

TUGAS AKHIR

ANALISIS SIFAT DAN KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PANAS DENGAN SERBUK BATU BATA MERAH SEBAGAI FILLER DENGAN PERENDAMAN BERULANG

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana

Teknik Strata Satu

(S1)



Disusun oleh:

RAHMAT

45 16 041 038

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR**

2022



LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP
TUGAS AKHIR

Judul : “ANALISIS SIFAT DAN KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PANAS
DENGAN SERBUK BATU BATA MERAH SEBAGAI FILLER DENGAN
PERENDAMAN BERULANG“

Disusun dan diajukan oleh :

N a m a : **RAHMAT**

No.Stambuk : **45 16 041 038**

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** (.....)

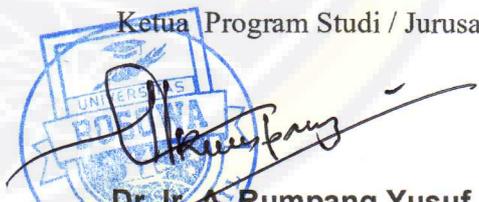
Pembimbing II : **Ir. Tamrin Mallawangeng, MT** (.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik


Dr. Ridwan, S.T., M.Si.
NIDN:09-101271-01

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil


Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT
NIDN: 09-041265-02



LEMBAR PENGESAHAN

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

Hari / Tanggal : Rabu / 26 Januari 2022
N a m a : RAHMAT
No.Stambuk : 45 16 041 038
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : "ANALISIS SIFAT DAN KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PANAS DENGAN SERBUK BATU BATA MERAH SEBAGAI FILLER DENGAN PERENDAMAN BERULANG"

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 : Ir. Eka Yuniarto, ST, MT (.....)
: Dr. Ir. Ahmad Yauri Yunus, ST, MT (.....)

Makassar, 2022

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil


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


Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT
NIDN. 09-041265-02

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **Rahmat**

Nomor Stambuk : **45 16 041 038**

Program Studi : **Teknik Sipil**

Judul Tugas Akhir : **Analisis Sifat Dan Karakteristik Campuran Aspal Panas Dengan Serbuk Batu Bata Merah Sebagai Filler Dengan Perendaman Berulang**

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, 20 Februari 2022

Yang membuat pernyataan


(Rahmat)
45 16 041 038



PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **Rahmat**

Nomor Stambuk : **45 16 041 038**

Program Studi : **Teknik Sipil**

Judul Tugas Akhir : **Analisis Sifat Dan Karakteristik Campuran Aspal Panas Dengan Serbuk Batu Bata Merah Sebagai Filler Dengan Perendaman Berulang**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan hasil dari saya sendiri, baik untuk naska laporan, maupun kegiatan programming yang tercantum sebagai bagian dari skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apa bila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademi berupa pencabutan gelar yang telah di peroleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Bosowa

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Makassar, 20 Februari 2022

Yang membuat pernyataan



(Rahmat)
45 16 041 038

KATA PENGANTAR



Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat, kasih karunian yang berlimpah sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Analisis Sifat dan Karakteristik Campuran Aspal Panas Dengan Serbuk Batu Bata Merah Sebagai Filler Dengan Perendaman Berulang”**. 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 peyusunan 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, kaka dan adik saya yang telah memberikan dukungan moral dan materi yang tidak terhitung jumlahnya, sehingga tugas akhir ini dapat rampung sampai saat ini.
3. Bapak DR. Ridwan, ST., M.Si Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

4. Bapak Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT. selaku ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Bosowa.
5. Bapak Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT. selaku ketua kelompok dosen bidang kajian transportasi dan juga sebagai Dosen Pembimbing 1 saya, yang sudah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan saya sehingga terselesainya penyusunan tugas akhir ini.
6. Bapak Ir. Tamrin Mallawangeng, MT. selaku Dosen Pembimbing II saya, yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan saya sehingga terselesainya penyusunan tugas akhir ini.
7. Ibu Marlina Alwi, ST yang telah membimbing dan mengarahkan saya selama melakukan penelitian di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa.
8. Seluruh jajaran Dosen dan Staf Teknik Sipil Unniversitas Bosowa.
9. Teman – teman seangkatan teknik sipil universitas bosowa 2016 yang telah banyak bertukar pikiran, cerita, saran dan semangat kepada saya selama hamper 5 tahun, semoga kalian juga cepat menyusul.
10. 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 penulis 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, Aamiin.

Makassar, 20 Februari 2022

BOSOWA

Penyusun

ABSTRAK

Laston merupakan lapis permukaan jalan. Laston juga disebut Laston Lapis Aus (ACWC), secara umum bahan campuran ACWC terdiri dari agregat kasar, agregat halus, aspal, dan bahan pengisi (Filler). Salah satu upaya untuk meningkatkan kinerja aspal beton adalah dengan mengganti bahan pengisi (Filler) dengan material lain. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah penggunaan dari serbuk batu bata merah sebagai filler terhadap campuran laston lapis aus (ACWC) dapat mempengaruhi nilai karakteristik Marshall. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dilaboratorium tentang pembahasan pengujian campuran Laston Lapis Aus (ACWC) dengan menggunakan bahan pengisi serbuk batu bata merah sebagai filler. Berdasarkan hasil analisis dapat di ambil kesimpulan bahwa hasil pengujian Marshall Test menggunakan variasi bahan tambah serbuk batu bata merah sebagai filler, maka nilai yang terbaik adalah penambahan serbuk batu bata merah 25 % dengan nilai Stabilitas = 1312.50 kg sedangkan untuk nilai Flow = 3.09 mm dengan perendaman 7 hari secara berulang.

Keywords: *Laston Lapis Aus (ACWC), Serbuk Batu Bata Merah, Filler.*

ABSTRACT

Laston is the road surface layer. Laston is also called Laston Lapis Aus (ACWC), in general the ACWC mixture consists of coarse aggregate, fine aggregate, asphalt, and filler. One of the efforts to improve the performance of asphalt concrete is to replace the filler with other materials. The purpose of this study was to determine whether the use of red brick powder as a filler for a worn-out layer of concrete mix (ACWC) can affect the value of the marshall characteristics. From the results of the tests that have been carried out in the laboratory regarding the discussion of the Lasto Lapis Aus (ACWC) mixture test using red brick powder as a filler. Based on the results of the analysis, it can be concluded that the results of the Marshall Test using a variety of added red brick powder as a filler, then the best value is the addition of 25% red brick powder with a Stability value = 1312.50 kg while the Flow value = 3.09 mm by immersion 7 days repeatedly.

Keywords: *Laston Lapis Aus (ACWC), Serbuk Batu Bata Merah, Filler.*

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengajuan	ii
Lembar Pengesahan	iii
Pernyataan Keaslian dan Publikasi Tugas Akhir	iv
Pernyataan Keaslian Skripsi	v
Kata Pengantar	vi
Abstrak	ix
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel	xv
Daftar Gambar	xvii
Daftar Notasi	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1.Latar Belakang	I-1
1.2.Rumusan Masalah.....	I-3
1.3.Tujuan dan Manfaat Penelitian	I-3
1.4.Pokok pembahasan dan Batasan Masalah.....	I-4
1.5.Sistematika Penulisan	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Aspal	II-1
2.1.1. Sifat Fisik Aspal.....	II-2
2.1.2. Sifat Kimiawi Aspal	II-3
2.1.3. Test Standar Bahan Aspal.....	II-5

2.1.4. Fungsi Aspal.....	II-9
2.2. Aspal Beton (LASTON).....	II-10
2.2.1. Karakteristik Campuran Aspal Beton	II-13
2.2.2. Jenis-Jenis Aspal Beton	II-15
2.3. Campuran Aspal Panas.....	II-18
2.4. Agregat.....	II-20
2.4.1. Sifat Fisik Agregat	II-23
2.4.2. Bahan Pengisi (Filler)	II-27
2.5. Gradasi.....	II-28
2.6. Batu Bata.....	II-32
2.7. <i>Marshall Test</i>	II-35
2.7.1. Stabilitas (<i>stability</i>).....	II-35
2.7.2. Kelelahan (<i>Flow</i>).....	II-36
2.7.3. Kerapatan (<i>density</i>)	II-37
2.7.4. VIM (<i>Void In The Mix</i>).....	II-38
2.7.5. VFA (<i>Void Filled With Asphalt</i>).....	II-40
2.7.6. VMA (<i>Void In Mineral Agregate</i>)	II-41
2.7.7. <i>Marshall Quotient (MQ)</i>	II-42
2.8. Penelitian Terdahulu.....	II-43
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Diagram Flowchart.....	III-1
3.2 Lokasi Material	III-3
3.3 Lokasi Penelitian.....	III-3

3.4 Waktu Pelaksanaan Penilitiaan.....	III-3
3.5 Proses Pembuatan Batu Bata Merah.....	III-3
3.6 Persiapan Peralatan dan Pengambilan Sampel.....	III-3
3.6.1. Pemeriksaan Saringan Agregat Kasar	III-3
3.6.2. Pemeriksaan Saringan Agregat Halus	III-5
3.6.3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	III-6
3.6.4. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	III-7
3.6.5. Pemeriksaan Abrasi	III-9
3.6.6. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar	III-11
3.6.7. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	III-12
3.7 Pemeriksaan Aspal	III-13
3.7.1. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	III-13
3.8 Penentuan Jumlah dan Pembuatan Benda Uji	III-16
3.8.1. Penentuan Jumlah Benda Uji.....	III-16
3.8.2. Pembuatan Benda Uji Untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum..	III-17
3.9 Pengetasan Benda Uji Dengan Alat Marshall Untuk Menentukan KAO..	III-18
3.10 Pembuatan Benda Uji Dengan Variasi Filler Serbuk Batu Bata Merah .	III-19
3.11 Pengetasan Benda Uji Dengan Variasi Filler Serbuk Batu Bata Merah Dengan Alat Marshall	III-21

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	IV-7
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-9
4.4. Pembuatan Benda Uji dengan Serbuk Batu Bata Merah Sebagai Filler Pada Perendaman Berulang.....	IV-15
4.4.1. Perhitungan Berat Agregat dan Berat Aspal Menggunakan Kadar Aspal Optimum Dengan Menggunakan Serbuk Batu Bata Merah Sebagai Filler.....	IV-15
4.4.2. Data Hasil Uji Dengan Alat Marshall Yang Diperoleh Dengan Menggunakan Kadar Aspal Optimum.....	IV-17
4.4.3. Analisis Grafik Gabungan Hasil Pengujian Antar Kadar Aspal Filler Serbuk Batu Bata Merah dengan Perendaman Berulang.....	IV-27
4.5 Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS.....	IV-54

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	V-1
5.2 Saran	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

1. Data Hasil Pengujian Laboratorium
2. Foto Dokumentasi Penelitian

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 kepekatan (consistency), ketahanan lama atau ketahanan terhadap pelapukan	II-8
Tabel 2.2 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Beraspal Panas (AC)	II-12
Tabel 2.3 Ketentuan agregat kasar	II-21
Tabel 2.4 Spesifikasi Gradasi Agregat Kasar	II-22
Tabel 2.5 Spesifikasi Gradasi Agregat Halus	II-23
Tabel 2.6 Ketentuan agregat halus	II-23
Tabel 2.7 Ukuran Gradasi <i>Filler</i>	II-28
Tabel 2.8 Ketentuan <i>Filler</i>	II-28
Tabel 2.9 Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal	II-31
Tabel 2.10 Tabel matriks penelitian terdahulu tentang serbuk batu bata merah sebagai filler	II-43
Tabel 3.1 Perhitungan benda Uji	III-23
Tabel 4.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat (AASHTO T.11/27)	IV-1
Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Pecah 1-2, dan Batu Pecah 0.5 - 1)	IV-2
Tabel 4.3. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu	IV-3
Tabel 4.4. Hasil Pemeriksaan Aspal Penetrasi 60/70	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 dan agregat 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 Mendapatkan KAO	IV-10
Tabel 4.10 Komposisi campuran dengan serbuk batu bata merah 25% .	IV-16
Tabel 4.11 Komposisi campuran dengan serbuk batu bata merah 50% .	IV-16
Tabel 4.12 Komposisi campuran dengan serbuk batu bata merah 75% .	IV-17
Tabel 4.13 Hasil Uji Marshall Sisa KAO dengan perendaman selama 30 menit dan 24 jam pada suhu 60°C.	IV-17
Tabel 4.14 Hasil Uji Marshall KAO menggunakan bahan serbuk batu bata merah 25%, 50%, 75% dengan perendaman berulang 7 hari kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.	IV-26
Tabel 4.15 Hasil Uji Marshall KAO menggunakan bahan serbuk batu bata merah 25%, 50%, 75% dengan perendaman berulang 14 hari kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.	IV-26
Tabel 4.16 Hasil Uji Marshall KAO menggunakan bahan serbuk batu bata merah 25%, 50%, 75% dengan perendaman berulang 21 hari kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.	IV-27
Tabel 4.17 Hubungan KAO dengan persentase nilai IKS aspal beton AC– WC.....	IV-36

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 2.1 Kandungan kimia dari aspal	II-5
2. Gambar 2.2 Kurva Gradasi Agregat Bergradasi Halus Spesifikasi Bina Marga 2018	II-31
3. Gambar 3.1. Bagan alir penelitian	III-2
4. Gambar 4.1 Grafik Gradasi Penggabungan Agregat AC-WC	IV-7
5. Gambar 4.2.a. Grafik Kepadatan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO	IV-10
6. Gambar 4.2.b. Grafik Stabilitas Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO	IV-11
7. Gambar 4.2.c. Grafik Pelelehan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO.....	IV-11
8. Gambar 4. 2.d. Grafik VIM Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO.....	IV-12
9. Gambar 4.2.e. Grafik Marshall Quotient Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO.....	IV-12
10. Gambar 4.2.f. Grafik VFB Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO.....	IV-13
11. Gambar 4.2.g. Grafik VMA Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO.....	IV-13
12. Gambar 4.3 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum.	IV-14

13. Gambar 4.4 Grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata	
Merah dengan perendaman berulang terhadap kepadatan.	
.....	IV-28
14. Gambar 4.5 Grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata	
Merah dengan perendaman berulang terhadap stabilitas	
.....	IV-29
15. Gambar 4.6 Grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata	
Merah dengan perendaman berulang terhadap flow....	IV-30
16. Gambar 4.7 Grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata	
Merah dengan perendaman berulang terhadap Marshall	
quietent.....	IV-32
17. Gambar 4.8 Grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata	
Merah dengan perendaman berulang terhadap VIM....	IV-33
18. Gambar 4.9 Grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata	
Merah dengan perendaman berulang terhadap VFB ...	IV-34
19. Gambar 4.10 Grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata	
Merah dengan perendaman berulang terhadap VMA..	IV-35

DAFTAR NOTASI

a	=	<i>Persentase aspal terhadap batuan</i>
AASHTO	=	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
AC	=	<i>Aspal Concrete</i>
AC-WC	=	<i>Asphalt Concrete Wearing Course</i>
AC – BC	=	<i>Asphalt Concrete Base Course</i>
ASBUTON	=	<i>Aspal Batu Buton</i>
ASTM	=	<i>America Standard Testing and Material</i>
b	=	<i>Persentase aspal terhadap campuran</i>
Ba	=	<i>Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh di dalam Air</i>
B-0	=	<i>blinding concrete/beton lantai kerja</i>
BFT	=	<i>Bitumen Film Thickness</i>
Bj	=	<i>Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh</i>
Bk	=	<i>Berat Benda Uji Kering Oven</i>
c	=	<i>Berat kering / sebelum direndam (gram)</i>
CA	=	<i>Agregat kasar</i>
cm	=	<i>Centimeter</i>
cP	=	<i>Centipoise</i>
d	=	<i>Berat benda uji jenuh air (gr)</i>
DMF	=	<i>Design Mix Formula</i>
e	=	<i>Berat benda uji dalam air (gr)</i>

EVA	= Ethylene Vinyl Acetate
F	= Flow
f	= Volume benda uji (cc)
FA	= Agregat halus
Filler	= Berupa Abu Batu Bahan Perkerasan yang Lolos Saringan No. 200
Flow	= Pelelehan
g	= Nilai kepadatan (gr/cc)
g	= Persen rongga terisi aspal
Ga	= Berat Jenis Aspal
Gsa	= Berat Jenis Semu
Gsb	= Berat Jenis Curah dari Total Agregat
Gse	= Berat Jenis Efektif
gr	= Gram
H	= Hidrokarbon
HRS	= Hot Rolled Sheet
HRS - Base	= Hot Rolled Sheet Base
HRS – WC	= Hot Rolled Sheet Wearing Course
HRSS	= Hot Rolled sand Sheet
HSMA	= High Stiffnes Modulus Asphalt
IKS	= Indek Kekuatan Sisa
i dan j	= Rumus Subtitusi
JMF	= Job Mix Formula

KAO = *Kadar Aspal Optimum*
LLAJ = *Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*

LATASTON = *Lapisan Tipis AspalBeton*

LATASIR = *Lapisan Tipis Aspal Pasir*

LASTON = *LapisanAspalBeton*

LPA = *Lapis Pondasi Atas*

LPB = *Lapis Pondasi Bawah*

LTD = *Lapis Tanah Dasar*

MC = *Medium Curing Cut Back*

MPBJ = *Manual Pemeriksaan Bahan Jalan*

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

ODOL = *Over Dimension Over load*

P = *Pembacaan Arloji Stabilitas x Kalibrasi Alat*

Pa.s = *Pascal Sekon*

PB = *Perkiraan Karas Aspla Optimum*

Pb = *Perkiraan Bitumen*

Pba = *Penyerapan Aspal*

Pen 60/70 = *Penetrasi 60/70*

PET = *Polyethylene Terephthalate*

q = *Angka Koreksi Benda Uji*

RC	= <i>Rapid Curing cat back</i>
RCC	= <i>Residium Catalytic Cracking</i>
S	= Nilai Stabilitas
SBS	= <i>Styrene Butadine Styrene</i>
SBR	= <i>Styrene Butadine Rubber</i>
SC	= <i>Slow Curing Cat Back</i>
SI	= Standar Internasional
SIS	= <i>Styrene Isoprene Styrene</i>
SMA	= <i>Split Mastic Asphalt</i>
SNI	= <i>Standar Nasional Indonesia</i>
SS	= <i>Sand Sheet</i>
SSD	= <i>Saturated Surface Dry</i>
USA	= <i>United States of America</i>
VIM	= <i>Void In The Mix</i>
VFA	= <i>Void Filled With Asphalt</i>
VMA	= <i>Void In Mineral Agregate</i>
°C	= <i>Derajat Celcius</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aspal beton sebagai bahan untuk konstruksi jalan sudah lama dikenal dan digunakan secara luas dalam pembuatan jalan. Penggunaannya pun di Indonesia dari tahun ke tahun makin meningkat. Hal ini disebabkan aspal beton memiliki kelebihan dibanding dengan bahan-bahan lain, diantaranya harganya yang relatif murah dibanding beton, kemampuannya dalam mendukung beban kendaraan yang tinggi dan dapat dibuat dari bahan-bahan lokal yang tersedia dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap cuaca.

