam campuran haruslah dikontrol dengan seksama.

b. Kebersihan Agregat

Dalam spesifikasi biasanya memasukkan syarat kebersihan agregat dengan memberikan suatu batasan jenis dan jumlah material yang tidak diperlukan, seperti lumpur, tanaman dan lain sebagainya, yang melekat pada agregat, karena akan memberikan pengaruh yang jelek pada perkerasan seperti berkurangnya ikatan antara aspal dan agregat.

c. Kekerasan

Agregat yang nantinya digunakan sebagai lapis permukaan haruslah lebih keras (lebih tahan) dari agregat yang digunakan pada lapisan dibawahnya. Hal ini disebabkan karena permukaan perkerasan akan menerima dan menahan tekanan dan benturan dari beban lalu lintas paling besar.

d. Bentuk butir agregat

Agregat memiliki bentuk butir dari bulat (rounded) dan bersudut (angular). Bentuk butir agregat dapat mempengaruhi workabilitas campuran perkerasan pada saat penghamparan, yaitu dalam hal energi pemadatan yang dibutuhkan untuk memadatkan campuran, dan untuk kekuatan struktur perkerasan selama umur pelayanannya. Dalam campuran beraspal, penggunaan agregat yang bersudut saja atau bulat saja tidak akan menghasilkan campuran beraspal yang baik. Kombinasi penggunaan kedua bentuk partikel ini sangat dibutuhkan untuk menjamin kekuatan pada struktur perkerasan dan workabilitas yang baik dari campuran tersebut.

1. Agregat berbentuk bulat yang ditemui disungai pada umumnya telah mengalami erosi, sehingga berbentuk bulat (rounded) dan licin. Bidang kontak antar agregat berbentuk bulat sangat sempit, hanya berupa titik singgung sehingga menghasilkan penguncian antar agregat yang tidak baik. Berdasarkan bentuknya, partikel atau butir agregat yang di pakai pada penelitian ini yaitu agregat berbentuk bulat, lonjong, pipih, dan kubikal.



Gambar 2.1 Agregat Bulat
(sumber gambar : www.simantu.pu.go.id)

2. Agregat berbentuk kubikal pada umumnya merupakan hasil pemecah batu massif atau hasil mesin pemecah batu. Bidang kontak agregat ini luas, sehingga mempunyai daya saling mengunci yang baik.



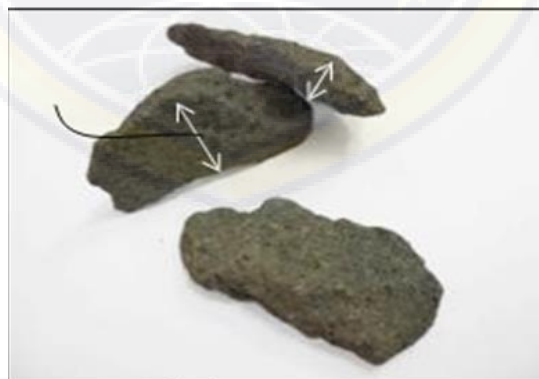
Gambar 2.2 Agregat Kubikal
(sumber gambar : www.simantu.pu.go.id)

3. Agregat berbentuk lonjong (elongate) dapat ditemukan di sungai atau bekas andapan di sungai. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya lebih dari 1,8 kali diameter rata-rata.



Gambar 2.3 Agregat lonjong
(sumber gambar : www.simantu.pu.go.id)

4. Agregat berbentuk pipih (flacky) Merupakan hasil dari mesin pemecah batu dan biasanya agregat ini memang cenderung pecah dengan bentuk pipih. Memiliki ketebalan lebih tipis dari 0,6 diameter rata-rata.



Gambar 2.4 Agregat Pipih
(sumber gambar : www.simantu.pu.go.id)

e. Tekstur permukaan agregat

Permukaan agregat yang kasar akan memberikan kekuatan pada campuran beraspal karena kekasaran permukaan agregat dapat menahan agregat dari pergeseran atau perpindahan. Kekasaran permukaan agregat juga akan memberikan tahanan gesek yang kuat pada roda kendaraan sehingga meningkatkan keamanan kendaraan terhadap slip. Agregat dengan permukaan yang kasar memiliki koefisien gesek yang tinggi yang membuat agregat tersebut sulit untuk berpindah tempat sehingga akan menurunkan workabilitasnya. Oleh sebab itu, penggunaan agregat bertekstur halus dengan proporsi tertentu kadang-kadang dibutuhkan untuk membantu meningkatkan workabilitasnya. Di lain pihak film aspal lebih mudah merekat pada permukaan yang kasar sehingga akan menghasilkan ikatan yang baik antara aspal dan agregat.

f. Daya serap agregat

Keporusan agregat menentukan banyaknya zat cair yang dapat diserap agregat. Kemampuan agregat untuk menyerap air dan aspal adalah suatu informasi yang penting yang harus diketahui dalam pembuatan campuran beraspal. Jika daya serap agregat sangat tinggi, agregat ini akan terus menyerap aspal baik pada saat maupun setelah proses pencampuran agregat dengan aspal di unit pencampur aspal (AMP). Hal ini akan menyebabkan aspal yang berada pada permukaan agregat yang berguna untuk mengikat partikel agregat menjadi lebih sedikit sehingga akan menghasilkan film aspal yang tipis. Oleh karena itu,

agar campuran yang dihasilkan tetap baik agregat yang porus memerlukan aspal yang lebih banyak dibandingkan dengan yang kurang porus. Agregat dengan keporusan atau daya serap yang tinggi biasanya tidak digunakan, tetapi untuk tujuan tertentu pemakaian agregat ini masih dapat dibenarkan asalkan sifat lainnya dapat terpenuhi. Contoh material seperti batu apung yang memiliki keporusan tinggi yang digunakan karena ringan dan tahan terhadap abrasi.

g. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Kelekatan agregat terhadap aspal adalah kecenderungan agregat untuk menerima, meyerap dan menahan film aspal. Agregat hidrophobik (tidak menyukai air) adalah agregat yang memiliki sifat kelekatan terhadap aspal yang tinggi, contoh dari agregat ini adalah batu gamping dan dolomit. Sebaliknya, agregat hidrophilik (suka air) adalah agregat yang memiliki kelekatan terhadap aspal yang rendah. Sehingga agregat jenis ini cenderung terpisah dari film aspal bila terkena air. Kuarsit dan beberapa jenis granit adalah contoh agregat hidrophilik.

Ada beberapa metode uji untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal dan kecenderungannya untuk mengelupas (stripping). Salah satu diantaranya dengan merendam agregat yang telah terselimuti aspal kedalam air, lalu diamati secara visual. Tes lainnya adalah dengan melakukan perendaman mekanik. Tes ini menggunakan 2 contoh campuran, satu direndam dalam air dan diberikan energi mekanik dengan cara pengadukan, dan satunya lagi tidak. Kemudian kedua contoh ini diuji

kekuatannya. Perbedaan kekuatan antara keduanya dapat dipakai sebagai indikator untuk dapat mengetahui kepekaan agregat terhadap pengelupasan.

2.6.3. Gradasi Agregat

Menurut (Silvia Sukirman,2003) Gradasi agregat adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya, ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Satu set saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 1½ inci, 1inci, ¾ inci, ½ inci, 3/8 inci, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No. 200. Ukuran saringan dalam ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan, sedangkan nomor saringan menunjukkan banyaknya bukaan dalam 1 inci persegi. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase lolos, atau persentase tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat. Gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Seluruh spesifikasi perkerasan mensyaratkan bahwa partikel agregat halus berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Distribusi dari variasi ukuran butir agregat ini disebut gradasi agregat. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan workability (mudah dikerjakan) dan stabilitas campuran.

Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat harus melalui satu set saringan. Ukuran saringan menyatakan

ukuran bukaan jaringan kawatnya dan nomor saringan menyatakan banyaknya bukaan jaringan kawat per inchi persegi dari saringan tersebut. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase berat masing-masing yang lolos pada saringan tertentu. Persentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan. Gradasi dapat dibedakan atas :

a. Gradasi seragam (*uniform graded*)

Gradasi seragam adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga atau ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal dengan gradasi ini bersifat porus atau memiliki permeabilitas yang tinggi, stabilitas yang rendah dan memiliki berat isi yang kecil.

b. Gradasi rapat (*dense graded*)

Gradasi rapat adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus, sehingga disebut gradasi menerus atau gradasi baik (*well graded*). Campuran dengan gradasi ini memiliki stabilitas yang tinggi, agak kedap terhadap air dan memiliki berat isi yang besar.

c. Gradasi senjang (*gap graded*)

Gradasi senjang adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya

sedikit sekali. Campuran agregat dengan gradasi ini memiliki kualitas peralihan dari kedua gradasi yang disebut di atas.

Bentuk gradasi agregat biasanya digambarkan dalam suatu grafik hubungan antara ukuran saringan dinyatakan pada sumbu horizontal dan persentase agregat yang lolos saringan tertentu dinyatakan pada sumbu vertikal. Gradasi yang ditentukan pada Spesifikasi Bina Marga 2018 dapat dilihat pada Tabel 1.5. di bawah ini

Tabel 2.8 Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal

Ukuran ayakan		% Berat yang lolos terhadap total agregat				
		HRS		AC		
ASTM	(mm)	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5					100
1"	25				100	90-100
¾"	19	100	100	100	90-100	76-90
½"	12,5	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
⅜"	9,5	75-85	65-90	75-90	66-82	52-71
No.4	4,75			53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	50-72	35-55	33-53	30-49	23-41
No.16	1,18			21-40	18-38	13-30
No.30	0,600	35-60	15-35	14-30	12-28	10-22
No.50	0,300			9-22	7-20	6-15
No.100	0,150			6-15	5-13	4-10
No.200	0,75	6-10	2-9	4-9	4-8	3-7

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal
Tabel 6.3.2.3

2.7. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) adalah agregat yang dalam analisa gradasi merupakan lolos saringan No. 200. (diameter 0.075 mm), dapat terdiri dari debu batu, kapur padam dan semen Portland, atau bahan non plastis

lainnya. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu. Bahan pengisi ini mempunyai fungsi :

- 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, sehingga terbentuk mastik yang bersama-sama dengan laston mengikat partikel agregat. Dengan penambahan bahan pengisi, laston menjadi lebih kental, dan campuran agregat laston menjadi bertambah kekuatannya. Kadar *filler* dalam campuran beton laston akan berpengaruh pada proses campuran penghamparan, dan pepadatan. Selain itu, *filler* juga mempengaruhi sifat elastisitas campuran dan sensitivitasnya terhadap air.

2.8. Marshall test

Rancangan campuran berdasarkan Metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Prinsip dasar Metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk.

Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 kN (5000 lbs) dan *flow meter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flow meter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 *inchi* (10,2 cm) dan tinggi 2,5 *inchi* (6,35 cm). Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76. Secara garis besar pengujian Marshall meliputi: persiapan benda uji, penentuan berat jenis *bulk* dari benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan *flow*, dan perhitungan sifat *volumetric* benda uji.

Pada persiapan benda uji, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain:

- a) Jumlah benda uji yang disiapkan.
- b) Persiapan agregat dan serat *Polypropylene* yang akan digunakan.
- c) Penentuan temperatur pencampuran dan pematatan.
- d) Persiapan campuran aspal beton.
- e) Pematatan benda uji.
- f) Persiapan untuk pengujian Marshall.

Jumlah benda uji yang disiapkan ditentukan dari tujuan dilakukannya uji Marshall tersebut. AASHTO menetapkan minimal 3 buah benda uji untuk setiap kadar filler kaca yang digunakan. Agregat yang

akan digunakan dalam campuran dikeringkan di dalam oven pada temperatur 105-110°C.

2.8.1 Stabilitas (*stability*)

Stabilitas adalah beban yang dapat ditahan campuran beton aspal sampai terjadi kelelahan plastis atau dengan arti lain yaitu kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*). Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat (*internal friction*) dan penguncian antar agregat (*interlocking*), daya lekat (*cohesion*), dan kadar aspal dalam campuran.

Pemakaian aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Seiring dengan penambahan aspal, nilai stabilitas akan meningkat hingga batas maksimum. Penambahan aspal di atas batas maksimum justru akan menurunkan stabilitas campuran itu sendiri sehingga lapis perkerasan menjadi kaku dan bersifat getas. Nilai stabilitas berpengaruh pada fleksibilitas lapis perkerasan yang dihasilkan.

Syarat nilai stabilitas adalah lebih dari 800 kg. Lapis perkerasan dengan nilai stabilitas kurang dari 800 kg akan mudah mengalami rutting, karena perkerasan bersifat lembek sehingga kurang mampu mendukung beban. Sebaliknya jika stabilitas perkerasan terlalu

tinggi maka perkerasan akan mudah etak karena sifat perkerasan menjadi kaku. Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian Marshall. Hasil tersebut dicocokkan dengan angka kalibrasi proving ring dengan satuan lbs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi yang dipengaruhi oleh tebal benda uji. Nilai stabilitas sesungguhnya diperoleh dengan rumus (1) di bawah ini :

$$S = p \times q \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

S = angka stabilitas sesungguhnya

P = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = angka koreksi benda uji

q = angka koreksi benda uji

2.8.2 Kelelahan (*Flow*)

Flow adalah besarnya penurunan atau deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterima. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat *Marshall* yang lain seperti stabilitas. VIM dan VFB, Nilai VIM yang besar menyebabkan berkurangnya

Interlocking resistance campuran dan dapat berakibat timbulnya

deformasi. Nilai VFB yang berlebihan juga menyebabkan aspal dalam campuran berubah konsistensinya menjadi pelicin antar batuan. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan. Akan tetapi campuran yang memiliki angka kelelahan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka kelelahan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai *flow*.

Syarat nilai *flow* adalah minimal 3 mm. Nilai *flow* yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai *flow* tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*).

2.8.3 Kerapatan (*density*)

Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Semakin tinggi nilai density suatu campuran menunjukkan bahwa kerapatannya semakin baik. Nilai density dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti : gradasi campuran, jenis dan kualitas bahan susun, faktor pemadatan dan jumlah pemadatan maupun temperatur pemadatan, penggunaan kadar aspal dan penambahan bahan additive

dalam campuran. Campuran dengan nilai density yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibanding dengan campuran yang dimiliki nilai density yang rendah, karena butiran agregat mempunyai bidang kotak yang luas sehingga gaya gesek (friction) antara butiran agregat menjadi besar. Selain itu density juga mempengaruhi kekedapan campuran, semakin besar nilai density campuran, maka campuran tersebut akan semakin kedap terhadap air dan udara. Nilai kepadatan/density dihitung dengan rumus (2) dan (3) di bawah ini :

$$g = c / f \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

$$f = d - e \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

g = Nilai kepadatan (gr/cc)

c = Berat kering / sebelum direndam (gr)

d = Berat benda uji jenuh air (gr)

e = Berat benda uji dalam air (gr)

f = Volume benda uji (cc)

2.8.4 VIM (Void In The Mix)

VIM (*Void In The Mix*) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat pourous. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi. Air akan

melarutkan komponen-komponen yang akan teroksidasi sehingga mengakibatkan terus berkurangnya kadar aspal dalam campuran. Penurunan kadar aspal dalam campuran menyebabkan lekatan antara butiran agregat berkurang sehingga terjadi pelepasan butiran (revelling) dan pengelupasan permukaan (stripping) pada lapis perkerasan.

Syarat dari nilai VIM adalah 3,5% - 5%. Nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan bleeding karena pada suhu yang tinggi viskositas aspal menurun sesuai sifat termoplastisnya. Pada saat itu apabila lapis perkerasan menerima beban lalu lintas maka aspal akan terdesak keluar permukaan karena tidak cukupnya rongga bagi aspal untuk melakukan penetrasi dalam lapis perkerasan. Nilai VIM yang lebih dari 5% akan mengakibatkan berkurangnya keawetan lapis perkerasan, karena rongga yang terlalu besar akan mudah terjadi oksidasi.

VIM adalah persentase antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan. Nilai VIM akan semakin kecil apabila kadar kadar aspal semakin besar. VIM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak

Nilai VIM dihitung dengan rumus (4) – (7) di bawah ini :

$$VIM = (100 - i - j) \dots\dots\dots (2.4)$$

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \dots\dots\dots (2.5)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ.Agregat} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{BJ.Agregat} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

g = Persen rongga terisi aspal

i dan j = rumus substitusi

2.8.5 VFB (*Void Filled With Bitumen*)

Void Filled With Bitumen (VFB) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Nilai VFB dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VFB berpengaruh pada sifat kedap air dan udara serta sifat elastisitas campuran. Dengan kata lain VFB menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Semakin tinggi nilai VFB berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedap air dan udara juga akan semakin tinggi, tetapi nilai VFB yang terlalu tinggi akan menyebabkan *bleeding*.

Nilai VFB yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan film aspal akan menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima penambahan beban sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama. Nilai VFB yang disyaratkan adalah minimal 63%. Nilai ini menunjukkan persentase

rongga campuran yang berisi aspal, nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, dimana rongga telah penuh. Artinya rongga dalam campuran telah terisi penuh oleh aspal, maka persen kadar aspal yang mengisi rongga adalah persen kadar aspal maksimum.

Nilai VFB dihitung dengan rumus di bawah ini :

$$VFB = 100 \times \frac{i}{j} \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ.Agregat} \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{BJ.Agregat} \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

$$I = 100 - j \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

g = Persen rongga terisi aspal

i dan j = rumus substitusi

2.8.6 VMA (Void In Mineral Agregate)

Void In Mineral Agregate (VMA) adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Kuantitas terhadap

rongga udara berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika VMA terlalu kecil maka campuran mengalami masalah durabilitas, dan jika VMA terlalu besar maka campuran memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi.

Nilai VMA dipengaruhi oleh vaktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperature pemadatan, gradasi agregat, dan kadar aspal. Nilai VMA ini berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran. Dapat juga dikatakan bahwa nilai VMA menentukan nilai stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Nilai VMA yang disyaratkan adalah 14%.

2.8.7 Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient adalah hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* berarti campuran semakin kaku, sebaliknya bila semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur. Nilai *Marshall Quotient* dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* yang disyaratkan adalah lebih besar dari 250 kg/mm. Nilai *Marshall Quotient* di bawah 250 kg/mm mengakibatkan perkerasan mudah mengalami washboarding, rutting dan bleeding, sedangkan nilai *Marshall Quotient* yang tinggi mengakibatkan perkerasan menjadi kaku dan mudah mengalami retak. Nilai dari *Marshall Quotient* (MQ) diperoleh dengan rumus (10) di bawah ini :

$$MQ = S / F \dots\dots\dots(2.13)$$

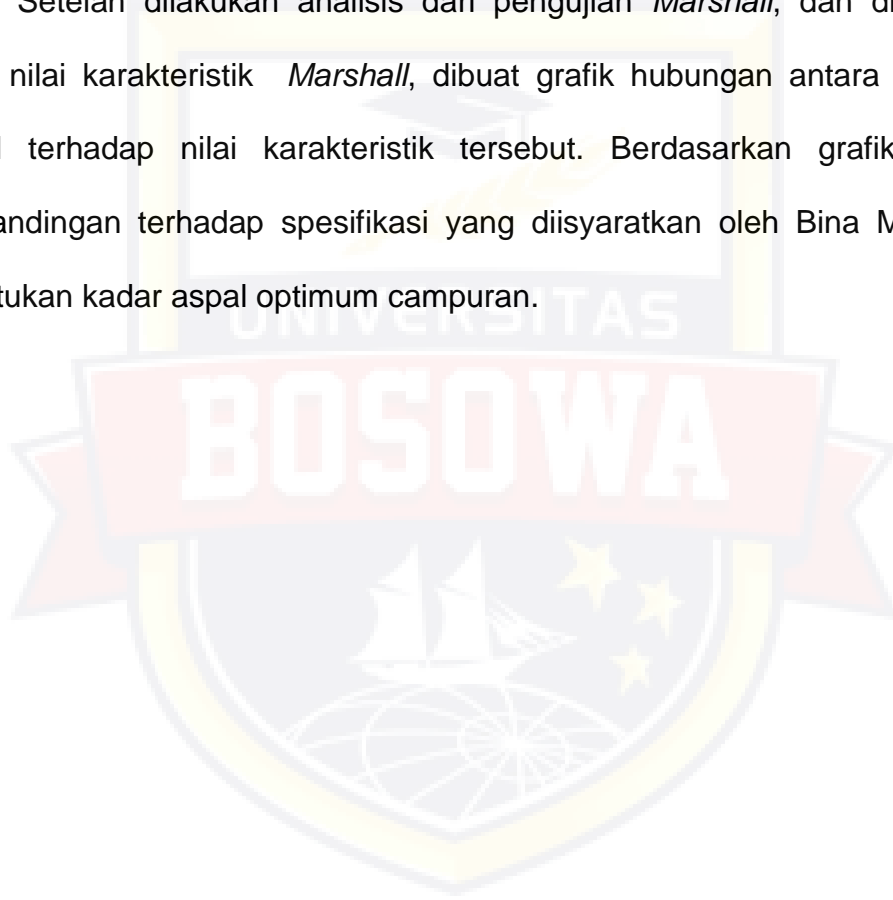
Keterangan :

S = Nilai stabilitas

F = Nilai *flow*

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

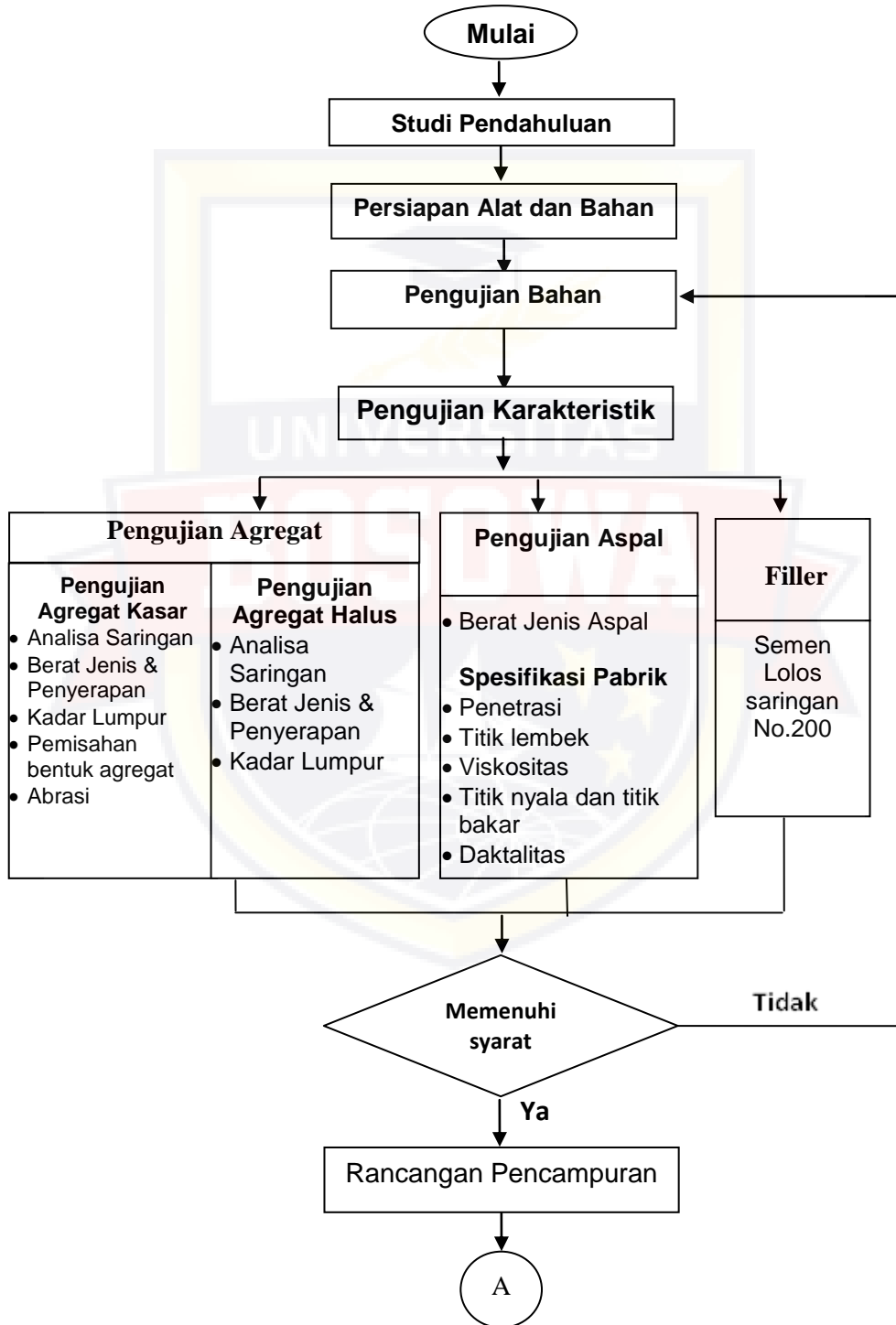
Setelah dilakukan analisis dari pengujian *Marshall*, dan didapat nilai- nilai karakteristik *Marshall*, dibuat grafik hubungan antara kadar aspal terhadap nilai karakteristik tersebut. Berdasarkan grafik dan perbandingan terhadap spesifikasi yang diisyaratkan oleh Bina Marga, ditentukan kadar aspal optimum campuran.

