

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK BATU BATA SEBAGAI
PENGANTI SEBAGIAN FILLER PADA LASTON (AC-BC) TERHADAP
KARAKTERISTIK MARSHALL DENGAN VARIASI PERENDAMAN**



Disusun Oleh :

ALILAH SASKIA DAMAYANTI

45 17 041 058

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

2023



UNIVERSITAS
BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km.4
Telp.(0411) 452901 – 452789 Fax. 452949
MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP
TUGAS AKHIR

Judul : **“Pengaruh Penambahan Serbuk Batu Bata Sebagai Pengganti
Sebagian *Filler* pada Laston AC-BC terhadap Karakteristik *Marshall*
dengan Variasi Perendaman“**

Disusun dan diajukan oleh :

N a m a : **ALILAH SASKIA DAMAYANTI**

No.Stambuk : **45 17 041 058**

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. Arman Setiawan, ST.MT.** (.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil


Dr. Ir. H. Nasrullah ST. MT.
NIDN.09-0807-7301


Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT
NIDN. 09-04126502



UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km.4
Telp.(0411) 452901 – 452789 Fax. 452949
MAKASSAR
FAKULTAS TEKNIK

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar A-175/FT/UNIBOS/III/2023 tanggal 15 Februari 2023, perihal pengangkatan panitia dan tim penguji tugas akhir, maka pada:

Hari/Tanggal : Sabtu / 18 Februari 2023
N a m a : **ALILAH SASKIA DAMAYANTI**
No.Stambuk : **45 17 041 058**
Judul Tugas Akhir : **“Pengaruh Penambahan Serbuk Batu Bata Sebagai Pengganti Sebagian Filler pada Laston (AC-BC) Terhadap Karakteristik Marshall Dengan Variasi Perendaman“**

Telah diterima dan disahkan oleh penitia 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 TUGAS AKHIR

Ketua (Ex.Officio) : Ir. H. Abd.Rahim Nurdin, MT.
Sekretaris (Ex Officio) : Ir. Arman Setiawan, ST.MT.
Anggota : Ir. Nurhadijah Yunianti, ST.MT
Ir. Tamrin Mallawangeng, MT

(.....)
(.....)
(.....)
(.....)

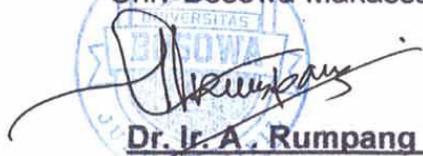
Makassar, 18 Februari 2023

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik
Univ. Bosowa Makassar


Dr. Ir. H. Nasrullah ST. MT.
NIDN.09-0807-7301

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil
Univ Bosowa Makassar


Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT
NIDN. 09-04126502

SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **ALILAH SASKIA DAMAYANTI**

Stambuk : **45 17 041 058**

Program Studi : **Teknik Sipil**

Judul : **PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK BATU BATA
SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN FILLER PADA
LASTON (AC-BC) TERHADAP KARAKTERISTIK
MARSHALL DENGAN VARIASI PERENDAMAN.**

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, mengalihmediakan/mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk data base, mendistribusikan, dan menampilkan untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan Pihak Jurusan 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, Februari 2023

buat pernyataan



Alilah Saskia Damayanti

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan hikmat dan segala limpahan rahmat dan berkah-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK BATU BATA SEBAGAI PENGANTI SEBAGIAN *FILLER* PADA LASTON (*AC-BC*) TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL* DENGAN VARIASI PERENDAMAN”**. Maksud dan tujuan dari penulisan dan penyusunan skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Bosowa.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa adanya bantuan dan bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak, skripsi ini mungkin tidak akan selesai dengan baik dan tepat waktu. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan dan ketulusan hati, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Kedua Orang Tua saya tercinta dan tersayang, Bapak Syahrul dan Ibu Ernawati, yang dengan segala ketulusan kasih sayang, keikhlasan dan kesabaran serta dukungan moral dan materiil dan do'a yang selalu menyertai Penulis. Semoga penulis bisa menjadi anak yang dapat dibanggakan bagi kedua orangtua.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Batara Surya, ST. Selaku Rektor Universitas Bosowa.

3. Bapak Dr. Ir. H. Nasrullah, ST. MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa.
4. Bapak Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil.
5. Bapak Ir. Burhanuddin Badrun, M.Sp selaku Dosen Penasehat Akademik selama saya menuntut Ilmu di Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Bosowa.
6. Bapak Ir. H. Abd Rahim Nurdin, M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan dan ilmu pengetahuannya kepada penulis selama penyusunan skripsi hingga akhirnya skripsi ini bisa terselesaikan. Terimakasih atas segala masukan guna penyelesaian skripsi ini serta motivasi dan nasihat yang telah diberikan selama ini.
7. Bapak Ir. Arman Setiawan, ST, MT. selaku Pembimbing II yang telah berkenan meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan, dan ilmu pengetahuannya kepada penulis selama penyusunan skripsi hingga akhirnya skripsi ini bisa terselesaikan.
8. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa, yang telah sabar mendidik dan memberikan ilmu serta pengetahuan akademis selama penulis menjalani masa perkuliahan.

9. Bapak dan Ibu Pimpinan serta Staf Akademi di Lingkungan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa.
10. Almarhum Nenek saya tercinta yang semasa hidupnya telah memberikan dukungan, semangat dan bantuan do'a yang selalu menyertai penulis.
11. Kakak dan Adik saya, Azizah Aulia Novyanti dan Dita Amanda Salzabila yang telah memberikan dukungan, semangat, dan bantuan do'a.
12. Sahabat dan teman seperjuangan dalam menjalankan kuliah diantaranya : Seren Adelia Poetry, Yurike Randan S.T, Rino Dwi Laksono S.T, Rizky Hariyanto Tahir, Ramdhan Ainun Wicaksono S.T atas setiap dukungan, hiburan dan informasi yang telah diberikan.
13. Sahabat-sahabat tersayang Aimila Wisata, Eva Gracia Josien Narwastu Pay S.T, Wulan Andari Putri, Adelia Apriyanti S.H, M.H , Siti Nur Intan, Anggie Diah Nur Safitri dan Sukma S.H yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada Penulis.
14. Untuk semua teman-teman Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Angkatan 2017 yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas bantuannya baik secara langsung maupun tidak langsung baik dalam penyelesaian skripsi maupun selama proses perkuliahan.

15. Untuk semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang membantu dari awal perkuliahan hingga skripsi ini selesai.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan yang perlu disempurnakan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf dan selalu menghargai kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penyusunan skripsi ini dan penulisan selanjutnya. Semoga skripsi ini bermanfaat dan dapat digunakan sebagai bahan tambahan informasi dan pengetahuan bagi semua pihak yang membutuhkan.