Lapisan aspal beton biasanya digunakan untuk lapis permukaan, lapis perata, dan lapis pengikat. Dalam penggunaan ketinganya mempunyai perbedaan dalam persyaratan campurannya. Agregat yang digunakan umumnya menggunakan gradasi rapat, dan memiliki rongga udara antar agregat kecil dan memerlukan sedikit aspal. Kerusakan yang sering terjadi pada beton aspal biasanya dimulai dengan adanya retak-retak pada perkerasan. Hal ini karna beton aspal memiliki rongga antar agregat yang kecil, sehingga volume aspal yang menyelimuti butiran agregat juga sedikit. Akibatnya aspal dengan mudah teroksidasi, lapisan kurang kedap air yang mengakibatkan aspal dengan mudah terkelupas dari agregat yang menyebabkan terjadinya pelepasan butir.

Kekuatan utama aspal beton ada pada keadaan butir agregat yang saling mengunci dan sedikit pada pasir/*filler*/bitumen sebagai mortar. Aspal beton untuk jenis perkerasan jalan terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan (*filler*). Aspal berperan sebagai pengikat atau perekat antara partikel agregat, dan agregat berperan sebagai tulangan. Sifat-sifat mekanis aspal dalam campuran beraspal diperoleh dari bahan-bahan pembentuknya. Fraksi agregat diperoleh dari ikatan antar butir agregat (*interlocking*), dan kekuatan tergantung kepada gradasi, tekstur permukaan, bentuk butiran, dan ukuran agregat maksimum yang digunakan. Sedangkan sifat kohesinya diperoleh dari sifat-sifat aspal yang digunakan. Material-material pembentuk aspal Beton dicampur di instalasi pencampuran pada suhu tertentu, kemudian diangkat ke lokasi, dihamparkan dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang digunakan. Campuran ini dikenal dengan nama *Hotmix*.

Bahan pengisi (*filler*) dalam campuran aspal beton adalah bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). Macam bahan pengisi (*filler*) yang dapat digunakan ialah: abu batu, kapur padam, *portland cement* (PC), debu dolomite, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral tidak plastis lainnya. Banyaknya bahan pengisi (*filler*) dalam campuran aspal beton sangat dibatasi.

Kebanyakan bahan pengisi, maka campuran akan sangat kaku dan mudah retak disamping memerlukan aspal yang banyak untuk memenuhi *workability*. Sebaliknya kekurangan bahan pengisi campuran menjadi

sangat lentur dan mudah terdeformasi oleh roda kendaraan sehingga menghasilkan jalan yang bergelombang. Karakteristik *Filler* pada campuran perkerasan jalan adalah sebagai bahan pengisi rongga, meningkatkan daya ikat aspal beton, memperbaiki stabilitas campuran, dan memperkecil kelelahan atau penurunan.

Dari uraian dan permasalahan diatas maka diangkatlah judul : Analisis Sifat Dan Karakteristik Campuran Aspal Panas Dengan Menggunakan Serbuk Bata Merah Bekas Sebagai Filler Dengan Perendaman Berulang.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas maka dapat ditarik rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana pengaruh penambahan serbuk bata merah terhadap sifat dan karakteristik campuran aspal panas pada perendaman berulang.
2. Berapakah persentase terbaik serbuk batu bata merah sebagai filler terhadap karakteristik Marshall pada campuran aspal panas dengan perendaman berulang.

1.3 Tujuan Dan Manfaat Penelitian

1.3.1. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk batu bata merah bekas sebagai filler terhadap karakteristik parameter

Marshall pada campuran aspal panas.

2. Untuk mengetahui persentase terbaik serbuk bata merah sebagai filler terhadap karakteristik Marshall pada campuran aspal panas dengan perendaman berulang.

1.3.2. Manfaat Penelitian

1. Untuk memberikan pemahaman mengenai pengaruh penggunaan serbuk bata merah sebagai filler pada campuran ACWC untuk meningkatkan karakteristik Marshall.
2. Untuk menjadi pertimbangan pada pemilihan material dan bahan tambah dalam usaha meningkatkan kualitas lapis perkerasan.

1.4 Pokok Pembahasan Dan Batasan Masalah

1.4.1. Pokok Pembahasan

Pokok Bahasan pada penelitian ini adalah :

1. Permasalahan yang diamati adalah karakteristik Marshall.
2. Perencanaan campuran untuk lapis permukaan (ACWC)

1.4.2. Batasan Masalah

Untuk memperjelas permasalahan dan memudahkan dalam menganalisa, maka dibuat batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini tidak membahas analisa kimia dari serbuk bata merah.
2. Menggunakan serbuk batu bata merah dengan ukuran tertentu variasi 25%, 50% dan 75%, dari total aspal.

3. Aspal yang digunakan adalah aspal panas dengan penetrasi 60/70
4. Dilakukan perendaman dengan variasi 7, 14, dan 21 hari.
5. Pengujian dilakukan dengan Metode Alat Marshall
6. Pengujian material yang dilakukan mengacu pada standar SNI
7. Tips campuran yang digunakan adalah Laston (ACWC) Asphalt Concrete-Wearing Course gradasi halus Spesifikasi Bina Marga 2010.
8. Bahan tambahan yang digunakan adalah serbuk bata merah bekas.
9. Penelitian hanya dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar
10. Material yang di gunakan di ambil dari Bili-Bili Kab.Gowa Sulawesi Selatan

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan adlah 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 menujung 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 dari 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 Aspal

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat pemanasan dan sebaliknya. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya. Pada dasarnya aspal terbuat dari suatu rantai hidrokarbon yang disebut bitumen. Oleh sebab itu, aspal sering disebut material berbituminous. Umumnya aspal dihasilkan dari penyulingan minyak bumi, sehingga disebut aspal keras.

Aspal terbuat dari minyak mentah, melalui proses penyulingan atau dapat ditemukan dalam kandungan alam sebagai bagian dari komponen alam yang ditemukan bersama sama material lain. Aspal dapat pula diartikan sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal yang terbentuk dari senyawa-senyawa kompleks seperti Asphaltene, Resins dan Oils. Aspal mempunyai sifat visco-elastis dan tergantung dari waktu pembebanan. (*The Blue Book–Building & Construction*, 2009) Aspal berasal dari alam atau dari pengolahan minyak bumi. Aspal atau bitumen adalah suatu cairan kental yang merupakan senyawa hidrokarbon dengan sedikit mengandung sulfur, oksigen, dan klor. Aspal sebagai bahan pengikat dalam perkerasan lentur mempunyai sifat viskoelastis.

Aspal merupakan bahan pengikat yang digunakan pada perkerasan lentur. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan akibat beban muatan kendaraan adalah dengan meningkatkan kualitas dan stabilitas perkerasan tersebut. Oleh sebab itu penggunaan bahan tambah (*additive*) menjadi salah satu alternatif yang digunakan untuk mendapatkan kualitas lapis perkerasan yang baik yaitu dengan menambahkan batu bata merah. Dengan penambahan batu bata merah diharapkan dapat menambah kekuatan dan umur rencana suatu campuran beraspal.

2.1.1 Sifat Fisik Aspal

Sifat fisik aspal sangat mempengaruhi perencanaan, produksi dan kinerja campuran beraspal antara lain adalah durabilitas, adhesi dan kohesi, kepekaan terhadap suhu, pengerasan dan penuaan.

a) Daya Tahan (Durability)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat aslinya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Kinerja aspal sangat dipengaruhi oleh sifat aspal tersebut setelah digunakan sebagai bahan pengikat dalam campuran beraspal dihampar di lapangan. Hal ini disebabkan karena sifat-sifat aspal akan berubah secara signifikan akibat oksidasi dan pengelupasan yang terjadi baik pada saat pencampuran, pengangkutan dan penghamparan campuran beraspal di lapangan.

Perubahan sifat ini akan menyebabkan aspal menjadi daktilitas rendah atau dengan kata lain aspal telah mengalami penuaan. Kemampuan

aspal untuk menghambat laju penuaan ini disebut durabilitas aspal, aspal dengan durabilitas yang baik akan menghasilkan campuran dengan kinerja baik pula.

b) Adhesi dan Kohesi

Adhesi adalah kemampuan untuk mengikat agregat sehingga menghasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan. Sifat adhesi dan kohesi sangat penting diketahui dalam pembuatan campuran beraspal karena sifat sangat mempengaruhi kinerja dan durabilitas campuran.

c) Kepekaan Aspal Terhadap Suhu

Aspal adalah material yang bersifat termoplastik, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika suhu rendah dan akan lunak atau lebih cair jika suhu tinggi. Hal ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan suhu. Kepekaan terhadap suhu dari setiap hasil produksi aspal berbeda-beda tergantung dari asalnya walaupun aspal tersebut memiliki jenis yang sama.

2.1.2 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 melaluidaya larut aspal didalam aspal belerang (sulfuric acid) terdapat 2 komponen fraksional aspal berdasarkan daya reaksi kimiawinya didalam asam sulfuric acid, yaitu:

a. 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.

b. 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.

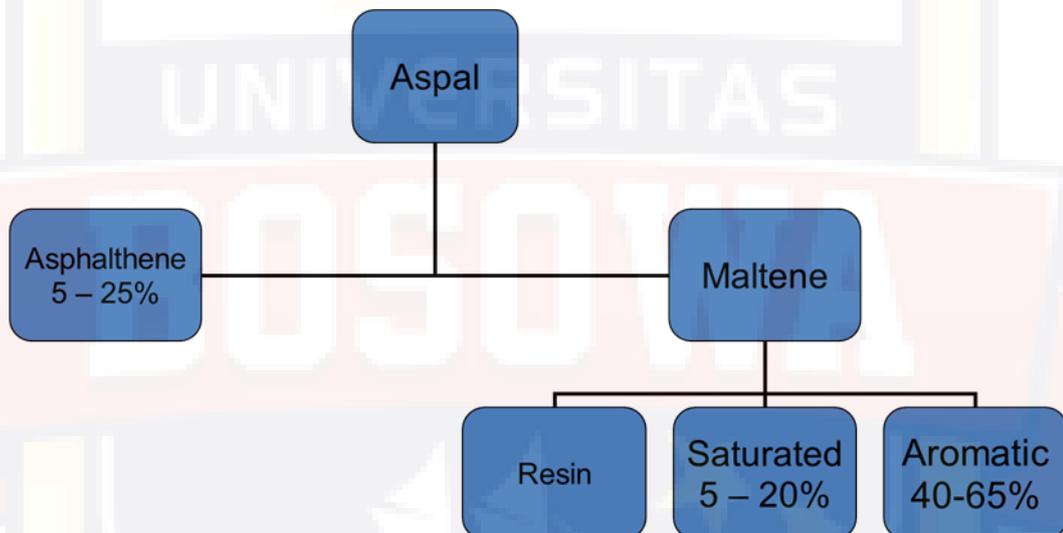
b) Aromatik

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.



Gambar 2.1 Kandungan kimia dari aspal

2.1.3 Tes standar bahan aspal

Aspal merupakan hasil produksi dari 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 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 30oC sampai 200oC 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 Pola 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.

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 diatas 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). Aspal yang dipakai dalam konstruksi jalan mempunyai sifat yang penting, yaitu : kepekatan (consistency), ketahanan lama atau ketahanan terhadap pelapukan dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe 1 Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				Sintetis	
				PG70	PG76
1	Penetrasi, 25°C, 100 (0.1 mm)	SNI 2456:2011	60-70	Dilaporkan	
2	Temperatur yang menghasilkan geser dinamis (G*/sinδ) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 1.0 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
3	Viskositas kinematis 135°C (cSt)	ASTM D2170-10	≥300	≤3000	
4	Titik lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥48	Dilaporkan	
5	Daktalitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥100	-	
6	Titik nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥232	≥230	
7	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-14	≥99	≥99	
8	Berat jenis	SNI 2441:2011	≥1,0	-	
9	Stabilitas penyimpanan: Perbedaan titik lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-	≤ 2,2	
10	Kadar parafin lilin (%)	SNI 03-3639-2002	≤ 2		
Pengujian Residu Hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002)					
11	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8	≤ 0,8	
12	Temperatur yang menghasilkan geser dinamis (G*/sinδ) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 2,2 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
13	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456:2011	≥54	≥54	≥54
14	Daktalitas pada 25°C, (cm)	SNI 2434:2011	≥50	≥50	≥25
Residu aspal segar setelah PAV (sni 03-6837-2002) pada temperatur 100°C dan tekanan 2,1					
15	Temperatur yang menghasilkan geser dinamis (G*/sinδ) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 5000 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	31	34

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal
Tabel 6.3.2.5

Tingkat pengontrolan yang dilakukan pada tahapan proses penyulingan akan menghasilkan aspal dengan sifat-sifat yang khusus yang cocok untuk pemakaian yang khusus pula, seperti untuk pembuatan campuran beraspal.

2.1.4 Fungsi aspal

Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai:

- a. Sebagai bahan pengikat antara agregat maupun antara aspal itu sendiri.
- b. 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 kedalam pori-pori antar butir agregat dibawahnya.

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%

2.2 Aspal Beton (*Laston*)

Lapis aspal beton (*Laston*) adalah suatu lapis pada konstruksi 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 Departement 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. Lapisan beton aspal merupakan jenis tertinggi dari perkerasan yang merupakan

campuran dari bitumen dengan agregat bergradasi menerus dan cocok untuk jalan yang banyak dilalui kendaraan berat.

Material – material pembentuk aspal beton dicampur dan diinstalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya antara 145° - 155° C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal juga dengan nama hotmix

Lapisan aspal beton biasanya digunakan untuk lapis permukaan, lapis perata, dan lapis pengikat. Dalam penggunaan ketinganya mempunyai perbedaan dalam persyaratan campurannya. Agregat yang digunakan umumnya menggunakan gradasi rapat, dan memiliki rongga udara antar agregat kecil dan memerlukan sedikit aspal. Kerusakan yang sering terjadi pada beton aspal biasanya dimulai dengan adanya retak-retak pada perkerasan. Hal ini karna beton aspal memiliki rongga antar agregat yang kecil, sehingga volume aspal yang menyelimuti butiran agregat juga sedikit. Akibatnya aspal dengan mudah teroksidasi, lapisan kurang kedap air yang mengakibatkan aspal dengan mudah terkelupas dari agregat yang menyebabkan terjadinya pelepasan butir.

Menurut spesifikasi campuran beraspal Depertement Pekerjaan Umum 2018, Laston (AC) terdiri dari tiga macam campuran, Laston Lapis Aus (AC-WC), Laston Lapis Pengikat (AC-BC), dan Laston Lapis Pondasi

(AC-Base) dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm.

Ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas di Indonesia seperti campuran beraspal jenis AC-WC adalah ketentuan yang telah dikeluarkan oleh Departement Permukiman dan Prasarana Wilayah bersama-sama dengan Bina Marga, hal itu dikarenakan menjadi acuan dalam penelitian ini, yaitu seperti tertera dalam Tabel Dibawah ini :

Tabel 2.2 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Beraspal Panas (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,0		
	Maks	5,0		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1800
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min	2		

Sumber : Spesifikasi Umum Binamarga 2018 Divisi 6 Perkerasan aspal tabel 6.3.3. (1c)

2.2.1 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 repitisi 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/selimum asphalt dari permukaan agregat.jumlah pori yang tersisa setelah asphalt beton dipadatkan dapat menjadi indikator kekedapan air campuran.

7. Mudah Dilaksanakan (*Workability*)

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

2.2.2 Jenis-jenis Asphalt Beton

Jenis asphalt beton dapat dibedakan berdasarkan suhu pencampuran material pembentukan asphalt beton, dan fungsi asphalt beton. Berdasarkan temperatur ketika mencampur dan memadatkan campuran, asphalt beton dapat dibedakan atas :

1. Asphalt beton campuran panas (*Hot Mix*), adalah asphalt beton yang material pembentukannya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 140° c.
2. Asphalt beton campuran sedang (*Warm Mix*), adalah asphalt beton yang material pembentukannya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 60° c.
3. Asphalt beton campuran dingin (*Cold mix*), adalah asphalt beton yang material pembentukannya dicampur pada suhu sekitar 25° c.

Berdasarkan fungsinya asphalt beton dapat dibedakan atas :

1. Aspal beton untuk lapisan aus (*Wearing Course*), adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang disyaratkan.
2. Aspal beton untuk lapisan pondasi (*Binder Course*), adalah lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus. Tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan.
3. Aspal beton untuk pembentukan dan perata lapisan lapisan aspal beton yang sudah lama, yang pada umumnya sudah aus dan sering kali tidak lagi berbentuk crown.