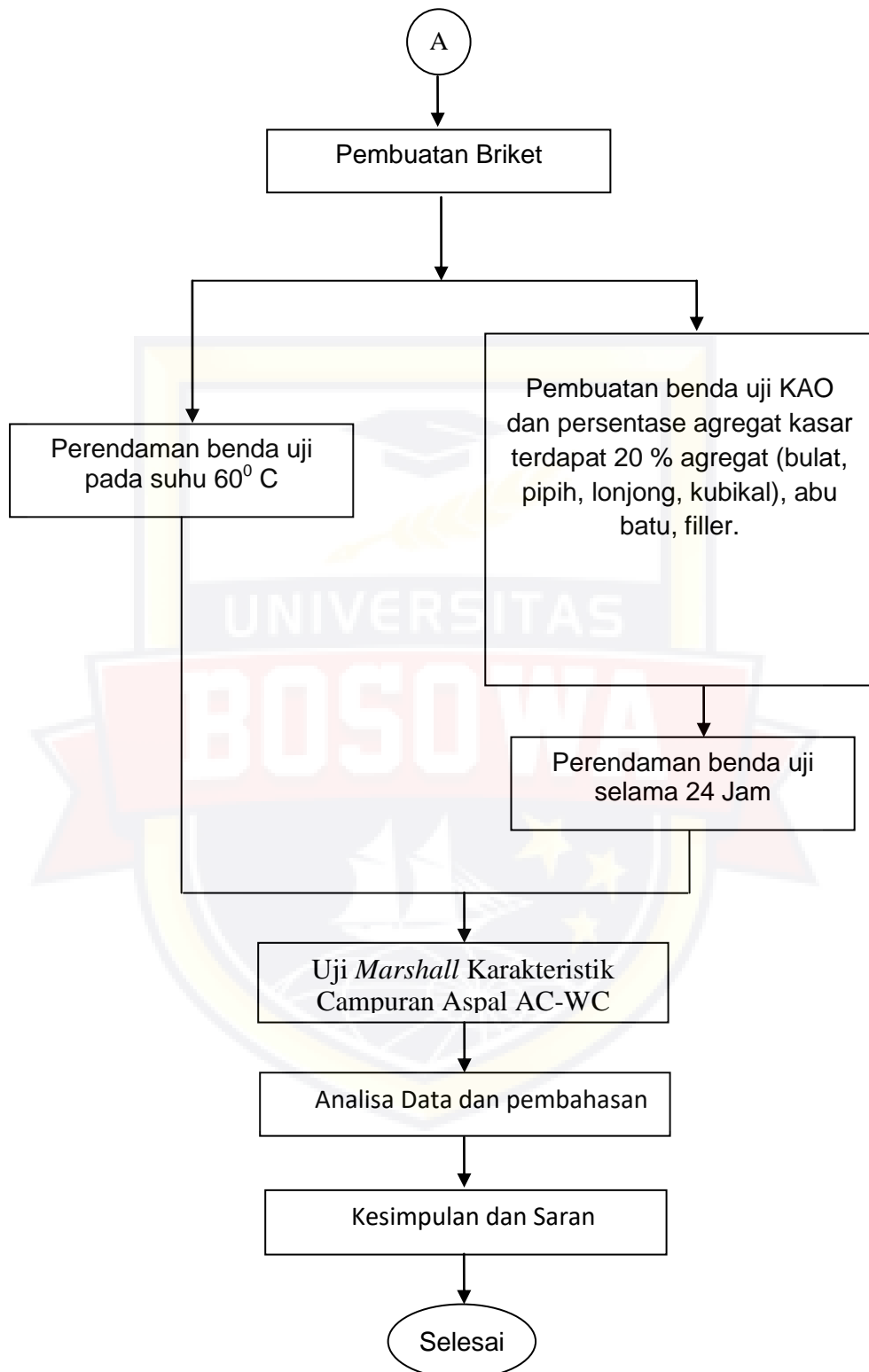


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alur Penelitian





Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian

3.2 Lokasi Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar bulat, pipih, lonjong, kubikal (Batu Pecah 1-2 dan Batu Pecah 0,5-1) dan Agregat Halus (Abu Batu), bahan bakunya diperoleh dari Bili-Bili, Kab. Gowa, Makassar, Sulawesi Selatan

3.3 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar

3.4 Waktu Pelaksanaan Penelitian

Waktu Pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada tahun 2021

3.5 Persiapan Peralatan dan Pengambilan Sampel

Pada pemeriksaan ini penulis menggunakan metode persyaratan yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, yaitu Manual Pemeriksaan Bahan Jalan (MPBJ).

3.5.1. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

a. Tujuan

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan pembagian butir agregat kasar dengan menggunakan satu set saringan.

b. Peralatan :

1. Timbangan
2. Satu set saringan ditambah PAN
3. Talam dan Kuas
4. Oven

c. Bahan :

Batu pecah (0.5 – 1)

Batu pecah (1 – 2)

d. Prosedur kerja :

1. Masing-masing benda uji dibagi dengan menggunakan alat Splitter sampai mendapat pembagian sesuai kebutuhan.
2. Kemudian saringan disusun sesuai spesifikasi.
3. Lalu masing-masing benda ukuran 1–2 dan 0,5–1, dimasukkan kedalam saringan, lalu dilakukan penyaringan sampai tidak ada lagi yang lolos pada tiap-tiap saringan.
4. Setelah itu saringan diangkat dan dibuka lalu ditimbang berat masing-masing agregat yang tertahan pada saringan tersebut.

e. Rumus :

$$\% \text{ tertahan per saringan} = \frac{\text{Jumlah Kumulatif Tertahan}}{\text{Total Agregat}} \times 100 \dots (3.1)$$

$$\% \text{ lolos} = 100\% - \% \text{ tertahan per saringan} \dots (3.2)$$

3.5.2. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

a. Tujuan

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan pembagian butir agregat halus dengan menggunakan satu set saringan.

b. Peralatan :

1. Timbangan
2. Satu set saringan ditambah PAN
3. Talam dan Kuas

4. Oven

c. Bahan :

Abu batu

D. Prosedur kerja :

1. Masing-masing benda uji dibagi dengan menggunakan alat Splitter sampai mendapat pembagian sesuai kebutuhan.

1. Kemudian saringan disusun sesuai spesifikasi.

2. Lalu Abu Batu dimasukkan kedalam saringan, kemudian dilakukan penyaringan sampai tidak ada lagi yang lolos pada tiap-tiap saringan.

3. Setelah itu saringan diangkat dan dibuka lalu ditimbang berat masing-masing agregat yang tertahan pada saringan tersebut.

e. Rumus :

$$\% \text{ tertahan per saringan} = \frac{\text{Jumlah Kumulatif Tertahan}}{\text{Total Agregat}} \times 100 \dots\dots (3.1)$$

$$\% \text{ lolos} = 100\% - \% \text{ tertahan per saringan} \dots\dots\dots (3.2)$$

3.5.3. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis (Bulk), berat jenis permukaan jenuh (Saturated Surface Dry = SSD), berat jenis semu (Apparent) dan persentase air yang dapat diserap terhadap berat agregat kasar.

b. Peralatan :

1. Timbangan dengan kapasitas 20 kg

2. Keranjang kawat ukuran 3.35 mm atau 2.36 mm (No.6 atau No.8)
 3. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai ukuran material
 4. Alat penggantung keranjang
 5. Oven
 6. Bak Perendam
 7. Lap Kasar
- c. Benda Uji :
1. Batu Pecah 1–2
 2. Batu Pecah 0,5–1
- d. Prosedur Kerja :
1. Rendam benda uji selama ± 24 jam.
 2. Keluarkan benda uji dari bak perendam dan keringkan dengan dilap agar air pada permukaan hilang, tetapi harus masih tampak lembab (Kondisi SSD).
 3. Kemudian ditimbang untuk mendapatkan kering permukaan jenuh (Bj).
 4. Masukkan benda uji kedalam keranjang kemudian dicelupkan kedalam air lalu timbang, sehingga didapatkan berat dalam air (Ba).
 5. Keluarkan benda uji dari dalam keranjang, kemudian keringkan dalam oven selama ± 24 jam.
 6. Keluarkan benda uji dari dalam oven, biarkan dalam suhu ruangan hingga dingin kemudian timbang, sehingga didapat berat benda uji kering (Bk).

e. Rumus :

$$\text{Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} = \frac{B_k}{B_j - B_a} \dots\dots\dots(3.3)$$

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

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

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

3.5.4. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*), berat jenis semu (*Apparent*) dan penyerapan dari agregat halus.

b. Peralatan :

1. Talam
2. Kerucut terpancung (Cone)
3. Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata
4. Saringan No.4
5. Piknometer
6. Pompa hampa udara (Vaccum Pump)
7. Air Suling
8. Timbangan
9. Oven

c. Benda Uji :

Agregat yang lolos saringan No.8

d. Prosedur Kerja :

1. Rendam benda uji selama 24 jam.
2. Buang air perendam hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas talang, keringkan diudara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji. Lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh.
3. Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji kedalam kerucut terpacung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpacung. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.
4. Segera setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh masukkan benda uji kedalam piknometer. Masukkan air suling kedalam piknometer kira-kira $\frac{3}{4}$ bagian, putar sambil guncang sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya. Untuk mempercepat proses ini dipergunakan pompa hampa udara.
5. Tambahkan air sampai mencapai tanda batas.
6. Timbang piknometer berisi air dan benda uji (Bt)
7. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu 110°C, kemudian dinginkan benda uji lalu timbang (Bk).
8. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukuran suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

e. Rumus :

$$\text{Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} = \frac{Bk}{B+SSD-Bt} \dots\dots(3.8)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)} = \frac{SSD}{B+SSD-Bt} \dots\dots(3.9)$$

$$\text{Berat jenis semu (Appernt Specific Gravity)} = \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \dots\dots(3.10)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{(SSD-Bk)}{Bk} \times 100\% \dots\dots(3.11)$$

keterangan :

Bk = Berat contoh kering oven

B = Berat picnometer + air

Bt = Berat picnometer + air + benda uji

3.5.5. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

a. Tujuan

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kandungan lumpur/ lempung dalam agregat.

b. Peralatan / Bahan

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
2. Cawan / Talam
3. Agregat kasar
4. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu
5. Air bersih
6. Saringan no. 200

c. Prosedur Percobaan

1. Timbang benda uji
2. Cuci benda uji hingga bersih menggunakan saringan no. 200.
3. Masukkan benda uji yang telah di cuci ke dalam oven pada suhu $\pm 110^{\circ}$ C selama 24 jam.
4. Keluarkan benda uji dari dalam oven dan dinginkan hingga mencapai suhu ruang, kemudian timbang benda uji tersebut.
5. Analisa data.

d. Perhitungan

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{(A - B)}{A} \times 100$$

Dimana : A = Berat awal (gram)

B = Berat akhir (gram)

3.5.6 Pemeriksaan Abrasi

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui angka keausan tersebut yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan no.12 (1,7 mm) terhadap berat semula, dalam persen.

a. Peralatan :

1. Mesin los Angeles dengan 500 putaran
2. Saringan 12,5 mm, 9,5 mm dan saringan 2,36 mm
3. Bola baja sebanyak 6 buah untuk gradasi D
4. Timbangan digital, ketelitian 0,001 gr
5. Oven

6. Wadah

7. Stopwatch

b. Benda Uji :

Agregat yang lolos saringan 37,5 mm (1 ½") sebanyak 5000 gr

c. Prosedur Kerja :

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan dalam pengujian keausan agregat dengan mesin Los Angeles.
2. Ambil agregat kasar sebanyak 5000 gr, yaitu agregat yang lolos saringan 12,5 mm dan tertahan saringan 9,5 mm.
3. Cuci agregat tersebut hingga bersih dan oven selama 24 jam, dan setelah dioven dinginkan agar suhunya sama dengan suhu ruangan.
4. Setelah dingin masukkan benda uji kedalam mesin Los Angeles dan 6 buah bola baja.
5. Nyalakan mesin dengan kecepatan putaran 30 – 33 rpm yaitu sekitar 500 putaran selama 15 menit.
6. Setelah selesai keluarkan agregat dari mesin los angeles dan saring dengan menggunakan saringan 2,36 mm.
7. Timbang berat agregat yang lolos dan tertahan saringan 2,36 mm tersebut.
8. Lakukan pengolahan data.

d. Rumus :

$$\frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\%$$

Keterangan :

W1 = Berat benda uji semula

W2 = Berat benda uji tertahan saringan no. 12

3.5.7 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

a. Tujuan

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kandungan lumpur/ lempung dalam agregat.

b. Peralatan / Bahan

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
2. Cawan / Talam
3. Agregat halus
4. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu
5. Air bersih
6. Saringan no. 200

c. Prosedur Percobaan

1. Timbang benda uji
2. Cuci benda uji hingga bersih menggunakan saringan no. 200.
3. Masukkan benda uji yang telah di cuci ke dalam oven pada suhu $\pm 110^{\circ}$ C selama 24 jam.
4. Keluarkan benda uji dari dalam oven dan dinginkan hingga mencapai suhu ruang, kemudian timbang benda uji tersebut.
5. Analisa data.

d. Perhitungan

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{(A - B)}{A} \times 100$$

Dimana : A = Berat awal (gram)

B = Berat akhir (gram)

3.6 Pemeriksaan Aspal

3.6.1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis aspal dengan menggunakan piknometer. Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

b. Peralatan :

1. Termometer
2. Bak perendam
3. Piknometer
4. Air suling
5. Timbangan.

c. Benda uji :

Aspal Minyak

d. Prosedur Kerja :

1. Timbang piknometer kosong dalam keadaan bersih dan kering.
2. Mengisi bejana dengan air suling sehingga diperkirakan bagian atas piknometer yang terendam 40 mm, kemudian rendam dan jepitlah bejana tersebut dalam bak perendam sekurang-kurangnya

100 mm, kemudian mengatur suhu bak perendaman pada suhu 25°C.

3. Bersihkan, keringkan dan timbanglah piknometer dengan ketelitian 1 mg, (A).
4. Angkat bejana dari bak perendam dan isilah piknometer dengan air suling kemudian tutuplah piknometer tanpa ditekan.
5. Letakkan piknometer kedalam bejana dan tekanlah penutup sehingga rapat, kembalikan kedalam bejana berisi piknometer kedalam bak perendam, diamkan bejana tersebut kedalam bak perendam selama 30 menit (B).
6. Panaskan contoh bitumen/aspal sejumlah \pm 100 gram, sampai menjadi cair dan aduklah untuk mencegah pemanasan setempat, pemanasan tidak boleh lebih dari 30 menit atau pada suhu 111°C diatas titik lembek aspal.
7. Tuang benda uji tersebut kedalam piknometer hingga terisi $\frac{3}{4}$ bagian kemudian biarkan piknometer hingga dingin tidak kurang dari 40 menit, lalu menimbang dengan penutupnya dengan ketelitian 1mg (C).
8. Isi piknometer yang berisi benda uji dengan air suling dan diamkan agar gelembung-gelembung udara keluar kemudian tekan penutupnya hingga rapat.
9. Masukkan bejana kedalam bak perendam dan diamkan selama 30 menit.
10. Angkat dan keringkan lalu timbang piknometer (D).

e. Rumus yang digunakan :

$$\text{Berat jenis aspal} = \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)} \dots\dots\dots(3.13)$$

Keterangan :

δ = berat jenis aspal

A = berat piknometer (dengan penutup) (gram)

B = berat pinometer berisi air (gram)

C = berat piknometer berisi aspal (gram)

D = berat piknometer berisi aspal dan air (gram)

3.6.2. Pemeriksaan Daktilitas

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal minyak sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu.

b. Peralatan :

1. Termometer
2. Cetakan daktalitas kuningan
3. Pelat alat cetakan
4. Bak perendam
5. Mesin uji daktalitas
6. Alat pemanas, untuk mencairkan aspal keras
7. Spatula

c. Benda Uji :

Aspal Minyak, Glyserin

d. Prosedur Kerja :

1. Lapisi cetakan dengan campuran *Glyserin* kemudian memasang cetakan daktalitas diatas pelat dasar.
2. Tuang bahan uji kedalam cetakan dari ujung ke ujung hingga penuh berlebih.
3. Dinginkan cetakan pada suhu ruang selama 30-40 menit lalu ratakan dengan spatula.
4. Rendam di dalam bak perendam yang bersuhu 25°C selama 30 menit.
5. Lepaskan benda uji dari pelat dasar dan sisi-sisi cetakan.
6. Pasang benda uji pada mesin uji dan tarik dengan kecepatan 5 cm/menit sampai benda uji putus.
7. Baca jarak antara pemegang benda uji pada saat benda uji putus (cm).

3.6.3. Pemeriksaan Penetrasi Aspal

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan penetrasi aspal keras atau lembek (*Solid Atau Semi Solid*) dengan memasukkan ukuran 100 gram, beban dan waktu tertentu dalam aspal pada suhu 25°C.

b. Peralatan :

1. Alat penetrasi
2. Pemegang jarum
3. Jarum penetrasi

4. Pemberat
5. Cawan
6. Bak perendam (*water Bath*)
7. Bak / Tempat air
8. Pengatur waktu (*stopwatch*)
9. Termometer Logam

c. Benda Uji :

Aspal Minyak

d. Prosedur Kerja :

1. Letakkan benda uji dalam tempat air yang kecil dan masukkan tempat air tersebut dalam bak perendam yang telah berada pada suhu 25°C.
2. Letakkan pemberat 100 gram diatas jarum untuk memperoleh beban sebesar (110 ± 0.1) gram, ujung jarum harus berbentuk kerucut terpancung.
3. Pindahkan tempat air dari bak perendam tepat dibawah alat penetrasi.
4. Turunkan jarum perlahan-lahan sehingga jarum tersebut menyentuh permukaan benda uji. Kemudian aturlah angka 0 di arloji penetrometer, sehingga jarum penunjuk berimpik dengannya.
5. Lepaskan pemegang jarum.
6. Putarlah arloji penetrometer dan bacalah angka penetrasi yang berimpit dengan jarum penunjuk.
7. Lepaskan jarum dari pemegang jarum dan siapkan alat penetrasi untuk pekerjaan berikutnya.

8. Lakukan pekerjaan 1 sampai dengan 6 diatas tidak kurang dari 3 kali untuk benda uji yang sama dengan ketentuan setiap titik pemeriksaan berjarak satu sama lain dan dari tepi dinding lebih dari 1 cm.

3.6.4 Pemeriksaan Viskositas

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan temperatur pencampuran dan temperatur pematangan.

b. Peralatan :

1. Satu set alat viskositas
2. Termometer
3. Labu viskositas

c. Benda Uji :

Aspal Minyak

d. Prosedur Kerja :

1. Panaskan benda uji pada suhu 120°C
2. Tuangkan benda uji kedalam tabung viskositas (*suhu pemanasan aspal harus sama dengan suhu aspal didalam tabung viskositas*)
3. Buka karet penyumbat dari tabung viskositas dan mulai menyalakan stopwatch saat benda uji menyentuh dasar labu viskositas.
4. Matikan stopwatch apabila benda uji tepat pada garis batas labu viskositas.
5. Catat waktu air (t) dalam detik.

6. Tutup kembali lubang viskositas dengan karet penyumbat.
7. Ulangi percobaan dari poin 1- 6 untuk suhu 140°, 160°C dan 180°C.

3.6.5 Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar dari semua jenis hasil aspal minyak bumi.

Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suhu titik diatas permukaan aspal.

Titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik permukaan aspal.

b. Peralatan :

1. Termometer
2. Cawan Cleveland Open Cup
3. Plat pemanas
4. Batang nyala Bunsen yang dapat diatur dan memberikan nyala dengan diameter 3.2-4.8 mm dengan panjang tabung 7.5 cm.

c. Benda Uji :

Aspal Minyak

d. Prosedur Kerja :

1. Letakkan cawan diatas plat pemanas dan atur sumber pemanas sehingga terletak dibawah titik tengah cawan.
2. Letakkan pembakar dititik tengah cawan

3. Letakkan thermometer tegak lurus diatas benda uji dengan jarak 6.4 mm diatas cawan, dan terletak pada satu garis yang menghubungkan titik tengah cawan dan titik poros nyala burner. Kemudian aturlah sehingga poros thermometer terletak pada jarak $\frac{1}{4}$ diameter cawan dari tepi.
4. Nyalakan Bunsen dan atur pemanas sehingga kenaikan suhu temperatur 15°C permenit sampai suhu 56°C dibawah titik nyala perkiraan.
5. Aturlah kecepatan pemanasan $5^{\circ}\text{C} - 6^{\circ}\text{C}$.
6. Putar bagian nyala Bunsen melalui permukaan cawan (dari ketepi cawan) dalam waktu 1 detik. Ulangi pekerjaan diatas tiap kenaikan temperatur 2°C .
7. Ulangi prosedur 5-6 sampai terlihat nyala singkat pada suhu titik diatas permukaan benda uji. Baca temperatur dan catat titik nyala yang terjadi.
8. Lanjutkan prosedur 7 sampai terlihat nyala agak lama kurang lebih 3 detik diatas permukaan benda uji. Baca temperatur dan catat titik bakar.

3.6.6 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk memeriksa temperatur pada saat dimana aspal menjadi lunak atau lembek.

b. Peralatan :

1. Termometer

2. Cincin Kuningan
 3. Bola Baja
 4. Bejana gelas tahan panas dengan ketinggian 12 cm
 5. Kaca
 6. Dudukan benda uji
 7. Detergen/Sabun
- c. Benda Uji :
- Aspal Minyak
- d. Prosedur Kerja :
1. Pasang dan atur benda uji diatas kedua kedudukannya dan letakkan pengarah bola keatasnya. Kemudian masukkan seluruh peralatan tersebut kedalam bejana gelas. Isi bejana dengan air suling dengan suhu 5°C dan tinggi permukaanair berkisar antara 101.6 – 108 mm, letakkan thermometer yang sesuai untuk pekerjaan ini diantara kedua benda uji. Atur jarak antara permukaan pelat dasar dengan dasar benda uji sehingga menjadi 25.4 mm.
 2. Panaskan bejana sehingga kenaikan suhu menjadi $5^{\circ}\text{C}/\text{menit}$.
 3. Catat suhu dan waktu pada saat bola menyentuh pelat dasar.

3.7 Pemeriksaan Kepipihan dan Kelonjongan Agregat

a. Tujuan

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan bentuk agregat pipih dan agregat berbentuk lonjong

b. Peralatan

1. Saringan no. 3/4, 1/2, 3/8

2. Wadah
3. Alat pengukur kepipihan dan kelonjongan agregat



c. Bahan

Batu Pecah 1-2

d. Prosedur kerja :

1. Ayak agregat menggunakan saringan no. 3/4, 1/2, 3/8
2. Lalu ukur agregat yang lolos saringan 3/4 yang tertahan pada saringan 1/2 dan saringan 3/8, menggunakan alat pengukur kepipihan dan kelonjongan agregat.
3. Timbang agregat yang telah dipisahkan sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan.

3.8 Penentuan Dan Persiapan Benda Uji

Setelah bahan yang akan digunakan telah lulus uji, tahap selanjutnya adalah penentuan jumlah benda uji dan rancangan agregat gabungan serta pembuatan benda uji untuk penentuan kadar aspal optimum.

Tabel 3. 1 Perhitungan benda Uji

Uraian kegiatan pengujian				Jumlah
1. Penentuan Kadar Aspal Optimum				
Variasi Kadar Aspal (%)		Jumlah Benda Uji	AC-WC	Jumlah
AC-WC		AC-WC		
5	3	3		3
5.5	3	3		3
6	3	3		3
6.5	3	3		3
7	3	3		3
2. Pengujian kadar aspal optimum 6.8%				
Kadar Aspal (%)	Waktu (Menit/jam)	AC-WC	Jumlah	
6.8%	30 Menit	3	3	
6.8%	24 Jam	3	3	
3. Variasi Bentuk Agregat				
Kadar Aspal (%)	Bentuk Agregat (%)	Perendaman	AC-WC	Jumlah
6.8%	Bulat 20%	24 Jam	3	3
6.8%	Pipih 20%	24 Jam	3	3
6.8%	Lonjong 20%	24 Jam	3	3
6.8%	Kubikal 20%	24 Jam	3	3
Total Benda Uji				33

3.8.1 Perancangan Agregat Gabungan

Perancangan agregat gabungan adalah penentuan proporsi masing-masing gradasi agregat kemudian digabung dalam satu campuran. Merancang proporsi campuran dapat dilakukan dengan metode grafis diagonal.