Akhirnya semoga Tuhan yang Maha Kuasa senantiasa melimpahkan karunia-Nya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang ketekniksipilan.

Makassar, 2023

Penulis

Alilah Saskia Damayanti

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR NOTASI	ix
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-4
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	I-4
1.3.1 Tujuan Penelitian	I-4
1.3.2 Manfaat Penelitian	I-4
1.4. Pokok Bahasan dan Batasan Masalah	I-5
1.4.3 Pokok Bahasan.....	I-5
1.4.4 Batasan Masalah	I-6

1.5. Sistematika Penelitian	I-7
1.5.1 Bab I pendahuluan	i-7
1.5.2 Bab II tinjauan pustaka.....	i-7
1.5.3 Bab III metode penelitian.....	i-7
1.5.4 Bab IV hasil dan pembahasan	i-7
1.5.5 Bab V kesimpulan dan saran	I-7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
2.1 JALAN	II-1
2.1.1 Struktur Jalan.....	II-1
2.2 PERKERASAN JALAN.....	II-4
2.2.1 PERKERASAN LENTUR (<i>FLEXIBLE PAVEMENT</i>).....	II-9
2.2.2 PERKERASAN KAKU (<i>RIGID PAVEMENT</i>).....	II-10
2.2.3 PERKERASAN KOMPOSIT (<i>COMPOSITE PAVEMENT</i>).....	II-10
2.2.4 FUNGSI PERKERASAN	II-11
2.3 ASPAL	II-12
2.3.1 JENIS ASPAL	II-14
2.3.2 FUNGSI ASPAL	II-16
2.3.3 SIFAT-SIFAT ASPAL	II-16
2.3.4 SIFAT KIMIAWI ASPAL.....	II-18
2.3.5 FUNGSI ASPAL	II-20
2.3.6 TES STANDAR BAHAN ASPAL	II-21
2.4 ASPAL BETON.....	II-25
2.4.1 UNSUR BENTUK LATASTON	II-29

2.5	BAHAN PENYUSUN PERKERASAN JALAN.....	II-30
2.5.1	AGREGAT	II-31
2.5.2	JENIS AGREGAT.....	II-34
2.5.3	SIFAT-SIFAT FISIK AGREGAT	II-36
2.5.4	KLASIFIKASI AGREGAT BERDASARKAN ASALNYA.....	II-40
2.6	GRADASI.....	II-41
2.7	<i>FILLER</i> (BAHAN PENGISI)	II-44
2.8	SERBUK BATU BATA	II-45
2.9	AIR LAUT	II-47
2.9.1	PENGERTIAN AIR LAUT	II-47
2.9.2	KARAKTERISTIK AIR LAUT	II-48
2.10	MARSHALL TEST	II-51
2.10.1	PARAMETER MARSHALL TEST	II-51
2.11	PENELITIAN TERDAHULU	II-58
	BAB III METODE PENELITIAN.....	III-1
3.1.	Bagan Alur Penelitian	III-1
3.2.	Lokasi Material	III-3
3.3.	Lokasi Penelitian	III-3
3.4.	Waktu Pelaksanaan	III-3
3.5.	Persiapan Peralatan dan Pengambilan Sampel	III-3
3.5.1	Pemeriksaan Analisa saringan agregat kasar dan halus	III-3
3.5.2	Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar.....	III-4
3.5.3	Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus.....	III-4

3.5.4	Pemeriksaan abrasi	III-5
3.5.5	Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar	III-7
3.5.6	Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus	III-7
3.6.	Pemeriksaan Aspal	III-7
3.6.1	Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	III-7
3.6.2	Pemeriksaan Penetrasi Aspal	III-8
3.6.3	Pemeriksaan Viskositas	III-8
3.6.4	Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar	III-8
3.6.5	Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	III-9
3.6.6	Penentuan jumlah benda uji	III-9
3.6.7	Perancangan agregat gabungan	III-10
3.6.8	Perhitungan Kadar Aspal optimum rencana	III-10
3.7.	Pengetesan benda uji dengan alat marshall	III-12
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		IV-1
4.1.	Penyajian Data	IV-1
4.1.1	Hasil Pengujian Karakteristik Agregat	IV-1
4.1.2	Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Minyak	IV-4
4.1.3	Analisa Campuran	IV-5
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-10

4.4. Pembuatan Benda uji dengan menggunakan serbuk batu bata sebagai pengganti Sebagian filler pada perendaman berulang .

..... IV-15

4.4.1 Perhitungan berat agregat dan berat aspal menggunakan kadar aspal optimum dengan menggunakan serbuk batu bata sebagai pengganti Sebagian *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 hasil pengujian variasi filler dengan perendaman berulang selama 3 hari pada campuran Laston AC-BC..... IV-19

4.4.4 Analisis hasil pengujian variasi filler dengan perendaman berulang selama 7 hari pada campuran Laston AC-BC..... IV-27

4.4.5 Analisis hasil pengujian variasi filler dengan perendaman berulang selama 10 hari pada campuran Laston AC-BC..... IV-33

4.4.6 Pembahasan..... IV-42

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... V-1

5.1. Kesimpulan V-1

5.2. Saran V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1. Perbedaan perkerasan lentur dan perkerasan kaku..... II-7
- Tabel 2.2 Kelebihan dan kekurangan perkerasan lentur II-7
- Tabel 2.3 Pengujian aspal keras II-24
- Tabel 2.4 Ketentuan sifat-sifat campuran aspal panas AC II-28
- Tabel 2.5 Ketentuan agregat kasar..... II-33
- Tabel 2.6 Ketentuan agregat halus..... II-34
- Tabel 2.7 Gradasi agregat untuk campuran aspal II-43
- Tabel 3.1 Perhitungan Benda Uji III-9
- Tabel 4.1 Pemeriksaan analisa saringan agregat V-1
- Tabel 4.2 Hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar IV-2
- Tabel 4.3 Hasil pengujian berat jenis agregat abu batu..... IV-4
- Tabel 4.4 Hasil Pemeriksaan Aspal penetrasi 60/70..... IV-4
- Tabel 4.5 Hasil pemeriksaan analisa agregat V-6
- Tabel 4.6 Komposisi campuran AC-BC IV-8
- Tabel 4.7 Berat aspal dan agregat pada campuran AC-BC IV-9
- Tabel 4.8 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat . IV-9
- Tabel 4.9 Hasil Marshall test KAO IV-10
- Tabel 4.10 Komposisi campuran dengan serbuk batu bata 0% IV-15
- Tabel 4.11 Komposisi campuran dengan serbuk batu bata 10% .. IV-16
- Tabel 4.12 Komposisi campuran dengan serbuk batu bata 15% .. IV-16
- Tabel 4.13 Komposisi campuran dengan serbuk batu bata 20% .. IV-16