Jenis aspal beton campuran panas yang ada di indonesia saat ini adalah ;

1. Laston (*Lapisan aspal beton*), adalah aspal beton bergradasi menerus dan umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston dikenal pula dengan nama AC (*Aspal Concrete*). Karakteristik aspal beton yang terpenting adalah stabilitas. Tebal nominal minimum laston 4-6 cm (spesifikasi 2002). Sesuai fungsinya laston mempunyai 3 macam campuran yaitu:
 - a. Laston sebagai lapis aus, dikenal dengan nama AC - WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*). Tebal nominal - minimum AC – WC adalah 4 cm.
 - b. Laston sebagai lapis pengikat, dikenal dengan nama AC - BC (*Asphalt Concrete Base Course*). Tebal nominal - minimum AC–

BC adalah 5 cm.

c. Lapisan sebagai lapisan pondasi, dikenal sebagai nama AC-Base (Asphalt Concrete Base). Tebal nominal AC-Base adalah 6 cm

2. Lataston (*Lapisan tipis aspal beton*) adalah aspal beton bergradasi senjang. Lataston biasa pula disebut dengan HRS (*Hot Rolled Sheet*). Karakteristik aspal beton yang terpenting pada campuran ini adalah durabilitas, dan fleksibilitas. Sesuai fungsinya lataston mempunyai 2 macam campuran yaitu:

a. Lataston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama HRS - WC (*Hot Rolled Sheet Wearing Coarse*). Tebal minimum HRS - WC adalah 3 cm.

b. Lataston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama HRS-Base (*Hot Rolled Sheet Base*). Tebal minimum HRS - Base adalah 3,5 cm.

3. Latasir (*Lapisan Tipis Aspal Pasir*), adalah aspal beton untuk jalan-jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya dimana agregat kasar tidak atau sulit diperoleh. Latasir biasa pula disebut sebagai SS (*Sand Sheet*) atau HRSS (*Hot Rolled Sand Sheet*).

4. Lapisan perata adalah aspal beton yang digunakan sebagai lapisan perata dan pembentuk penampang melintang pada permukaan jalan lama. Semua jenis campuran aspal beton dapat digunakan, tetapi untuk membedakan dengan campuran untuk lapisan perkerasan jalan baru, maka setiap jenis campuran aspal beton tersebut ditambahkan Huruf L

(*Leveling*). Jadi ada jenis campuran AC - WC (L), AC - BC (L), HRS-WC(L), dan seterusnya..

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.

Beton aspal 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 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.

Secara umum agregat yang digunakan dalam campuran beraspal dibagi atas 2 (dua) fraksi, yaitu :

a. Agregat kasar

Agregat kasar adalah material yang tertahan pada saringan no.8 (2,36 mm). Agregat kasar untuk campuran aspal harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, awet, bersudut, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya serta mempunyai permukaan tekstur yang kasardan tidak bulat agar dapat dapat memberikan sifat *interlocking* yang baik yang baik dengan material yang lain. Tingginya kandungan agregat kasar membuat lapis perkerasan lebih permeabel. Hal ini menyebabkan rongga udara meningkat dan menurunnya daya lekat bitumen, maka terjadi pengelupasan aspal dari batuan.

Agregat kasar pada umumnya harus memenuhi persyaratanya yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, sepeeti tertera pada Tabel Dibawah : Tabel 2.3 Ketentuan agregat kasar

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan Bentuk Agregat Terhadap Larutan	Natrium Sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%
	Magnesium Sulfat		Maks. 18%
Abrasi Dengan Mesin Los Angeles	Campuran AC bergrasadi SMA	100 Putaran	Maks. 6%
		500 Putaran	Maks. 30%
	Semua jenis campuran bergradasi lainnya	100 Putaran	Maks. 8%
		500 Putaran	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min. 95%
Batu pecah pada agregat kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90*
	Lainnya		95/90**
Partikel Pipih dan lonjong	SMA	ASTM D4791-10	Maks. 5%
	Lainnya	Perbandingan 1 : 5	Maks. 10%
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 (1a)

Catatan:

*= 100/90 menunjukkan bahwa 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih

**= 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

Tabel 2.4 Spesifikasi Gradasi Agregat Kasar

UKURAN SARINGAN		PERSEN LOLOS
INCHI	MM	
$\frac{3}{4}$	19	100
$\frac{1}{2}$	12,5	30 – 100
$\frac{3}{8}$	8,5	0 – 55
No. 4	4,7	0 – 100
No.8	2,36	0 – 1

Sumber : *Petunjuk Teknik No. 023/T/BT/1999*

b. Agregat Halus

Agregat halus pasir alam merupakan hasil desintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Agregat halus adalah material yang lolos saringan no.8 (2,36 mm). Fungsi utama agregat halus ialah 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 bentuk menyudut (angularity) dan kekerasan permukaan butiran (particle surface roughness).

Agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian antara butiran. Selain itu agregat halus juga mengisi ruang antara butir. Bahan ini dapat terdiri dari butir-butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya. Agregat halus pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, seperti tertera pada Tabel 2.5 dan tabel 2.6 di bawah :

Tabel 2.5 Spesifikasi Gradasi Agregat Halus

UKURAN SARINGAN		PERSEN LOLOS
INCHI	MM	
3/8	9,5	100
No.4	4,75	90 – 100
No.8	2,36	8 – 100
No.30	0,06	25 – 100
No.200	0,075	3 – 11

Sumber : Petunjuk Teknik No. 023/T/BT/1999

Tabel 2.6 Ketentuan agregat halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min.50%
Uji Kadar Rongga T ampa Pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Gumpalan Lempung Dan Butir- Butir Mudah Pecah Dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C177: 2012	Maks.10%

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

2.4.1 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.

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 pekerasan 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.

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, menyerap dan menahan film aspal. Agregat hidrofobik (tidak menyukai air) adalah agregat yang memiliki sifat kelekatan terhadap aspal yang tinggi, contoh dari agregat ini adalah batu gamping dan dolomit. Sebaliknya, agregat hidrofilik (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 hidrofilik.

2.4.2 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) yaitu material yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) campuran, namun demikian jumlah *filler* harus dibatasi pada suatu batas yang menguntungkan. Bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen. Bahan pengisi gumpalan-gumpalan dan mempunyai sifat non plastis. Fungsi *filler* dalam campuran adalah :

1. Untuk memodifikasi agregat halus sehingga berat jenis campuran meningkat dan jumlah aspal yang diperlukan untuk mengisi rongga akan berkurang.
2. *Filler* dan aspal secara bersamaan akan membentuk suatu pasta yang akan membalut dan mengikat agregat halus untuk membentuk mortar.
3. Mengisi ruang antara agregat halus dan kasar serta meningkatkan kepadatan dan kestabilan.

Filler berperan dalam campuran aspal dengan 2 macam cara : yaitu pertama *filler* sebagai modifikasi dari gradasi pasir yang menimbulkan kepadatan campuran dengan lebih banyak titik kontak antara butiran partikel, hal ini akan mengurangi jumlah aspal yang akan mengisi rongga-rongga yang tersisa didalam campuran. Sedangkan peran kedua adalah suatu cara yang baik untuk mempengaruhi kinerja *filler* dengan mempertimbangkan proporsi yang menguntungkan dari komposisi agregat halus, *filler* dan aspal didalam mortar.

Menurut Sukirman (2003), bahan pengisi (*filler*) juga harus memenuhi persyaratan- persyaratan sebagai berikut:

- a. Gradasi agregat AASHTO T27 – 82
- b. Berat jenis curah (Bulk) AASHTO T84 – 88 minimum 2,5
- c. Penyerapan air maksimum 3%.

Tabel 2.7 Ukuran Gradasi *Filler*

Ukuran saringan	Filler % Lolos
No.30 (0,59 mm)	100
No.50 (0,279 mm)	95-100
No.100 (0,149 mm)	90-100
No.200 (0,074 mm)	70-100

(Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Lapisan Aspal Beton (LASTON) No.13/PT/B/1983 hal 2)

Tabel 2.8 Ketentuan *Filler*

NO.	KARAKTERISTIK	METODE PENGUJIAN	PERSYARATAN
1.	Berat jenis	AASHTO T-85 – 81	-
2.	Material lolos saringan no.200	SNI M-02-1994-03	MIN 70 %

(Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Lapisan Aspal Beton (LASTON) No.13/PT/B/1983 hal 2)

2.5 Gradasi

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya, ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis

saringan. Gradasi agregat dapat dikatakan sangat mempengaruhi pada campuran beraspal karena gradasi agregat berfungsi memberikan kekuatan yang pada akhirnya mempengaruhi stabilitas dalam campuran, dengan kondisi saling mengunci (interlocking) dari masing-masing partikel agregat kasar.

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.. Persentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan. Gradasi dapat dibedakan atas :

1. 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.

2. 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.

3. Gradasi senjang (*gap graded*)

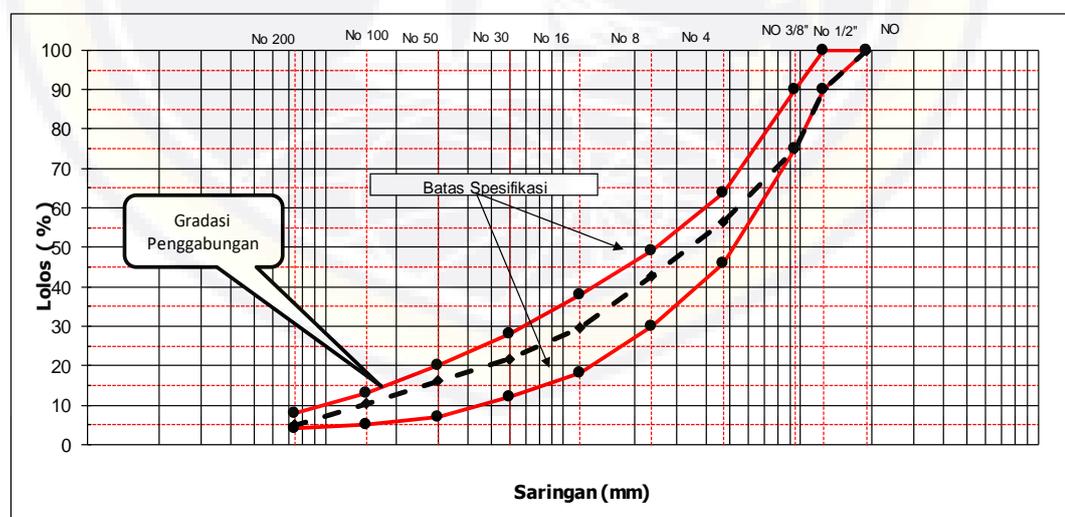
Gradasi senjang adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali. Campuran agregat dengan gradasi ini memiliki kualitas peralihan dari kedua gradasi yang disebut di atas. Yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi senjang (*gap graded*), merupakan campuran agregat dengan satu fraksi hilang atau satu fraksi sedikit sekali. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisis saringan dengan menggunakan satu set saringan dimana saringan yang paling besar diletakkan paling atas dan yang paling halus diletakkan dibawah.

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 2. 9. di bawah ini :

Tabel 2.9 Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal

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



Gambar 2.2 Kurva Gradasi Agregat Bergradasi Halus Spesifikasi Bina Marga 2018

2.6 Batu Bata

Definisi batu bata menurut SNI 15-2094-2000 dan SII-0021-78 merupakan suatu unsur bangunan yang diperuntukkan pembuatan konstruksi bangunan dan yang dibuat dari tanah dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain, dibakar cukup tinggi, hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air.

Batu bata dibuat dari adonan tanah liat yang dicampur air. Adonan yang terlihat seperti lumpur ini diaduk hingga kental dan dicetak dengan cetakan kayu dan kemudian dijemur hingga kering di bawah teriknya sinar matahari. Batu bata yang dihasilkan cukup kuat untuk menghasilkan bangunan besar dan permanen. Bangunan tersebut terasa sejuk di siang hari dan hangat di malam hari, karena batu bata lambat untuk menyerap panas matahari di siang hari dan lambat melepaskan panas saat malam hari. Prinsip ini digunakan oleh bangsa Mesir kuno dalam membuat bangunan.

Memiliki kualitas yang bermacam – macam tergantung bahan yang dibuat serta media pembakarnya. Ada yang membakar menggunakan sekam ada pula yang menggunakan kayu bakar. Kualitas pembakaran dengan kayu bakar memiliki grad yang lebih tinggi atau berkualitas lebih baik. Batu bata bisa juga berfungsi sebagai gewel, mempunyai nilai yang lebih ekonomis dari pada kita menggunakan kuda-kuda dari kayu. Dinding yang menggunakan bahan batu bata memiliki daya serap terhadap panas cukup baik sehingga terasa nyaman.

Persyaratan batu bata atau bata merah menurut SII-0021-78 dan PUBLI 1982 adalah sebagai berikut:

1. Bentuk standar bata ialah prisma segi empat panjang, bersudut siku-siku dan tajam, permukaan rata dan tidak retak-retak
2. Ukuran standar Modul M-5a:190x90x65 mm, Modul M-5b:190x140x65 mm, dan Modul M-6:230x110x55mm
3. Bata dibagi menjadi 6 kelas kekuatan yang diketahui dari besar kekuatan tekan yaitu kelas 25, kelas 50, kelas 150, kelas 200 dan kelas 250. Kelas kekuatan ini menunjukkan kekuatan tekan rata-rata minimal dari 30 buah bata yang diuji
4. Bata merah tidak mengandung garam yang dapat larut sedemikian banyaknya sehingga pengkristalannya (yang berupa bercak-bercak putih) menutup lebih dari 50% permukaan batanya.

Pengujian bata untuk mengetahui baik buruk dan mutu bata harus dilakukan pengujian sebagai berikut :

1. Uji serap air Pengujian ini dilakukan dengan cara bata diambil acak dalam keadaan kering mutlak kemudian direndam dalam air sampai semua porinya terisi dengan air. Maka persentase berat air yang terserap dalam bata dibandingkan berat bata adalah indeks angka serap air pada bata. Bata merah atau batu bata dianggap baik jika

penyerapan airnya kurang dari 20%. Sepertinya kalau yang ini harus dilakukan di laboratorium

2. Uji kekerasan bata dilakukan dengan menggoreskan kuku pada permukaan bata, jika goresan dengan kuku itu menimbulkan bekas goresan maka kekerasan bata anda kurang baik.
3. Uji bentuk dan ukuran Semua permukaan bata harus rata dan bersudut siku-siku.
4. Uji bunyi dilakukan dengan memegang dua bata kemudian memukulnya satu dengan yang lainnya dengan pukulan tidak terlalu keras. Bata yang baik akan mengeluarkan bunyi yang nyaring. Uji bunyi ini merupakan salah satu parameter kekeringan dari batu bata anda. Tentu saja bata akan berbeda jika dalam keadaan basah, walaupun bata yang baik dia tidak akan mengeluarkan bunyi yang nyaring.
5. Uji kandungan garam dilakukan dengan cara merendam sebagian tubuh bata kedalam air, air akan terserap bata sampai ke bagian bata yang tidak direndam. Selama proses penyerapan air inilah garam-garam yang terkandung bata akan terlarut ke atas ke bagian yang tidak direndam air. Nah garam-garam pada bata ini berupa bercak-bercak putih. Bata dikatakan baik jika bercak-bercak putih yang menutup permukaan bata kurang dari 50%. Bata dengan kandungan garam yang tinggi secara langsung akan berpengaruh pada lekatan

antara bata dengan mortar pengisi, dimana dengan terganggunya lekatan antara bata dan mortar pengisi akan menurunkan kualitas.

2.7 Marshall Test

Karakteristik campuran aspal dapat diukur dari sifat-sifat Marshall yang ditunjukkan pada nilai-nilai sebagai berikut :

2.7.1 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:

$$S = p \times q \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

S = angka stabilitas sesungguhnya

P = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = angka koreksi benda uji

q = angka koreksi benda uji

2.7.2 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 2 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*).

2.7.3 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 :

$$g = c / f \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$f = d - e \quad \dots\dots\dots(3)$$

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)

2.7.4 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%. 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 :

$$VIM = (100 - i - j) \dots\dots\dots (4)$$

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ.Agregat} \dots\dots\dots (6)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{BJ.Agregat} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

g = Persen rongga terisi aspal

i dan j = rumus substitusi

2.7.5 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 kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran. Dengan kata lain VFB menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Semakin tinggi nilai VFB berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kekedapan campuran terhadap 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 65%. 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 :

$$VFB = 100 \times \frac{i}{j} \dots\dots\dots (8)$$

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ.Agregat} \dots\dots\dots (6)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{BJ.Agregat} \dots\dots\dots (7)$$

$$I = 100 - j \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan :

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

g = Persen rongga terisi aspal

i dan j = rumus substitusi

2.7.6 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 bisa mengalami masalah durabilitas, dan jika VMA terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi.

Nilai VMA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur 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 15%.

2.7.7 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 :

$$MQ = S / F \dots\dots\dots(10)$$

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.