Langkah-langkah perancangan proporsi campuran adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui persyaratan gradasi yang diminta
2. Buatlah empat persegi panjang pada kertas grafik dengan ukuran 10x20 cm, atau ukuran lain dengan perbandingan 1: 2

3. Sumbu datar (X) digunakan untuk menunjukkan ukuran saringan, sumbu vertical (Y) digunakan untuk menunjukkan persen lolos saringan.
4. Garis diagonal dari empat persegi panjang menjadi garis gradasi tengah untuk spesifikasi agregat campuran yang diinginkan.
5. Masukkan prosentase lolos saringan masing-masing material kedalam grafik tersebut.
6. Untuk menentukan presentase Batu Pecah 1-2, dilihat dari jarak antara grafik gradasi Batu Pecah 0,5-1 terhadap tepi atas yang mana nilainya harus sama dengan nilai Batu Pecah 1-2.
7. Setelah didapatkan garis yang sama maka tariklah garis bantu vertical sampai memotong diagonal yang kemudian dari titik potong ini ditarik garis horizontal kekanan yang menunjukkan batas besarnya nilai prosentase komposisi campuran untuk Batu Pecah 1-2.
8. Dengan cara yang sama pada No.6 dan No.7 didapat nilai prosentase komposisi campuran untuk Batu Pecah 0,5-1 dan abu batu. Setelah diperoleh proporsi dari setiap jenis gradasi agregat dibuat suatu tabel hasil analisa gabungan agregat, dimana presentase masing-masing gradasi yang akan digunakan diperoleh dari hasil perkalian dengan presentase lolos untuk masing-masing nomor saringan lalu dikontrol apakah gradasi hasil gabungan tersebut memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan.

3.8.2 Pembuatan Benda Uji

a. Peralatan :

1. Timbangan
2. Panci
3. Cetakan benda uji yang diameter 10 cm (4") dan tinggi 7.5 cm (3") lengkap dengan plat alas dan leher sambung
4. Alat penumbuk lengkap dengan pedestal yang mempunyai permukaan tumbuk rata terbentuk selinder dengan berat 4.536 kg, dan tinggi jatuh bebas 45.7 cm (18")
5. Spatula
6. Termometer

b. Prosedur kerja :

1. Pisahkan agregat dengan cara penyaringan sesuai dengan presentase agregat yang didapat.
2. Menentukan kadar aspal optimum rencana (Pb).

$$Pb = 0,035 (\%Agregat\ Kasar) + 0,045 (\%Agregat\ Halus) + 0,18 (\%mineral\ aspal) + Konstanta.$$

Dimana :

Pb = Kadar aspal perkiraan

K = Nilai konstanta 0,5-1,0 (AC-WC)

3. Timbang masing-masing agregat dan aspal sesuai dengan presentase gabungan yang didapat.

- a. Sampel I : campuran agregat kasar (terdapat 20% agregat pipih) + agregat halus + filler (semen) + aspal

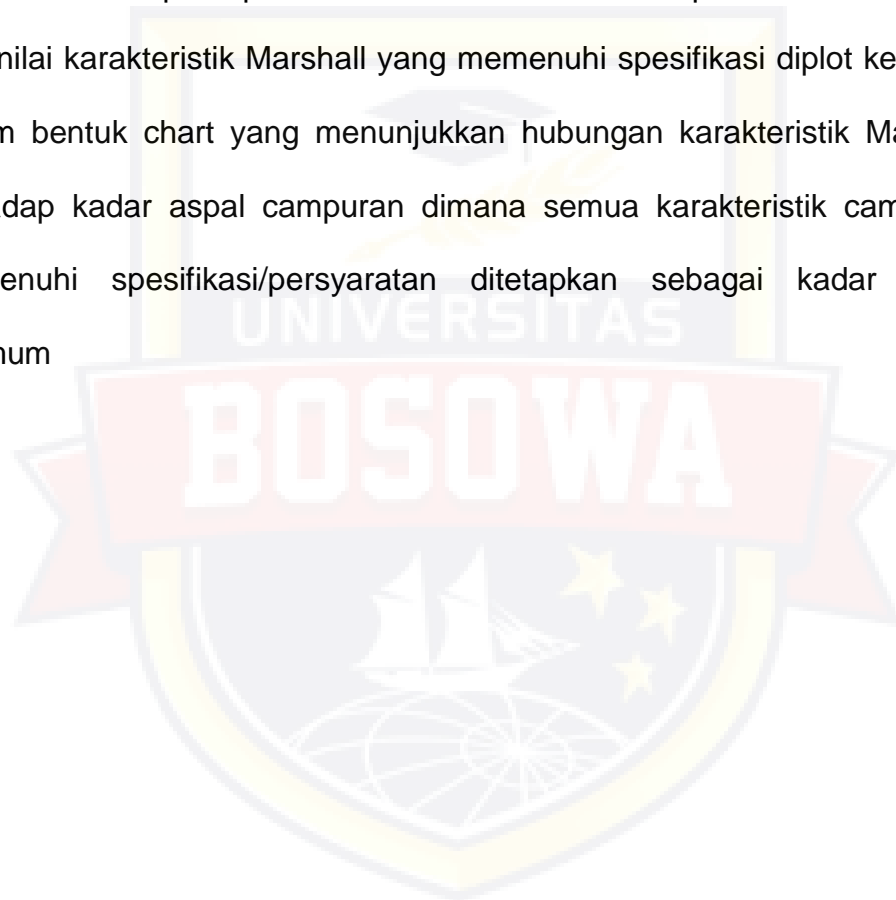
- b. Sampel II : campuran agregat kasar (terdapat 20% agregat Lonjong) + agregat halus + filler (semen) + aspal
 - c. Sampel III : campuran agregat kasar (terdapat 20% agregat bulat) + agregat halus + filler (semen) + aspal
 - d. Sampel IV : campuran agregat kasar (terdapat 20% agregat kubikal) + agregat halus + filler (semen) + aspal
4. Panaskan agregat dengan menggunakan wajan sampai suhu 165°C
 5. Kemudian tuangkan aspal penetrasi 60/70 tersebut kedalam campuran agregat yang berada dalam wajan sesuai dengan jumlahnya dan kemudian aduk sampai menyatu secara baik.
 6. Ukur temperatur pemadatan yaitu 155°C lalu masukkan campuran kedalam cetakan.
 7. Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 2 x 75 kali tumbukan, lalu dinginkan untuk kemudian dikeluarkan dari cetakan.

3.8.3. Pengetesan Benda Uji Dengan Alat Marshall

Bertujuan untuk menentukan *Stabilitas*, *Flow*, *Air Void*, *Void Filled* dan *Marshall Quotient* campuran aspal beton. Prosedur pengetesan adalah benda uji yang telah dipadatkan dan didinginkan kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji diudara, kemudian rendam dalam air selama 24 jam pada suhu ruang, kemudian timbang dalam air untuk mendapatkan berat benda uji dalam air, lalu benda uji diangkat dan dilap kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat kering permukaan jenuh (SSD). Sebelum diadakan pengetesan dengan alat marshall benda

uji terlebih dahulu direndam dalam air dengan suhu 60°C selama 30 menit. Setelah 30 menit dikeluarkan benda uji lalu kemudian tes dengan alat marshall. Dari pengetesan benda uji akan diperoleh data stabilitas dan Flow sebagai dasar untuk menentukan sifat-sifat campuran. Rancangan campuran yang digunakan dalam penelitian ini yaitu AC-WC.

Kadar aspal optimum ditentukan dari hasil parameter Marshall, nilai-nilai karakteristik Marshall yang memenuhi spesifikasi diplot ke grafik dalam bentuk chart yang menunjukkan hubungan karakteristik Marshall terhadap kadar aspal campuran dimana semua karakteristik campuran memenuhi spesifikasi/persyaratan ditetapkan sebagai kadar aspal optimum



BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Penyajian Data

Bahan agregat yang digunakan pada penelitian ini, terdiri dari agregat kasar dan agregat halus diperoleh dari bili-bili dan *filler* yang digunakan diperoleh dari PT. Semen Bosowa. Jenis Aspal yang digunakan Studi ini adalah Aspal Minyak Produksi Pertamina 60/70.

4.1.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Hasil pemeriksaan karakteristik agregat sesuai dengan metode pengujian yang dipakai dan spesifikasi yang disyaratkan dan disajikan dalam Tabel 4.1. - 4.3. dan hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar dan halus disajikan dalam Tabel 4.1. sebagai berikut :

a. Pemeriksaan Analisa Saringan

Tabel 4.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat (AASHTO T.11/27)

Ukuran Saringan		% Lolos Saringan			
Inchi	mm	Gradasi Batu Pecah 1-2	Gradasi Batu Pecah 0,5-1	Abu Batu	Semen
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100
1/2"	12,5	51,43	100,00	100,00	100
3/8"	9,5	11,20	85,82	100,00	100
No.4	4,75	1,56	58,19	90,47	100
No. 8	2,36	1.46	43,77	67,36	100
No. 16	1,18	1.02	27,67	50,34	100
No. 30	0,6	0.99	21,05	34.52	100
No. 50	0,3	0,92	15,18	25,59	100
No.100	0,14	0,67	11,65	11,97	100
No.200	0,075	0,61	4,85	5,20	95.16

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

b. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Pecah1-2 dan Batu Pecah 0,5-1)

Rumus:

$$\text{Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} = \frac{B_k}{B_j - B_a}$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)} = \frac{B_j}{B_j - B_a}$$

$$\text{Berat jenis semu (Appernt Specific Gravity)} = \frac{B_k}{B_k - B_a}$$

$$\text{Penyerapan (Absorption)} = \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100\%$$

Keterangan :

Bk = Berat benda kering oven

Bj = Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)

Ba = Berat benda uji di dalam air

Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Pecah 1-2, dan Batu Pecah 0,5 - 1)

Jenis Pemeriksaan	Metode pengujian	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	AASHTO T27-82			%
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 1-2)				
1. Bulk	SNI 1969:2016	2.59	-	-
2. SSD		2.65	-	-
3. Semu		2.76	Min 2,5	-
4. Penyerapan		2.41	Max 3	-
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 0,5-1)				
1. Bulk	SNI 1969:2016	2.62	-	-
2. SSD		2.69	-	-
3. Semu		2.83	Min 2,5	-
4. Penyerapan		2.73	Max 3	-

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

c. Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu :

Rumus :

$$\text{Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} = \frac{B_k}{B + 500 - B_t}$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)} = \frac{500}{B + 500 - B_t}$$

$$\text{Berat jenis semu (Apparent Specific Gravity)} = \frac{B_k}{B + B_k - B_t}$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100\%$$

Keterangan :

SSD = Berat benda uji kering permukaan jenuh

B_k = Berat benda kering oven

B = Berat piknometer + air

B_t = Berat piknometer + air + benda uji

Tabel 4. 3. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	AASHTO T27-82		-	%
Berat jenis dan penyerapan				
1. Bulk	SNI 03-6819-2002	2.78	-	Gram
2. SSD		2.85	-	Gram
3. Semu		3.01	Min 2,5	Gram
4. Penyerapan		2.75	Max 3	Gram

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

4.1.2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Minyak

Jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal minyak penetrasi 60/70. Hasil pengujian sifat-sifat fisik aspal sesuai hasil pengujian dan penelitian, diperlihatkan pada Tabel 4.4. sebagai berikut :

Tabel 4.4. Hasil Pemeriksaan Aspal Penetrasi 60/70

No.	Pemeriksaan	Prosedur Pemeriksaan	Spesifikasi		Hasil	Satuan
			Min.	Max.		
1	Penetrasi (25° C, 5 dtk)	SNI-06-2456-1991	60	79	64,9	0.1 mm
2	Titik Lembek (ring dan Ball)	SNI-06-2434-1991	48	58	51	°C
3	Berat jenis (25° C)	SNI-06-2441-1991	1,0	-	1,005	Gr/ml
4	Daktalitas (25° C, 5 cm/menit)	SNI-06-2432-1991	100	-	120	Mm
5	Titik Nyala dan Titik Bakar	SNI-06-2433-1991	200	-	272,5	%
6	Viskositas Pencampuran	AASHTO-72-97	130	165	162	°C
7	Viskositas Pematatan	AASHTO-72-97	120	140	131	°C

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

4.1.3. Analisa Rancangan Campuran

1. Penentuan Komposisi Agregat Gabungan

Dengan metode coba-coba (*Trial And Error*) tersebut diperoleh komposisi agregat gabungan untuk campuran aspal panas AC-WC yaitu menentukan masing-masing persentase dari masing-masing agregat kemudian hasil penggabungan agregat diperoleh melalui perkalian presentase dengan persen lolos dari agregat, selanjutnya hasil perkalian tersebut masing-masing dijumlahkan dan menghasilkan komposisi campuran.

Nilai presentase agregat gabungan untuk campuran aspal panas (*AC-WC Standar*) berdasarkan hasil perhitungan pada lampiran adalah:

- Batu Pecah 1 – 2 = 20%
- Batu Pecah 0,5-1 = 50%
- Abu Batu = 29%
- Filler = 1%

Contoh Perhitungan untuk nilai persentase agregat gabungan untuk campuran aspal panas (*AC – WC*) sebagai berikut :

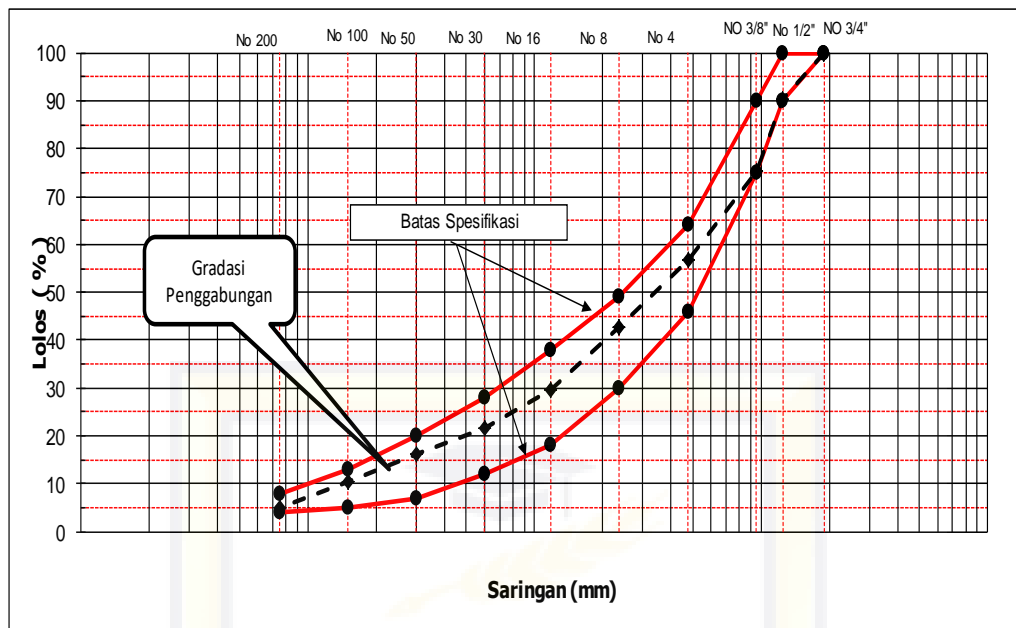
$$\begin{aligned} \text{Gradasi Penggabungan Agregat} &= \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times a + \\ &\frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times b + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times c + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times d \\ &= \frac{20}{100} \times 100 + \frac{50}{100} \times 100 + \frac{29}{100} \times 100 + \frac{1}{100} \times 100 \\ &= 100\% \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk nilai persentase agregat gabungan untuk campuran aspal panas (*AC-WC*) berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.5. Rancangan Campuran Aspal Panas AC-WC

No. Sari Ngan	Gradasi Agregat (Rata - Rata)				Gradasi Penggabungan Agregat (Combined) AC-WC	Spesifikasi 2018
	Batu Pecah 1 - 2	Batu Pecah 0,5 - 1	Abu Batu	Filler		
3/4"	100.0	100.00	100.00	100	100.00	100
1/2"	51.43	100.00	100.00	100	90.29	90-100
3/8"	11.20	85.82	100.00	100	75.15	75-90
#4	1.56	58.19	90.47	100	56.64	53-69
#8	1.46	43.77	67.36	100	42.71	33-53
#16	1.02	27.67	50.34	100	29.64	21-40
#30	0.99	21.05	34.52	100	21.73	14-30
#50	0.92	15.18	25,59	100	16.19	9-22
#100	0.67	11.65	11.97	100	10.43	6-15
#200	0.61	4.85	5.20	95.07	5.003	4-9
Komposisi Penggabungan Agregat (%)						
a. Batu pecah 1 – 2					20	
b. Batu pecah 0,5 – 1					50	
c. Abu batu					29	
d. Filler					1	
Total Luas Permukaan Agregat					<hr/>	
(M2/Kg)					5.61	

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR



Gambar 4.1. Grafik Gradasi Penggabungan Agregat AC-WC

4.2. Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

4.2.1. Perkiraan Kadar Aspal Optimum Rencana (Pb)

Penentuan kadar aspal untuk campuran aspal panas AC-WC

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0.035 (\text{Ag. Kasar}) + 0.045 (\text{Ag. Halus}) + 0.18 (\text{Filler}) + K \\
 &= 0.035 (57.29) + 0.045 (37.71) + 0.18 (5.00) + 0,75 \\
 &= 5,35 \% \longrightarrow 6.0 \%
 \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\begin{aligned}
 \text{Agregat Kasar} &= \#3/4" - \#8 \\
 &= 100 - 42,71 \\
 &= 57,29
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Agregat Halus} &= \#8 - \#200 \\
 &= 42,71 - 5,00 \\
 &= 37,71
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Filler} &= \#200 \\
 &= 5,00
 \end{aligned}$$

Kadar aspal yang didapatkan adalah 6,0%, dengan mengambil dua kadar aspal dibawah dan dua kadar aspal diatas menggunakan interval 0,5 % maka nilai tersebut adalah 5,0 % ; 5,5 % ; 6.0 % ; 6,5 %; 7,0%.

4.2.2. Penentuan Berat Agregat dan Aspal dalam Campuran

Setelah mendapatkan persentase masing-masing fraksi agregat dan aspal, maka ditentukan berat material untuk rancangan campuran dengan kapasitas *mold* yang ada.

Perhitungan untuk campuran aspal panas AC-WC dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70 dapat dilihat pada lampiran.

Selanjutnya untuk berat aspal dan berat agregat pada masing-masing kadar aspal dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 4.6. Komposisi campuran AC-WC

Kadar Aspal = 6 %		100 % - 6 %		= 94.00	
Hasil Combine					
BP 1- 2	20 %	x	94 %	=	0.19 X 1200 = 225.60
BP 0,5 – 1	50 %	x	94 %	=	0.47 X 1200 = 564.00
Abu Batu	29 %	x	94 %	=	0.27 X 1200 = 327.12
Filler	1 %	x	94 %	=	0.01 X 1200 = 11.28
Aspal	6 %	X			1200 = 72.00
					1200

Ket: Dalam satuan gram

Tabel 4.7. Berat Aspal dan agregat pada campuran aspal Panas AC-WC Standar

Kadar aspal	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Batu Pecah 1 – 2	228.00	226.80	225.60	224.60	223.20
Batu Pecah 0,5 – 1	570.00	567.00	564.00	561.00	558.00
Abu Batu	330.60	328.86	327.12	325.38	323.64

Semen	11.40	11.34	11.28	11.22	11.16
Berat Aspal Terhadap Campuran	60	66	72	78	84
Jumlah	1200	1200	1200	1200	1200

Ket: Dalam satuan gram

4.2.3. Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran

Berdasarkan hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat serta berat jenis aspal diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 4.8. Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat

Material	Berat jenis bulk	Berat jenis semu	Berat jenis efektif
	A	B	$c = \frac{(a+b)}{2}$
Batu Pecah 1 – 2	2,59	2,76	2,675
Batu Pecah 0,5 – 1	2,62	2,83	2,725
Abu batu	2,78	3,01	2,895
Filler	3,17		
Aspal	1,005		

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Berdasarkan hasil pemeriksaan di atas, maka berat jenis gabungan agregat dapat dihitung sebagai berikut :

- a. Untuk campuran aspal panas AC-WC

$$\begin{aligned} \text{Bj. Bulk Agregat (G}_{sb}) &= \frac{100}{\left(\frac{20\%}{2,59}\right) + \left(\frac{50\%}{2,62}\right) + \left(\frac{29\%}{2,78}\right)} \\ &= 2,69 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bj. Semu Agregat (G}_{sa}) &= \frac{100}{\left(\frac{20\%}{2,76}\right) + \left(\frac{50\%}{2,83}\right) + \left(\frac{29\%}{3,01}\right)} \\ &= 2,78 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Bj. Efektif Agregat (G}_{se}) = \frac{2,69 + 2,78}{2} = 2,73 \text{ gram}$$

4.3. Data Uji Marshall untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

Pada pengujian benda uji dengan alat *marshall*, diperoleh dua data hasil pengujian yaitu pembacaan *stabilitas* dan *flow* benda uji.

Dari hasil pengujian dan perhitungan *marshall* yang telah dilakukan terhadap benda uji untuk campuran AC – WC disajikan pada tabel

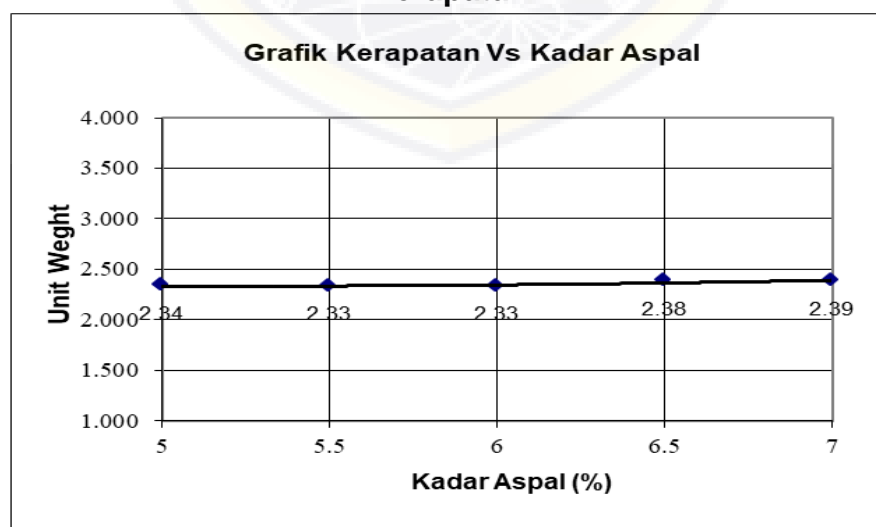
di bawah ini :

Tabel 4.9. Hasil Sifat Campuran Mendapatkan KAO

Kadar Aspal %	Hasil Pengujian						
	Kerapatan	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	VIM (%)	VMA(%)	VFB (%)
5	2.34	1146.56	3.54	323.9	8.3	17.34	51.65
5,5	2.33	1518.68	3.60	434.4	7.7	17.85	57.11
6	2.33	1352.73	3.72	376.3	7.0	18.31	62.82
6,5	2.38	1362.79	3.87	353.9	4.2	17.08	75.05
7	2.39	1458.3	3.99	365.8	3.4	17.37	80.77
Spesifikasi 2018		Min 800	2-4	Min 250	3-5	Min 15	Min 65

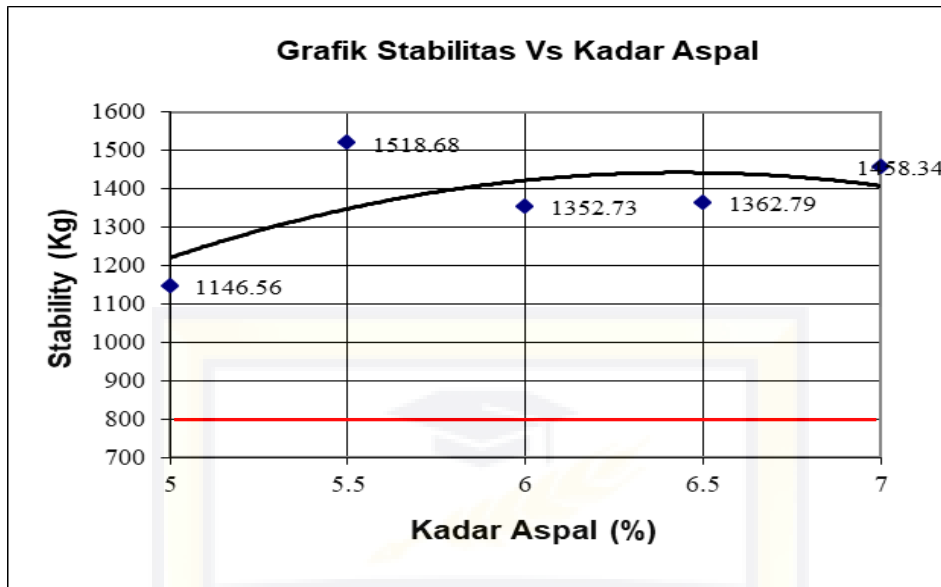
Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran, lalu diplot kedalam grafik untuk kemudian ditentukan kadar aspal optimum (KAO) seperti pada Gambar 4.2. dan 4.3.