- Tabel 4.14 Hasil uji Marshall sisa KAO dengan perendaman selama 30 menit dan 24 jam pada suhu 60°C..... IV-17
- Tabel 4.15 Hasil uji Marshall KAO menggunakan variasi kadar filler perendaman berulang selama 3 hari kemudian direndam selama 30 menit pada suhu 60°C IV-18
- Tabel 4.16 Hasil uji Marshall KAO menggunakan variasi kadar filler perendaman berulang selama 7 hari kemudian direndam selama 30 menit pada suhu 60°C IV-18
- Tabel 4.17 Hasil uji Marshall KAO menggunakan variasi kadar filler perendaman berulang selama 10 hari kemudian direndam selama 30 menit pada suhu 60°C IV-19

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 2.1 Struktur Jalan.....	II-4
2. Gambar 2.2 Lapis Perkerasan Perkerasan lentur	II-10
3. Gambar 2.3 Lapis Perkerasan Jalan Kaku	II-10
4. Gambar 2.4 Lapis Perkerasan komposit.....	II-11
5. Gambar 2.5 Serbuk Batu Bata.....	II-47
6. Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian	III-2
7. Gambar 4.1 Grafik Gradasi Penggabungan Agregat	IV-7
8. Gambar 4.2a Grafik Kepadatan Hasil Uji Marshall Untuk Penentuan KAO	IV-11
9. Gambar 4.2b Grafik Stabilitas Hasil Uji Marshall Untuk Penentuan KAO	IV-11
10. Gambar 4.2c Grafik Pelelehan Hasil Uji Marshall Untuk Penentuan KAO	IV-12
11. Gambar 4.2d Grafik VIM Hasil Uji Marshall Untuk Penentuan KAO.....	IV-12
12. Gambar 4.2e Grafik Marshall Quetient Hasil Uji Marshall Untuk Penentuan KAO	IV-13
13. Gambar 4.2f Grafik VFB Hasil Uji Marshall Untuk Penentuan KAO	IV-13
.....	IV-13
14. Gambar 4.2g Grafik VMA Hasil Uji Marshall Untuk Penentuan KAO	IV-14
.....	IV-14
15. Gambar 4.3 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum	IV-14

16. Gambar 4.4 Diagram hubungan variasi kadar serbuk batu bata terhadap kepadatan dengan perendaman berulang selama 3 hari	IV-19
17. Gambar 4.5 Diagram hubungan variasi kadar serbuk batu bata terhadap stabilitas dengan perendaman berulang selama 3 hari..	IV-20
18. Gambar 4.6 Diagram hubungan variasi kadar serbuk batu bata terhadap flow dengan perendaman berulang selama 3 har	IV-21
19. Gambar 4.7 Diagram hubungan variasi kadar serbuk batu bata terhadap Marshall Quetient dengan perendaman berulang selama 3 hari.....	IV-22
20. Gambar 4.8 Diagram hubungan variasi kadar serbuk batu bata terhadap VIM dengan perendaman berulang selama 3 hari	V-23
21. Gambar 4.9 Diagram hubungan variasi kadar serbuk batu bata terhadap VFB dengan perendaman berulang selama 3 hari.....	IV-24
22. Gambar 4.10 Diagram hubungan variasi kadar serbuk batu bata terhadap VMA dengan perendaman berulang selama 3 hari.....	IV-26
23. Gambar 4.11 Diagram hubungan variasi kadar serbuk batu bata terhadap kepadatan dengan perendaman berulang selama 7 hari.....	IV-27
24. Gambar 4.12 Diagram hubungan variasi kadar serbuk batu bata terhadap stabilitas dengan perendaman berulang selama 7 hari..	IV-28
25. Gambar 4.13 Diagram hubungan variasi kadar serbuk batu bata terhadap flow dengan perendaman berulang selama 7 hari	IV-29

26. Gambar 4.14 Diagram hubungan variasi kadar serbuk batu bata terhadap marshall quotient dengan perendaman berulang selama 7 hari.....	IV-30
27. Gambar 4.15 Diagram hubungan variasi kadar serbuk batu bata terhadap VIM dengan perendaman berulang selama 7 hari	IV-31
28. Gambar 4.16 Diagram hubungan variasi kadar serbuk batu bata terhadap VFB dengan perendaman berulang selama 7 hari.....	IV-32
29. Gambar 4.17 Diagram hubungan variasi kadar serbuk batu bata terhadap VMA dengan perendaman berulang selama 7 hari.....	IV-33
30. Gambar 4.18 Diagram hubungan variasi kadar serbuk batu bata terhadap kepadatan dengan perendaman berulang selama 10 hari	IV-34
31. Gambar 4.19 Diagram hubungan variasi kadar serbuk batu bata terhadap stabilitas dengan perendaman berulang selama 10 hari.....	IV-35
32. Gambar 4.20 Diagram hubungan variasi kadar serbuk batu bata terhadap kepadatan dengan perendaman berulang selama 10 hari	IV-36
33. Gambar 4.21 Diagram hubungan variasi kadar serbuk batu bata terhadap kepadatan dengan perendaman berulang selama 10 hari	IV-37
34. Gambar 4.22 Diagram hubungan variasi kadar serbuk batu bata terhadap kepadatan dengan perendaman berulang selama 10 hari.....	IV-38

35. Gambar 4.23 Diagram hubungan variasi kadar serbuk batu bata terhadap kepadatan dengan perendaman berulang selama 10 hari
..... IV-39
36. Gambar 4.24 Diagram hubungan variasi kadar serbuk batu bata terhadap kepadatan dengan perendaman berulang selama 10 hari
..... IV-40