2.8 Penelitian Terdahulu

2.10 Tabel matriks penelitian terdahulu tentang serbuk batu bata merah sebagai filler

No	Peneliti	Judul	Hasil
1.	Aziz, S. (2017).	Studi Penelitian Pemanfaatan Limbah Bata Merah Sebagai Filler Pada Beton Aspal AC-WC	1. Pemanfaatan limbah bata merah memberikan pengaruh terhadap nilai density beton aspal yang ditunjukkan dengan adanya penurunan pada nilai porsentase VMA dan VIM. 2. Pemanfaatan limbah bata merah memberikan pengaruh terhadap uji parameter marshall yang

			ditunjukkan dengan adanya kenaikan pada nilai stabilitas dan flow.
2.	Sakur, Y. D., & Farida, I. (2019).	Analisis Penggunaan Serbuk Bata Merah Sebagai Filler Pada Campuran Laston Lapis Aus (ACWC).	<p>1. serbuk bata merah sebagai filler dapat meningkatkan nilai karakteristik Marshall dan dapat menaikkan stabilitas aspal pada campuran Laston Lapis Aus (ACWC).</p> <p>2. Penambahan filler serbuk bata merah sebagai bahan pengisi dalam campuran Laston Lapis Aus (ACWC) dapat memenuhi spesifikasi yang disyaratkan oleh Bina Marga tahun 2010 (revsi 3).</p>
3.	Utama, I. G. B. (2017).	Pengaruh Penggunaan Serbuk Batu Bata Sebagai Filler Pada Campuran	1. Hasil yang diperoleh adalah nilai stabilitas dan MQ campuran dengan serbuk batu bata lebih tinggi dan memiliki nilai flow yang lebih rendah dari pada campuran dengan menggunakan abu batu.

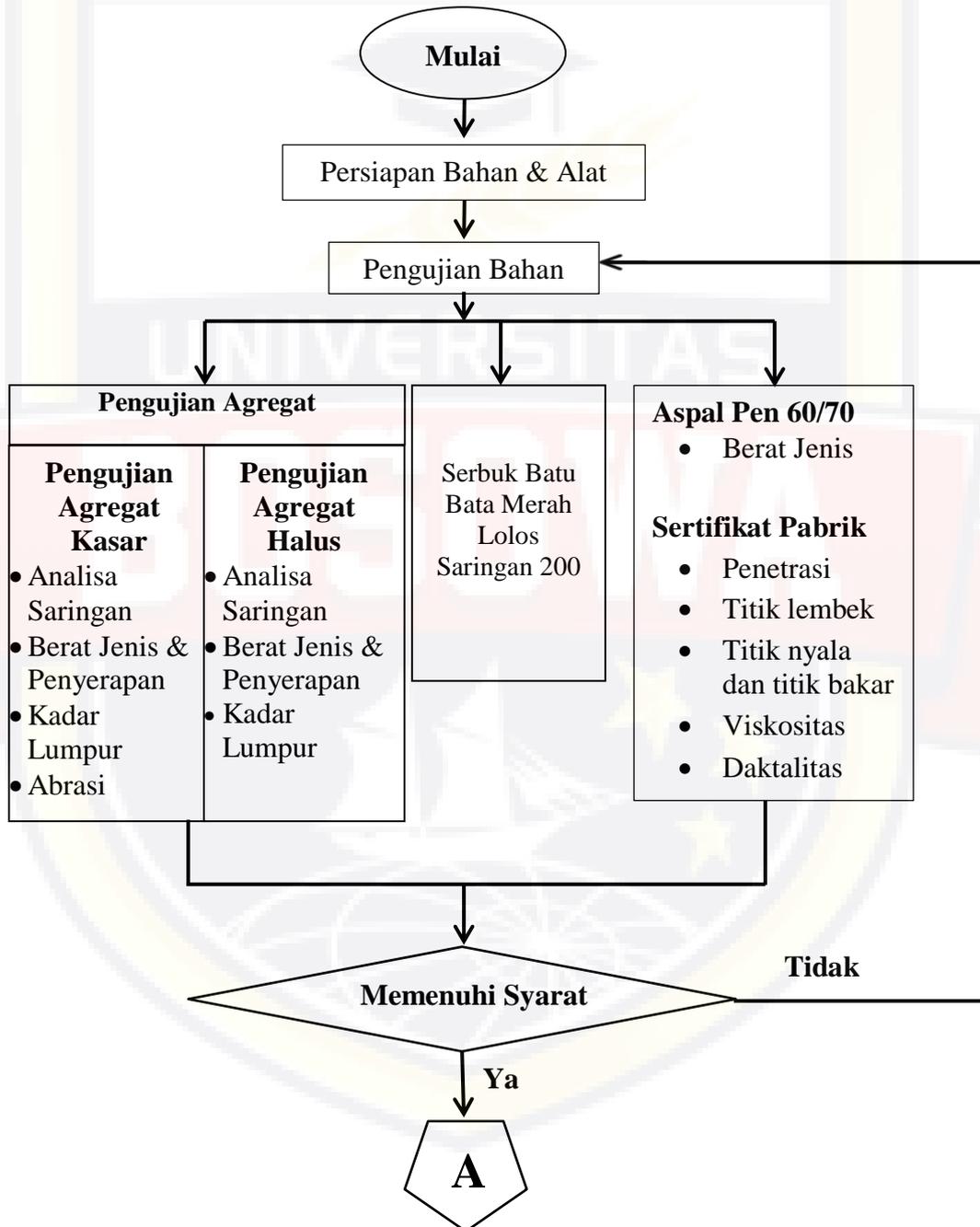
		Laston (AC-WC)	2. Rongga yang terjadi pada campuran dengan penggunaan serbuk batu bata lebih kecil dibandingkan dengan campuran dengan menggunakan abu batu.
--	--	----------------	---



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Flowchart





Gambar 3.1. Bagan alir penelitian

3.2 Lokasi Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar (Batu Pecah 1-2 dan Batu Pecah 0.5-1) dan Agregat Halus (Abu Batu), bahan bakunya diperoleh dari Bili-Bili, Kab. Gowa- 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 Proses Pembuatan Serbuk Batu Bata Merah

Batu bata merah bekas diambil kemudian dicuci sampai bersih setelah itu dijemur sampai benar-benar kering, setelah itu batu bata merah yang sudah kering diambil kemudian ditumbuk menggunakan palu sampai halus dan dimasukkan ke saringan No.200 untuk mendapatkan serbuk batu bata merahnya.

3.6 Persiapan Peralatan dan Pengambilan Sampel

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

3.6.1. 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, maupun 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 :

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

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

3.6.2. 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 :

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

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

3.6.3. 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 prosentase 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 :

$$\text{Berat Jenis (Bulk Spesific Gravity)} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \dots\dots\dots(3.3)$$

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

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

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

3.6.4. 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 terpancung. 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 :

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

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

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

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

keterangan :

Bk = Berat contoh kering oven (gram)

B = Berat picnometer + air (gram)

Bt = Berat picnometer + air + benda uji (gram)

3.6.5 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

3.6.6 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 (pipih, bulat, lonjong, kubikal)
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)

3.6.7 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 (kerikil dan pasir).
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)

3.7 Pemeriksaan Aspal

3.7.1 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 sebanyak 1000 cm³

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 pinometer berisi aspal dan air (gram)

3.8 Penentuan Jumlah Dan Pembuatan 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.

3.8.1 Penentuan Jumlah Benda Uji

Banyaknya benda uji yang dibuat untuk kebutuhan penelitian ini dapat dilihat pada table 3.5

Tabel 3.1 Perhitungan benda Uji

Uraian kegiatan pengujian						Jumlah
1. Penentuan Kadar Aspal Optimum						
Variasi Kadar Aspal (%)				Jumlah Benda Uji		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	
Jumlah						15
2. Pengujian stabilitas sisa (60 ⁰)						
Kadar Aspal Optimum (%)	Waktu (Menit/jam)			AC-WC	Jumlah	
KAO	30 Menit			3	3	
KAO	24 Jam			3	3	
Jumlah						6
3. Variasi Penambahan filler						
Kadar Aspal (%)	Serbuk Batu Bata Merah (%)	Siklus (hari)			AC-WC	Jumlah
Optimum	25	7	14	21	2	6
Optimum	50	7	14	21	2	6
Optimum	75	7	14	21	2	6
Jumlah						18
Total Benda Uji						39

3.8.2 Pembuatan Benda Uji Untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum

a. Peralatan :

1. Timbangan
2. Wajan
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)
3. Rumus umum untuk menghitung perkiraan awal kadar aspal optimum (Pb) pada campuran adalah :

$$P_b = . P_B = 0.035 (\% CA) + 0.045 (\% FA) + 0.18 (\% Filler) + k$$

Dimana :

P_b = Perkiraan kadar aspla optimum

CA = Agregat kasar tertahan saringan No.8

FA = Agregat halus lolos saringan No.8 dan tertahan No.200

F = Agregat halus lolos saringan No.200

K = Nilai konstanta 0.5 - 1 untuk AC

4. Timbang masing-masing agregat dan aspal sesuai dengan presentase gabungan yang didapat.
5. Panaskan agregat dengan cara disangrai sampai suhu 165°C
6. Tuangkan aspal penetrasi 60/70 yang sudah dipanaskan kedalam campuran agregat yang berada dalam wajan sesuai dengan jumlahnya dan kemudian aduk sampai menyatu secara baik.
7. Ukur temperatur pemadatan yaitu 155°C lalu masukkan campuran kedalam cetakan.
8. Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 2 x 75 kali tumbukan, lalu dinginkan untuk kemudian dikeluarkan dari cetakan

3.9 Pengetesan Benda Uji Dengan Alat Marshall Untuk Menentukan KAO

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 pengetestan 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.

3.10 Pembuatan Benda Uji dengan Variasi Filler Serbuk Batu Bata Merah

Setelah mendapatkan kadar aspal optimum (KAO), selanjutnya kita melakukan pembuatan benda uji dengan variasi filler serbuk batu bata merah bekas 25%, 50%, dan 75%.

a. Peralatan :

1. Timbangan
2. Wajan
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. Menggunakan kadar aspal optimum yang ditentukan

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

4. Panaskan agregat dengan cara disangrai sampai suhu 165°C

5. Tuangkan aspal penetrasi 60/70 yang sudah dipanaskan 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 tumbukan, lalu dinginkan dan kemudian dikeluarkan dari cetakan

3.11 Pengetesan Benda Uji Dengan Variasi Filler Serbuk Batu Bata

Merah 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 melakukang perendaman berulang dengan 7 hari, 14 hari, dan 21 hari, dilakukan perendaman dengan cara pada hari pertama direndam selama 24 jam dan hari kedua diangkat dan dilap, pada hari ketiga direndam kembali selama 24 jam, dan diulangi prosedur tersebut sampai 14 hari. Begitu pula dengan perendaman 14 hari dilakukan sama seperti prosedur sebelumnya sampai 28 hari dan perendaman 21 hari dilakukan proses perendaman berulang sampai hari ke 42 hari. Kemudian dikeluarkan benda uji yang telah melalui proses perendaman berulang lalu kemudian tes dengan alat marshall.

Dari pengetesan benda uji akan diperoleh data stabilitas dan Flow. Setelah itu menganalisis dan mengolah data yang sudah di peroleh, kemudian buat kesimpulan dan saran dari hasil penelitian.

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	5.12	4.73	95.07

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

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

Rumus:

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} &= \frac{B_k}{B_j - B_a} \\ \text{Berat jenis jenuh permukaan kering (SSD)} &= \frac{B_j}{B_j - B_a} \\ \text{Berat jenis semu (Appernt Specific Gravity)} &= \frac{B_k}{B_k - B_a} \\ \text{Penyerapan (Absorption)} &= \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100\% \end{aligned}$$

Keterangan :

B_k = Berat benda kering oven (gram)

B_j = Berat benda uji jenuh permukaan kering (SSD) (gram)

B_a = Berat benda uji di dalam air (gram)

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 :

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

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

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

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

Keterangan :

SSD = Berat benda uji jenuh permukaan kering (gram)

Bk = Berat benda kering oven (gram)

B = Berat piknometer + air (gram)

Bt = Berat piknometer + air + benda uji (gram)

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	-	-
2. SSD		2.85	-	-
3. Semu		3.01	Min 2.5	-
4. Penyerapan		2.75	Max 3	-

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	-
4	Daktilitas (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 Pemadatan	AASHTO-72-97	120	140	131	°C

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

4.1.3. Analisa Rancangan Campuran

- 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 :

$$\text{Gradasi Penggabungan Agregat} = \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times a +$$

$$\frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times b + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times c + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times d$$

$$= \frac{20}{100} \times 100 + \frac{50}{100} \times 100 + \frac{29}{100} \times 100 + \frac{1}{100} \times 100$$

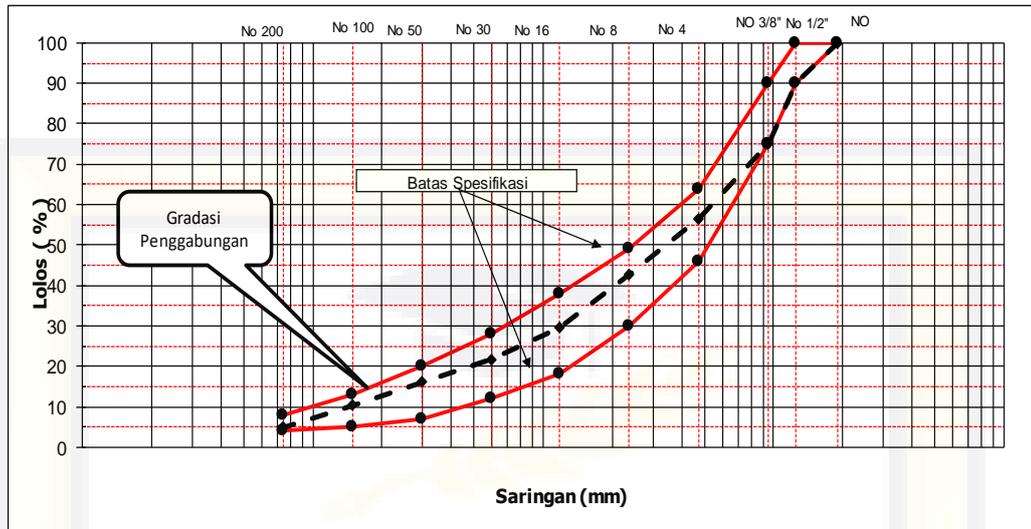
$$= 100\%$$

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	Gradasi Agregat (Rata - Rata)				Gradasi Penggabungan Agregat (Combined) AC-WC		Spesifikasi 2018
	Batu Pecah 1 - 2	Batu Pecah 0.5 - 1	Abu Batu	Filler	I	II	
					ngan		
3/4"	100.00	100.00	100.0 0	100	100.00		100
1/2"	51.43	100.0	100.0	100	90.29		90-100
3/8"	11.20	85.82	100.0	100	75.15		75-90
#4	1.56	58.19	96.43	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	5.12	4.37	95.07	5.00		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							
(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 Asphalt Optimum

4.2.1. Perkiraan Kadar Asphalt Optimum Rencana (Pb)

Penentuan kadar asphalt untuk campuran asphalt 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 :

Agregat Kasar = #3/4" - #8	Agregat Halus = #8 - #200
= 100 - 42.71	= 42.71 - 5.00
= 57.29	= 37.71
Filler = #200	
= 5.00	

Kadar asphalt yang didapatkan adalah 6.0%, dengan mengambil dua kadar asphalt dibawah dan dua kadar asphalt diatas menggunakan interval 0.5 % maka nilai tersebut adalah 5.0 % ; 5.5 % ; 6.0 % ; 6.5 %; 7%.

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	
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	224.40	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	60.00	66.00	72.00	78.00	84.00
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	2.68
Batu Pecah 0.5 - 1	2.62	2.82	2.72
Abu batu	2.78	3.01	2.90
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

$$\begin{aligned} \text{Bj. Bulk Agregat (G}_{sb}) &= \frac{100}{\left(\frac{20\%}{2.59}\right) + \left(\frac{50\%}{2.62}\right) + \left(\frac{29\%}{2.78}\right)} \\ &= 2.68 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bj. Semu Agregat (G}_{sa}) &= \frac{100}{\left(\frac{20\%}{2.76}\right) + \left(\frac{50\%}{2.82}\right) + \left(\frac{29\%}{3.01}\right)} \\ &= 2.89 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Bj. Efektif Agregat (G}_{se}) = \frac{2.68 + 2.89}{2} = 2.78 \text{ gram}$$

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.