Kerapatan



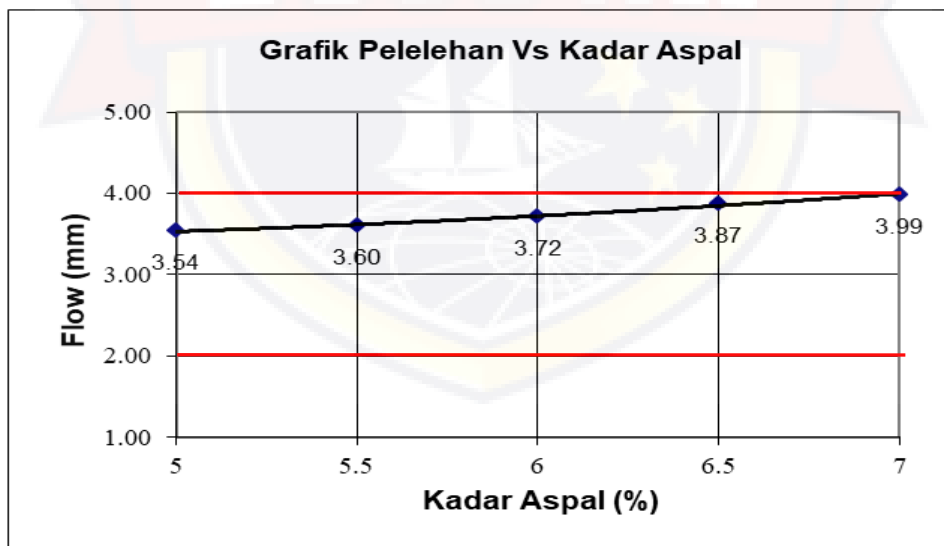
Gambar 4.2.1. Grafik Kerapatan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Stabilitas Minimum 800 (KG)



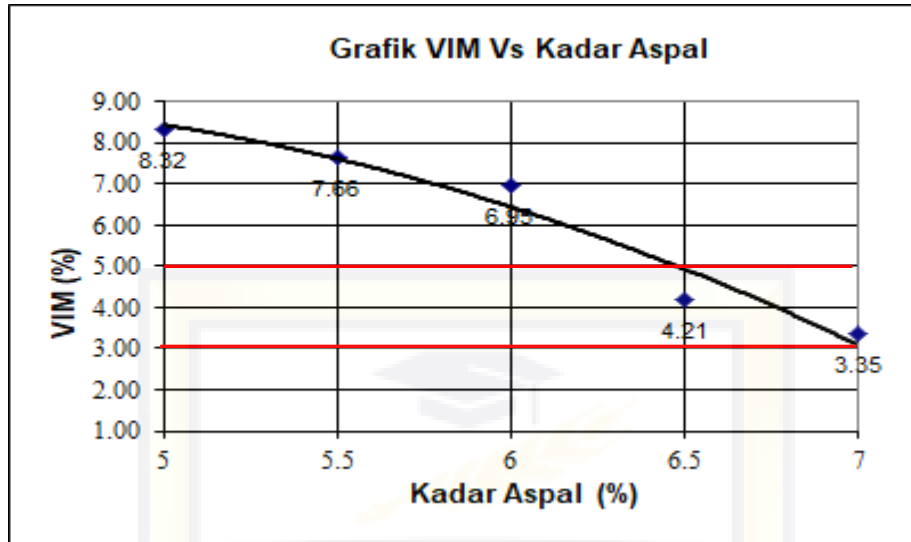
Gambar 4.2.2. Grafik Stabilitas Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Pelelehan (Flow) 2-4



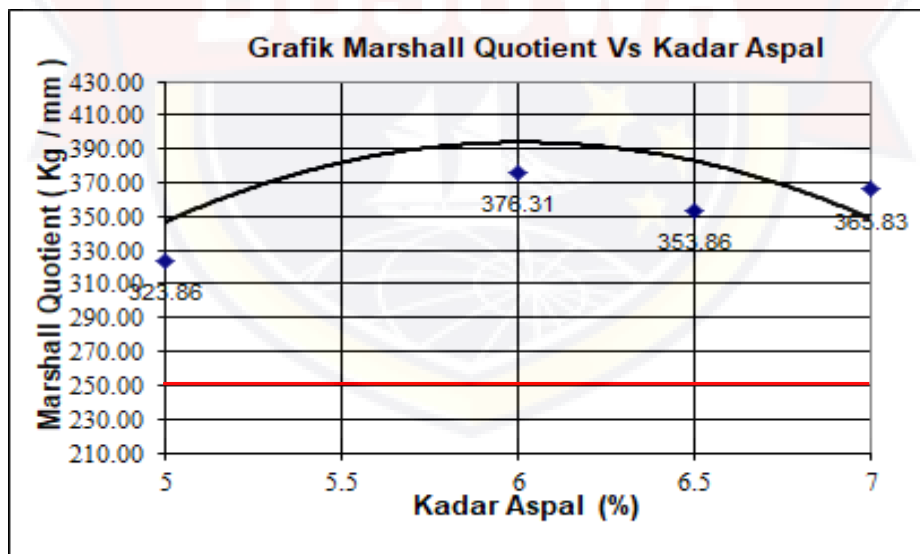
Gambar 4.2.3. Grafik Pelehan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Rongga Dalam Campuran (VIM) Antara 3,0 – 5,0 (%)



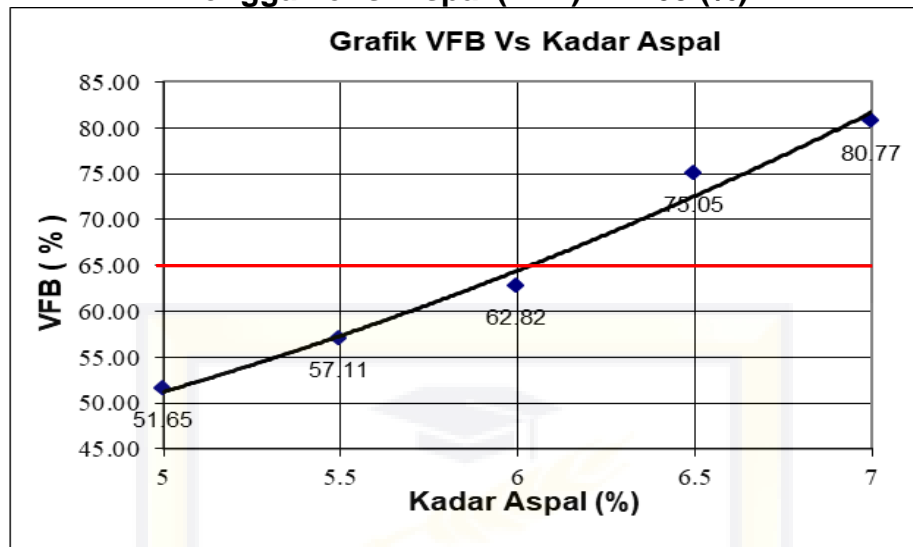
Gambar 4.2.4. Grafik VIM Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Marshall Quotient 250 (Kg/mm)



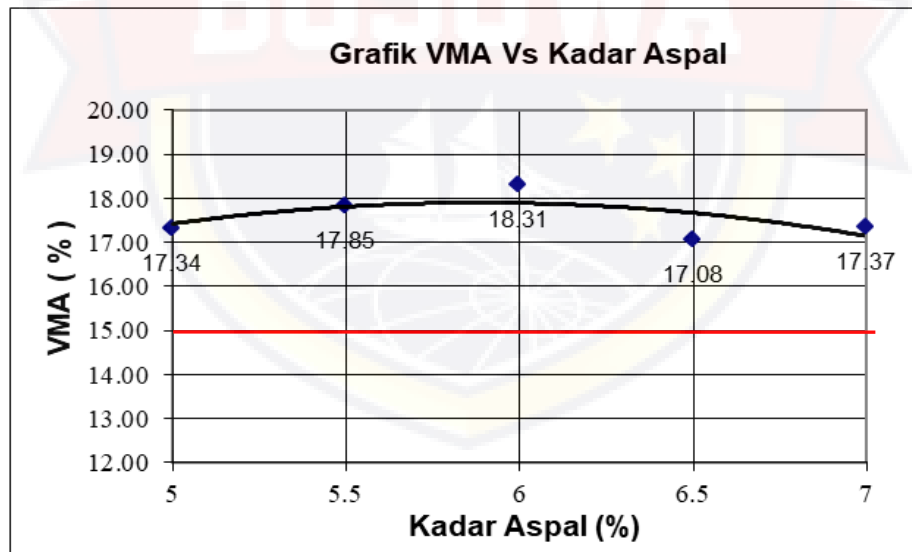
Gambar 4.2.5. Grafik Marshall Quotient Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Rongga Terisi Aspal (VFB) Min 65 (%)

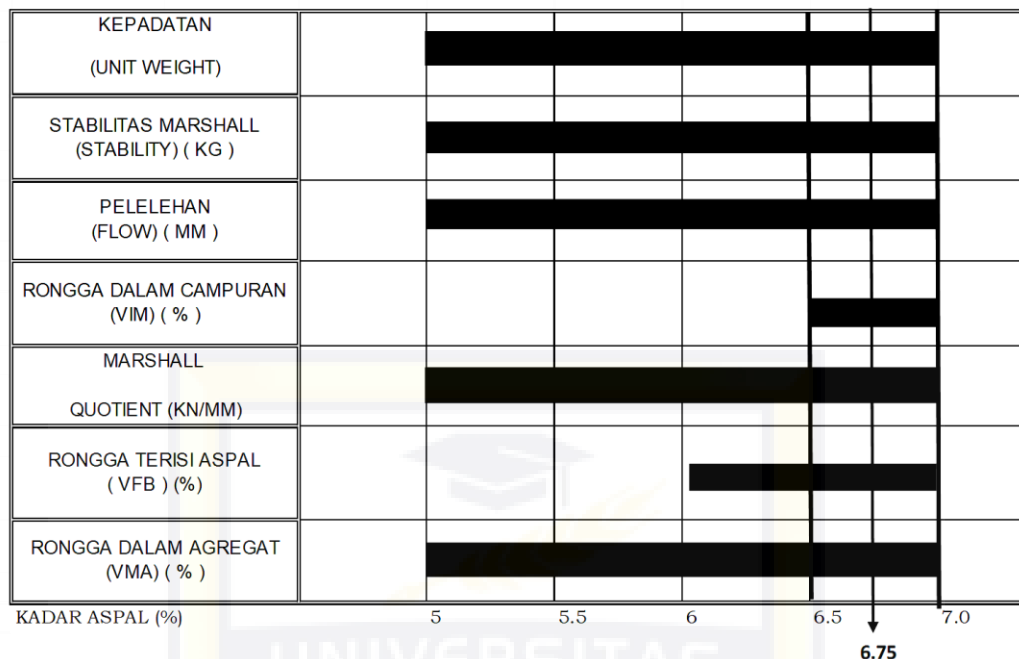


Gambar 4.2.6. Grafik VFB Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Rongga Dalam Agregat (VMA) minimum 15 (%)



Gambar 4.2.7. Grafik VMA Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO



Gambar 4.3 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum

$$\text{KADAR ASPAL OPTIMUM} = \frac{6.5\% + 7.0\%}{2} = 6.75 \rightarrow 6.80 \%$$

Dari gambar kurva hubungan parameter Marshall dengan kadar Aspal untuk penentuan campuran AC-WC Standar dapat diuraikan sebagai berikut:

- Grafik hubungan antara *Stabilitas* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa dengan kadar aspal rendah nilai Stabilitas semakin rendah dan seiring dengan penambahan kadar aspal maka nilai stabilitas akan semakin bertambah sampai pada titik tertinggi dan kemudian mengalami penurunan dengan penambahan kadar aspal.
- Grafik hubungan antara *Flow* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa secara konsisten *Flow* akan naik dengan bertambahnya kadar aspal.

- c) Grafik hubungan antara *VIM* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa dengan kadar aspal rendah, maka nilai *VIM* menjadi tinggi. Namun dengan bertambahnya kadar aspal nilai *VIM* semakin rendah.
- d) Grafik hubungan antara *Marshall Quotient* menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai *MQ* akan semakin bertambah sampai pada titik tertinggi dan kemudian mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar aspal.
- e) Grafik hubungan antara *VFB* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai *VFB* juga makin tinggi karena rongga terisi aspal.

Grafik hubungan antara *VMA* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase kadar aspal maka nilai *VMA* akan semakin berkurang.

4.4. Pembuatan Benda Uji

untuk campuran *AC-WC* didapat berat aspal dan agregat terhadap kadar aspal optimum sebagai berikut :

4.4.1. Perhitungan Berat Agregat Dan Berat Aspal Menggunakan Kadar Aspal Optimum

Setelah diperoleh Karakteristik Marshall dengan Kadar Aspal Optimum yang telah ditentukan maka dilanjutkan untuk komposisi campuran.

Untuk campuran *AC - WC* dengan variasi bentuk agregat kubikal 20%, lonjong 20%, pipih 20%, dan bulat 20%, yang di rendam selama 24 jam, didapat kadar Aspal dan Agregat terhadap kadar Aspal optimum sebagai berikut :

Tabel 4.10. Komposisi campuran agregat kubikal 20%

Kadar Aspal	=	6.8	%	100	%	-	6.8	%	=	93.20	
Hasil Combine											
BP kubikal1-2	20	%	x	93.20	%	=	0.19	x	1200	=	223.68
BP 0.5-1	50	%	x	93.20	%	=	0.47	x	1200	=	559.20
Abu Batu	29	%	x	93.20	%	=	0.27	x	1200	=	324.34
Filler semen	1	%	x	93.20	%	=	0.01	x	1200	=	11.18
Aspal	6.8	%			X				1200	=	81.60
										<u>1200.00</u>	

Ket: Satuan dalam gram

Tabel 4.11. Komposisi campuran agregat lonjong 20%

Kadar Aspal	=	6.8	%	100	%	-	6.8	%	=	93.20	
Hasil Combine											
Batu lonjong 1-2	20	%	x	93.20	%	=	0.19	x	1200	=	223.68
BP 0.5-1	50	%	x	93.20	%	=	0.47	x	1200	=	559.20
Abu Batu	29	%	x	93.20	%	=	0.27	x	1200	=	324.34
Filler semen	1	%	x	93.20	%	=	0.01	x	1200	=	11.18
Aspal	6.8	%			X				1200	=	81.60
										<u>1200.00</u>	

Ket: Satuan dalam gram

Tabel 4. 12. Komposisi campuran agregat pipih 20%

Kadar Aspal	=	6.8	%	100	%	-	6.8	%	=	93.20	
Hasil Combine											
Batu pipih 1-2	20	%	x	93.20	%	=	0.19	x	1200	=	223.68
BP 0.5-1	50	%	x	93.20	%	=	0.47	x	1200	=	559.20
Abu Batu	29	%	x	93.20	%	=	0.27	x	1200	=	324.34
Filler semen	1	%	x	93.20	%	=	0.01	x	1200	=	11.18
Aspal	6.8	%			X				1200	=	81.60
										<u>1200.00</u>	

Ket: Satuan dalam gram

Tabel 4.13. Komposisi campuran agregat bulat 20%

Kadar Aspal	=	6.8	%	100	%	-	6.8	%	=	93.20	
Hasil Combine											
Batu bulat 1-2	20	%	x	93.20	%	=	0.19	x	1200	=	223.68
BP 0.5-1	50	%	x	93.20	%	=	0.47	x	1200	=	559.20
Abu Batu	29	%	x	93.20	%	=	0.27	x	1200	=	324.34
Filler semen	1	%	x	93.20	%	=	0.01	x	1200	=	11.18
Aspal	6.8	%			X				1200	=	81.60
										<u>1200.00</u>	

Ket: Satuan dalam gram

4.4.2. Data Hasil Uji Dengan Alat Marshall Yang Diperoleh Dengan Menggunakan Kadar Aspal Optimum

Tujuan dari uji Marshall ini ialah untuk mengetahui karakteristik campuran aspal panas dengan kadar aspal optimum dengan waktu 30 menit. Maksud dari pengujian ini untuk mengetahui ketahanan (*Stabilitas*) terhadap kelelahan plastis (*Flow*) dari campuran aspal tersebut, untuk lebih jelas dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.14. Hasil Uji Marshall KAO dengan perendaman selama 30 menit dan 24 jam

No	Pemeriksaan	KAO 6.8%		Spesifikasi 2018
		Perendaman		
		30 menit	24 jam	
1	Kerapatan	2.38	2.36	-
2	Stabilitas (Kg)	1582.6	1497.9	Min 800
3	Flow (mm)	2.87	2.88	2-4
4	VIM (%)	3.84	4.82	3-5
5	VMA (%)	17.28	18.26	Min 15
6	MQ (Kg/mm)	551.0	526.9	Min 250
7	VFB (%)	77.79	73.63	Min 65

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium

Dari hasil uji marshall dapat diketahui campuran aspal panas AC-WC dengan variasi perbandingan penggunaan berbagai bentuk agregat yang direndam selama 24 jam, kemudian direndam 30 menit pada suhu 60°C. Dapat kita amati pengaruh campuran aspal terhadap nilai *Stabilitas*, *Flow*, *VIM*, *Marshall Quotient*, *VMA*, dan *VFB*. Dapat dilihat pada perhitungan dibawah:

Analisa data agregat kubikal 20%

BJ Max Campuran

Rumus :

$$\text{BJ Max Campuran} : \frac{100}{\frac{100 - A}{C} + \frac{A}{T}}$$

Dimana :

- A** : Kadar Aspal
- C** : BJ Efektif Gab
- T** : Specific Gravity of Bitument

$$\text{Max Sg Combined Mix} : \frac{100}{\frac{100 - 6.8}{2.78} + \frac{6.8}{1.005}} = 2.482$$

B Volume Benda Uji

Rumus :

$$\text{Volume Benda uji} = G - F$$

Dimana :

- G** : SSD
- F** : Berat Dalam Air

Kubikal

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda uji} : 1198.5 - 692.3 = 506.2 \text{ m}^3$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda uji} : 1190.5 - 691.1 = 499.4 \text{ m}^3$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Volume Benda uji} : 1186.2 - 687.3 = 498.9 \text{ m}^3$$

C BJ Bulk Campuran Pemadatan

Rumus :

$$\text{BJ Bulk Campuran Pemadatan} : \frac{E}{H}$$

Dimana :

E : Berat Benda Uji di Udara
H : Volume Benda Uji

Kubikal

Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1195.4}{506.2} = 2.36$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1179.9}{499.4} = 2.36$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1183.2}{498.9} = 2.37$$

D % VIM

Rumus :

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (D - I)}{D}$$

Dimana :

D : BJ Max Campuran (GMM)
I : BJ Bulk Campuran Pemadatan

Kubikal

Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} \frac{100 (2.48 - 2.36)}{2.48} = 4.85 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} = \frac{100 (2.48 - 2.36)}{2.48} = 4.81 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\% \text{ VIM} = \frac{100 (2.48 - 2.37)}{2.48} = 4.44 \%$$

E. Stabilitas

Rumus :

Stabilitas = **K** x Angka koreksi x Angka kalibrasi

Dimana :

K : Pembacaan Stabilitas

Kubikal

Sampel I (Satu)

$$91 \times 1.0125 \times 14.9 = 1372.85 \text{ Kg}$$

Sampel II (Dua)

$$82 \times 1.0125 \times 14.9 = 1237.07 \text{ Kg}$$

Sampel III (Tiga)

$$98 \times 1.0125 \times 14.9 = 1478.45 \text{ Kg}$$

F Marshall Quotien (Kg/mm)

Rumus :

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} = \frac{L}{M}$$

Dimana :

L : Stability (Kg)

M : Flow (mm)

Kubikal

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm) : } \frac{1372.85}{3.21} = 427.68 \text{ Kg/mm}$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm) : } \frac{1237.07}{3.29} = 376.01 \text{ Kg/mm}$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm) : } \frac{1478.45}{3.15} = 469.35 \text{ Kg/mm}$$

Absorpsi Aspal terhadap berat total campuran

I

Rumus :

$$= \frac{A}{B} + \frac{T (100 - A)}{D} - \frac{100 \times T}{D}$$

Dimana :

- A : Kadar Aspal
- B : BJ Bulk Gab
- D : BJ Max Campuran GMM
- T : Specific Gravity of Bitument

Kadar Aspal 6.8 %

$$= 5.8 + \frac{1.005}{2.49} \frac{100 - 5.8}{2.35} - \frac{100 \times 1.005}{2.35} = 1,04$$

J tebal film

Rumus :

$$\text{Tebal Film} = \frac{1000}{T \cdot O} \left(\frac{A - P}{100 - A} \right)$$

Dimana :

- A : Kadar aspal
- P : Absorsi Aspal
- T : Specific Gravity of Bitument
- O : Luas permukaan agregat

Kadar Aspal 6.8 %

Sampel I (Satu)

$$\frac{1000}{1.005} \frac{(6.8 - 5.61)}{(100 - 6.8)} - \frac{1.13}{6.8} = 10.79$$

G VMA

Rumus :

$$\text{VMA} = 100 - \frac{\text{I}}{\text{B}} \times 100 - \text{A}$$

Dimana :

- I** : BJ Bulk Campuran Pemasatan
- B** : BJ Bulk Gab
- A** : Kadar Aspal

Kubikal

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.36}{2.69} \times 100 - 6.8 = 18.18 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.36}{2.69} \times 100 - 6.8 = 18.14 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.37}{2.69} \times 100 - 6.8 = 17.83 \%$$

H VFB %

Rumus :

$$\text{VFB} = \frac{\text{R} - \text{J}}{\text{R}} \times 100$$

Dimana :

- R** : Rongga Dalam Agregat
- J** : Rongga Dalam Campuran

Kubikal

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} = \frac{18.18 - 4.85}{18.18} \times 100 = 73.3 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} = \frac{18.14 - 4.81}{18.14} \times 100 = 73.5 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VFB} = \frac{17.83 - 4.44}{17.83} \times 100 = 75.1 \%$$

Analisa data agregat lonjong 20%

BJ Max Campuran

Rumus :

$$\text{BJ Max Campuran} = \frac{100 - A}{C + T}$$

Dimana :

- A : Kadar Aspal
- C : BJ Efektif Gab
- T : Specific Gravity of Bitument

$$\text{Max Sg Combined Mix} = \frac{100 - 6.8}{2.78 + 1.005} = 2.482$$

B Volume Benda Uji

Rumus :

$$\text{Volume Benda uji} = G - F$$

Dimana :

- G : SSD
- F : Berat Dalam Air

Lonjong

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda uji} : 1173.5 - 686.3 = 487.6 \text{ m}^3$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda uji} : 1179.5 - 693.2 = 486.3 \text{ m}^3$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Volume Benda uji} : 1188.2 - 679.2 = 509.0 \text{ m}^3$$

C BJ Bulk Campuran Pemadatan

Rumus :

$$\text{BJ Bulk Campuran Pemadatan} : \frac{E}{H}$$

Dimana :

E : Berat Benda uji di Udara

H : Volume Benda Uji

Lonjong

Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1160.4}{487.6} = 2.38$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1173.8}{486.3} = 2.41$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1179.9}{509.0} = 2.32$$

D % VIM

Rumus :

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (D - I)}{D}$$

Dimana :

D : BJ Max Campuran (GMM)

I : BJ Bulk Campuran Pemadatan

Lonjong

Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} = \frac{100 (2.48 - 2.38)}{2.48} = 4.11 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} = \frac{100 (2.48 - 2.41)}{2.48} = 2.75 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\% \text{ VIM} = \frac{100 (2.48 - 2.32)}{2.48} = 6.60 \%$$

E Stabilitas

Rumus :

Stabilitas = K x Angka koreksi X Angka kalibrasi

Dimana :

K : Pembacaan Stabilitas

Lonjong

Sampel I (Satu)

$$90 \times 1.0125 \times 14.9 = 1357.76 \text{ Kg}$$

Sampel II (Dua)

$$88 \times 1.0125 \times 14.9 = 1327.59 \text{ Kg}$$

Sampel III (Tiga)

$$85 \times 1.0125 \times 14.9 = 1282.33 \text{ Kg}$$

F Marshall Quotien (Kg/mm)

Rumus :

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{L}{M}$$

Dimana :

L : Stability (Kg)

M : Flow (mm)

Lonjong

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1357.8}{3.60} = 377.16 \text{ Kg/mm}$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1327.6}{3.52} = 377.16 \text{ Kg/mm}$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1282}{3.31} = 387.41 \text{ Kg/mm}$$

Absorpsi Aspal terhadap berat total campuran

I

Rumus :

$$= A + \frac{T (100 - A)}{B} - \frac{100 \times T}{D}$$

Dimana :

A : Kadar Aspal

B : BJ Bulk Gab

D : BJ Max Campuran GMM

T : Specific Gravity of Bitument

Kadar Aspal 6.8 %

$$= 5.8 + \frac{1.005}{2.49} \frac{100 - 5.8}{2.35} - \frac{100 \times 1.005}{2.35} = 1,04$$

J tebal film

Rumus :

$$\text{Tebal Film} = \frac{1000}{T \cdot O} \left(\frac{A - P}{100 - A} \right)$$

Dimana :

- A** : Kadar aspal
- P** : Absorsi Aspal
- T** : Specific Gravity of Bitument
- O** : Luas permukaan agregat

Kadar Aspal 6.8 %

Sampel I (Satu)

$$\frac{1000}{1.005} \left(\frac{6.8 - 1.13}{5.61 (100 - 6.8)} \right) = 10.79$$

G VMA

Rumus :

$$\text{VMA} = 100 - \frac{I}{B} \times 100 - A$$

Dimana :

- I** : BJ Bulk Campuran Pematatan
- B** : BJ Bulk Gab
- A** : Kadar Aspal

Lonjong

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.38}{2.69} \times 100 - 6.8 = 17.55 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.41}{2.69} \times 100 - 6.8 = 16.37 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.32}{2.69} \times 100 - 6.8 = 19.69 \%$$

H VFB %

Rumus :

$$\text{VFB} = \frac{\text{R} - \text{J}}{\text{R}} \times 100$$

Dimana :