NOTASI

ASTM = America Standard Testing and Material

AASHTO = American Association of State Highway and Transportation

Official

AC = *Aspal Concrete*

AMP = *Aspal Mixing Plant*

CPHMA = *Cold Paving Hot Mix Asbuton*

LGA = *Lawele granular aspal*

BGA = *Buton granular aspal*

AC-WC = *Asphalt Concrete Wearing Course*

AC-BC = *Aspal Concrete Base Course*

MFO = *Marine flux oil*

SMP = *Satuan mobil penumpang*

C = *Berat kering / sebelum direndam (gram)*

CA = *Agregat kasar*

mm = *Milimeter*

cm = *Centimeter*

d = *Berat benda uji jenuh air*

F = *Flow*

f = *Volume benda uji*

FA = *Agregat halus*

g = *Nilai kepadatan*

gr = *Gram*

i dan j	= Rumus substitusi
HRA	= Hot Rolled Asphalt
K ₂ O	= Potassium oxide (magnesium oksida)
LPA	= Lapisan pondasi atas
LPB	= Lapisan pondasi bawah
LDPE	= Low Density Polyethylene
MQ	= Nilai marshall quotient (kg/mm)
MgO	= Magnesium oxide (magnesium oksida)
Na ₂ O	= Sodium oxide (soda abu)
P	= Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat
PB	= Perkiraan keras aspal optimum
Q	= Angka koreksi benda uji
S	= Nilai stabilitas
SS	= Sand sheet
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SMA	= Split Mastic Asphalt
MR	= Modulus Resilien
SC	= Slow Curing Cut Back
SiO ₂	= Silica (silica)
SSD	= Saturated surface dry
TD	= Lapisan tanah dasar
Usa	= United States Of America
VIM	= Void In The Mix
VFA	= Void Filled White Asphalt
VMA	= Void In Mineral Agregat
C°	= Derajat Selsius

Abstract. *This research aims to determine the effect of adding brick powder filler on the properties of asphalt concrete mixture with soaking variations. This study used brick powder with variations of 0%, 10%, 15%, and 20%. The test pieces were made as many as 36 samples, for each variation as many as 3 samples. The test piece is soaked with repeated variations of soaking for 3, 7 as well as 10 days. The method used is the conventional marshall method to obtain mixed properties. The results of this test showed that each variation decreased with the addition of brick powder. in the variation of brick powder 20% the flow value has increased to exceed the specification limit of 4.14% from what has been determined by Bina Marga 2018, which is 2-4% (mm). As for the 0%, 10% and 15% variations have met the 2018 Bina Marga.*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *filler* serbuk batu bata terhadap sifat-sifat campuran aspal beton dengan variasi perendaman. Penelitian ini menggunakan serbuk batu bata dengan variasi 0%, 10%, 15%, dan 20%. Benda uji dibuat sebanyak 36 sampel, untuk setiap variasi sebanyak 3 sampel. Benda uji direndam dengan variasi perendaman berulang selama 3, 7 serta 10 hari. Metode yang digunakan ialah metode marshall konvensional untuk mendapatkan sifat - sifat campuran. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa masing-masing variasi mengalami penurunan dengan penambahan serbuk batu bata. pada variasi serbuk batu bata 20% nilai *flow* mengalami peningkatan hingga melewati batas spesifikasi yakni 4.14% dari yang sudah ditentukan oleh Bina Marga 2018 yaitu 2-4% (mm). Sedangkan untuk variasi 0%, 10% dan 15% telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

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 dinegara Indonesia dari tahun ketahun semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena aspal beton mempunyai kelebihan dibanding bahan lainnya, disamping harga yang relatif lebih murah dibanding beton pada umumnya, kemampuan dalam mendukung beban berat kendaraan cukup tinggi, dapat dibuat dari bahan-bahan lokal yang tersedia dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap cuaca. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu (*Subaidillah Fansuri et al. 2019*).

Ada empat sifat dasar aspal beton yang harus diperhatikan dalam merencanakan campuran aspal beton, seperti stabilitas, durabilitas, fleksibilitas dan mempunyai tahanan terhadap selip (*skid resistance*). Apabila keempat sifat tidak dapat diwujudkan secara optimum, maka perencanaan campuran aspal beton tidak dapat dilakukan. Karena campuran yang baik harus mempunyai kecukupan dalam keempat sifat di atas (*April Gunarto et al. 2017*)

Bahan pengisi (*filler*) dalam campuran aspal beton adalah bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). Pengisiannya dilakukan secara

terstruktur, jika bahan pengisi kurang dalam campuran akan menyebabkan aspal beton menjadi sangat kaku dan mudah retak meskipun telah dilakukan penambahan aspal yang lumayan banyak. Sebaliknya terlalu banyak bahan campuran akan berakibat lentur sehingga mudah terdeformasi oleh roda kendaraan dan menghasilkan jalan yang bergelombang (*Putri Ajeng Prameswari, 2016*)

Macam bahan pengisi yang dapat digunakan seperti; abu batu, *portland cement* (PC), debu dolomite, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen dan serbuk batu bata (dihaluskan menjadi serbuk untuk filler). Pada penelitian ini kadar bahan pengisi dibatasi dari berat total campuran aspal beton. Jenis bahan pengisi dipilih batu bata yang dihaluskan

Pada saat ini pemakaian lapisan aspal yang umum digunakan adalah lapisan aspal beton (Laston). Menurut Bina Marga (2018), pemakaian lapisan aspal beton terdiri dari tiga lapis yaitu lapisan aspal beton yang digunakan sebagai lapis permukaan atau lapis aus (*AC-Wearing Course*), lapis aspal beton yang digunakan sebagai lapis pengikat (*AC-Binder Course*) dan sebagai lapis pondasi (*AC-Base*). Lapis permukaan (*AC-WC*) merupakan salah satu struktur perkerasan jalan yang langsung bersentuhan dengan ban kendaraan dan cuaca sedangkan lapisan Laston *Binder Course* (*AC-BC*) difungsikan untuk menahan beban maksimal akibat beban lalu lintas.

Banyaknya penelitian yang telah dilakukan untuk meningkatkan kualitas campuran aspal yang ada saat ini adalah dengan memodifikasi sifat-sifat fisik dan kimia campuran aspal dengan bahan tambah yang bervariasi. Banyaknya penelitian dilakukan demi mendapatkan kualitas campuran aspal yang ekonomis, bagus, tahan lama serta diharapkan pemerintah dapat mengurangi pengeluaran.

Penelitian ini menggunakan serbuk batu bata sebagai bahan *filler* dengan membedakan kadar yang akan ditambahkan pada setiap benda uji. Alasan penulis menggunakan serbuk batu bata yaitu untuk mengupayakan daur ulang limbah batu bata dari bongkaran bangunan yang tidak terpakai sehingga didapatkan butiran-butiran halus. Pengolahan limbah merupakan upaya melakukan kegiatan proses daur ulang suatu bahan agar dapat menjadi sebuah produk yang mempunyai nilai ekonomis, termasuk penggunaan dalam konstruksi perkerasan.

Selain itu banyak hal yang menyebabkan kerusakan pada konstruksi jalan, antara lain akibat pengaruh beban lalu lintas yang berlebihan, temperature, air (genangan), dan konstruksi perkerasan yang kurang memenuhi persyaratan teknis. Air (genangan) merupakan salah satu penyebab kerusakan atau mengurangi keawetan bagi konstruksi jalan dengan perkerasan aspal. Beberapa ruas jalan di Indonesia yang terletak di daerah yang berhubungan dengan pantai mengalami permasalahan dengan genangan air laut yang kebanyakan disebabkan oleh cuaca ekstrem sehingga mengakibatkan terjadinya banjir pasang-

surut atau dengan istilah air rob, yaitu naiknya permukaan air laut yang menggenangi konstruksi jalan dengan perkerasan aspal.