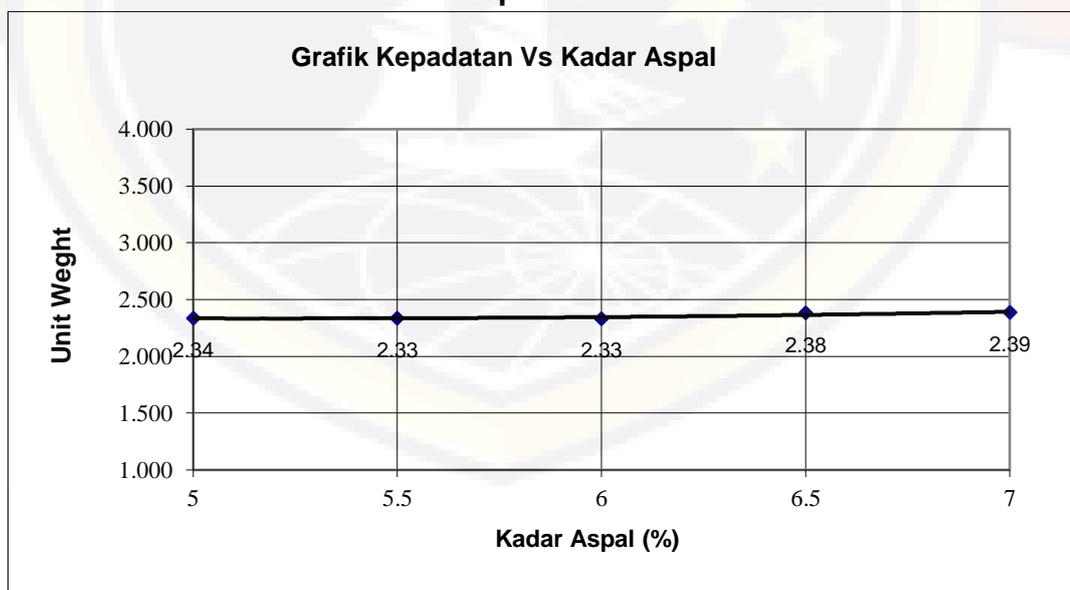
Dari hasil pengujian dan perhitungan *marshall* yang telah dilakukan terhadap benda uji untuk campuran AC – WC disajikan pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.9 Hasil Sifat Campuran Mendapatkan KAO

Kadar Aspal %	Hasil Pengujian						
	Kepadatan	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	VIM (%)	VMA(%)	VFB (%)
5	2.34	1146.56	3.54	323.86	8.39	17.34	51.65
5.5	2.33	1518.68	3.60	434.39	7.73	17.85	57.11
6	2.33	1352.73	3.72	376.31	7.03	18.31	62.82
6.5	2.38	1362.79	3.87	353.86	4.24	16.86	75.05
7	2.39	1458.34	3.99	365.83	3.43	17.37	80.77
Spesifikasi 2018	-	Min 800	2 – 4	Min 250	3 – 5	Min 15	Min 65

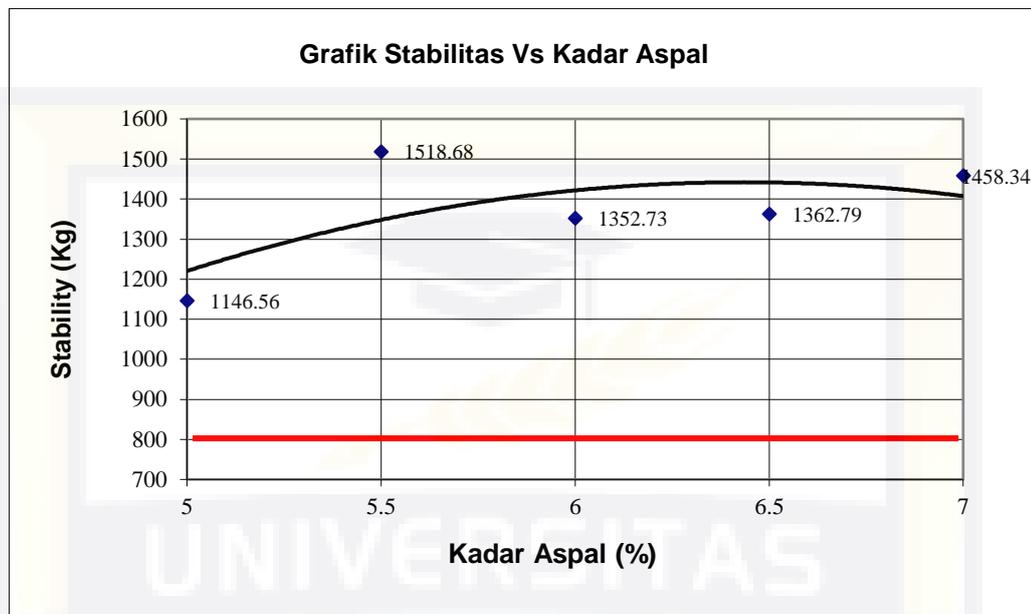
Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran, lalu diplot kedalam grafik untuk kemudian ditentukan kadar aspal optimum (KAO) seperti pada Gambar 4.2. dan 4.3.

Kepadatan



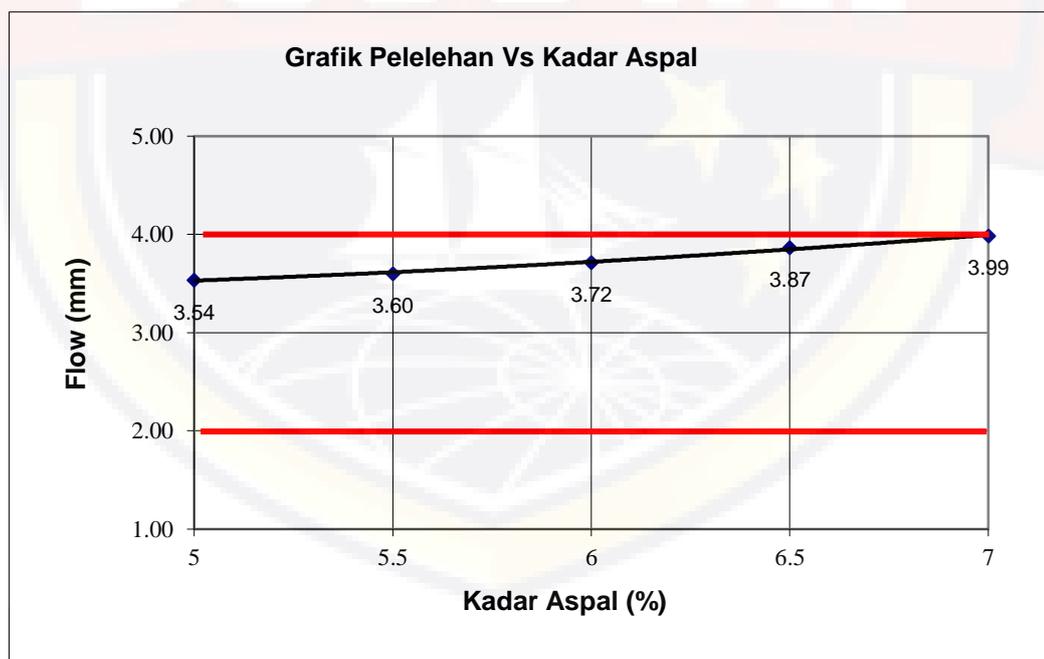
Gambar 4.2.a. Grafik Kepadatan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Stabilitas Minimum 800 (KG)



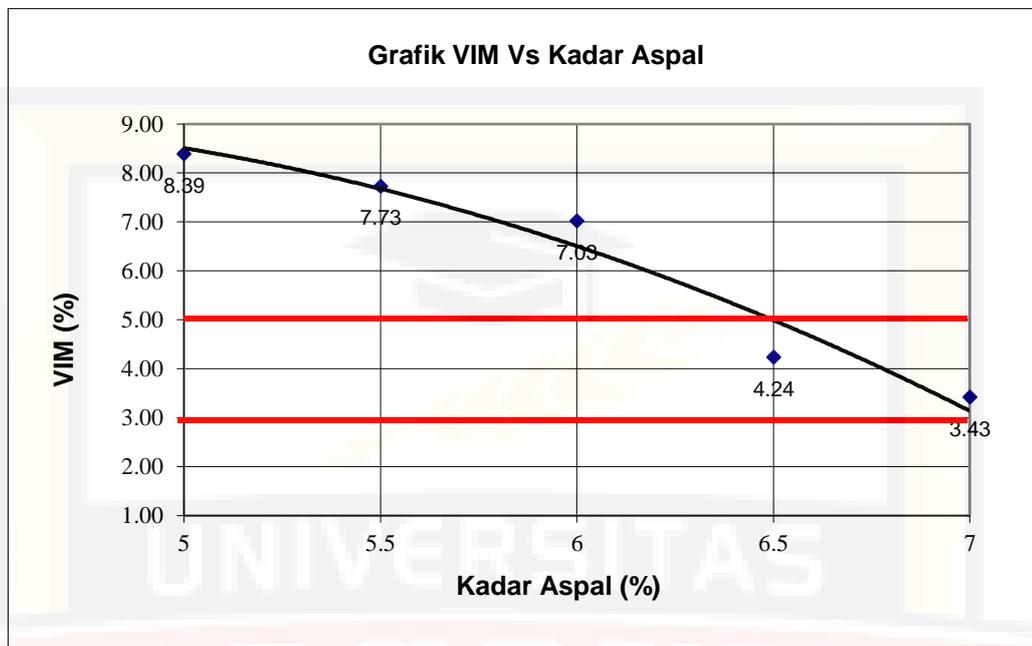
Gambar 4.2.b. Grafik Stabilitas Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Pelelehan (Flow) 2-4



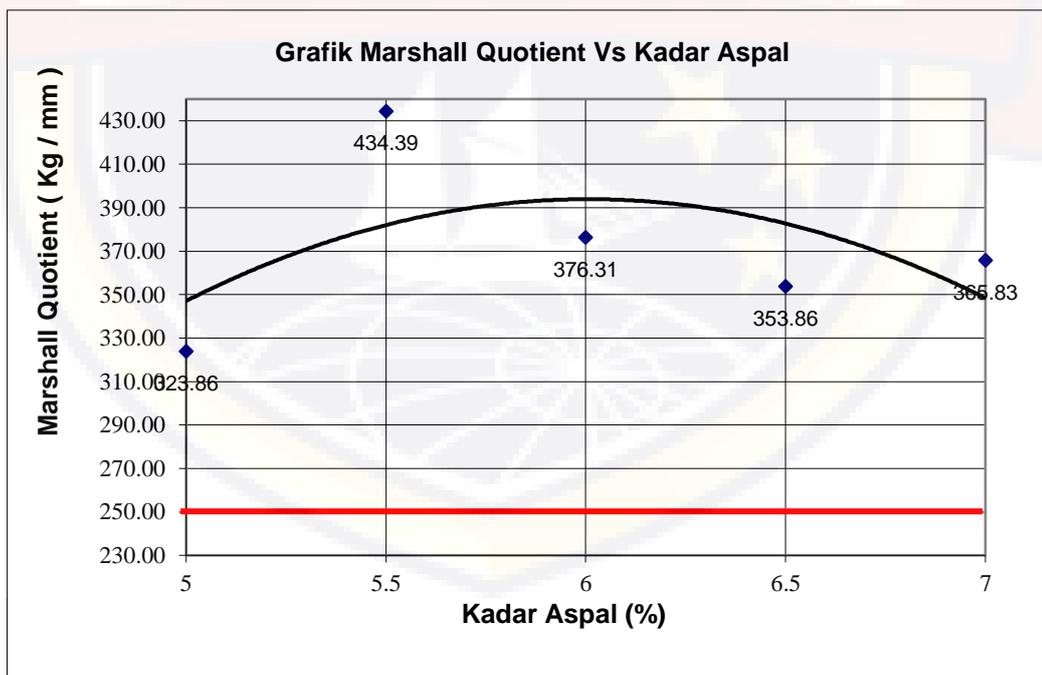
Gambar 4.2.c. Grafik Pelelehan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

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



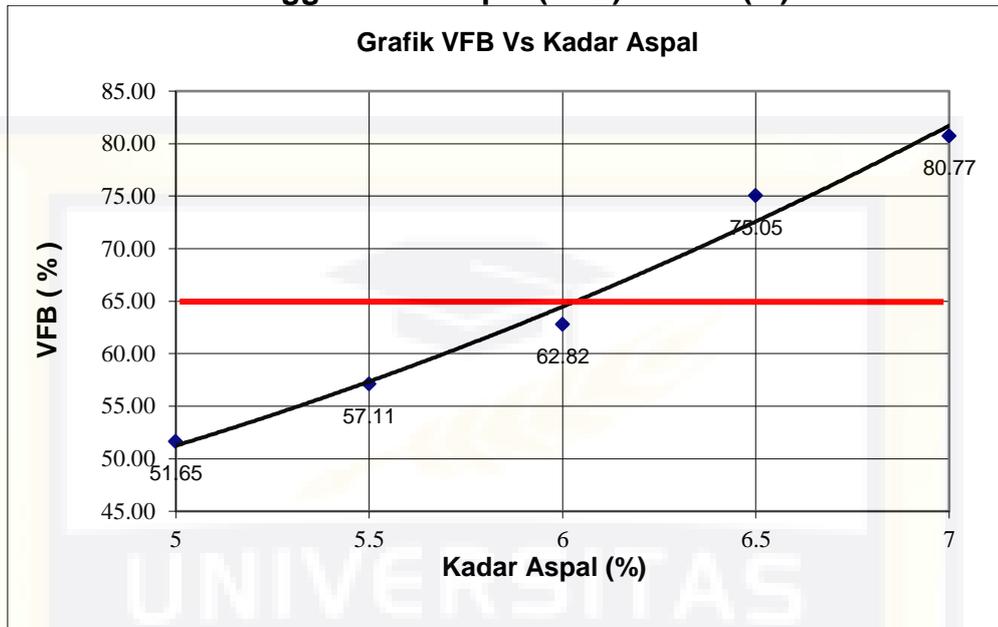
Gambar 4. 2.d. Grafik VIM Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Marshall Quotient 250 (Kg/mm)



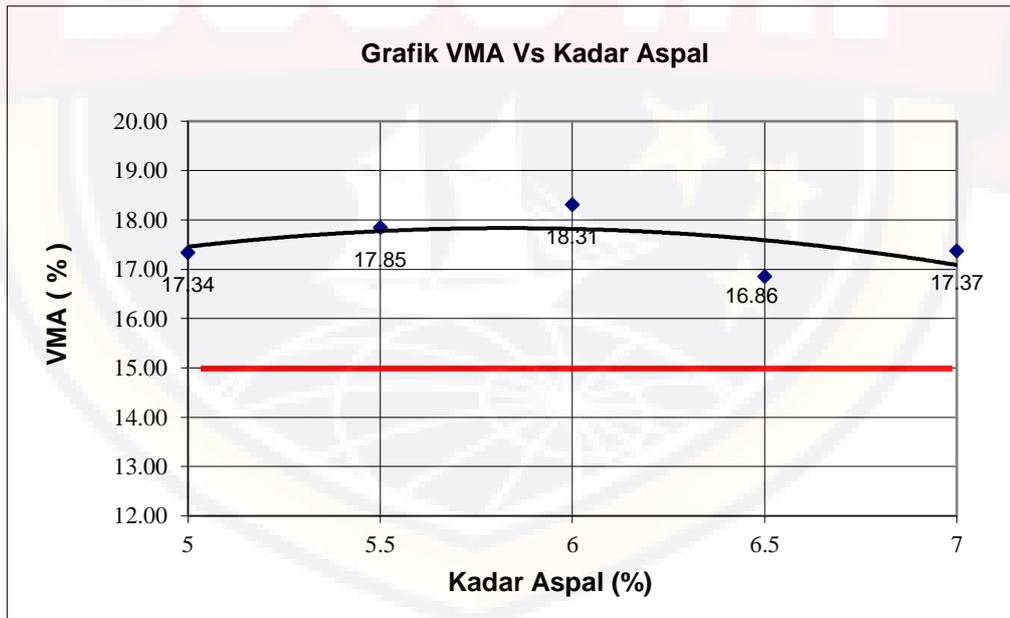
Gambar 4.2.e. Grafik Marshall Quotient Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Rongga Terisi Aspal (VFB) Min 65 (%)

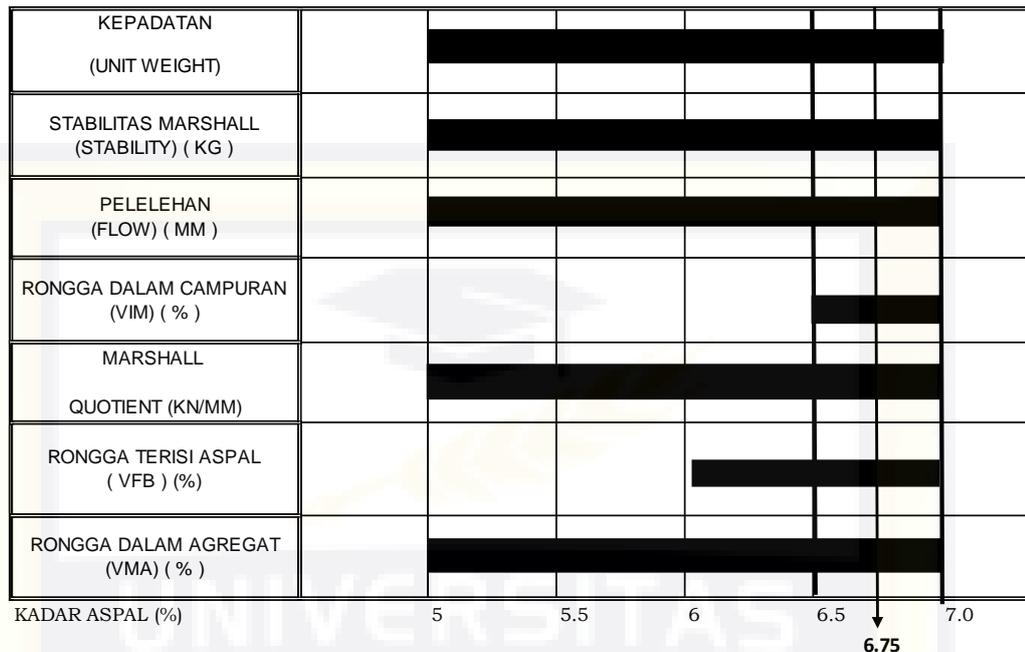


Gambar 4.2.f. Grafik VFB Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Rongga Dalam Agregat (VMA) minimum 15 (%)



Gambar 4. 2.g. Grafik VMA Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO



Gambar 4.3 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum

$$\text{KADAR ASPAL OPTIMUM} = \frac{6.5\% + 7\%}{2} = 6.75\% = 6.8\%$$

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 dengan Serbuk Batu Bata Merah Sebagai Filler Pada Perendaman Berulang

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 Dengan Menggunakan Serbuk Batu Bata Merah Sebagai Filler

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

Untuk campuran *AC - WC* dengan variasi serbuk batu bata merah 25%, 50%, dan 75% pada perendaman berulang, 7 hari, 14 hari dan 21

hari. didapat kadar Aspal dan Agregat terhadap kadar Aspal optimum sebagai berikut :

Tabel 4.10. Komposisi campuran dengan serbuk batu bata merah 25%

Kadar Aspal	=	6.8	%		100	%	-	6.8	%	=	93.20	
Hasil Combine												
BP 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	1	%	x	93.20	%	=	0.01	x	1200	=	11.18	
Aspal	6.8	%			X				1200	=	81.60	
											1200	
Variasi Filler Serbuk Batu Bata Merah				25	%	=	11.18	x	25	%	=	2.80
Semen						=	11.18	-	2.80	=	8.39	