R : Rongga Dalam Agregat

J : Rongga Dalam Campuran

Lonjong

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} = \frac{17.55 - 4.11}{17.55} \times 100 = 76.6 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} = \frac{16.37 - 2.75}{16.37} \times 100 = 83.2 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VFB} = \frac{19.69 - 6.60}{19.69} \times 100 = 66.5 \%$$

Analisa data agregat pipih 20%

BJ Max Campuran

Rumus :

$$\text{BJ Max Campuran} = \frac{100}{\frac{100 - A}{C} + \frac{A}{T}}$$

Dimana :

A : Kadar Aspal

C : BJ Efektif Gab

T : Specific Gravity of Bitument

$$\text{Max Sg Combined Mix} : \frac{100}{\frac{100 - 6.8}{2.78} + \frac{6.8}{1.005}} = 2.482$$

B Volume Benda Uji

Rumus :

$$\text{Volume Benda uji} = G - F$$

Dimana :

$$\begin{aligned} G &: \text{SSD} \\ F &: \text{Berat Dalam Air} \end{aligned}$$

Pipih

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda uji} : 1165.5 - 688.3 = 477.2 \text{ m}^3$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda uji} : 1190.6 - 682.8 = 507.8 \text{ m}^3$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Volume Benda uji} : 1196.4 - 691.6 = 504.8 \text{ m}^3$$

C BJ Bulk Campuran Pemadatan

Rumus :

$$\text{BJ Bulk Campuran Pemadatan} : \frac{E}{H}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} E &: \text{Berat Benda Uji di Udara} \\ H &: \text{Volume Benda Uji} \end{aligned}$$

Pipih

Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1162.2}{477.2} = 2.44$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1182.8}{507.8} = 2.33$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1192}{504.8} = 2.36$$

D % VIM

Rumus :

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (D - I)}{D}$$

Dimana :

D : BJ Max Campuran (GMM)

I : BJ Bulk Campuran Pemadatan

Pipih

Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} \frac{100 (2.48 - 2.44)}{2.48} = 1.87 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} \frac{100 (2.48 - 2.33)}{2.48} = 6.15 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\% \text{ VIM} \frac{100 (2.48 - 2.36)}{2.48} = 4.81 \%$$

E Stabilitas

Rumus :

Stabilitas $K \times$ Angka koreksi \times Angka kalibrasi

Dimana :

K : Pembacaan Stabilitas

Pipih

Sampel I (Satu)

$$89 \times 1.0125 \times 14.9 = 1342.68 \text{ Kg}$$

Sampel II (Dua)

$$82 \times 1.0125 \times 14.9 = 1237.07 \text{ Kg}$$

Sampel III (Tiga)

$$82 \times 1.0125 \times 14.9 = 1237.07 \text{ Kg}$$

F Marshall Quotien (Kg/mm)

Rumus :

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{L}{M}$$

Dimana :

L : Stability (Kg) Adjust

M : Flow (mm)

Pipih

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1342.7}{3.8} = 353.34 \text{ Kg/mm}$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1237.1}{3.90} = 317.20 \text{ Kg/mm}$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm) } : \frac{1221.9}{3.50} = 349.14 \text{ Kg/mm}$$

Absorpsi Aspal terhadap berat total campuran

I

Rumus :

$$= A + \frac{T (100 - A)}{B} - \frac{100}{D} \times \frac{T}{D}$$

Dimana :

- A : Kadar Aspal**
- B : BJ Bulk Gab**
- D : BJ Max Campuran GMM**
- T : Specific Gravity of Bitument**

Kadar Aspal 6.8 %

$$= 5.8 + \frac{1.005}{2.49} \frac{100 - 5.8}{2.35} - \frac{100}{2.35} \times \frac{1.005}{2.35} = 1,04$$

J tebal film

Rumus :

$$\text{Tebal Film} = \frac{1000 (A - P)}{T \cdot O (100 - A)}$$

Dimana :

- A : Kadar aspa**
- P : Absorsi Aspal**
- T : Specific Gravity of Bitument**
- O : Luas permukaan agregat**

Kadar Aspal 6.8 %

Sampel I (Satu)

$$\frac{1000}{1.005} \frac{(6.8 - 1.13)}{5.61 (100 - 6.8)} = 10.79$$

G VMA

Rumus :

$$\text{VMA } 100 - \frac{I}{B} \times 100 - A$$

Dimana :

I : BJ Bulk Campuran Pemasatan

B : BJ Bulk Gab

A : Kadar Aspal

Pipih

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.44}{2.69} \times 100 - 6.8 = 15.62 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.33}{2.69} \times 100 - 6.8 = 19.30 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.36}{2.69} \times 100 - 6.8 = 18.15 \%$$

H VFB %

Rumus :

$$\text{VFB} \frac{R - J}{R} \times 100$$

Dimana :

R : Rongga Dalam Agregat

J : Rongga Dalam Campuran

Pipih

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} \frac{15.62 - 1.87}{15.62} \times 100 = 88.0 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} = \frac{19.30 - 6.15}{19.30} \times 100 = 68.1 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VFB} = \frac{18.15 - 4.81}{18.15} \times 100 = 73.5 \%$$

Analisa data agregat bulat 20%

BJ Max Campuran

Rumus :

$$\text{BJ Max Campuran} = \frac{100}{\frac{100 - A}{C} + \frac{A}{T}}$$

Dimana :

- A** : Kadar Aspal
- C** : BJ Efektif Gab
- T** : Specific Gravity of Bitument

$$\text{Max Sg Combined Mix} = \frac{100}{\frac{100 - 6.8}{2.78} + \frac{6.8}{1.005}} = 2.482$$

B Volume Benda Uji

Rumus :

$$\text{Volume Benda uji} = G - F$$

Dimana :

- G** : SSD
- F** : Berat Dalam Air

Bulat

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda uji} : 1188.8 - 687.2 = 501.6 \text{ m}^3$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda uji} : 1185.6 - 687.1 = 498.5 \text{ m}^3$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Volume Benda uji} : 1171.1 - 681.7 = 489.4 \text{ m}^3$$

C BJ Bulk Campuran Pemadatan

Rumus :

$$\text{BJ Bulk Campuran Pemadatan} : \frac{E}{H}$$

Dimana :

E : Berat Benda Uji di Udara
H : Volume Benda Uji

Bulat

Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1182.7}{501.6} = 2.36$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1179.4}{498.5} = 2.37$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1169.2}{489.4} = 2.39$$

D % VIM

Rumus :

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (D - I)}{D}$$

Dimana :

D : BJ Max Campuran (GMM)
I : BJ Bulk Campuran Pemadatan

Bulat

Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} = \frac{100 \left(\frac{2.48 - 2.36}{2.48} \right)}{2.48} = 5.00 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} = \frac{100 \left(\frac{2.48 - 2.37}{2.48} \right)}{2.48} = 4.67 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\% \text{ VIM} = \frac{100 \left(\frac{2.48 - 2.39}{2.48} \right)}{2.48} = 3.74 \%$$

E Stabilitas

Rumus :

Stabilitas = $K \times \text{Angka koreksi} \times \text{Angka kalibrasi}$

Dimana :

K : Pembacaan Stabilitas

Bulat

Sampel I (Satu)

$$89 \times 1.0125 \times 14.9 = 1342.68 \text{ Kg}$$

Sampel II (Dua)

$$81 \times 1.0125 \times 14.9 = 1221.99 \text{ Kg}$$

Sampel III (Tiga)

$$75 \times 1.0125 \times 14.9 = 1131.47 \text{ Kg}$$

F Marshall Quotien (Kg/mm)

Rumus :

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{L}{M}$$

Dimana :

L : Stability (Kg) Adjust
M : Flow (mm)

Bulat

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1342.68}{3.95} = 339.92 \text{ Kg/mm}$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1221.99}{3.91} = 312.53 \text{ Kg/mm}$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1131.47}{3.51} = 322.36 \text{ Kg/mm}$$

Absorpsi Aspal terhadap berat total campuran

I

Rumus :

$$= A + \frac{T (100 - A)}{B} - \frac{100 \times T}{D}$$

Dimana :

A : Kadar Aspal
B : BJ Bulk Gab
D : BJ Max Campuran GMM
T : Specific Gravity of Bitument

Kadar Aspal 6.8 %

$$= 5.8 + \frac{1.005}{2.49} \frac{100 - 5.8}{2.35} - \frac{100 \times 1.005}{2.35} = 1,04$$

J tebal film

Rumus :

$$\text{Tebal Film} = \frac{1000 (A - P)}{T \cdot O (100 - A)}$$

Dimana :

- A** : Kadar aspal
- P** : Absorsi Aspal
- T** : Specific Gravity of Bitument
- O** : Luas permukaan agregat

Kadar Aspal 6.8 %

Sampel I (Satu)

$$\frac{1000 (6.8 - 1.13)}{1.005 \cdot 5.61 (100 - 6.8)} = 10.79$$

G VMA

Rumus :

$$\text{VMA} = 100 - \frac{I}{B} \times 100 - A$$

Dimana :

- I** : BJ Bulk Campuran Pematatan
- B** : BJ Bulk Gab
- A** : Kadar Aspal

Bulat

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.36}{2.69} \times 100 - 6.8 = 18.31 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.37}{2.69} \times 100 - 6.8 = 18.03 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.39}{2.69} \times 100 - 6.8 = 17.23 \%$$

H VFB %

Rumus :

$$\text{VFB} = \frac{\text{R} - \text{J}}{\text{R}} \times 100$$

Dimana :

R : Rongga Dalam Agregat

J : Rongga Dalam Campuran

Bulat

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} = \frac{18.31 - 5.00}{18.31} \times 100 = 72.7 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} = \frac{18.03 - 4.67}{18.03} \times 100 = 74.1 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VFB} = \frac{17.23 - 3.74}{17.23} \times 100 = 78.3 \%$$

Untuk perhitungan lainya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.15. Hasil Uji Marshall KAO perbandingan bentuk agregat yang di rendam selama 24 jam, kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	Perbandingan Bentuk Agregat					Spesifikasi
		KAO 6.8 %					
		KAO	Bentuk Agregat 20%				
			Kubikal	Lonjong	Pipih	Bulat	
1	Kerapatan	2.36	2.37	2.37	2.38	2.37	-
2	Stabilitas (kg)	1497.95	1362.79	1322.56	1267.25	1232.04	Min 800
3	Flow (mm)	2.88	3.22	3.48	3.73	3.79	2-4
4	VIM (%)	4.82	4.70	4.49	4.28	4.47	3-5
5	VMA (%)	18.26	18.05	17.87	17.69	17.85	Min 15
6	MQ (Kg/mm)	526.88	424.35	380.57	339.89	324.93	Min 250
7	VFB (%)	73.63	73.97	75.41	76.54	75.01	Min 65

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

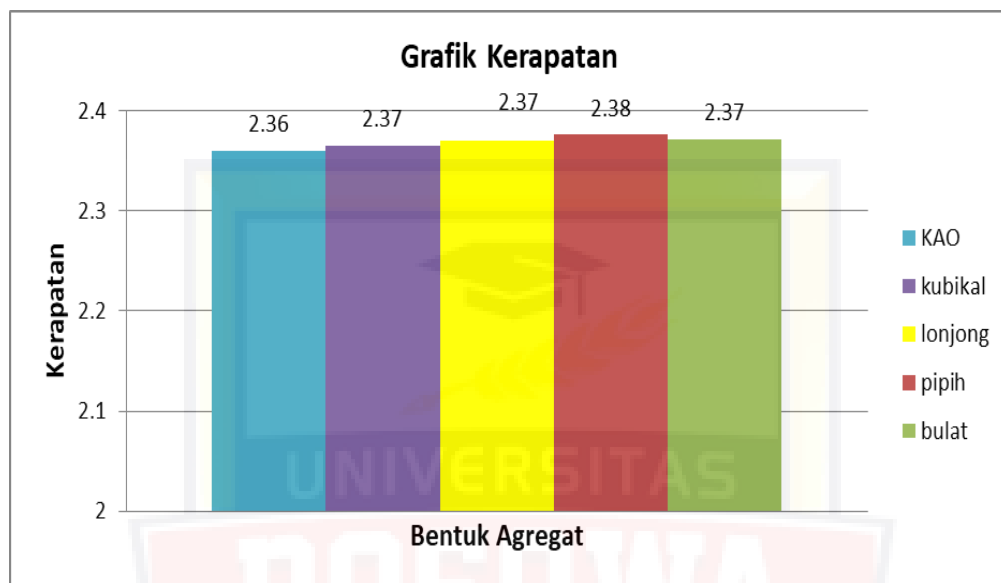
4.4.3. Analisis Hasil Pengujian Perbandingan Bentuk Agregat Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC.

Hasil pengujian campuran benda uji pada alat pengujian marshall akan diperoleh hasil-hasil parameter marshall sebagai berikut:

a. Kerapatan

Nilai *density* (kerapatan) menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Campuran dengan *density* tinggi dalam batas tertentu akan lebih mampu menahan beban yang lebih berat dibandingkan dengan campuran yang mempunyai *density* yang rendah. Nilai *density* suatu campuran dipengaruhi oleh kualitas dan komposisi bahan susun serta cara pemadatan, suatu campuran akan memiliki *density* yang tinggi apabila mempunyai bentuk butir yang tidak seragam dan porositas butiran rendah. Nilai kepadatan campuran beton aspal

lapis aus AC-WC dengan perbandingan bentuk agregat, dapat dilihat pada gambar 4.4 untuk campuran beton aspal lapis aus AC-WC pada kondisi kadar aspal optimum.



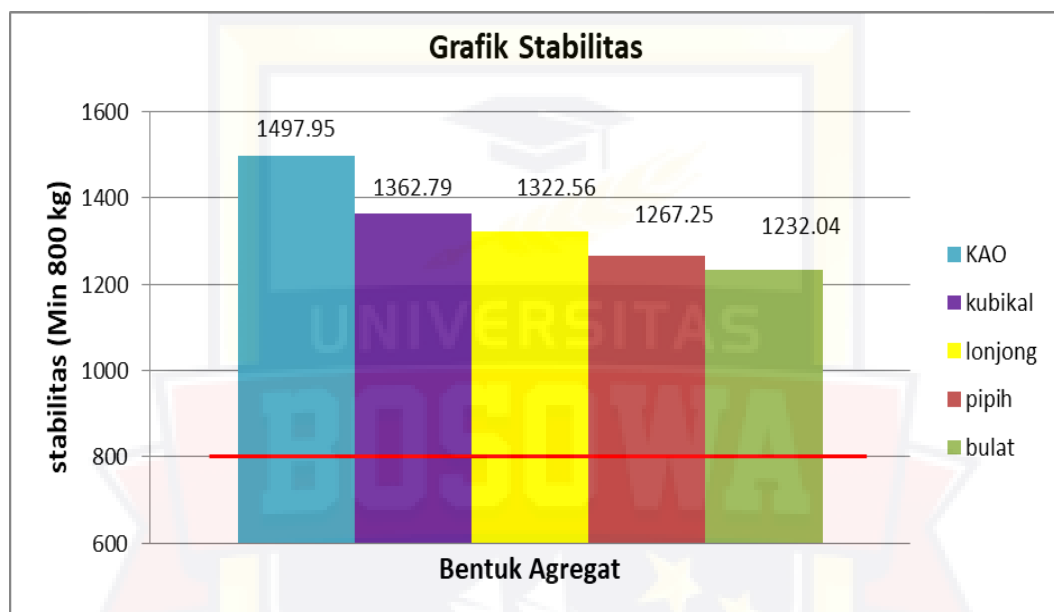
Gambar 4. 4 Diagram hubungan perbandingan bentuk agregat terhadap kerapatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.4 Dapat dilihat bahwa nilai Kerapatan (density), pada KAO adalah 2,36, kubikal adalah 2,37, lonjong adalah 2,37, bulat 2.37. Pada pengujian ini bentuk pipih memiliki tingkat kepadatan yang tinggi karena kurangnya rongga pada campuran akibat permukaan agregat yang tipis dan permukaan agregat yang hampir sama, dan jarak antar agregat yang terlalu rapat.

b. Stabilitas Minimum 800 (Kg)

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) tetap, dinyatakan dalam satuan beban lalu lintas, perkerasan yang memiliki nilai

stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas besar, akan tetapi stabilitas yang terlalu rendah akan mengakibatkan perkerasan akan mudah mengalami alur (*rutting*) oleh beban lalu lintas. Hasil pengujian stabilitas perbandingan bentuk agregat pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Diagram hubungan perbandingan bentuk agregat terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

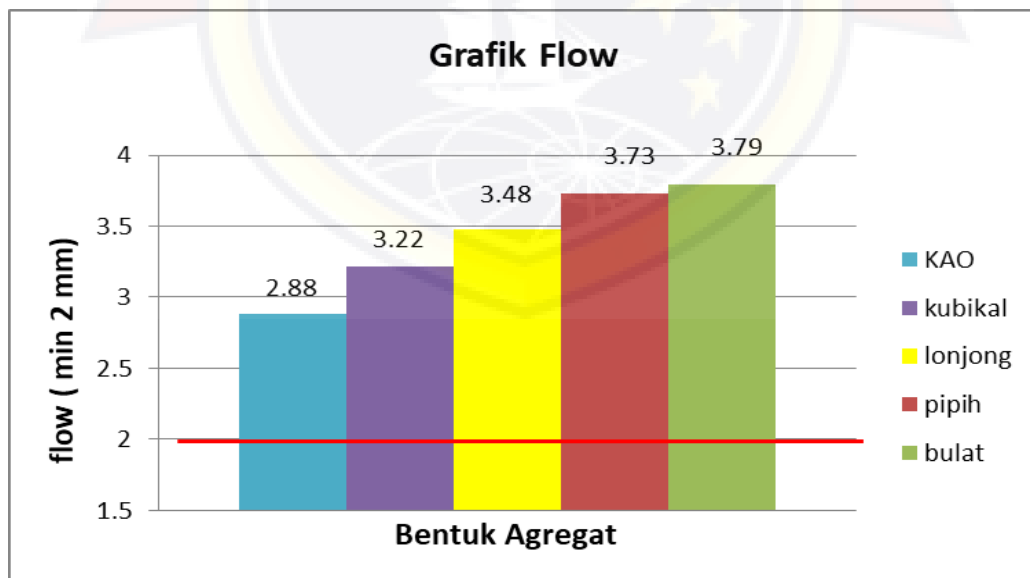
Dari gambar 4.5. diatas menunjukkan bahwa nilai Stabilitas campuran agregat mengalami penurunan pada nilai KAO adalah 1497,95 Kg, pada agregat bentuk kubikal adalah 1362.79 Kg, pada agregat bentuk lonjong adalah 1322.56 Kg, pada bentuk agregat pipih adalah 1267,25 Kg. Dan pada bentuk agregat bulat adalah 1232.04 Kg. Dari hasil penelitian ini bentuk agregat kubikal memiliki nilai yang paling besar, karena permukaan agregat yang kasar dan bersudut, dibandingkan dengan agregat bulat memiliki nilai stabilitas yang rendah diakibatkan oleh

permukaan yang licin sehingga aspal tidak melekat sempurna, memiliki rongga yang besar dan penguncian antar agregat kurang sehingga dapat mengakibatkan perkerasan akan mudah mengalami alur (*rutting*) oleh beban lalu lintas.

c. Pelelehan (*Flow*) Minimum 2 - 4 (mm).

Nilai *Flow* menyatakan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapis perkerasan akibat beban lalu lintas. Suatu campuran dengan nilai *Flow* tinggi akan cenderung lembek sehingga akan menyebabkan deformasi permanen apabila menerima beban. Sebaliknya jika nilai *Flow* rendah maka campuran menjadi kaku dan mudah retak jika menerima beban yang mengalami daya dukungnya.

Grafik nilai *Flow* campuran AC-WC untuk perbandingan bentuk agregat pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.6

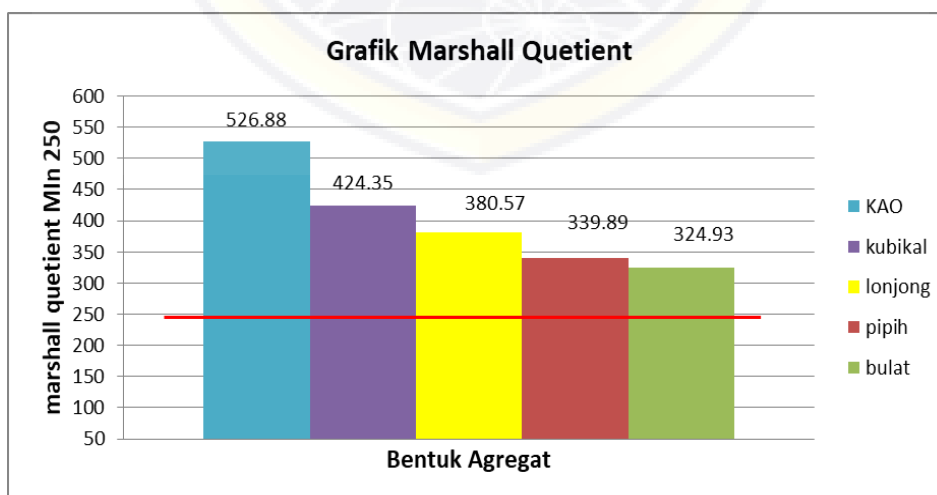


Gambar 4.6 Diagram hubungan perbandingan bentuk agregat terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.6. menunjukkan bahwa bentuk agregat menyebabkan nilai *Flow* pada KAO adalah 2,88 mm, pada agregat bentuk kubikal adalah 3,22 mm, pada agregat bentuk lonjong adalah 3,48 mm, pada agregat bentuk pipih adalah 3,73 mm, dan pada agregat bentuk bulat adalah 3,79 mm. Bentuk agregat bulat memiliki tingkat pelelehan yang tinggi karena kurangnya daya lekat agregat ini terhadap aspal, cenderung lembek sehingga akan menyebabkan deformasi permanen apabila menerima beban.

d. Marshall Quetient

Hasil bagi Marshall atau Marshall Quetient adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelehan yang juga merupakan indikator terhadap kekuatan campuran secara empiris. Semakin tinggi nilai MQ maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan terhadap keretakan. Nilai MQ pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.7.



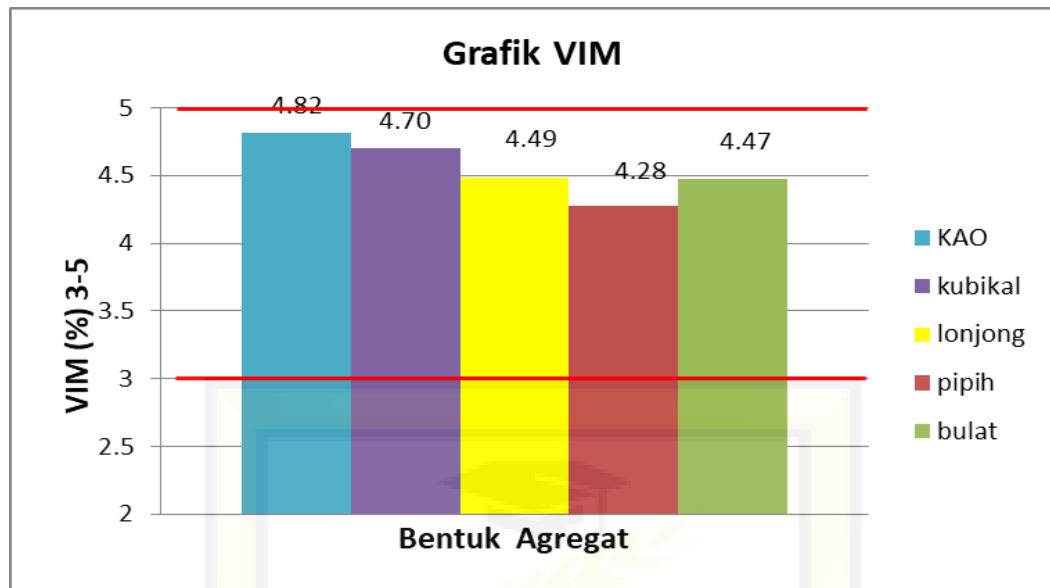
Gambar 4.7 Diagram hubungan perbandingan bentuk agregat terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C

Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai Marshall Quotient pada KAO adalah 526,88 Kg/mm , pada agregat bentuk kubikal adalah 424,35 Kg/mm, pada agregat bentuk lonjong adalah 380,57 kg/mm, pada agregat bentuk pipih adalah 339,89 Kg/mm, dan pada agregat bentuk bulat adalah 324,93 Kg/mm. Dilihat dari tabel diatas bahwa agregat berbentuk bulat memiliki nilai yang paling rendah dan mengalami penurunan namun tetap memenuhi batas spesifikasi *MQ*. Hal ini disebabkan karena daya lekat dalam aspal menurun akibat permukaan agregat bulat yang licin.

e. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 3,0 % – 5,0 %

VIM (*void in mixture*) merupakan presentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan. *VIM* atau rongga dalam campuran adalah parameter yang biasanya berkaitan dengan durabilitas dan kekuatan dari campuran.

Semakin kecil nilai *VIM*, maka akan bersifat kedap air. Namun nilai *VIM* yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan. Grafik nilai *VIM* campuran *AC-WC* untuk berbagai variasi bentuk agregat pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.8.