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang “Pengaruh Penambahan Serbuk Batu Bata sebagai pengganti Sebagian *filler* pada Laston (AC-BC) terhadap Karakteristik *Marshall* dengan Variasi Perendaman”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan Latar belakang, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahannya, yaitu:

1. Apakah penambahan serbuk batu bata sebagai pengganti sebagian *filler* dengan variasi perendaman mampu menambah nilai *Marshall*
2. Berapakah presentase penambahan variasi serbuk batu bata yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018?

1.3 Tujuan dan Manfaat penelitian

1.3.1 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan *filler* serbuk batu bata terhadap sifat-sifat campuran aspal beton pada Variasi Perendaman.
2. Untuk mengetahui presentase variasi serbuk batu bata yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

1.3.2 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Untuk menambah wawasan pembaca mengenai analisis campuran aspal beton dengan mengganti Sebagian filler menggunakan serbuk batu bata pada perendaman berulang dan untuk mendapatkan gambaran seberapa besar pengaruh genangan air laut terhadap konstruksi jalan.
2. Dengan adanya penelitian ini, maka hasil yang didapatkan bisa menjadi solusi untuk menyelesaikan permasalahan ataupun sebagai pemanfaatan kembali limbah serbuk batu bata yang sebelumnya belum maksimal dimanfaatkan.
3. Bisa dimanfaatkan sebagai salah satu solusi untuk menyelesaikan masalah yang terkait dengan kebutuhan akan inovasi peningkatan kualitas perkerasan jalan menggunakan bahan bahan alternatif.

1.4 Pokok Bahasan dan Batasan Masalah

1.4.1 Pokok Bahasan

Pokok Bahasan pada penelitian ini adalah :

1. Membahas pengujian agregat.
2. Membahas pengujian campuran Lapis Aspal Beton.
3. Membahas pengujian lama rendaman terhadap sifat dan karakteristik Laston dengan penambahan *filler* serbuk batu bata.
4. Membahas Pengujian campuran Laston dengan metode uji *Marshall Test*.

1.4.2 Batasan Masalah

Masalah pada penelitian ini dibatasi pada sifat karakteristik campuran laston dengan melakukan pengujian di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bosowa. Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Tipe campuran yang digunakan adalah campuran untuk lapis permukaan AC-BC dengan bergradasi halus yang mengacu pada spesifikasi Bina Marga 2018.
2. Bahan pengisi (*filler*) yang digunakan lolos saringan nomor 200 (0,075 mm) adalah serbuk batu bata yang dihasilkan dari pecahan batu bata merah yang diambil dari Dusun Samanggi, Kabupaten Maros.
3. Aspal yang digunakan adalah aspal minyak dengan penetrasi 60/70
4. Permasalahan yang diamati adalah analisis campuran aspal beton dengan mengganti sebagian *filler* menggunakan serbuk batu bata pada perendaman berulang.
5. Pengujian dilakukan dengan Metode *Marshall*.
6. Waktu perendaman dilakukan dengan variasi 3,7, dan 10 hari.
7. Material yang digunakan diambil dari Bili-bili.
8. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa.

1.5 Sistematika Penulisan

Agar tidak menyimpang dan tetap terarah pada tujuan penelitian yang hendak dicapai, maka perlu disusun sebuah sistematika penulisan, dengan urutan sebagai berikut :

1.5.1 BAB I PENDAHULUAN

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

1.5.2 BAB II TINJAUAN PUSTAKA

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

1.5.3 BAB III METODE PENELITIAN

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

1.5.4 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

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

1.5.5 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran mengenai 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 Jalan

Jalan merupakan prasarana yang sangat dibutuhkan dalam sistem transportasi untuk menghubungkan suatu tempat ke tempat lain dalam rangka pemenuhan kebutuhan ekonomi, social, budaya, pertahanan dan keamanan Negara. Kondisi jalan yang baik diperlukan untuk kelancaran kegiatan transportasi yaitu untuk mempercepat kelancaran mobilisasi orang, barang atau jasa secara aman dan nyaman.

2.1.1 Stuktur jalan

Pada umumnya, perkerasan jalan terdiri dari beberapa jenis lapisan perkerasan yang tersusun dari bawah ke atas, sebagai berikut :

1. Lapisan permukaan (*surface course*)
2. Lapisan pondasi atas (*base course*)
3. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)
4. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

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

1. Lapis permukaan (*Surface course*)

Berupa lapisan aus dan lapisan antara dari campuran beraspal

a. Lapis aus permukaan (*wearing course*) berfungsi :

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

b. Lapis permukaan antara (*binder course*) berfungsi :

- 1) Mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas dan meneruskannya ke lapis di bawahnya, harus mempunyai ketebalan dan kekakuan cukup.
- 2) Mempunyai kekuatan yang tinggi pada bagian perkerasan untuk menahan beban paling tinggi akibat beban lalu lintas.

2. Lapis pondasi atas (*Base course*)

Dapat berupa granular agregat serta berpengikat baik aspal maupun semen, mempunyai fungsi :

- 1) Mendukung beban pada lapis permukaan.
- 2) Mengurangi tegangan/regangan dan meneruskan ke lapisan di bawahnya.
- 3) Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.

3. Lapis pondasi bawah (*Subbase course*)

Lapis pondasi bawah (*sub-base*) adalah suatu lapisan yang terletak antara lapis tanah dasar dan lapis pondasi atas (*base*), yang

berfungsi sebagai bagian perkerasan yang meneruskan beban di atasnya, dan selanjutnya menyebarkan tegangan yang terjadi ke lapis tanah dasar.