Ket: Satuan dalam gram

Tabel 4.11. Komposisi campuran dengan serbuk batu bata merah 50%

Kadar Aspal	=	6.8	%		100	%	-	6.8	%	=	93.20	
Hasil Combine												
BP 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	1	%	x	93.20	%	=	0.01	x	1200	=	11.184	
Aspal	6.8	%			X				1200	=	81.60	
											1200	
Variasi Filler Serbuk Batu Bata Merah				50	%	=	11.18	x	50	%	=	5.59
Semen						=	11.18	-	5.59	=	5.59	

Ket: Satuan dalam gram

Tabel 4. 12. Komposisi campuran dengan serbuk batu bata merah 75%

Kadar Aspal	=	6.8	%		100	%	-	6.8	%	=	93.20	
Hasil Combine												
BP 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	1	%	x	93.20	%	=	0.01	x	1200	=	11.184	
Aspal	6.8	%			X				1200	=	81.60	
											1200	
Variasi Filler												
Serbuk Batu				75	%	=	11.18	x	75	%	=	8.39
Bata Merah												
Semen						=	11.18	-	8.39	=	2.80	

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 4.13. Hasil Uji Marshall KAO dengan perendaman selama 30 menit dan 24 jam pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	KAO 5.8%		Spesifikasi 2018
		Perendaman		
		30 menit	24 jam	
1	Kepadatan	2.38	2.36	-
2	Stabilitas (Kg)	1582.63	1497.95	Min 800
3	VMA (%)	17.28	18.12	Min 15
4	MQ (Kg/mm)	550.99	526.88	Min 250
5	Flow (mm)	2.87	2.88	2-4
6	VIM (%)	3.84	4.82	3-5
7	VFB (%)	77.79	73.42	Min 65

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Dari hasil uji marshall dapat diketahui campuran aspal panas AC-WC dengan variasi menggunakan penambahan serbuk batu bata merah 25%, 50%, dan 75% kedalam campuran aspal panas AC-WC dengan perendaman selama 7, 14, dan 21 hari 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:

a. BJ Max Campuran

Rumus :

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

Dimana :

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

$$\text{Max Sg Combined Mix} = \frac{100}{\frac{100 - 6.8}{2.78} + \frac{6.8}{1.005}} = 2.48$$

B Volume Benda Uji

Rumus :

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

Dimana :

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

Kadar Aspal 6.8 %

25% **Sampel I (Satu)**

$$\text{Volume Benda uji} : 1185.5 - 684 = 501.5 \text{ m}^3$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda uji} : 1177.4 - 687 = 490.4 \text{ m}^3$$

Kadar Aspal 6.8 %

50% **Sampel I (Satu)**

$$\text{Volume Benda uji} : 1179.7 - 689 = 490.7 \text{ m}^3$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda uji} : 1183.8 - 680 = 503.8 \text{ m}^3$$

Kadar Aspal 6.8%

75% **Sampel I (Satu)**

$$\text{Volume Benda uji} : 1196.7 - 687 = 509.7 \text{ m}^3$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda uji} : 1190.3 - 679 = 511.3 \text{ m}^3$$

C BJ Bulk Campuran Pemadatan

Rumus :

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

Dimana :

E :Berat Benda Uji di Udara di Udara

H : Volume Benda Uji

Kadar Aspal 6.8 %

25% **Sampel I (Satu)**

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1183.8}{501.50} = 2.36$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1174.3}{490.4} = 2.39$$

Kadar Aspal 6.8 %

50% **Sampel I (Satu)**

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1177.4}{490.7} = 2.40$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1182.5}{503.8} = 2.35$$

Kadar Aspal 6.8 %

75% **Sampel I (Satu)**

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1189.7}{509.7} = 2.33$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1187.4}{511.3} = 2.32$$

D % VIM

Rumus :

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

Dimana :

D : BJ Max Campuran (GMM)

I : BJ Bulk Campuran Pemdatan

Kadar Aspal 6.8 %

25% **Sampel I (Satu)**

$$\% \text{ VIM} \frac{100 (2.48 - 2.36)}{2.48} = 4.89 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} \frac{100 (2.48 - 2.39)}{2.48} = 3.52 \%$$

Kadar Aspal 6.8 %

50% Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} = \frac{100 (2.48 - 2.40)}{2.48} = 2.32 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} = \frac{100 (2.48 - 2.35)}{2.48} = 5.43 \%$$

Kadar Aspal 6.8 %

75% Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} = \frac{100 (2.48 - 2.33)}{2.48} = 2.57 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} = \frac{100 (2.48 - 2.32)}{2.48} = 6.43 \%$$

E Stabilitas

Rumus :

Stabilitas $k \times$ Angka koreksi \times Angka kalibrasi

Dimana :

k : Pembacaan Stabilitas

Kadar Aspal 6.8 %

25% Sampel I (Satu)

$$106 \times 1.0125 \times 14.9 = 1599.14 \text{ Kg}$$

Sampel II (Dua)

$$68 \times 1.0125 \times 14.9 = 1025.87 \text{ Kg}$$

Kadar Aspal 6.8 %

50% Sampel I (Satu)

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

Sampel II (Dua)

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

Kadar Aspal 6.8 %

75% **Sampel I (Satu)**

$$80 \times 1.0125 \times 14.9 = 1206.90 \text{ Kg}$$

Sampel II (Dua)

$$84 \times 1.0125 \times 14.9 = 1267.25 \text{ Kg}$$

F Marshall Quotien (Kg/mm)

Rumus :

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

Dimana :

$$\begin{aligned} L &: \text{Stability (Kg) Adjust} \\ M &: \text{Flow (mm)} \end{aligned}$$

Kadar Aspal 6.8 %

25% **Sampel I (Satu)**

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1599.14}{3.02} = 529.52 \text{ Kg/mm}$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1025.87}{3.16} = 324.64 \text{ Kg/mm}$$

Kadar Aspal 6.8 %

50% **Sampel I (Satu)**

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1342.68}{3.24} = 414.41 \text{ Kg/mm}$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1237.07}{3.44} = 359.61 \text{ Kg/mm}$$

Kadar Aspal 6.8 %

75% **Sampel I (Satu)**

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1206.90}{3.15} = 383.14 \text{ Kg/mm}$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm) } : \frac{1267.25}{4} = 316.81 \text{ Kg/mm}$$

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

Kadar Aspal 6.8 %

25% Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.36}{2.69} \times 100 - 6.8 = 18.08 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.39}{2.69} \times 100 - 6.8 = 16.90 \%$$

Kadar Aspal 6.8 %

50% Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.40}{2.69} \times 100 - 6.8 = 16.73 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.35}{2.69} \times 100 - 6.8 = 18.54 \%$$

Kadar Aspal 6.8 %

75% Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.33}{2.69} \times 100 - 6.8 = 18.99 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.32}{2.69} \times 100 - 6.8 = 19.40 \%$$

H VFB %

Rumus :

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

Dimana :

R : Rongga Dalam agregat (VMA)

J : Rongga Dalam Campuran (VIM)

Kadar Aspal 6.8 %

25% Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} = \frac{18.08 - 4.89}{18.08} \times 100 = 72.94 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} = \frac{16.90 - 3.52}{16.90} \times 100 = 79.17 \%$$

Kadar Aspal 6.8 %

50% Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} = \frac{16.73 - 3.32}{16.73} \times 100 = 80.13 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} = \frac{18.54 - 5.43}{18.54} \times 100 = 70.71 \%$$

Kadar Aspal 6.8 %

75% Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} = \frac{18.99 - 2.57}{18.99} \times 100 = 86.46 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} = \frac{19.40 - 6.43}{19.40} \times 100 = 66.86 \%$$

Absorpsi Aspal terhadap berat

I total campuran

Rumus :

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

Dimana :

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

Kadar Aspal 5.8 %

$$= 6.8 + \frac{1.005}{2.69} \frac{100 - 6.8}{2.48} - \frac{100}{2.48} \times \frac{1.005}{2.48} = 1.13$$

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 5.8 %

Sampel I (Satu)

$$\frac{1000}{1.005} \frac{6.8 - 1.13}{100 - 6.8} = 12.38$$

Untuk perhitungan lainya dapat dilihat pada lampiran

Tabel 4.14. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan bahan serbuk batu bata merah 25%, 50%, 75% dengan perendaman berulang 7 hari kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	Serbuk Batu Bata Merah				Spesifikasi 2018
		KAO 6.8 %				
		Perendaman 7 Hari				
		KAO	25%	50%	75%	
1	Kepadatan	2.36	2.38	2.37	2.33	-
2	VIM (%)	4.82	4.21	4.38	4.50	3-5
3	Stabilitas (Kg)	1497.95	1312.50	1289.87	1237.07	Min 800
4	Flow (mm)	2.88	3.09	3.34	3.58	2-4
5	MQ (Kg/mm)	526.88	427.08	387.01	349.98	Min 250
6	VMA (%)	18.12	17.49	17.63	19.20	Min 15
7	VFB (%)	73.42	76.06	75.42	76.66	Min 65

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Tabel 4.15. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan bahan serbuk batu bata merah 25%, 50%, 75% dengan perendaman berulang 14 hari kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	Serbuk Batu Bata Merah				Spesifikasi 2018
		KAO 6.8 %				
		Perendaman 14 Hari				
		KAO	25%	50%	75%	
1	Kepadatan	2.36	2.37	2.37	2.36	-
2	VIM (%)	4.82	4.32	4.46	4.77	3-5
3	Stabilitas (Kg)	1497.95	1289.87	1244.62	1199.36	Min 800
4	Flow (mm)	2.88	3.35	3.66	3.75	2-4
5	MQ (Kg/mm)	526.88	376.82	342.06	328.07	Min 250
6	VMA (%)	18.12	17.63	17.70	17.97	Min 15
7	VFB (%)	73.42	75.54	74.84	73.47	Min 65

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Tabel 4.16. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan bahan serbuk batu bata merah 25%, 50%, 75% dengan perendaman berulang 21 hari kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	Serbuk Batu Bata Merah				Spesifikasi 2018
		KAO 6.8 %				
		Perendaman 21 Hari				
		KAO	25%	50%	75%	
1	Kepadatan	2.36	2.37	2.37	2.36	-
2	VIM (%)	4.82	4.51	4.62	5.06	3-5
3	Stabilitas (Kg)	1497.95	1237.07	1191.81	1131.47	Min 800
4	Flow (mm)	2.88	3.72	3.90	3.97	2-4
5	MQ (Kg/mm)	526.88	330.98	306.80	296.93	Min 250
6	VMA (%)	18.12	17.75	17.84	18.22	Min 15
7	VFB (%)	73.42	74.84	74.10	72.32	Min 65

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

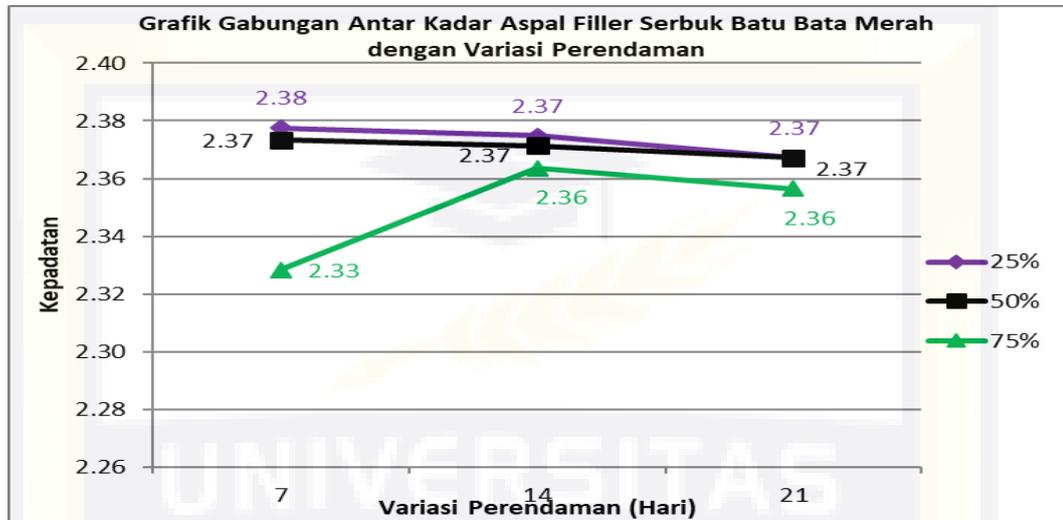
4.4.3. Analisis Grafik Gabungan Hasil Pengujian Antar Kadar Aspal Filler Serbuk Batu Bata Merah Dengan Perendaman Berulang

Hasil pengujian analisis grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata merah dengan perendaman berulang akan diperoleh hasil-hasil parameter marshall sebagai berikut:

a. Kepadatan

Nilai *density* (kepadatan) 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 grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata merah dengan perendaman berulang , dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata merah dengan perendaman berulang terhadap kepadatan.

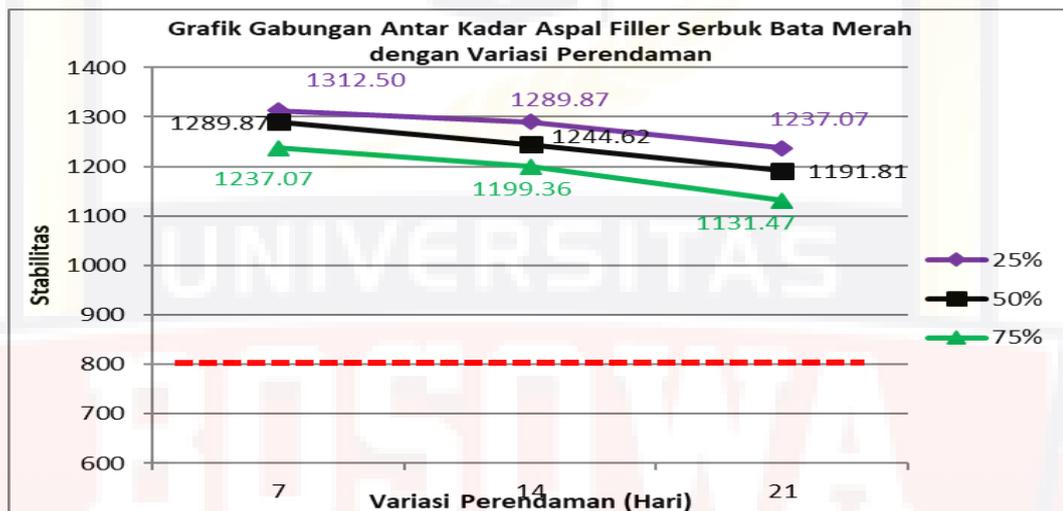
Dari gambar 4.4 dapat disimpulkan bahwa penambahan filler serbuk batu bata merah berpengaruh pada kepadatan campuran aspal, semakin lama perendaman yang dilakukan secara berulang akan mempengaruhi nilai Kepadatan (density). Hal ini terjadi karna semakin tinggi kadar filler serbuk batu bata merah yang ditambahkan maka semakin sedikit rongga yang terisi oleh aspal dan semakin tinggi kadar pori dalam campuran, sehingga campuran dengan serbuk batu bata merah menjadi kurang padat daripada yang tanpa serbuk batu bata merah.

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 garfik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata merah dengan perendaman berulang terhadap stabilitas dapat diperlihatkan pada gambar 4.5.



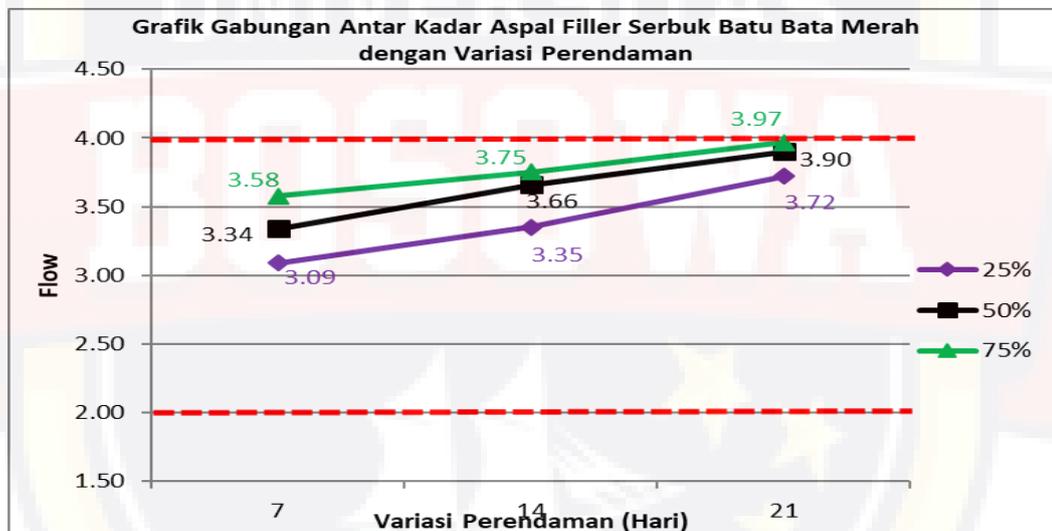
Gambar 4.5 Grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata merah dengan perendaman berulang terhadap Stabilitas.

Dari gambar 4.5 diatas menunjukkan bahwa grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata merah dengan perendaman berulang terhadap Stabilitas mengalami penurunan. Hal ini bisa terjadi karena ketika campuran aspal direndam dalam air dalam waktu yang lama, air akan berusaha untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun yaitu agregat dan aspal. Dengan demikian ternyata semakin lama campuran terendam dalam air, maka adhesi campuran akan berkurang dan peluang terjadinya kehilangan durabilitas atau keawetan campuran juga semakin besar.

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 atau plastis sehingga akan menyebabkan deformasi permanen apabila menerima beban.

Hasil analisis grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata merah dengan perendaman berulang terhadap flow dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata merah dengan perendaman berulang terhadap Flow.