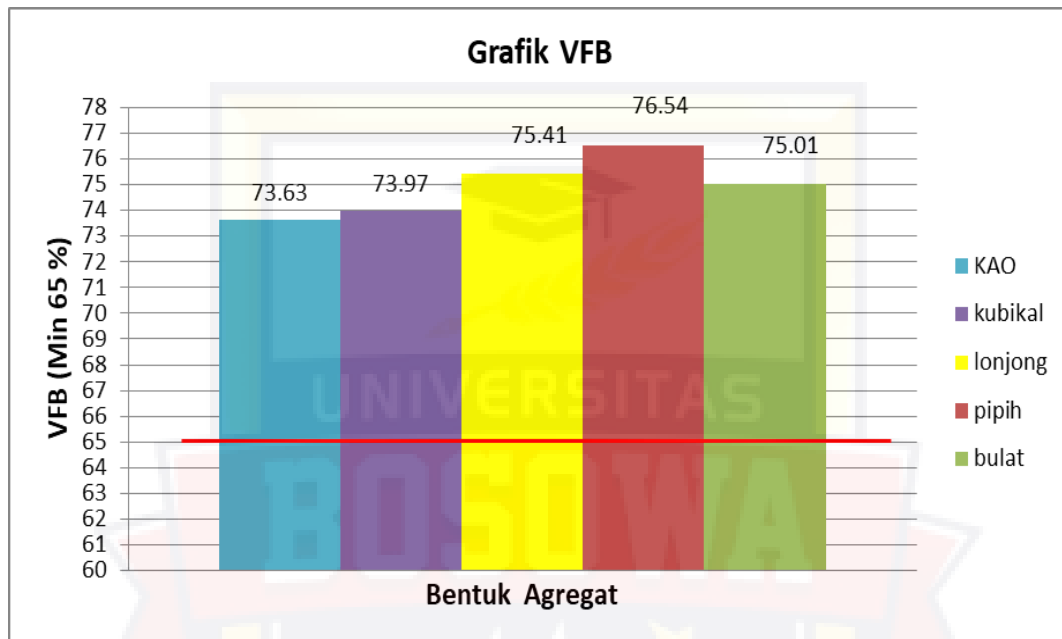
Gambar 4.8 Diagram hubungan variasi bentuk agregat terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.8 menunjukkan bahwa variasi bentuk agregat dalam campuran dapat berpengaruh pada nilai *VIM*. Pada nilai KAO adalah 4,82 % , pada agregat bentuk kubikal adalah 4,70 % , pada agregat bentuk lonjong adalah 4,49 % , pada agregat bentuk pipih adalah 4,28 % . Dan pada agregat bentuk bulat adalah 4,47 % . Pada pengujian ini bentuk agregat pipih memiliki rongga dalam campuran yang paling kecil dan kedap air, akibatnya campuran tidak dapat mengisi rongga sehingga campuran keluar ke permukaan agregat pada saat pemadatan dan mudah patah saat menerima tekanan, sehingga dapat mempengaruhi durabilitas dan kekuatan campuran.

f. Rongga Terisi Aspal (*VFB*) Minimum 65 (%)

Nilai *VFB* memperlihatkan presentase rongga terisi aspal. Apabila *VFB* besar maka banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedapatan campuran terhadap udara dan air menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan

aspal yang berjumlah besar apabila menerima beban dan panas akan mencari rongga yang kosong. Jika rongga yang tersedia sedikit dan semua telah terisi, aspal akan naik kepermukaan yang kemudian terjadi bleeding.



Gambar 4.9 Diagram hubungan variasi bentuk agregat terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.9. menunjukkan bahwa variasi bentuk agregat dalam campuran dapat berpengaruh pada nilai VFB. Pada nilai KAO adalah 73.63%, pada agregat bentuk kubikal adalah 73,97%, pada agregat bentuk lonjong adalah 75,41%, pada agregat bentuk pipih adalah 76,54%, dan pada agregat bentuk bulat adalah 75,01%. Agregat bentuk pipih memiliki rongga yang terisi aspal paling besar tetapi semakin banyak rongga yang terisi oleh aspal maka rongga dalam campuran semakin kecil dan kedap terhadap air dan udara, Jika rongga yang tersedia sedikit dan

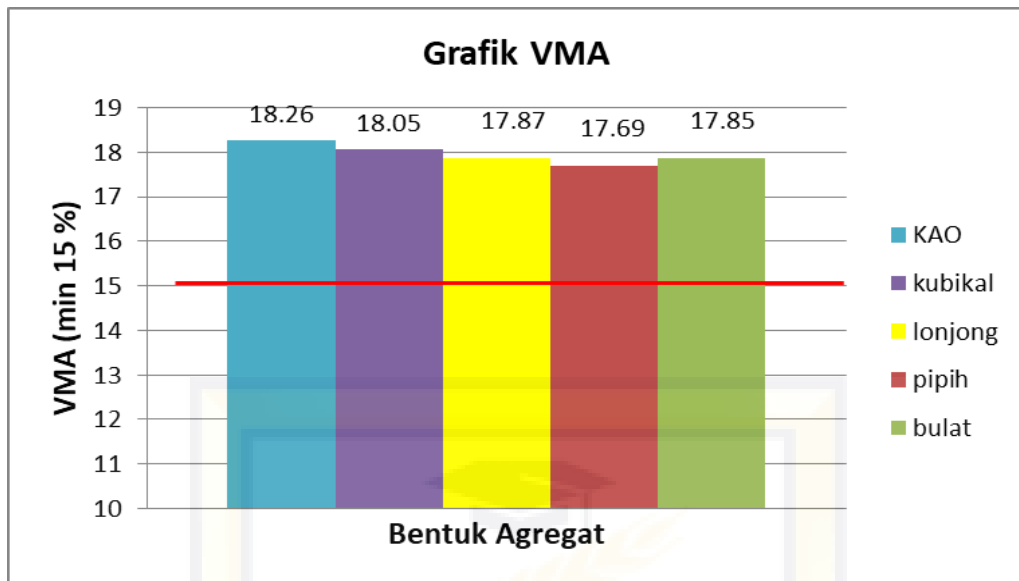
semua telah terisi, aspal akan naik kepermukaan yang kemudian terjadi bleeding.

g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 15%

VMA adalah presentase rongga antar butir agregat, termasuk didalamnya adalah rongga yang terisi udara dan rongga terisi aspal efektif. Nilai VMA yang terlalu kecil dapat menyebabkan lapisan aspal yang dapat menyelimuti agregat menjadi tipis dan mudah teroksidasi, akan tetapi bila kadar aspalnya terlalu banyak akan menyebabkan bleeding.

Nilai minimum rongga dalam mineral agregat adalah untuk menghindari banyaknya rongga udara yang menyebabkan material menjadi berpori. Rongga pori dalam agregat tergantung pada ukuran butir, susunan, bentuk, dan metode pemadatan.

Grafik nilai VMA campuran AC-WC perbandingan bentuk agregat pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Diagram hubungan variasi bentuk agregat terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.10 Perbandingan bentuk agregat dalam campuran menyebabkan nilai VMA berubah. Pada nilai KAO adalah 18.26%, nilai agregat bentuk kubikal adalah 18,05%, nilai agregat bentuk lonjong adalah 17,87%, pada agregat bentuk pipih adalah 17,69%, dan pada agregat bulat adalah 17,85%. Dari tabel di atas agregat pipih memiliki rongga yang terisi udara dan rongga terisi aspal paling rendah, sehingga lapisan aspal menyelimuti agregat, akan terkikis dan menjadi tipis. Agregat kubikal memiliki nilai yang paling tinggi karena memiliki rongga udara yang banyak dan menjadikan campuran menjadi berpori, ketika mendapat pembebanan aspal akan mengisi pori agar tidak terjadi bleeding ketika aspalnya terlalu banyak.

4.5. Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS

Marshall sisa dilakukan setelah direndam selama 24 jam pada suhu 60° pada kondisi kadar aspal optimum. Jumlah tumbukan pada kondisi standar yaitu 75 tumbukan per sisi. Selanjutnya dibuat benda uji

rendaman 30 menit pada kondisi kao tersebut. Kemudian dilakukan uji marshal sisa. Nilai marshall sisa diperoleh dari hasil stabilitas rendaman 24 jam dibagi dengan hasil stabilitas rendaman 30 menit kemudian dikalikan 100%.

Hubungan antara kadar aspal optimum dengan persentase nilai indeks kekuatan sisa tabel 4.16.

Tabel 4.16. Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS Aspal Beton AC– WC

KAO	Waktu Perendaman Suhu 60°C		IKS	Spek. %
	30 Menit	24 Jam		
	1582.6	1497.9	94.65	90

Sumber : Hasil penelitian Laboratorium

Dari tabel 4.16 menunjukkan bahwa nilai stabilitas untuk campuran AC-WC pada kadar aspal optimum terhadap perendaman.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Dari hasil pengujian marshall test, agregat kubikal memiliki nilai yang terbaik, dimana nilai stabilitas = 1362.79 kg, dan flow = 3.22 mm. Setelah kubikal yaitu agregat lonjong, stabilitas = 1322.56 kg dan flow = 3.48 mm, kemudian agregat pipih, stabilitas = 1267.25 kg, flow = 3.73 mm, dan agregat bulat memiliki nilai yang paling rendah, stabilitas = 1232.04 kg, flow = 3.79 mm, akan tetapi masih dalam batas spesifikasi.
2. Penggunaan agregat kubikal, bulat, pipih, dan lonjong, sangat berpengaruh terhadap sifat campuran. Agregat kubikal memiliki kemampuan untuk menahan beban tanpa mengalami perubahan bentuk, yang lebih baik dibandingkan dengan agregat lonjong, pipih, dan bulat.

5.2. Saran

Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan untuk :

- a. Peneliti harus memerlukan ketelitian yang cermat dan fokus pada saat penimbangan agregat, mengontrol suhu aspal dan agregat yang sedang masa pemanasan, serta pencampuran dan pemadatan benda uji tersebut, sehingga memperoleh hasil yang lebih optimal dan akurat pada saat pengolahan data tanpa mengalami masalah.
- b. Untuk penggunaan agregat disarankan untuk menggunakan agregat berbentuk kubikal sesuai dengan hasil penelitian ini, karena memiliki nilai yang baik, sedangkan agregat lonjong, pipih, dan bulat, perlu di kurangi penggunaannya pada campuran sesuai dengan ketentuan.
- c. Untuk peneliti lanjutan, mungkin bisa menambahkan jumlah persen komposisi campuran bentuk butir agregat kasar, dan juga dapat menambahkan bentuk agregat yang lain yang belum ada pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2010. *Bahan Kuliah Rekayasa Tanah dan Perkerasan Jalan*.

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar.

Anonim, 2014. *Penuntun Praktikum Laboratorium Jalan dan Aspal*.

Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar.

Bentuk butir agregat. Sumber Gambar : www.simantu.pu.go.id.

Direktorat Jendral Bina Marga, 2018. *Spesifikasi Umum 2018 Untuk*

Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. Kementerian

Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat : Jakarta.

Direktorat Jendral Bina Marga, 2018. *Spesifikasi umum devisi 6*

Perkerasan aspal. Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat.

Didik Perwadi, 2008. *Perkerasan Lentur dan Kaku*.

Jenis Lapis Perkerasan Jalan. Sumber : www.ilmutekniksipil.com.

Nurdin, Rahim. Bahan ajar perkerasan jalan raya. Jurusan Sipil Fakultas

Teknik Universitas Bosowa Makassar

SNI 06-2432-1991. Daktilitas. *Tes standar bahan aspal*

Sukirman, Silvia, 2003. Dalam Skripsi Serli Carlina 2013. *Pengertian perkerasan jalan*

Sukirman, Silvia, 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung, Nova.

Sukirman, Silvia, 1992. *Kelebihan dan Kekurangan Perkerasan Lentur dan Kaku*. Dikutip dari [http://bebas-unik.blogspot.co.id/2014/11/perkerasan jalan.html](http://bebas-unik.blogspot.co.id/2014/11/perkerasan-jalan.html).



L

A

M

P

I

R

A

N





LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR
(PB - 0202 - 76 / SNI 1969 : 2008)

Material : Batu Pecah 0.5 - 1

Tanggal :

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven	B_k	2438.20	2429.10	2433.65
Berat benda uji kering - permukaan jenuh	B_j	2500.10	2500.20	2500.15
Berat benda uji didalam air	B_a	1576.20	1568.70	1572.45

		A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2.64	2.61	2.62
Berat jenis kering - permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2.71	2.68	2.69
Berat jenis semu (Apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.83	2.82	2.83
Penyerapan (Absorption)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	2.54	2.93	2.73

Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium

Ir.H.Abd Rahim Nurdin MT

Marlina Alwi. ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR
(PB - 0202 - 76 / SNI 1969 : 2008)

Material : Batu Pecah 1 - 2

Tanggal :

Asisten : Marlina Alwi, S.T

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven	B_k	2435.20	2447.50	2441.35
Berat benda uji kering - permukaan jenuh	B_j	2500.10	2500.20	2500.15
Berat benda uji didalam air	B_a	1555.30	1560.40	1557.85

		A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2.58	2.60	2.59
Berat jenis kering - permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2.65	2.66	2.65
Berat jenis semu (Apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.77	2.76	2.76
Penyerapan (Absorption)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	2.67	2.15	2.41

Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium


Ir.H.Abd Rahim Nurdin MT


Marlina Alwi. ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PENGUJIAN JUMLAH BAHAN DALAM AGREGAT YANG LOLOS SARINGAN NO. 200
(SNI 03-4142-1996)

Material : Batu Pecah 1 - 2

Tanggal :

Asisten : Marlina Alwi, ST

No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	2500.3	2500.7
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	2479.1	2472.2
3	Persentase material lolos No. 200 $(A-B/A) \times 100\%$	0.85	1.14
4	Hasil Rata - rata	0.99	

Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium

Ir.H.Abd Rahim Nurdin MT

Marlina Alwi. ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Material : Abu Batu
Tanggal :

Asisten : Marlina Alwi, S.T

	A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering - permukaan jenuh (SSD)	500.00	500.20	500.10
Berat benda uji kering oven B_k	486.10	487.30	486.70
Berat Piknometer diisi air (25°C) B	688.40	687.40	687.90
Berat piknometer + benda uji (SSD) + air(25°C) B_t	999.80	1023.80	1011.80

	A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk) $\frac{B_k}{(B + 500 - B_t)}$	2.58	2.98	2.78
Berat jenis kering - permukaan jenuh $\frac{500}{(B + 500 - B_t)}$	2.65	3.06	2.85
Berat jenis semu (Apparent) $\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2.78	3.23	3.01
Penyerapan (Absorption) $\frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100\%$	2.88	2.63	2.75

Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium

Ir.H.Abd Rahim Nurdin MT

Marlina Alwi. ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PENGUJIAN JUMLAH BAHAN DALAM AGREGAT YANG LOLOS SARINGAN NO. 200
(SNI 03-4142-1996)

Material : Batu Pecah 0.5 - 1

Tanggal :

Asisten : Marlina Alwi, ST

No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	2500.4	2500.7
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	2474.2	2476.9
3	Persentase material lolos No. 200 (A-B/A) x 100%	1.05	0.95
4	Hasil Rata - rata	1.00	

Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd Rahim Nurdin MT

Marlina Alwi, ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PENGUJIAN JUMLAH BAHAN DALAM AGREGAT YANG LOLOS SARINGAN NO. 200
(SNI 03-4142-1996)

Material : Abu Batu

Tanggal :

Asisten : Marlina Alwi, ST

No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	1500.2	1500
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	1359	1362.9
3	Persentase material lolos No. 200 (A-B/A) x 100%	9.41	9.14
4	Hasil Rata - rata	9.28	

Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium


Ir.H.Abd Rahim Nurdin MT


Marlina Alwi. ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL
(SNI - 06-2441-1991)

Tanggal : 19 April 2021

Material : Aspal Penetrasi 60/70

URAIAN		I	II
Berat Piknometer (gram)	A	53.50	51.90
Berat Piknometer + Air (gram)	B	116.40	111.70
BERAT AIR / ISI PIKNOMETER (gram)	$(B - A)$	62.90	59.80
Berat Piknometer + Aspal (gram)	C	86.60	84.30
BERAT ASPAL (gram)	$(C - A)$	33.10	32.40
Berat Piknometer + Air + Aspal (gram)	D	116.50	111.90
BERAT AIR (gram)	$(D - C)$	29.90	27.60
Berat Jenis Aspal	$\frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)}$	1.003	1.006
Rata-rata		1.005	

Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium

Ir.H.Abd Rahim Nurdin MT

Marlina Alwi. ST



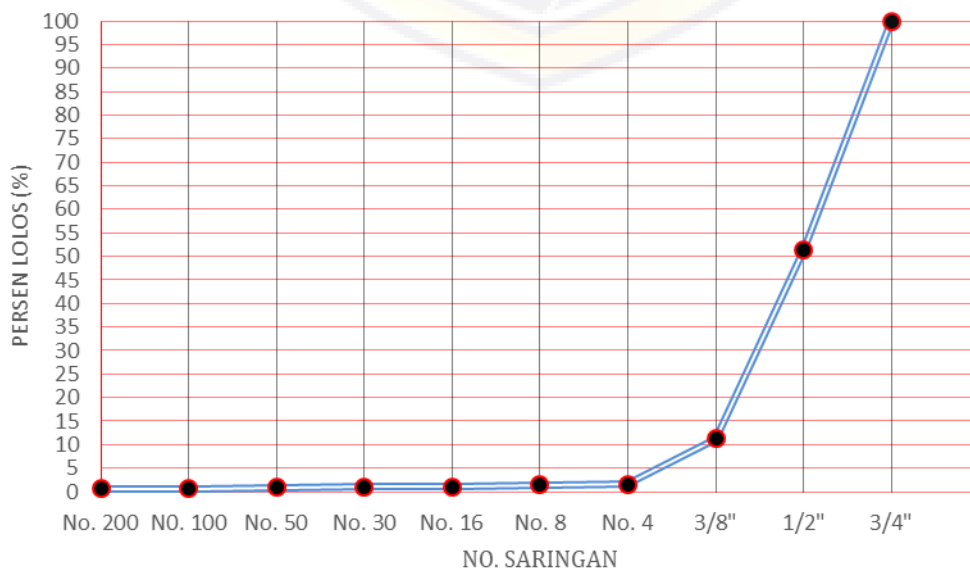
LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS DAN KASAR
(SNI ASTM C136:2012)

Material : Batu Pecah 1-2
Tanggal
Sumber : Laboratorium Aspal Dan Bahan Jalan

Saringan No	Total :	2500.1		Total :	2500		Rata - rata
	Sampel	1		Sampel	2		%
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos
3/4"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	1079.40	43.17	56.83	1349.30	53.97	46.03	51.43
3/8"	2187.50	87.50	12.50	2252.50	90.10	9.90	11.20
No. 4	2453.60	98.14	1.86	2468.70	98.75	1.25	1.56
No. 8	2458.10	98.32	1.68	2469.10	98.76	1.24	1.46
No. 16	2474.30	98.97	1.03	2474.70	98.99	1.01	1.02
No. 30	2474.80	98.99	1.01	2475.90	99.04	0.96	0.99
No. 50	2476.60	99.06	0.94	2477.70	99.11	0.89	0.92
No. 100	2485.90	99.43	0.57	2480.50	99.22	0.78	0.67
No. 200	2487.10	99.48	0.52	2482.50	99.30	0.70	0.61
Pan	2498.00	100.00	0.00	2497.80	100.00	0.00	0.00

GRAFIK ANALISA SARINGAN BATU
PECAH 1-2



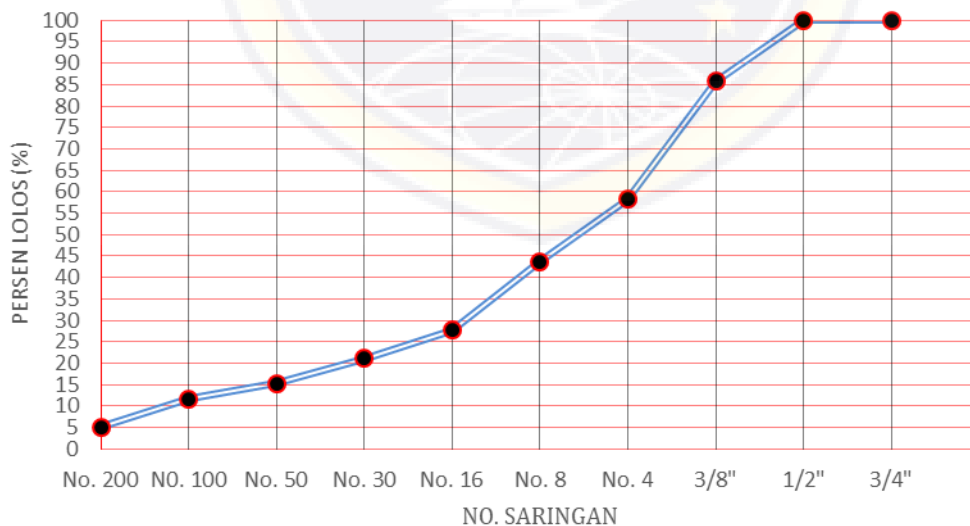


ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS DAN KASAR (SNI ASTM C136:2012)

Material : Batu Pecah 0.5-1
Tanggal
Sumber : Laboratorium Aspal Dan Bahan Jalan

Saringan No	Total :	2500.2		Total :	2500		Rata - rata
	Sampel	1		Sampel	2		%
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos
3/4"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	353.70	14.15	85.85	355.20	14.21	85.79	85.82
No. 4	1017.00	40.68	59.32	1073.40	42.94	57.06	58.19
No. 8	1400.90	56.03	43.97	1410.90	56.44	43.56	43.77
No. 16	1798.20	71.92	28.08	1818.60	72.74	27.26	27.67
No. 30	2002.60	80.10	19.90	1945.30	77.81	22.19	21.05
No. 50	2136.20	85.44	14.56	2105.00	84.20	15.80	15.18
No. 100	2306.20	92.24	7.76	2111.70	84.47	15.53	11.65
No. 200	2375.20	95.00	5.00	2382.70	95.31	4.69	4.85
Pan	2496.30	100.00	0.00	2496.60	100.00	0.00	0.00

GRAFIK ANALISA SARINGAN BATU PECAH 0,5-1



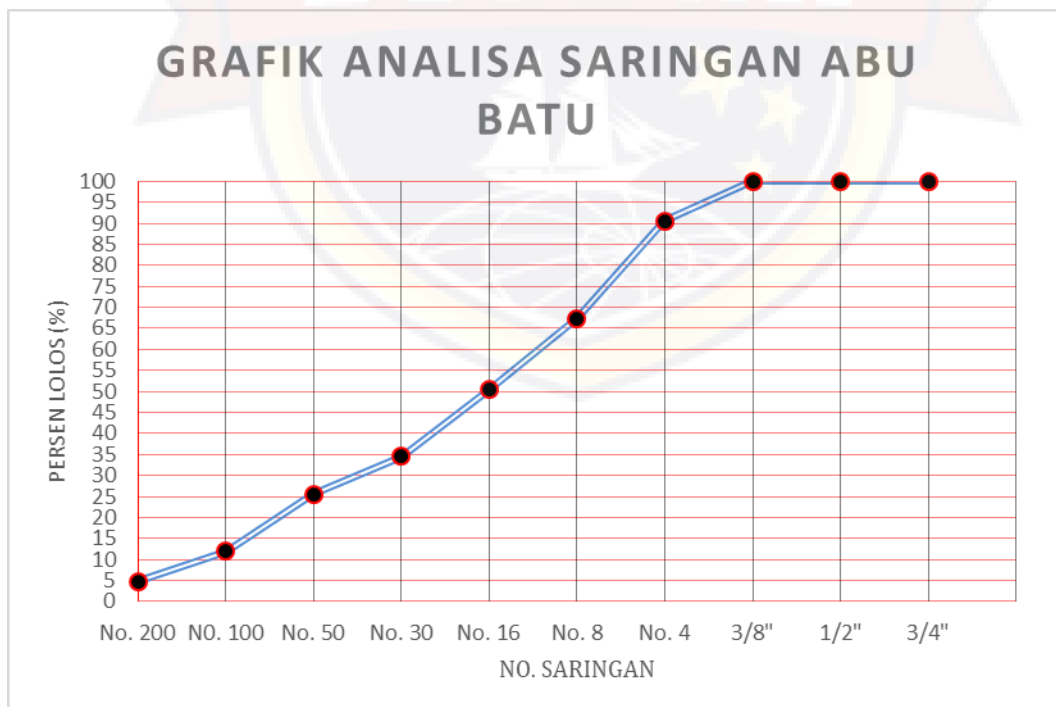


LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS DAN KASAR
(SNI ASTM C136:2012)

Material : Abu Batu
Tanggal
Sumber : Laboratorium Aspal Dan Bahan Jalan

Saringan No	Total :	2500.0		Total :	2500.2		Rata - rata
	Sampel	1		Sampel	2		%
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos
3/4"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
No. 4	229.40	9.18	90.82	247.30	9.89	90.11	90.47
No. 8	770.20	30.81	69.19	861.70	34.47	65.53	67.36
No. 16	1186.00	47.44	52.56	1297.00	51.88	48.12	50.34
No. 30	1611.70	64.47	35.53	1662.50	66.49	33.51	34.52
No. 50	1840.70	73.63	26.37	1879.80	75.19	24.81	25.59
No. 100	2209.10	88.36	11.64	2192.40	87.69	12.31	11.97
No. 200	2404.00	96.16	3.84	2336.20	93.44	6.56	5.20
Pan	2493.40	100.00	0.00	2495.40	100.00	0.00	0.00