Lapis pondasi bawah dapat berupa granular agregat dan berpengikat baik aspal maupun semen, mempunyai fungsi :

- a) Sebagai lantai kerja untuk pelaksanaan lapisan pondasi
- b) Menyebarkan beban di atasnya
- c) Sebagai lapisan perata
- d) Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapis pondasi
- e) Mengalihkan infiltrasi air (drainase) dari lapisan pondasi

Bermacam-macam material setempat ($CBR > 20 \%$, $PI < 10 \%$) yang relative lebih baik dari tanah dasar dapat digunakan sebagai bahan pondasi bawah. Ada berbagai jenis lapis pondasi bawah yang sering dilaksanakan, yaitu:

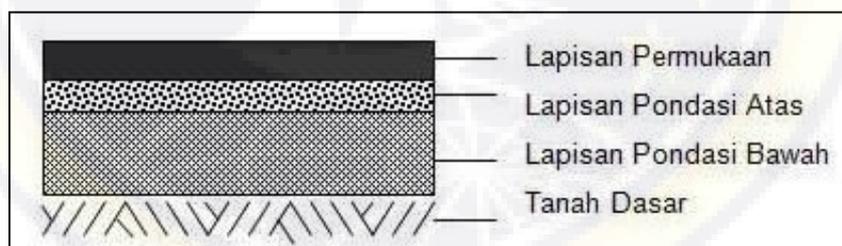
- a.) Pondasi bawah yang menggunakan batu pecah, dengan alas pasir.
- b.) Pondasi bawah yang menggunakan sirtu yang mengandung sedikit tanah.
- c.) Pondasi bawah yang menggunakan tanah pasir.
- d.) Pondasi bawah yang menggunakan agregat.
- e.) Pondasi bawah yang menggunakan material ATSB (*Asphalt Treated Sub-Base*) atau disebut Laston Bawah (Lapis Aspal Beton Pondasi Bawah)
- f.) Pondasi bawah yang menggunakan stabilisasi tanah.

4. Tanah dasar (*Subgrade*)

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung darisifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Tidak semua jenis tanah dapat digunakan sebagai tanah dasar pendukung badan jalan secara baik, karena harus dipertimbangkan beberapa sifat yang penting untuk kepentingan struktur jalan, seperti :

- a) Komposisi dan gradasi butiran tanah
- b) Daya dukung dan kestabilan tanah yang cukup
- c) Sifat kembang susut (swelling) tanah
- d) Kemudahan untuk dipadatkan

Pemilihan jenis tanah yang dapat dijadikan tanah dasar melalui penyelidikan tanah menjadi penting karena tanah dasar akan sangat menentukan tebal lapis perkerasan di atasnya, sifat fisik perkerasan di kemudian hari dan kelakuan perkerasan seperti deformasi permukaan dan lain sebagainya.



Gambar 2.1. Struktur jalan

2.2 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang terletak diatas tanah dasar yang telah mendapatkan pemadatan, yang berfungsi untuk memikul beban lalu lintas kemudian menyebarkan beban, baik kearah horizontal

maupun vertical dan akhirnya meneruskan beban ke tanah dasar (subgrade) sehingga beban pada tanah dasar tidak melampaui daya dukung tanah yang diijinkan.

Menurut Sukirman (2003), perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti.

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

1. Daya dukung tanah dasar,
2. Beban lalu lintas,
3. Keadaan lingkungan,
4. Masa pelayanan atau umur rencana
5. Karakteristik material pembentuk perkerasan jalan disekitar lokasi,
6. Pengawasan pelaksanaan pekerjaan sesuai prosedur pengawasan yang ada,
7. Pemeliharaan jalan selama masa pelayanan perlu dilakukan secara periodik sehingga umur rencana dapat tercapai.

Maka konstruksi perkerasan jalan haruslah memnuhi syarat-syarat tertentu yang secara umum dapat dikelompokkan menjadi menjadi 2 yaitu

1. Syarat Berlalu Lintas

Dipandang dari keamanan dan kenyamanan berlalu lintas, maka konstruksi perkerasan lentur harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- a. Permukaan yang rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang.
- b. Permukaan cukup kaku, sehingga tidak mudah berubah bentuk akibat beban yang bekerja di atasnya.
- c. Permukaan cukup kasar, memberikan gesekan yang baik antara ban dan permukaan jalan sehingga kendaraan tidak mudah selip.
- d. Permukaan tidak mengkilap, tidak silau jika terkena sinar matahari.

2. Syarat-Syarat Kekuatan/Struktural

Dipandang dari segi kemampuan memikul dan menyebarkan beban, maka konstruksi perkerasan jalan lentur harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- a. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban atau muatan lalu lintas ke tanah dasar.
- b. Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan di bawahnya.
- c. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat dialirkan

- d. Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

Berikut ini merupakan perbedaan utama antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur yang dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Perbedaan perkerasan lentur dan perkerasan kaku

No		Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1.	Bahan Pengikat	Aspal	Semen
2.	Repetisi Beban	Timbul <i>rutting</i> (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3.	Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perletakan
4.	Perubahan temperature	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam kecil.	Modulus kekakuan tidak berubah timbul tegangan dalam yang besar.

Sumber : Sukirman, S., (1992)

Tabel 2.2 Kelebihan dan kekurangan perkerasan lentur

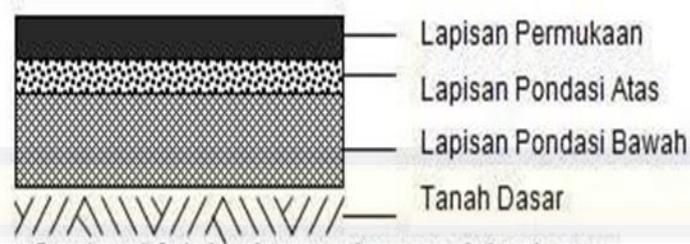
No	Perkerasan kaku	Perkerasan Lentur
1.	Kebanyakan digunakan hanya pada jalan kelas tinggi, serta pada perkerasan lapangan terbang. (-)	Dapat digunakan untuk semua tingkat volume lalu lintas. (+)
2.	Job mix lebih mudah dikendalikan kualitasnya. Modulus Elastisitas antara lapis permukaan dan pondasi sangat berbeda. (+)	Kendali kualitas untuk job mix lebih rumit. (-)
3.	Dapat lebih bertahan terhadap kondisi drainase yang lebih buruk. (+)	Sulit bertahan terhadap kondisi drainase yang buruk. (-)