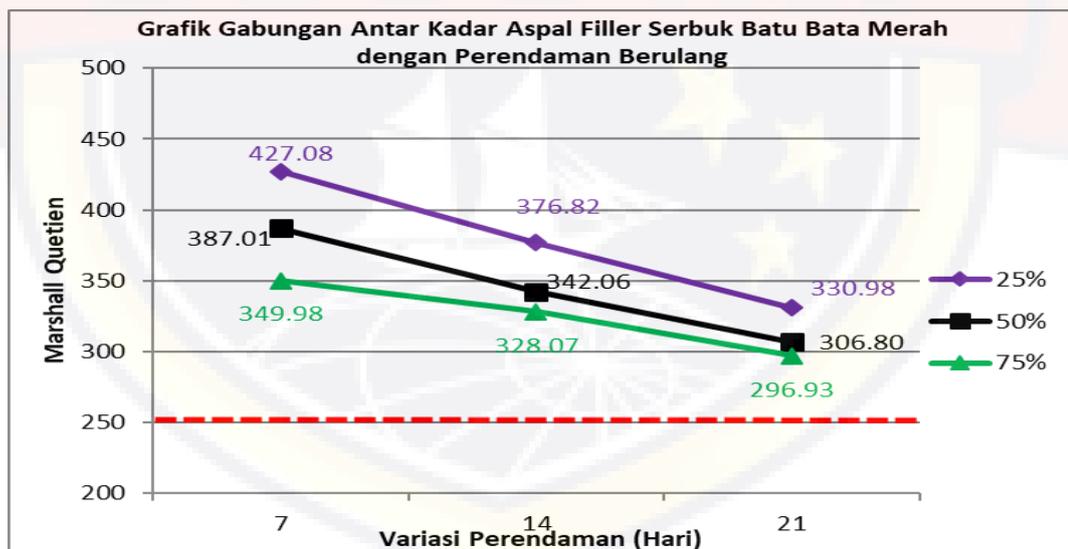
Dari gambar 4.6 menunjukkan bahwa grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata merah dengan perendaman berulang menyebabkan nilai *flow* mengalami peningkatan. Dengan demikian semakin lama perendaman, air akan berusaha mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun baik agregat maupun aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap

kedalam dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal dengan demikian juga dapat mengurangi daya rekat aspal.

d. Marshall Quesient

Hasil bagi Marshall atau Marshall Quesient adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelahan 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.

Hasil analisis grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata merah dengan perendaman berulang terhadap flow dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata merah dengan perendaman berulang terhadap Marshall Quetien.

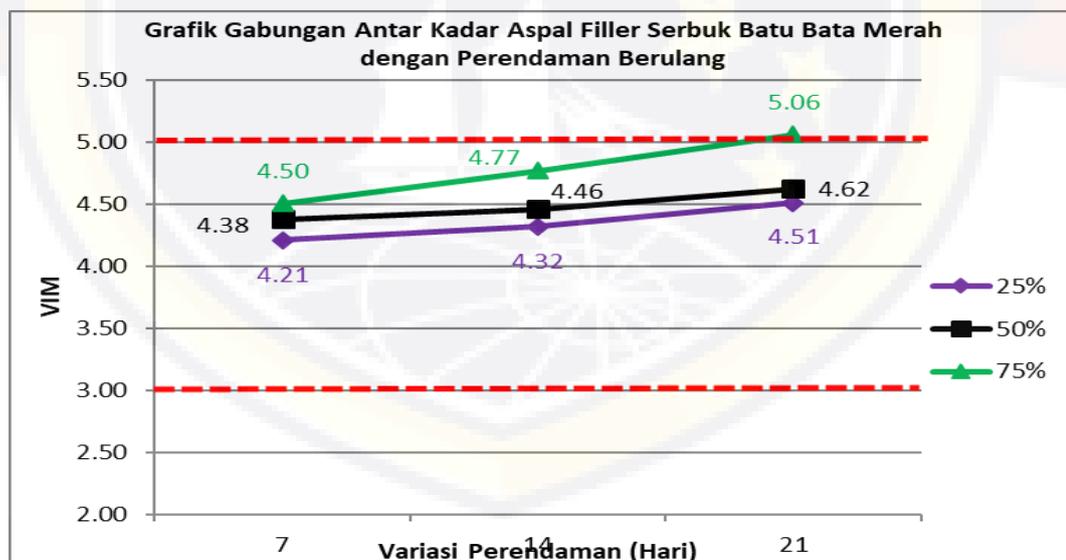
Dari gambar 4.28 menunjukkan bahwa grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata merah dengan perendaman berulang terhadap

Marshall Quetient mengalami penurunan ini disebabkan karena bertambah besarnya nilai pelelehan dan berkurangnya stabilitas. Faktor kekakuan sangat penting untuk mendapatkan campuran yang fleksibel. Bila campuran tidak cukup kaku maka akan mudah mengalami deformasi, sebaliknya bila campuran terlalu kaku maka campuran akan menjadi getas sehingga mudah retak

e. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 3.0 % – 5.0 %

VIM (void in mixture) adalah ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang dipadatkan dan dinyatakan dalam persen terhadap total campuran.

Hasil analisis grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata merah dengan perendaman berulang terhadap nilai *VIM* dapat dilihat pada gambar 4.8.



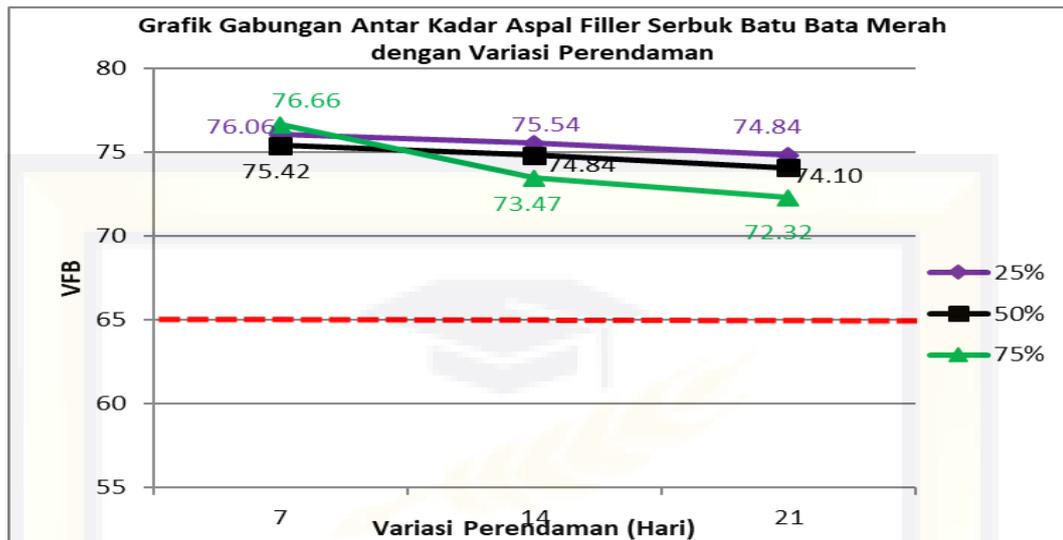
Gambar 4.8 Grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata merah dengan perendaman berulang terhadap nilai *VIM*.

Dari gambar 4.8 menunjukkan bahwa grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata merah dengan perendaman berulang dapat mempengaruhi nilai *VIM*. Naiknya nilai *VIM* disebabkan karena pada saat campuran aspal direndam dalam air semakin lama air akan terinfiltrasi kedalam rongga-rongga yang tersisa dalam campuran, kemudian mendesak aspal baik yang menyelimuti agregat maupun mengisi rongga akibat gaya tekan air ke segala arah sehingga menyebabkan rongga dalam campuran meningkat. Campuran yang memiliki nilai *VIM* yang rendah akan lebih kedap terhadap air dan udara tidak masuk kedalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh.

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.

Hasil analisis grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata merah dengan perendaman berulang terhadap nilai *VFB* dapat dilihat pada gambar 4.9



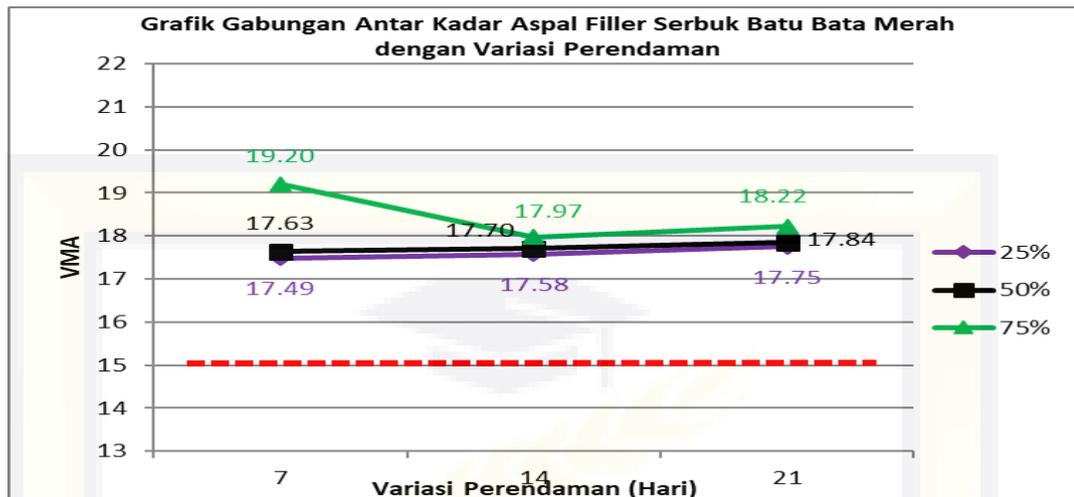
Gambar 4.9 Grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata merah dengan perendaman berulang terhadap nilai *VFB*.

Dari gambar 4.9 menunjukkan bahwa grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata merah dengan perendaman berulang terhadap nilai *VFB* mengalami penurunan seiring penambahan kadar filler serbuk batu bata merah. Hal ini disebabkan karena volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal yang semakin menurun akibat lamanya perendaman.

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.

Hasil analisis grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata merah dengan perendaman berulang terhadap nilai *VMA* dapat dilihat pada gambar 4.10



Gambar 4.10 Grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata merah dengan perendaman berulang terhadap nilai VMA.

Dari gambar 4.10 menunjukkan bahwa grafik gabungan antar kadar aspal filler serbuk batu bata merah dengan perendaman berulang terhadap nilai VMA mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena semakin lama campuran terendam maka kondisinya akan semakin jenuh. Peningkatan VMA pada campuran disebabkan karena daya tekan air ke segala arah yang mendesak aspal sehingga memungkinkan terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

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 4.17.

Tabel 4.17 Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS Aspal Beton AC-WC

KAO	Waktu Perendaman Suhu 60°C		IKS	Spek. %
	30 Menit	24 Jam		
	1582.63	1497.95	94.64	90

Sumber : Hasil penelitian Laboratorium

Dari tabel 4.17 menunjukkan bahwa nilai stabilitas untuk campuran AC-WC pada kadar aspal optimum terhadap perendaman.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Penggunaan serbuk batu bata merah sebagai *filler* dengan perendaman berulang dapat mempengaruhi nilai Stabilitas dimana semakin bertambahnya kadar variasi serbuk batu bata merah nilai Stabilitas 25% = 1312.50 kg, 50% = 1289.87 kg, 75% = 1237.07 kg, semakin menurun. Kemudian pada nilai Flow 25% = 3.09 mm, 50% = 3.34 mm, 75% = 3.58 mm, mengalami peningkatan seiring bertambahnya variasi serbuk batu bata merah.
2. Hasil pengujian Marshall Test menggunakan variasi bahan tambah serbuk batu bata merah sebagai *filler*, maka nilai yang terbaik adalah penambahan serbuk batu bata merah 25% dengan nilai Stabilitas = 1312.50 kg sedangkan untuk nilai Flow = 3.09 mm dengan perendaman 7 hari secara berulang.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis, maka penulis dapat memberikan saran hal-hal yang memberikan informasi kedepannya adalah sebagai berikut:

1. Karena ditinjau dari hasil campuran Laston (AC - WC) yang menggunakan filler serbuk bata merah memenuhi Syarat Spesifikasi Umum Bina Marga, maka untuk selanjutnya agar bisa memanfaatkan bahan serbuk bata merah sebagai filler alternatif untuk konstruksi jalan Laston (AC - WC).
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, mengenai sifat kimiawi filler serbuk bata merah. Karena dalam penelitian ini mengabaikan sifat kimiawi dari filler serbuk bata merah.
3. Perlu dilakukan tindak lanjut dari hasil pengujian laboratorium dengan pengujian lapangan. Untuk mengetahui kinerja campuran bahan filler serbuk bata merah yang sebenarnya dan hal-hal lain yang menyangkut pelaksanaan dilapangan.

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.

Aziz, S. (2017). *Studi Penelitian Pemanfaatan Limbah Bata Merah Sebagai*

Filler Pada Beton Aspal AC-WC (Doctoral dissertation, ITN

MALANG).

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

Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. Kementerian Umum dan

Pekerjaan Rumah. Jakarta.

Direktorat Jendral Bina Marga. 2018. *Spesifikasi Umum Divisi 6 Perkerasan*

Aspal, Kementerian Umum dan Pekerjaan Rumah. Jakarta

Direktorat Jendral Bina Marga. 2018. *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal*

Beton Untuk Jalan Raya. Kementerian Pekerjaan Umum dan

Pekerjaan Rumah. Jakarta.

Marga, B. (1983). *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) no 13.*

PT/B/1983.

Nurdin, Rahim, " *Bahan Ajar Perkerasan Jalan Raya* ", JTS FT Bosowa

Makassar.

Sakur, Y. D., & Farida, I. (2019). Analisis Penggunaan Serbuk Bata Merah Sebagai Filler Pada Campuran Laston Lapis Aus (ACWC). *Jurnal Konstruksi*, 17(1), 18-27.

Saodang, Hamirhan, Ir. MSCE., “ *Konstruksi Jalan Raya* “, Buku 2, Perancangan Perkerasan Jalan Raya, Nova, Bandung.

SNI-06-2489-1991. *Pengujian Campuran Beraspal dengan alat Marshall*.

SNI-03-1737-1989. *Pedoman Tentang “Pelaksanaan lapis campuran beraspal panas” adalah pengganti dari SNI 03-1737-1989, Tata cara pelaksanaan lapis aspal beton (LASTON) untuk jalan raya*.

Sukirman, S. (1994). *Dasar-dasar perencanaan geometrik jalan raya*, nova.

Sukirman, S. (1999). *Perkerasan lentur jalan raya*.

Sukirman, S. (2003). *Beton aspal campuran panas*. Yayasan Obor Indonesia.

Utama, I. G. B. (2017). *Pengaruh Penggunaan Serbuk Batu Bata Sebagai Filler Pada Campuran Laston (AC–WC)* (Doctoral dissertation, UPT. Perpustakaan Unram).

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) x 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	

UNIVERSITAS

BOSOWA

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

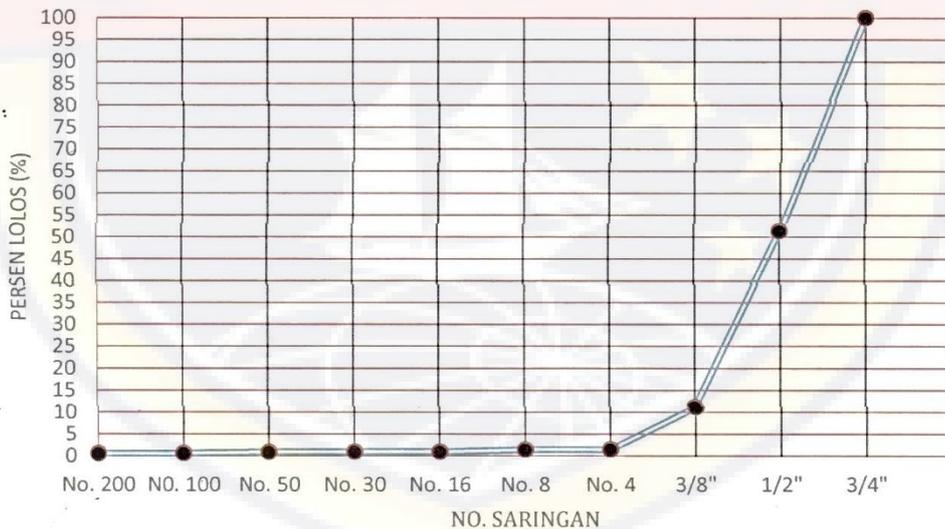
Marlina Alwi. ST

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS DAN KASAR
 (AASHTO T. 11 / 27 - 29 - SNI 03 - 1968 - 1990)

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	99.92	0.08	2497.80	99.91	0.09	0.09

GRAFIK ANALISA SARINGAN BATU PECAH 1-2





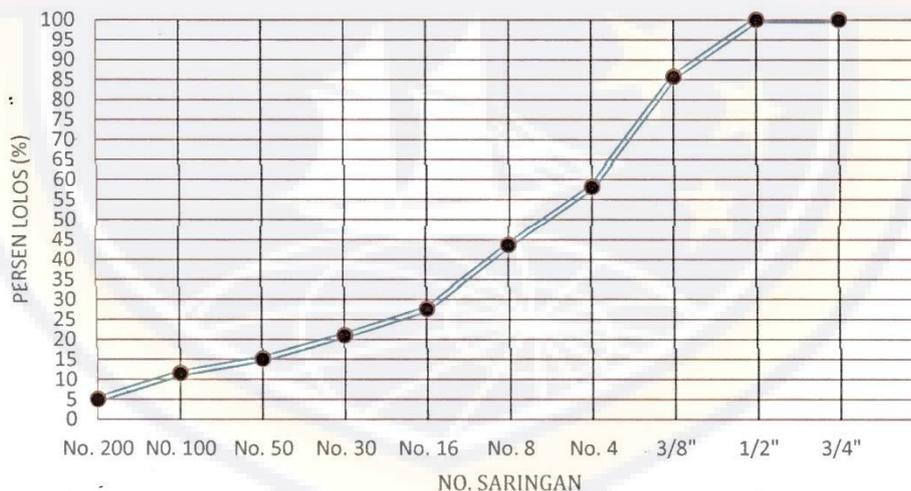
**LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR**

**ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS DAN KASAR
(AASHTO T. 11 / 27 - 29 - SNI 03 - 1968 - 1990)**

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	2408.20	96.32	3.68	2336.20	93.45	6.55	5.12
Pan	2496.30	99.84	0.16	2496.60	99.86	0.14	0.15

**GRAFIK ANALISA SARINGAN BATU
PECAH 0,5-1**



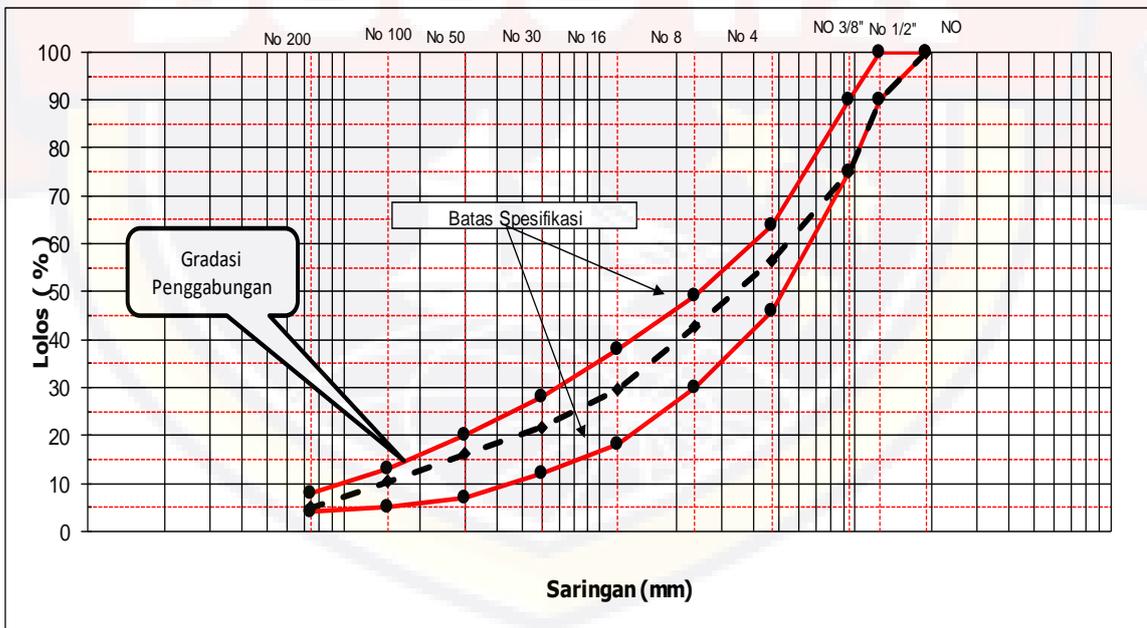


LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

GRADASI PENGGABUNGAN AGREGAT (COMBINED)

No. Saringan	Gradasi Agregat Individu (Rata - rata)					Gradasi Penggabungan Agregat (Combined) AC - WC											Spesifikasi 2018	Faktor Luas Permukaan Agregat	
	a	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	5.12	4.73	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

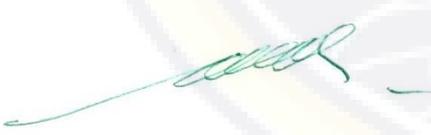
$$\begin{aligned} P_b &= 0.035 \times CA + 0.045 \times FA + 0.18 \times FF + K \\ P_b &= 0.035 \times 57.29 + 0.045 \times 37.71 + 0.18 \times 5.00 + 0.75 \\ &= 2.01 + 1.70 + 0.90 + 0.75 \\ &= 5.35 \end{aligned}$$

UNIVERSITAS
BOSOWA

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

$$\text{Kadar Aspal} = 5 \% \quad 100 \% - 5 \% = 95.00$$

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

$$\text{Kadar Aspal} = 5.5 \% \quad 100 \% - 5.5 \% = 94.50$$

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

$$\text{Kadar Aspal} = 6 \% \quad 100 \% - 6 \% = 94.00$$

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

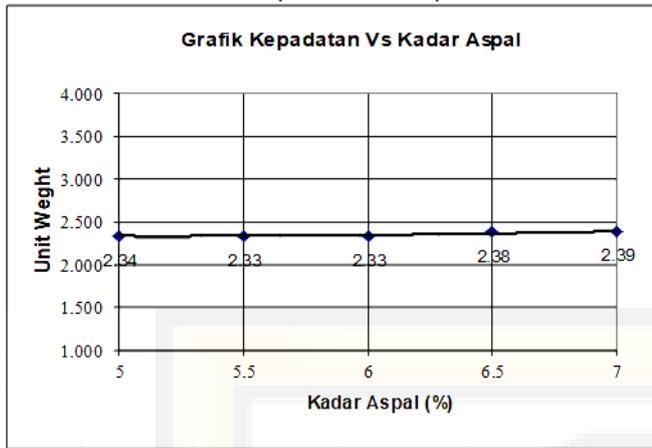
No	Agregat	Bj bulk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2	2.59	2.76
b	Batu Pecah 0.5 - 1	2.62	2.82
c	Abu Batu	2.78	3.01
d	filler	3.17	3.17

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)		Pelehan (mm)	Marshall Quotien (kg / mm)	Luas Permukaan Agregat	Absorpsi Aspal Thdp Berat Total Campuran	Tebal Film	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	Disesuaikan (Kalibrasi Alat dan Angka Korelasi)							
					A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
					$A - ((F/100) \times (100-A))$	(%)	Note 1	Note 2	$100 - \frac{100-A}{C} + \frac{A}{T}$				$G - F$	$\frac{E}{H}$	$100 (D - I)$	$\frac{L}{M}$	Combined	$A + \frac{T(100-A)}{100} - \frac{B}{100} \times \frac{T}{D}$	$\frac{1000(A-P)}{T.O(100-A)}$	$\frac{100 - (R-J)}{(100-A)} \times R$				
I	20	50	29	1	3.93	5	2.69	2.77	2.55	1164.3	689.2	1185.1	495.9	2.35	7.9	65.0	980.6	3.50	280.2	5.61	1.1	7.012	16.94	53.48
II	20	50	29	1	3.93	5	2.69	2.77	2.55	1173.7	696.2	1196.2	500.0	2.35	7.9	78.0	1176.7	3.46	340.1	5.61	1.1	7.012	16.96	53.42
III	20	50	29	1	3.93	5	2.69	2.77	2.55	1182.2	695.4	1206.1	510.7	2.31	9.2	85.0	1282.3	3.65	351.3	5.61	1.1	7.012	18.11	49.33
							2.69	2.77	2.55	1173.4	693.6	1195.8	502.20	2.34	8.3	76.0	1146.56	3.54	323.9	5.61	1.1	7.012	17.34	52.08
I	20	50	29	1	4.45	5.5	2.69	2.77	2.53	1161.3	689.6	1184.7	495.1	2.35	7.2	104.0	1569.0	4.56	344.1	5.61	1.1	7.968	17.46	58.61
II	20	50	29	1	4.45	5.5	2.69	2.77	2.53	1172.9	694.5	1187.6	493.1	2.38	5.9	107.0	1614.2	3.03	532.7	5.61	1.1	7.968	16.30	63.68
III	20	50	29	1	4.45	5.5	2.69	2.77	2.53	1181.8	683.8	1202.2	518.4	2.28	9.8	91.0	1372.8	3.22	426.4	5.61	1.1	7.968	19.78	50.29
							2.69	2.77	2.53	1172.00	689.30	1191.50	502.20	2.33	7.7	100.7	1518.68	3.60	434.4	5.61	1.1	7.968	17.85	57.53
I	20	50	29	1	4.96	6	2.69	2.77	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	8.935	16.73	69.21
II	20	50	29	1	4.96	6	2.69	2.77	2.51	1188.2	699.9	1198.1	498.2	2.38	4.9	82.0	1237.1	3.35	369.3	5.61	1.1	8.935	16.52	70.27
III	20	50	29	1	4.96	6	2.69	2.77	2.51	1161.4	685.8	1204.9	519.1	2.24	10.8	85.0	1282.3	4.60	278.8	5.61	1.1	8.935	21.69	50.21
							2.69	2.77	2.51	1175.97	688.47	1192.67	504.20	2.33	7.0	89.7	1352.73	3.72	376.3	5.61	1.1	8.935	18.31	63.23
I	20	50	29	1	5.50	6.5	2.69	2.77	2.49	1178.3	697.8	1184.9	487.1	2.42	2.7	84.0	1267.2	4.10	309.1	5.61	1.1	9.977	15.78	82.87
II	20	50	29	1	5.50	6.5	2.69	2.77	2.49	1191.4	685.6	1189.9	504.3	2.36	5.0	94.0	1418.1	3.70	383.3	5.61	1.1	9.977	17.75	71.96
III	20	50	29	1	5.50	6.5	2.69	2.77	2.49	1188.1	697.8	1200.5	502.7	2.36	4.9	93.0	1403.0	3.80	369.2	5.61	1.1	9.977	17.71	72.12
							2.69	2.77	2.49	1185.93	693.73	1191.77	498.03	2.38	4.2	90.3	1362.79	3.87	353.9	5.61	1.1	9.977	17.08	75.65
I	20	50	29	1	5.98	7	2.69	2.77	2.47	1173.3	696.9	1180.8	483.9	2.42	1.8	99.0	1493.5	4.00	373.4	5.61	1.1	10.899	16.03	88.83
II	20	50	29	1	5.98	7	2.69	2.77	2.47	1183.6	688.6	1182.4	493.8	2.40	2.9	89.0	1342.7	3.70	362.9	5.61	1.1	10.899	16.99	82.85
III	20	50	29	1	5.98	7	2.69	2.77	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	10.899	19.08	71.92
							2.69	2.77	2.47	1182.47	692.33	1188.07	495.73	2.39	3.4	96.7	1458.34	3.99	365.8	5.61	1.1	10.899	17.37	81.20
SPESIFIKASI					Min 4.3										Min 3,0 - 5,0	Min 800	Min 3	Min 250		Max 1,2		Min 15	Min 65	

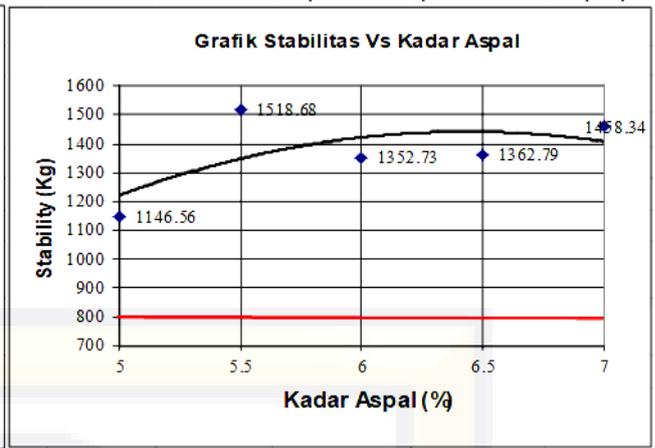
GRAFIK KARAKTERISTIK MARSHALL TEST

Jenis Campuran AC - WC

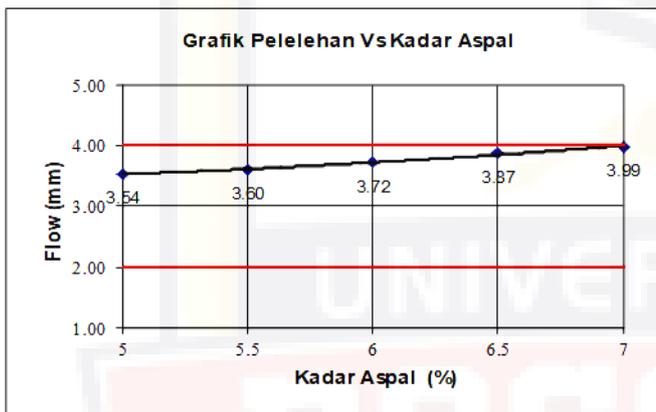
KEPADATAN (UNIT WEIGHT)



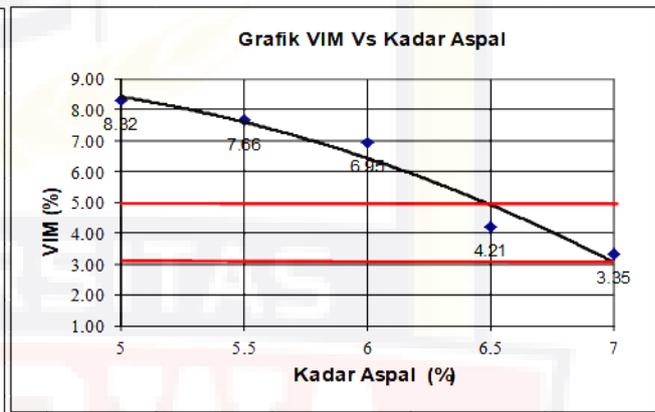
STABILITAS MARSHALL (STABILITY) Minimum 800 (KG)



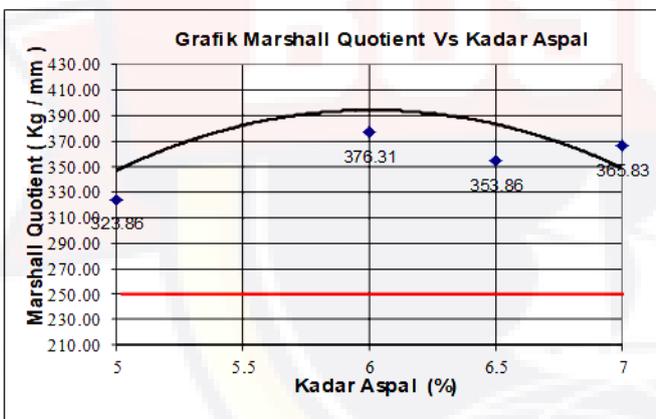
PELELEHAN (FLOW) MINIMUM 2-4 (MM)



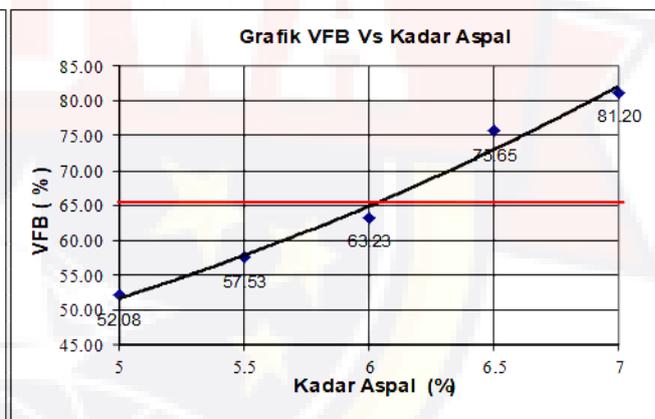
RONGGA DALAM CAMPURAN (VIM) 3,0 - 5,0 (%)



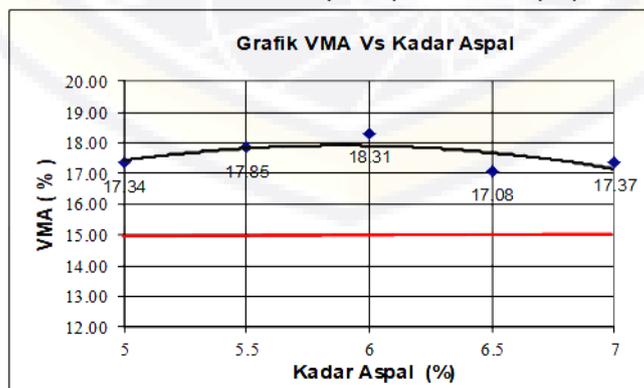
MARSHALL QUOTIENT MINIMUM 250 (Kg/MM)



RONGGA TERISI ASPAL (VFB) MINIMUM 65 (%)



RONGGA DALAM AGREGAT (VMA) MINIMUM 15 (%)





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
									1200

UNIVERSITAS

BOSOWA

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



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 di Tes Oleh	: 1.005	gr/cc
	: 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)			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)	Pelelehan						Marshall Quetient
	a	b	c	d	A-((P/100) x (100-A))	% terhadap total Campuran	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
					A-((P/100) x (100-A))	% terhadap total Campuran			100 100-A C T				G - F	E H	100 (D - I) D	(Pembacaan x Kalibrasi Alat) x Angka Korelasi		— M	Combined	T(100-A) B 100 T D	100 - (1000(A - P) / TO (100 - A))	100 - (I / B) x (100 - A)	(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	2.382	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	671.6	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	75.83
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
SPESIFIKASI															Min 3-5	Min 800	Min 2-4	Min 250				Min 15	Min 65	

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

Dokumentasi Penelitian



Pengujian Analisa Saringan



Proses Penimbangan Sampel

Dokumentasi Penelitian



Pengujian Bahan Lolos Saringan 200



Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Dokumentasi Penelitian



Proses Pengujian Berat Jenis Agregat Halus



Proses Pengujian Berat Jenis Aspal

Dokumentasi Penelitian



Proses Pembuatan Sampel



Proses Penimbangan Sampel

Dokumentasi Penelitian



Variasi Sampel



Proses Perendaman Sempel

Dokumentasi Penelitian



Proses Perendaman Sampel di Waterbarth



Marshall Test