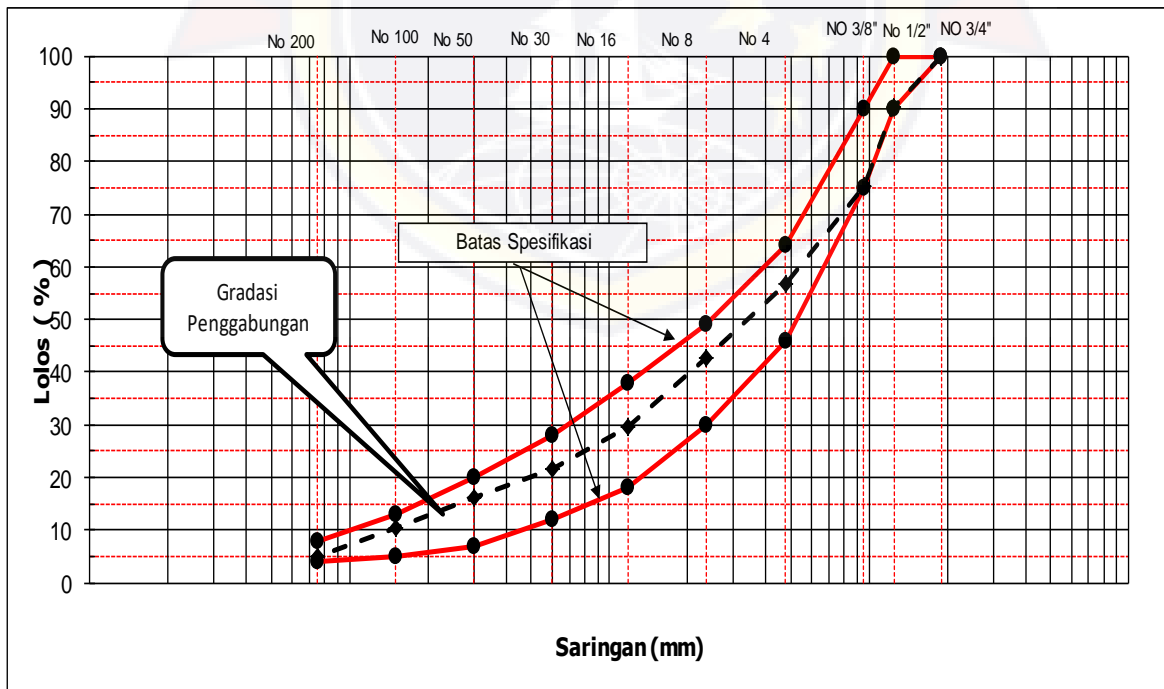
**LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR**

**GRADASI PENGGABUNGAN AGREGAT
(COMBINED)**

Material
Tanggal
Sumber

No. Saringan	Gradasi Penggabungan Agregat (Combined)				AC - WC											Spesifikasi 2018	Faktor Luas Permukaan Agregat	
	b	c	d	e	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI			
3/4"	100.00	100.00	100.00	100.00	100												100	0.41
1/2"	51.43	100.00	100.00	100.00	90.29												90 - 100	0.41
3/8"	11.20	85.82	100.00	100.00	75.15												75 - 90	0.41
# 4	1.56	58.19	90.47	100.00	56.64												53 - 69	0.41
# 8	1.46	43.77	67.36	100.00	42.71												33 - 53	0.82
# 16	1.02	27.67	50.34	100.00	29.64												21 - 40	1.64
# 30	0.99	21.05	34.52	100.00	21.73												14 - 30	2.87
# 50	0.92	15.18	25.59	100.00	16.19												9 - 22	6.14
# 100	0.67	11.65	11.97	100.00	10.43												6 - 15	12.29
# 200	0.61	4.85	5.20	95.07	5.003												4 - 9	32.77

Rasio Komposisi Agregat (% terhadap Total Agregat)	b. Batu Pecah 1 - 2	20																
	c. Batu Pecah 0,5 - 1	50																
	d. Abu Batu	29																
	e. Filler	1																
		100																
Total Luas Permukaan Agregat (M ² / KG)		5.61																





LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

$$\begin{aligned}Pb &= 0.035 \times CA + 0.045 \times FA + 0.18 \times FF + K \\Pb &= 0.035 \times 57.29 + 0.045 \times 37.71 + 0.18 \times 5.00 + 0.75 \\&= 2.01 + 1.70 + 0.90 + 0.75 \\&= 5.35\end{aligned}$$



Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium

Ir.H.Abd Rahim Nurdin MT

Marlina Alwi. ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Kadar Aspal = 5 % 100 % - 5 % = 95.00							
Hasil Combine							
BP 1- 2	20 %	x	95 %	=	0.19	x	1200 = 228.00
BP0,5 -1	50 %	x	95 %	=	0.48	x	1200 = 570.00
Abu Batu	29 %	x	95 %	=	0.28	x	1200 = 330.60
Filler	1 %	x	95 %	=	0.01	x	1200 = 11.40
Aspal	5 %		X				1200 = 60.00
							1200.00

Kadar Aspal = 5.5 % 100 % - 5.5 % = 94.50							
Hasil Combine							
BP 1- 2	20 %	x	94.50 %	=	0.19	x	1200 = 226.80
BP 0,5 -1	50 %	x	94.5 %	=	0.47	x	1200 = 567.00
Abu Batu	29 %	x	94.5 %	=	0.27	x	1200 = 328.86
Filler	1	x	94.5 %	=	0.01	x	1200 = 11.34
Aspal	5.5 %		X				1200 = 66.00
							1200.00

Kadar Aspal = 6 % 100 % - 6 % = 94.00							
Hasil Combine							
BP 1- 2	20 %	x	94 %	=	0.19	x	1200 = 225.60
BP 0,5 - 1	50 %	x	94 %	=	0.47	x	1200 = 564.00
Abu Batu	29 %	x	94 %	=	0.27	x	1200 = 327.12
Filler	1 %	x	94 %	=	0.01	x	1200 = 11.28
Aspal	6 %		X				1200 = 72.00
							1200.00



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Kadar Aspal	=	6.5 %		100 %	-	6.5 %	=	93.50
Hasil Combine								
BP 1- 2	20 %	x	93.5 %	=	0.19	x	1200	= 224.40
BP 0,5 - 1	50 %	x	93.5 %	=	0.47	x	1200	= 561.00
Abu Batu	29 %	x	93.5 %	=	0.27	x	1200	= 325.38
Filler	1 %	x	93.5 %	=	0.01	x	1200	= 11.22
Aspal	6.5 %		X				1200	= 78.00
								1200.00

Kadar Aspal	=	7 %		100 %	-	7 %	=	93.00
Hasil Combine								
BP 0,5 - 1	50 %	x	93 %	=	0.47	x	1200	= 558.00
Abu Batu	29 %	x	93 %	=	0.27	x	1200	= 323.64
Filler	1 %	x	93 %	=	0.01	x	1200	= 11.16
Aspal	7 %		X				1200	= 84.00
								976.80

Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium

Ir.H.Abd Rahim Nurdin MT

Marlina Alwi. ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

MARSHALL TEST

{ AA SHTO T. 245 - 97 (2003) }

Penetrasi	: 60 / 70
Berat Jeni Aspal (T)	: 1.005 gr/cc

No	Agregat	Bj bulk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2	2.59	2.76
b	Batu Pecah 0.5 - 1	2.62	2.83
c	Abu Batu	2.78	3.01
d	filler	3.17	3.17

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal	Bj Bulk Gab.	Bj Efektif Gab.	Bj Max Campuran (GMM)	Berat (gram)			Volume Benda Uji	Bj Bulk Campuran (kepadatan)	Rongga Dalam Campuran (VIM)	Stabilitas (kg)		Pelelehan (mm)	Marshall Quotien (kg / mm)	Luas Permukaan Agregat	Absorpsi Aspal Thdp Berat Total Campuran	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)	
	a	b	c	d						Di Udara (In Air)	Di Dalam Air (In Water)	Kering Permukaan Jenuh (SSD)				Pembacaan	Dises uaikan (Kalibrasi Alat dan Angka Korelasi)							
					A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
					$A - \frac{(P/100) \times (100-A)}{(100-A)}$	(%)	Note 1	Note 2	$\frac{100}{100-A} + \frac{A}{T}$				$\frac{E}{H}$	$100(D-1)$		$\frac{L}{M}$	Combined	$A + \frac{T(100-A)}{100} - \frac{B}{100} \times \frac{D}{T.O(100-A)}$	$100 - \frac{1}{B} \times \frac{R}{(100-A)}$	$\frac{(R-J)}{R} \times 100$				
I	20	50	29	1	3.90	5	2.69	2.78	2.55	1164.3	689.2	1185.1	495.9	2.35	8.0	65.0	980.6	3.50	280.2	5.61	1.2	6.954	16.94	53.04
II	20	50	29	1	3.90	5	2.69	2.78	2.55	1173.7	696.2	1196.2	500.0	2.35	8.0	78.0	1176.7	3.46	340.1	5.61	1.2	6.954	16.96	52.98
III	20	50	29	1	3.90	5	2.69	2.78	2.55	1182.2	695.4	1206.1	510.7	2.31	9.2	85.0	1282.3	3.65	351.3	5.61	1.2	6.954	18.11	48.93
							2.69	2.78	2.55	1173.4	693.6	1195.8	502.20	2.34	8.39	76.0	1146.56	3.54	323.9	5.61	1.2	6.954	17.34	51.65
I	20	50	29	1	4.42	5.5	2.69	2.78	2.53	1161.3	689.6	1184.7	495.1	2.35	7.3	104.0	1569.0	4.56	344.1	5.61	1.1	7.910	17.46	58.19
II	20	50	29	1	4.42	5.5	2.69	2.78	2.53	1172.9	694.5	1187.6	493.1	2.38	6.0	107.0	1614.2	3.03	532.7	5.61	1.1	7.910	16.30	63.21
III	20	50	29	1	4.42	5.5	2.69	2.78	2.53	1181.8	683.8	1202.2	518.4	2.28	9.9	91.0	1372.8	3.22	426.4	5.61	1.1	7.910	19.78	49.92
							2.69	2.78	2.53	1172.00	689.30	1191.50	502.20	2.33	7.73	100.7	1518.68	3.60	434.4	5.61	1.1	7.910	17.85	57.11
I	20	50	29	1	4.93	6	2.69	2.78	2.51	1178.3	679.7	1175	495.3	2.38	5.2	102.0	1538.8	3.20	480.9	5.61	1.1	8.877	16.73	68.76
II	20	50	29	1	4.93	6	2.69	2.78	2.51	1188.2	699.9	1198.1	498.2	2.38	5.0	82.0	1237.1	3.35	369.3	5.61	1.1	8.877	16.52	69.81
III	20	50	29	1	4.93	6	2.69	2.78	2.51	1161.4	685.8	1204.9	519.1	2.24	10.9	85.0	1282.3	4.60	278.8	5.61	1.1	8.877	21.69	49.88
							2.69	2.78	2.51	1175.97	688.47	1192.67	504.20	2.33	7.03	89.7	1352.73	3.72	376.3	5.61	1.1	8.877	18.31	62.82
I	20	50	29	1	5.39	6.5	2.69	2.78	2.49	1178.3	697.8	1184.9	487.1	2.42	3.0	84.0	1267.2	4.10	309.1	5.61	1.2	9.753	15.78	81.01
II	20	50	29	1	5.39	6.5	2.69	2.78	2.49	1191.4	689.6	1189.9	500.3	2.38	4.5	94.0	1418.1	3.70	383.3	5.61	1.2	9.753	17.09	73.63
III	20	50	29	1	5.39	6.5	2.69	2.78	2.49	1188.1	697.8	1200.5	502.7	2.36	5.2	93.0	1403.0	3.80	369.2	5.61	1.2	9.753	17.71	70.50
							2.69	2.78	2.49	1185.93	695.07	1191.77	496.70	2.39	4.24	90.3	1362.79	3.87	353.9	5.61	1.2	9.753	16.86	75.05
I	20	50	29	1	5.95	7	2.69	2.78	2.47	1173.3	696.9	1180.8	483.9	2.42	1.9	99.0	1493.5	4.00	373.4	5.61	1.1	10.841	16.03	88.36
II	20	50	29	1	5.95	7	2.69	2.78	2.47	1183.6	688.6	1182.4	493.8	2.40	3.0	89.0	1342.7	3.70	362.9	5.61	1.1	10.841	16.99	82.40
III	20	50	29	1	5.95	7	2.69	2.78	2.47	1190.5	691.5	1201	509.5	2.34	5.4	102.0	1538.8	4.26	361.2	5.61	1.1	10.841	19.08	71.54
							2.69	2.78	2.47	1182.47	692.33	1188.07	495.73	2.39	3.43	96.7	1458.34	3.99	365.8	5.61	1.1	10.841	17.37	80.77
SPESIFIKASI					Min 4.3										Min 3,0 - 5,0		Min 800	Min 3	Min 250		Max 1,2		Min 15	Min 65

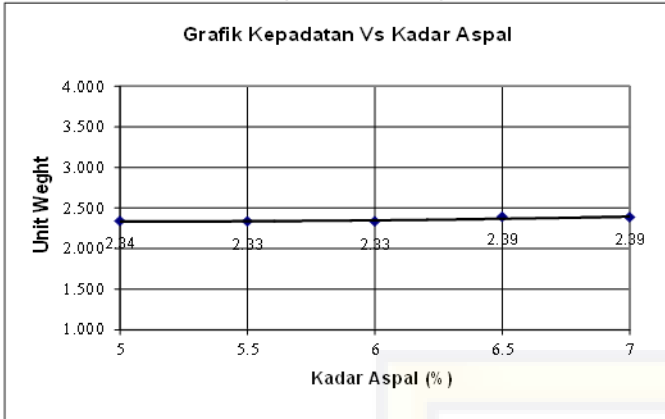


LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

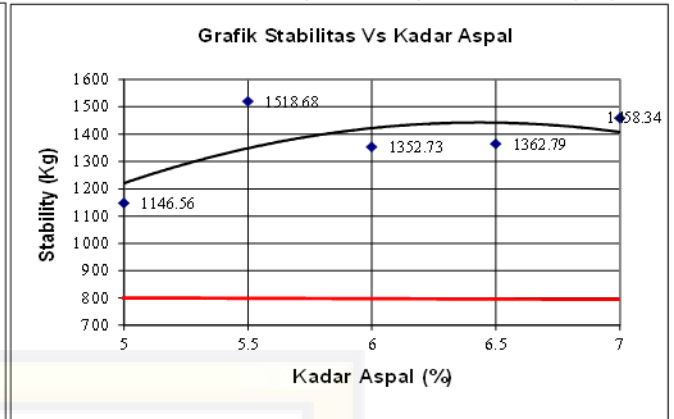
GRAFIK KARAKTERISTIK MARSHALL TEST

Jenis Campuran AC - WC

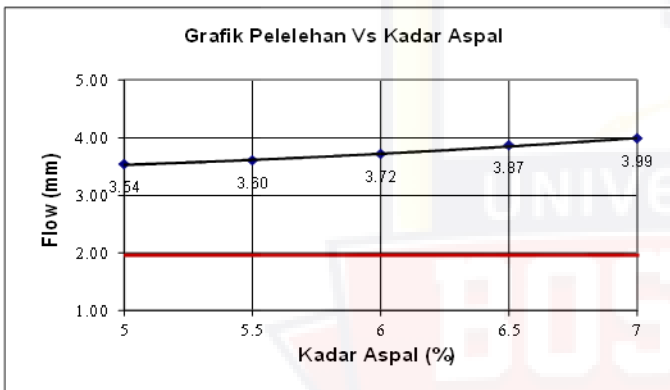
KEPADATAN (UNIT WEIGHT)



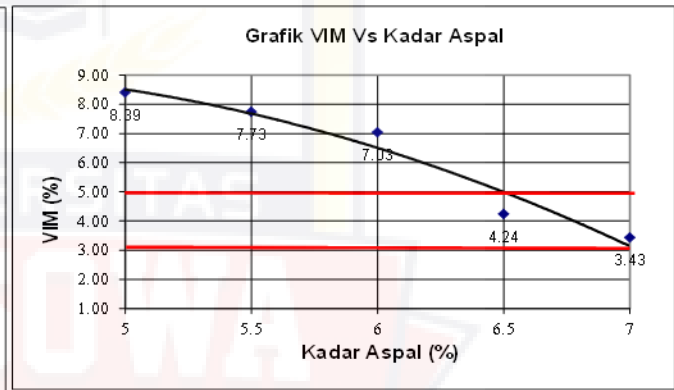
STABILITAS MARSHALL (STABILITY) Minimum 800 (KG)



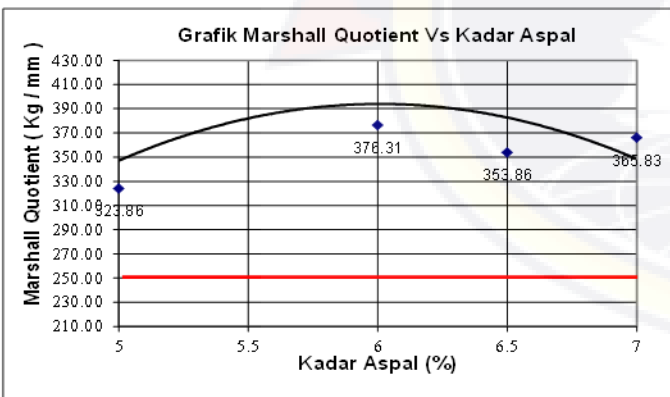
PELELEHAN (FLOW) MINIMUM 3 (MM)



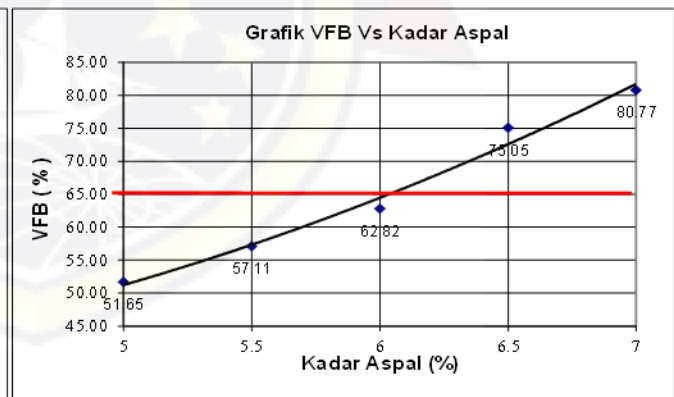
RONGGA DALAM CAMPURAN (VIM) 3,0 - 5,0 (%)



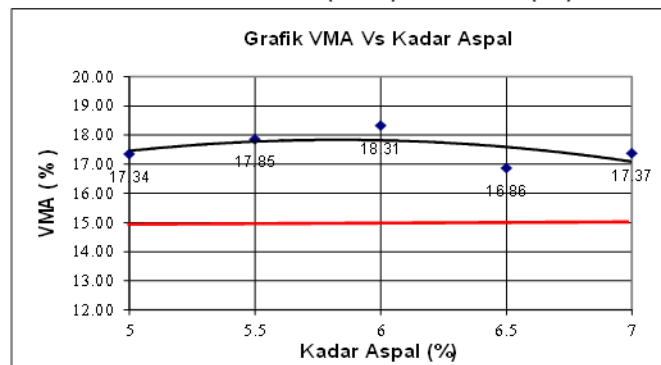
MARSHALL QUOTIENT MINIMUM 250 (Kg/MM)



RONGGA TERISI ASPAL (VFB) MINIMUM 65 (%)

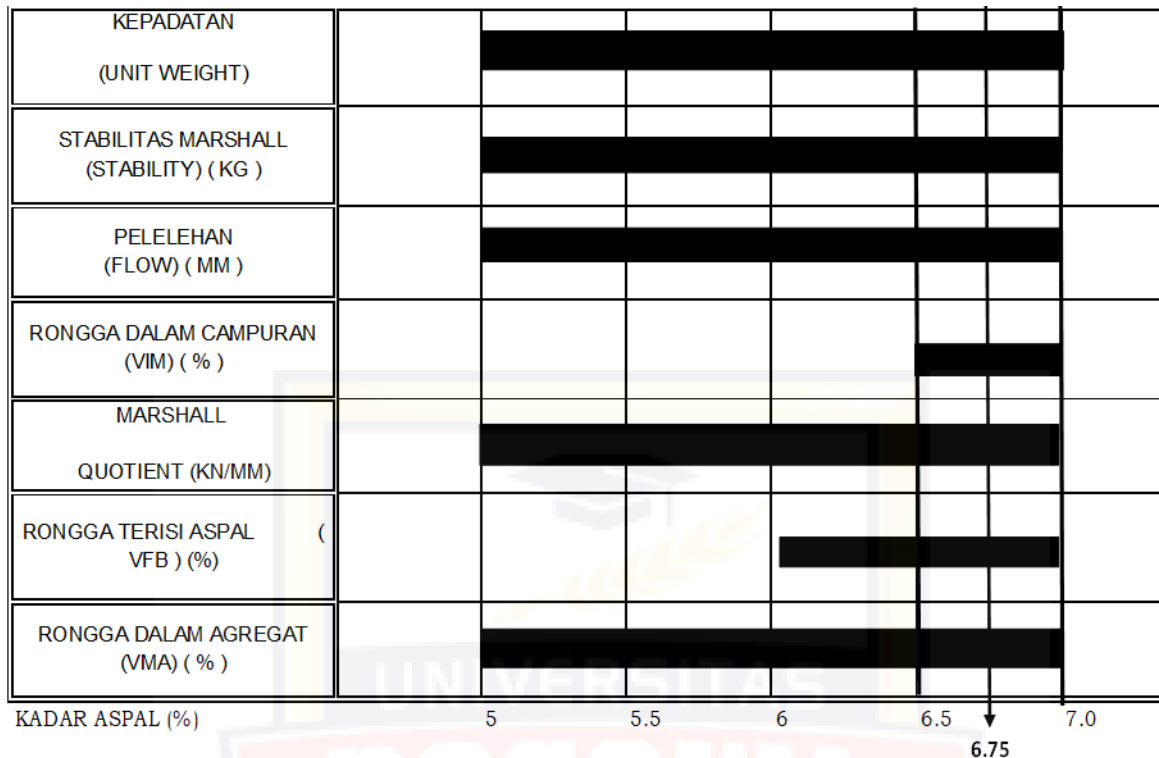


RONGGA DALAM AGREGAT (VMA) MINIMUM 15 (%)





LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR



$$\text{KADAR ASPAL OPTIMUM} = \frac{6.5 + 7}{2}$$

$$= 6.75 \gg 6.80$$

$$\text{KAO} = 6.80\%$$



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

KOMPOSISI KADAR ASPAL OPTIMUM

Kadar Aspal	=	6.8 %		100 %	-	6.8 %	=	93.2
Hasil Combine								
Batu Pecah 1-2 cm	20 %	x	93.2 %	=	0.186	x	1200	= 223.7
Batu Pecah 0.5-1 cm	50 %	x	93.2 %	=	0.466	x	1200	= 559.2
Abu Batu	29 %	x	93.2 %	=	0.27	x	1200	= 324.3
Filler	1 %	x	93.2 %	=	0.009	x	1200	= 11.18
Aspal	6.8 %		X				1200	= 81.6
								<u>1200</u>



Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium

Ir.H.Abd Rahim Nurdin MT

Marlina Alwi. ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

MARSHALL TEST
{ AASHTO T. 245 - 97 (2003) }

Penetrasi Aspal	: 60/70
Berat Jenis Aspal	: 1.005 gr/cc
di Tes Oleh	: Gelombang II

Campuran : AC - WC
 Test : Kadar Aspal Optimum
 Filler : Semen
 Tanggal Tes : 19 April 2021

No	Agregat	Bj Bulk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2	2.59	2.76
b	Batu Pecah 0.5 - 1	2.62	2.83
c	abu batu	2.78	3.01
d	Filler	3.17	3.17