No	Perkerasan kaku	Perkerasan Lentur
4.	Umur rencana dapat mencapai 20 tahun.(+)	Umur rencana relative pendek 5 – 10 tahun. (-)
5.	Jika terjadi kerusakan maka kerusakan tersebut cepat dan dalam waktu singkat. (-)	Kerusakan tidak merambat ke bagian konstruksi yang lain, kecuali jika perkerasan terendam air. (+)
6.	Indeks pelayanan tetap baik hampir selama umur rencana, terutama jika transverse joint dikerjakan dan dipelihara dengan baik. (+)	Indeks pelayanan yang terbaik hanya pada saat selesai pelaksanaan konstruksi, setelah itu berkurang seiring denganw aktu dan frekuensi beban lalu lintasnya. (-)
7.	Pada umumnya biaya awal konstruksi tinggi. Tetapi biaya awal hampir sama untuk jenis konstruksi jalan berkualitas tinggi dan tidak tertutup kemungkinan bisa lebih rendah. (-)	Pada umumnya biaya awal konstruksi rendah, terutama untuk jalan lokal dengan volume lalu lintas rendah. (+)
8.	Biaya pemeliharaan relatif tidak ada. (+)	Biaya pemeliharaan yang dikeluarkan, mencapai lebih kurang dua kali lebih besar dari pada perkerasan kaku. (-)
9.	Agak sulit untuk menetapkan saat yang tepat untuk melakukan pelapisan ulang. (-)	Pelapisan ulang dapat dilaksanakan pada semua tingkat ketebalan perkerasan yang diperlukan, dan lebih mudah menentukan perkiraan pelapisan ulang. (+)
10.	Kekuatan konstruksi perkerasan kaku lebih ditentukan oleh kekuatan pelat beton sendiri (tanah dasar tidak begitu menentukan) . (+)	Kekuatan konstruksi perkerasan lentur ditentukan oleh tebal setiap lapisan dan daya dukung tanah dasar. (-)
11.	Tebal konstruksi perkerasan kaku adalah tebal pelat beton tidak termasuk pondasi. (-)	Tebal konstruksi perkerasan lentur adalah tebal seluruh lapisan yang ada diatas tanah dasar. (+)
12.	Bila dibebani praktis tdk melentur (kecil) .(-)	Bila dibebani melentur. Beban hilang, lenturan kembali. (+)

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat dipakai antara lain adalah batu pecah, batu belah, batu kali, dan hasil samping peleburan baja. Sedangkan bahan ikat yang dipakai antara lain adalah aspal, semen, dan tanah liat. Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dibedakan atas tiga macam, yaitu:

2.2.1 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

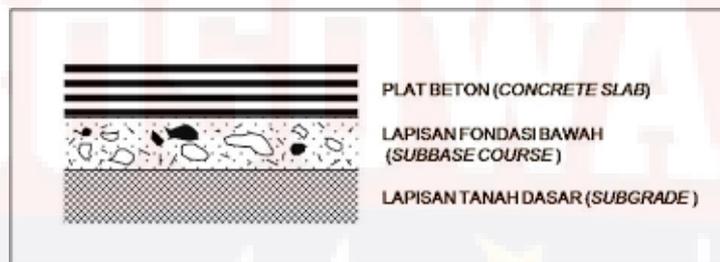
Perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Struktur perkerasan jalan lentur dibuat secara berlapis dan terdiri atas lapisan permukaan (*surface course*) yaitu lapisan aus dan lapisan antara. Lapisan dibawahnya ialah lapisan pondasi yang terdiri dari lapisan pondasi atas (*base course*) dan pondasi bawah (*subbase course*). Lapisan ini diletakkan di atas tanah dasar yang dipadatkan (*subgrade*). Masing-masing elemen lapisan di atas termasuk tanah dasar secara bersama-sama memikul beban lalu lintas. Tebal struktur perkerasan dibuat sedemikian rupa sampai batas kemampuan tanah dasar memikul beban lalu lintas, atau dapat dikatakan tebal struktur perkerasan sangat tergantung pada kondisi atau daya dukung tanah dasar.



Gambar 2.2 Lapisan perkerasan jalan lentur

2.2.2 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

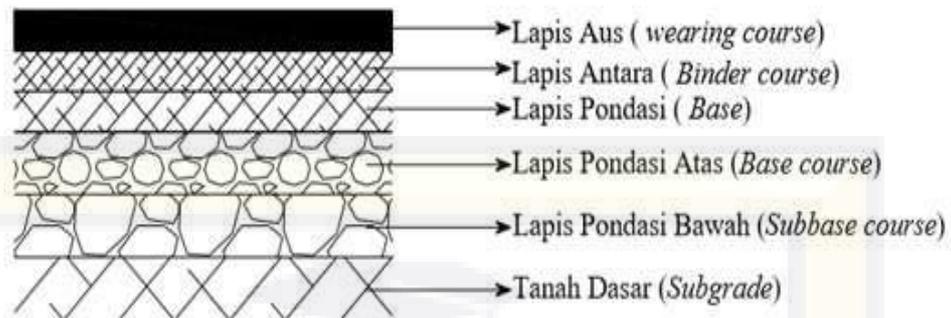
Perkerasan yang menggunakan semen (Portland cement) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.



Gambar 2.3 lapisan perkerasan jalan kaku

2.2.3 Perkerasan Komposit (*Composte Pavement*)

Perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.



Gambar 2.4 Lapis perkerasan lentur (Sumber: Sukirman, 1999)

2.2.4 Fungsi perkerasan

Adapun fungsi dari lapis perkerasan yaitu :

1. Lapis permukaan adalah lapisan yang terletak pada bagian paling atas dari struktur perkerasan konstruksi jalan dan berfungsi sebagai:
 - a. Lapisan perkerasan yang ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal maupun beban horizontal (gaya geser).
 - b. Lapisan kedap air, mencegah masuknya air ke dalam lapisan perkerasan yang ada di bawahnya.
 - c. Lapisan perkerasan menyediakan permukaan yang tetap rata, agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan yang cukup.
 - d. Lapisan aus (wearing course), lapisan yang langsung akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
2. Lapis Pondasi Atas (LPA) atau *Base Course*
 Lapis pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak

antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah atau dengan tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah. Fungsi lapis ini adalah :

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

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

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

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

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

Tanah dasar (*subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

2.3 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 sebagai bahan pengikat merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam yang terbentuk dari unsur-unsur *asphaltenese resins* dan *oils*. Aspal pada lapisan keras jalan berfungsi sebagai bahan pengikat antar agregat untuk membentuk suatu cairan yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan yang lebih besar dari pada kekuatan masing-masing agregat.

Untuk menentukan penggunaan kadar aspal sesuai persyaratan yang ditetapkan Bina Marga digunakan rumus:

$$PB = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% Filler) + \text{konstanta}$$

PB = Perkiraan kadar aspla optimum

CA = Agregat kasar

FA = Agregat halus

2.3.1 Jenis Aspal

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak.

1. Aspal Alam

Aspal alam adalah aspal yang didapat di suatu tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal alam ada yang diperoleh di gunung-gunung seperti aspal di Pulau Buton yang disebut dengan Asbuton. Asbuton merupakan batu yang mengandung aspal. Asbuton merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan. Karena asbuton merupakan material yang ditemukan begitu saja di alam, maka kadar bitumen yang dikandungnya sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi. Untuk mengatasi hal ini, maka asbuton mulai diproduksi dalam berbagai bentuk di pabrik pengolahan asbuton.

2. Aspal Minyak

Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis asphaltic base crude oil yang banyak mengandung aspal, paraffin base crude oil yang banyak mengandung parafin, atau mixed base crude oil yang mengandung campuran antara parafin dan aspal. Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis asphaltic base crude oil.