No.	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				Kadar Aspal (%)		Bj Bulk Gabungan	Bj Efektif Gabungan	Bj Maksimum Campuran (GMM)	Berat (Gram)			Volume Benda Uj	Bj Bulk Campuran (Kepadatan)	% Rongga Dalam Campuran (VIM)	Stabilitas (Kg)		(mm)	(kg / mm)	Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)
					Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal				Di Udara (In Air)	Dalam Air (In Water)	Kering Permukaan (SSD)				Pembacaan	Diseuaikan (Kalibrasi Alat & Angka Korelasi)							
	a	b	c	d	A	% terhadap total Campuran	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
					$A = \frac{P}{100} \times (100 - A)$				$\frac{100}{100 - A}$				$G - F$	E	$100 \cdot \frac{D - I}{D}$		$\frac{J}{M}$		Combined	$\frac{T(100 - A)}{100 \cdot T \cdot D}$	$\frac{1000(A - P)}{TO \cdot (100 - A)}$	$100 - \frac{I}{B} \times (100 - A)$	$\frac{R - J}{R}$	
I	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.479	1176.8	670.7	1164.7	494.00	2.362	3.89	94	1418.1	2.70	525.2	5.61	1.13	10.79	17.33	77.56
II	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.479	1192.5	674.8	1166.6	491.80	2.425	2.17	118	1780.2	3.00	593.4	5.61	1.13	10.79	15.99	86.42
III	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.479	1192.8	669.4	1178.4	509.00	2.343	5.45	104	1549.6	2.90	534.3	5.61	1.13	10.79	18.81	71.01
Perendaman 30 Menit dengan Suhu 60°									2.48	1187.4	674.6	1169.9	498.27	2.383	3.84	105.33	1582.6	2.87	551.0	5.61	1.13	10.79	17.28	77.79
I	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.479	1190.2	680.9	1184.8	503.9	2.362	4.70	103	1596.1	3.20	498.8	5.61	1.13	10.79	18.16	74.10
II	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.479	1193	686.6	1189.6	503.0	2.372	4.31	87	1348.2	3.00	449.4	5.61	1.13	10.79	17.83	75.63
III	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.479	1190.2	680.3	1188.1	507.8	2.344	5.44	100	1549.6	2.45	632.5	5.61	1.13	10.79	18.79	71.08
Perendaman 24 Jam dengan Suhu 60°									2.48	1191.1	682.6	1187.5	504.9	2.36	4.82	96.7	1497.9	2.88	526.9	5.61	1.13	10.79	18.26	73.63
SPEKIFIKASI															Min 3-5	Min 800	Min 2-4	Min 250		Min 15	Min 65			

$$\text{Stabilitas Sisa} = \frac{\text{Perendaman 24 jam}}{\text{Perendaman 30 menit}} = \frac{1497.9}{1582.6} \times 100\% = 94.65 > 100$$



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PERHITUNGAN KOMPOSISI VARIASI CAMPURAN AGREGAT

Kadar Aspal	=	6.8 %		100 %	-	6.8 %	=	93.20
Hasil Combine								
Batu pipih 1-2	20 %	x	93.2 %	=	0.19	x	1200	= 223.68
BP 0,5 - 1	50 %	x	93.2 %	=	0.47	x	1200	= 559.20
Abu Batu	29 %	x	93.2 %	=	0.27	x	1200	= 324.34
Filler	1 %	x	93.2 %	=	0.01	x	1200	= 11.18
Aspal	6.8 %		X				1200	= 81.60
								<u>1200.00</u>

Kadar Aspal	=	6.8 %		100 %	-	6.8 %	=	93.20
Hasil Combine								
Batu Lonjong 1-2	20 %	x	93.2 %	=	0.19	x	1200	= 223.68
BP 0,5 - 1	50 %	x	93.2 %	=	0.47	x	1200	= 559.20
Abu Batu	29 %	x	93.2 %	=	0.27	x	1200	= 324.34
Filler	1 %	x	93.2 %	=	0.01	x	1200	= 11.18
Aspal	6.8 %		X				1200	= 81.60
								<u>1200.00</u>



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Kadar Aspal	=	6.8 %		100 %	-	6.8 %	=	93.20
Hasil Combine								
Batu Kubikal 1-2	20 %	x	93.2 %	=	0.19	x	1200	= 223.68
BP 0,5 - 1	50 %	x	93.2 %	=	0.47	x	1200	= 559.20
Abu Batu	29 %	x	93.2 %	=	0.27	x	1200	= 324.34
Filler	1 %	x	93.2 %	=	0.01	x	1200	= 11.18
Aspal	6.8 %			X			1200	= 81.60
								1200.00

Kadar Aspal	=	6.8 %		100 %	-	6.8 %	=	93.20
Hasil Combine								
Batu Bulat 1-2	20 %	x	93.2 %	=	0.19	x	1200	= 223.68
BP 0,5 - 1	50 %	x	93.2 %	=	0.47	x	1200	= 559.20
Abu Batu	29 %	x	93.2 %	=	0.27	x	1200	= 324.34
Filler	1 %	x	93.2 %	=	0.01	x	1200	= 11.18
Aspal	6.8 %			X			1200	= 81.60
								1200.00

Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa oleh Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin. MT

Marlina Alwi. ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

MARSHALL TEST

NAMA : MISBAHUDDIN	PENETRASI : 60/70	
	BERAT JENIS ASPAL (T) : 1.005	gr/cc

Campuran : AC - WC
Tanggal Test :

No	Agregat	Bj bulk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2	2.59	2.76
b	Batu Pecah 0.5 - 1	2.62	2.83
c	Abu Batu	2.78	3.01
d	Filler	3.17	3.17

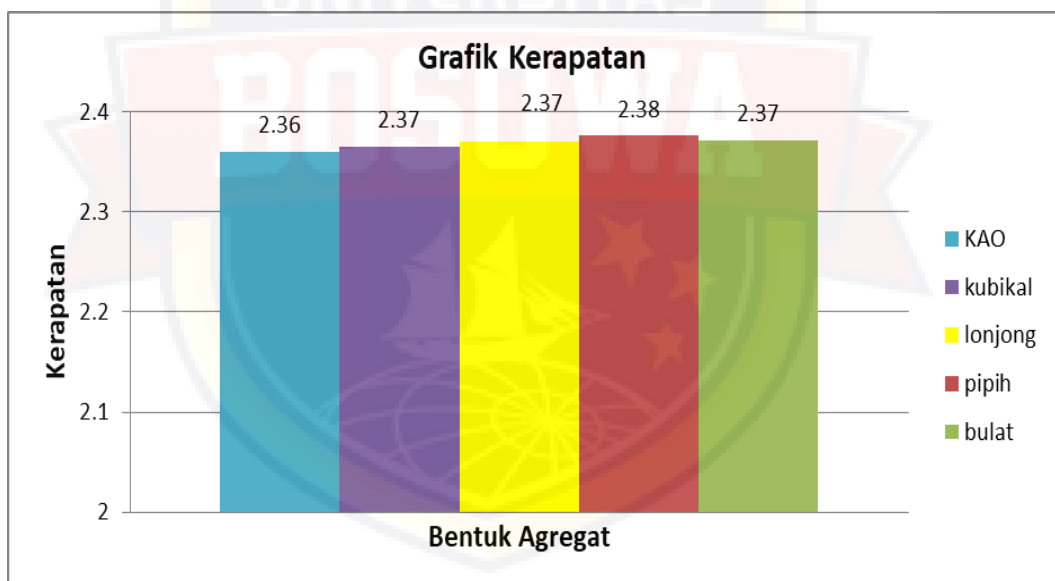
No	Mix Proportion (% by wt of total aggregate)				Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal	Bj Bulk gab	Bj Efektif gab	Bj Max Campuran (GMM)	Berat (gr)		SSD	Volume benda uji	BJ Bulk CAMPURAN pemadatan	% Vim	Stability Kg		Flow (mm)	Marshall Quotien (kg/mm)	Luas Permukaan Agregat	Absorpsi Aspal Thdp Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Tersi Aspal (VFB)
	a	b	c	d	A	B	C	D	E	F	G					H	I							
					$\frac{A - ((P/100) \times (100 - A))}{100}$	% Bit by Wt Of Mix	Refer Note 1	Refer Note 2	$\frac{100}{C} + \frac{A}{T}$	From Lab	From Lab	From Lab	G - F	$\frac{E}{H}$	$\frac{100(D-I)}{D}$	From Lab	Table K x A. Ka.	From Lab	$\frac{L}{M}$	Combined	$A + \frac{I(100-A)B}{100T}$	$\frac{1000(A-P)}{TO(100-A)}$	$100 - \left(\frac{1}{B}\right) \times (100 - A)$	$\left(\frac{R-J}{R}\right) \times 100$
KI	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.482	1195.4	692.3	1198.5	506.2	2.36	4.85	91	1372.85	3.21	427.68	5.61	1.13	10.79	18.18	73.30
KII	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.482	1179.9	691.1	1190.5	499.4	2.36	4.81	82	1237.07	3.29	376.01	5.61	1.13	10.79	18.14	73.51
KIII	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.482	1183.2	687.3	1186.2	498.9	2.37	4.44	98	1478.45	3.15	469.35	5.61	1.13	10.79	17.83	75.08
					5.75	6.80	2.69	2.78	2.48	1186.17	690.23	1191.73	501.50	2.37	4.70	90.33	1362.79	3.22	424.35	5.61	1.13	10.79	18.05	73.96
LI	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.482	1160.4	686.3	1173.9	487.6	2.38	4.11	90	1357.76	3.60	377.16	5.61	1.13	10.79	17.55	76.55
LIJ	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.482	1173.8	693.2	1179.5	486.3	2.41	2.75	88	1327.59	3.52	377.16	5.61	1.13	10.79	16.37	83.22
LIIJ	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.482	1179.9	679.2	1188.2	509.0	2.32	6.60	85	1282.33	3.31	387.41	5.61	1.13	10.79	19.69	66.47
					5.75	6.80	2.69	2.78	2.48	1171.37	686.23	1180.53	494.30	2.37	4.49	87.67	1322.56	3.48	380.57	5.61	1.13	10.79	17.87	75.41
PI	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.482	1162.2	688.3	1165.5	477.2	2.44	1.87	89	1342.68	3.80	353.34	5.61	1.13	10.79	15.62	88.01
PII	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.482	1182.8	682.8	1190.6	507.8	2.33	6.15	82	1237.07	3.90	317.20	5.61	1.13	10.79	19.30	68.13
PIII	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.482	1192.6	691.6	1196.4	504.8	2.36	4.81	81	1221.99	3.50	349.14	5.61	1.13	10.79	18.15	73.49
					5.75	6.80	2.69	2.78	2.48	1179.20	687.57	1184.17	496.60	2.38	4.28	84.00	1267.25	3.73	339.89	5.61	1.13	10.79	17.69	76.54
BI	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.482	1182.7	687.2	1188.8	501.6	2.36	5.00	89	1342.68	3.95	339.92	5.61	1.13	10.79	18.31	72.70
BII	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.482	1179.4	687.1	1185.6	498.5	2.37	4.67	81	1221.99	3.91	312.53	5.61	1.13	10.79	18.03	74.07
BIII	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.482	1169.2	681.7	1171.1	489.4	2.39	3.74	75	1131.47	3.51	322.36	5.61	1.13	10.79	17.23	78.28
					5.75	6.80	2.69	2.78	2.48	1177.10	685.33	1181.83	496.50	2.37	4.47	81.67	1232.05	3.79	324.93	5.61	1.13	10.79	17.85	75.01
SPEKIFIKASI															Min 3,0 - 5,0	Min 800	Min 2	Min 250	Max 1,2	Min 15	Min 65			



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

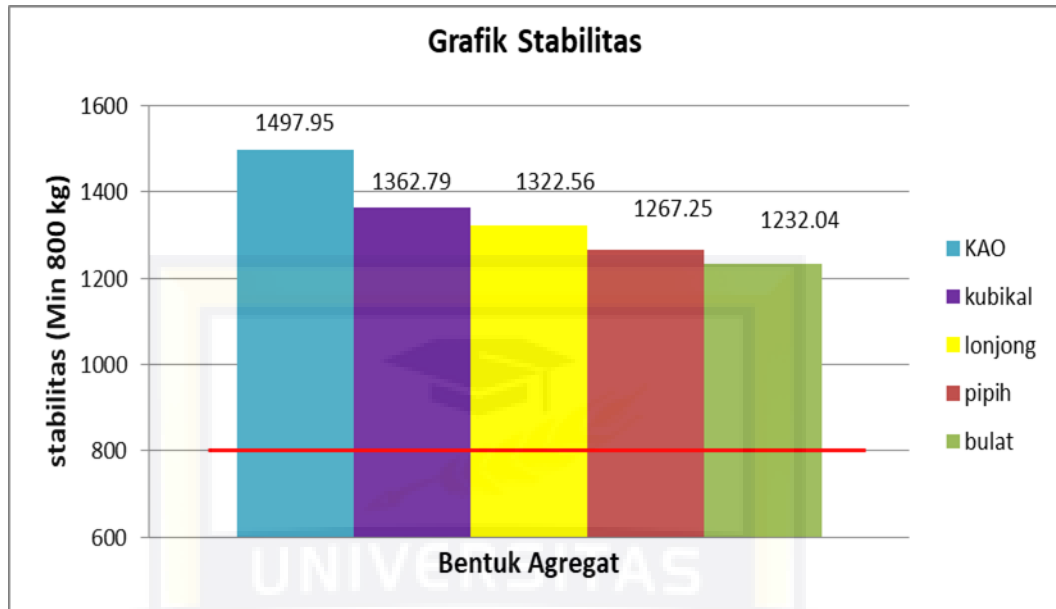
No	Pemeriksaan	Perbandingan Bentuk Agregat					Spesifikasi 2018
		KAO 6.8 %					
		KAO	Bentuk Agregat 20%				
Kubikal	Lonjong		Pipih	Bulat			
1	Kerapatan	2.36	2.37	2.37	2.38	2.37	-
2	Stabilitas (kg)	1497.95	1362.79	1322.56	1267.25	1232.04	Min 800
3	Flow (mm)	2.88	3.22	3.48	3.73	3.79	2-4
4	VIM (%)	4.82	4.70	4.49	4.28	4.47	3-5
5	VMA (%)	18.26	18.05	17.87	17.69	17.85	Min 15
6	MQ (Kg/mm)	526.88	424.35	380.57	339.89	324.93	Min 250
7	VFB (%)	73.63	73.97	75.41	76.54	75.01	Min 65

1. Kerapatan

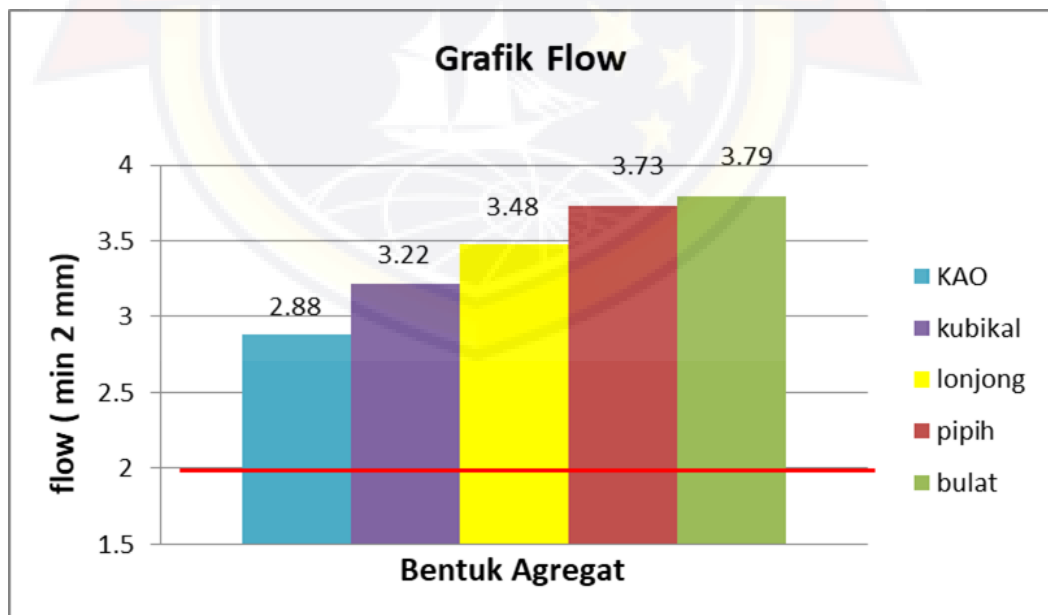




2. Stabilitas (kg)

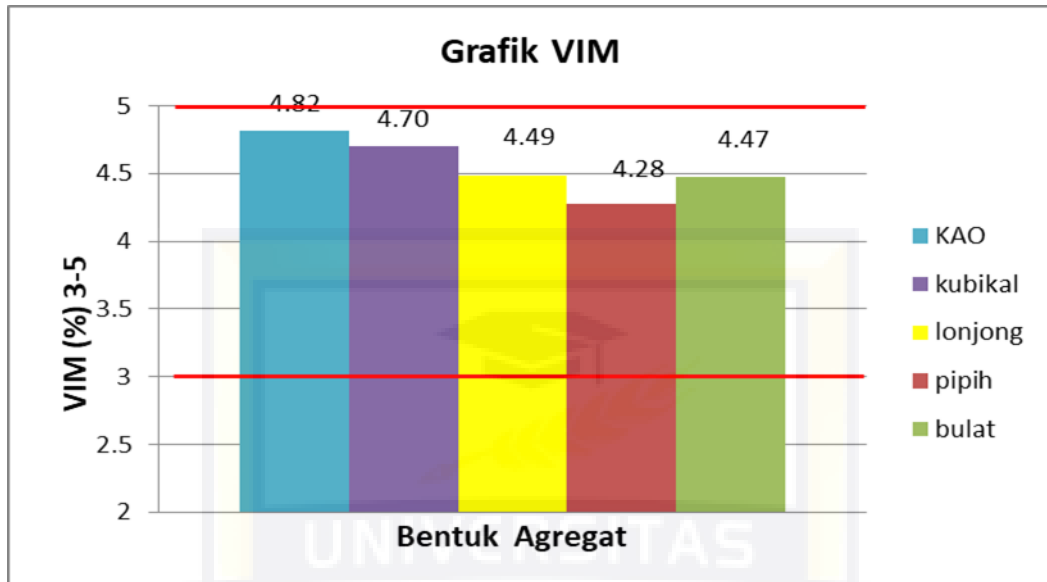


3. Flow (mm)

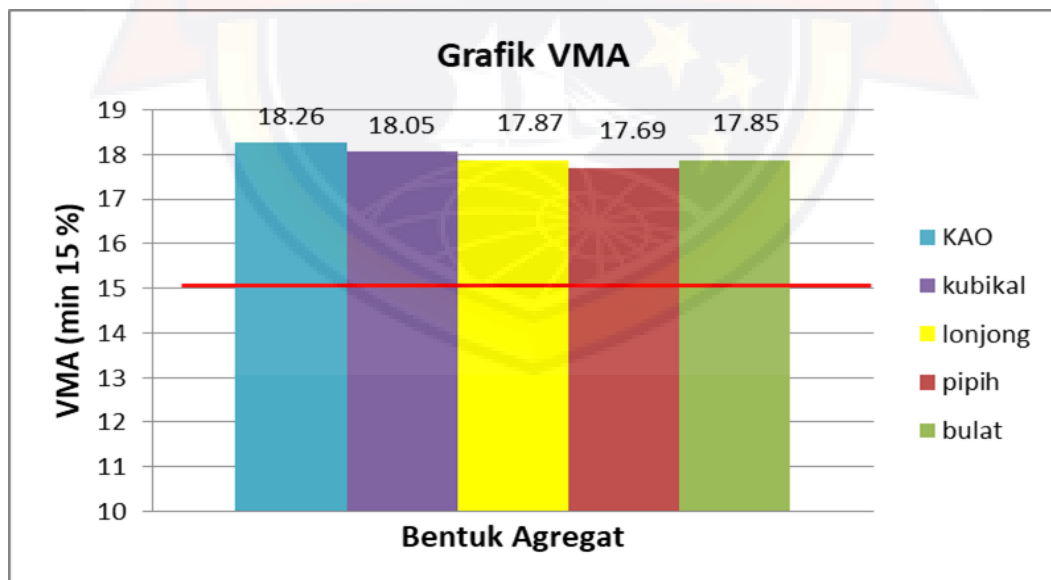




4. VIM (Rongga Dalam Campuran) 3 - 5

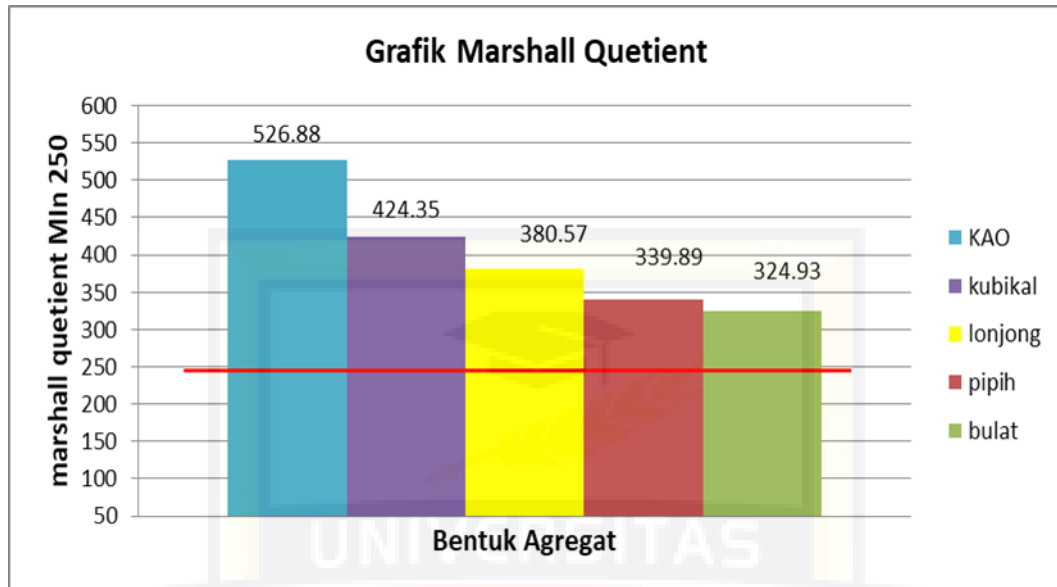


5. VMA (Rongga Dalam Agregat) Min 15%

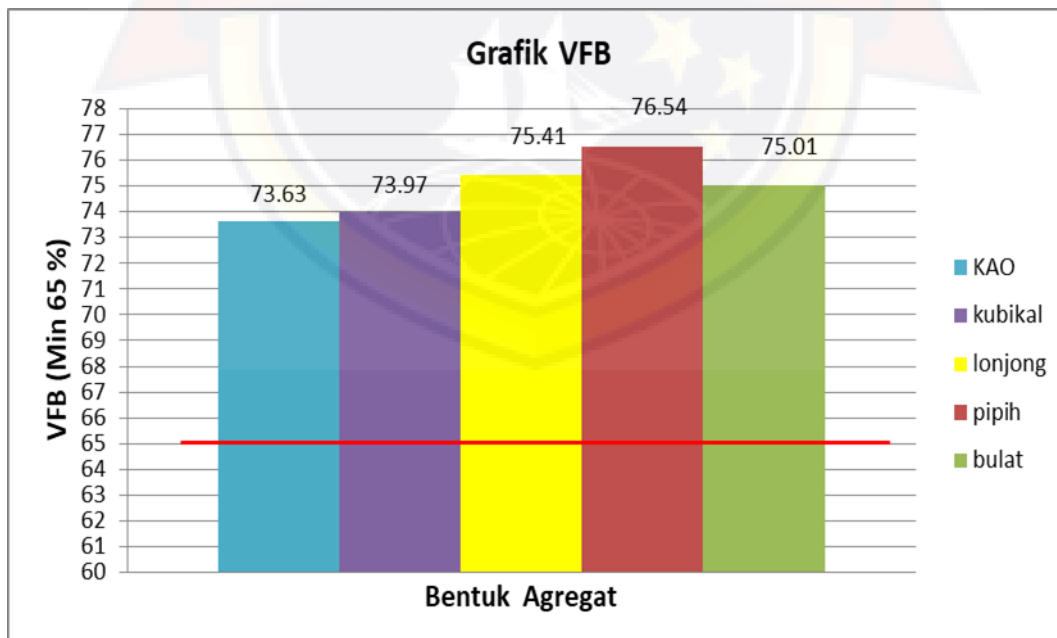




6. Marshall Quotient



7. FVB (Rongga Terisi Aspal)



DOKUMENTASI HASIL PENELITIAN



Pengujian Analisa Saringan



Menimbang Agregat yang tertahan tiap saringan



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR



Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar



Menimbang benda uji dalam air



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR



Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus



Memanaskan Benda Uji yang berisi agregat dan air



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR



Pemeriksaan Kadar Lumpur



Memasukkan Benda Uji yang sudah di cuci ke dalam oven



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR



Pemeriksaan Berat Jenis Aspal



Menimbang piknometer yang berisi benda uji



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR



Memisahkan agregat berdasarkan bentuknya



Agregat berbentuk pipih



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR



Pemisahan agregat berdasarkan bentuknya



Agregat berbentuk lonjong



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR



Agregat bentuk kubikal



Agregat bentuk bulat



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR



Memanaskan agregat sebelum di campur dengan aspal



Mencampur aspal dengan agregat



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR



Memanaskan campuran agregat yang sudah tercampur aspal



Membuat briket 2 x 75 tumbukan



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR



Melepaskan Briket dari cetakan



Menimbang briket setelah didinginkan



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR



Melakukan perendaman sampel selama 24 jam



Menimbang sampel dalam air pada kondisi kering – permukaan jenuh



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR



Merendam sampel dalam bak perendam selama 30 menit pada suhu 60°C



Pengujian Marshall Test



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR



Memanaskan agregat sebelum di campur dengan aspal



Mencampur aspal dengan agregat



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR



Memanaskan campuran agregat yang sudah tercampur aspal



Membuat briket 2 x 75 tumbukan



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR



Melepaskan Briket dari cetakan



Menimbang briket setelah didinginkan



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR



Melakukan perendaman sampel selama 24 jam



Menimbang sampel dalam air pada kondisi kering – permukaan jenuh



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR



Merendam sampel dalam bak perendam selama 30 menit pada suhu 60°C



Pengujian Marshall Test