Residu aspal berbentuk padat, tetapi melalui pengilahan hasil residu ini dapat pula berbentuk cair atau emulsi pada suhu ruang.

- a. Aspal padat adalah aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan menjadi cair jika dipanaskan. Aspal padat dikenal nama semen aspal (asphalt cement). Oleh karena itu semen aspal harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan pengikat agregat.
- b. Aspal cair (cutback asphalt) adalah aspal yang berbentuk cair pada suhu ruangan. Aspal cair merupakan semen aspal yang dicairkan dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi seperti minyak tanah, bensin, atau solar. Bahan pencair membedakan aspal cair menjadi : 1. Rapid curing cut back asphalt (RC), yaitu aspal cair dengan bahan pencair bensin. RC merupakan aspal cair yang paling cepat menguap. 2. Medium curing cut back asphalt (MC), yaitu aspal cair dengan bahan pencair minyak tanah (kerosene). 3. Slow curing cut back asphalt (SC), yaitu aspal cair dengan bahan pencair solar (minyak diesel). SC merupakan aspal cair yang paling lambat menguap.
- c. Aspal emulsi (emulsified asphalt) adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi, yang dilakukan di pabrik

pencampur. Aspal emulsi ini lebih cair daripada aspal cair. Di dalam aspal emulsi, butir – butir aspal larut dalam air.

2.3.2 Fungsi Aspal

Aspal yang digunakan sebagai Material Perkerasan Jalan Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai:

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara sesama aspal.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir agregat dan pori – pori yang ada di dalam butir agregat itu sendiri.

Penggunaan aspal pada perkerasan jalan dapat melalui dicampurkan pada agregat sebelum dihamparkan (pra hampar), seperti lapisan beton aspal atau disiramkan pada lapisan agregat yang telah dipadatkan dan ditutupi oleh agregat–agregat yang lebih halus (pasca hampar), seperti perkerasan penetrasi makadam atau pelaburan.

Fungsi utama aspal untuk kedua jenis proses pembentukan perkerasan yaitu proses pencampuran prahampar, dan pascahampar itu berbeda. Pada proses prahampar aspal yang dicampurkan dngan agregat akan membungkus atau menyelimuti butir – butir agregat, mengisi pori antar butir, dan meresap kedalam pori masing – masing butir.

2.3.3. Sifat Sifat Aspal

Sifat-sifat aspal adalah sebagai berikut:

- a. Daya tahan (durability)

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

b. Adesi dan kohesi

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

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

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

Sumber : Akem, 2012

Sedang sifat aspal lainnya adalah :

a. Aspal mempunyai sifat mekanis (Rheologi), yaitu hubungan antara tegangan (stress) dan regangan (strain) dipengaruhi oleh

waktu. Apabila mengalami pembebanan dengan jangka waktu pembebanan yang sangat cepat, maka aspal akan bersifat elastis, tetapi jika pembebanannya terjadi dalam jangka waktu yang lambat maka sifat aspal menjadi plastis (*viscous*).

- b. Aspal adalah bahan yang *Thermoplastis*, yaitu konsistensinya atau viskositasnya akan berubah sesuai dengan perubahan temperatur yang terjadi. Semakin tinggi temperature aspal, maka viskositasnya akan semakin rendah atau semakin encer demikian pula sebaliknya. Dari segi pelaksanaan lapis keras, aspal dengan viskositas yang rendah akan menguntungkan karena aspal akan menyelimuti batuan dengan lebih baik dan merata. Akan tetapi dengan pemanasan yang berlebihan maka akan merusak molekul-molekul dari aspal, aspal menjadi getas dan rapuh.
- c. Aspal mempunyai sifat *Thixotropy*, yaitu jika dibiarkan tanpa mengalami tegangan regangan akan berakibat aspal menjadi mengeras sesuai dengan jalannya waktu.

Sumber : Nurkhayati Darunifah, 2007

2.3.4 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 dikelompokan 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 :

1. Asphalten

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

2. Malten

Malten adalah unsur kimia lainnya yang terdapat di dalam aspal selain asphalten. 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 aspal yang paling dominan dalam aspal. Aromatik berbentuk cairan kental yang berwarna coklat tua dan kandungannya dalam aspal berkisar 40% - 60% terhadap berat aspal. Aromatik terdiri dari rantai karbon bersifat non-polar yang didominasi oleh unsur tak jenuh (unsaturated) dan memiliki daya larut yang tinggi terhadap molekul hidrokarbon.

c) Saturated

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

2.3.5 Fungsi Aspal

Fungsi aspal antara lain :

1. Untuk mengikat batuan agar tidak lepas dari permukaan jalan akibat lalu lintas (water proofing, protect terhadap erosi)
2. Sebagai bahan pelapis dan perekat agregat.
3. Lapis resap pengikat (prime coat) adalah lapisan tipis aspal cair yang diletakan di atas lapis pondasi sebelum lapis berikutnya.
4. Lapis pengikat (tack coat) adalah lapis aspal cair yang diletakan di atas jalan yang telah beraspal sebelum lapis berikutnya dihampar, berfungsi pengikat di antara keduanya.
5. Sebagai pengisi ruang yang kosong antara agregat kasar, agregat halus, dan filler.

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

2.3.6 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 30°C sampai 200°C dengan cara ring

dan ball. Hasil pengujian ini selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan kepekaan aspal terhadap suhu. Adapun hasil yang dilaporkan adalah temperatur setiap bola menyentuh pela dasar.

c. Titik Nyala

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

d. Daktilitas

Daktilitas aspal adalah nilai keelastisitasan aspal, yang diukur dari jarak terpanjang, apabila diantara dua cetakan berisi bitumen keras yang ditarik sebelum putus pada suhu 25oC dan dengan kecepatan 50 mm/menit (SNI 06-2432-1991). Jarak minimal benang aspal hasil tarikan adalah minimal 100 cm. Maksud pengujian ini adalah untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara 2 cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada temperatur dan kecepatan tarik tertentu. Pengujian ini juga dilakukan untuk mengetahui bahan aspal mengandung bahan lain yang tidak menyatu dengan aspal, karena bila ada bahan asing yang lain maka benang aspal hasil tarikan mesin tidak akan mencapai panjang 100 cm. Pendapat lain mengatakan bahwa tes daktilitas dimaksudkan untuk melihat kekuatan kohesi aspal, bila tarikan tidak

mencapai 100 cm maka dikhawatirkan bahan tidak punya kelenturan cukup dan akan cenderung putus dan retak.

e. Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat jenis aspal padat dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu 25oC atau 15,6oC. 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 minyakminyak ringan yang kalau dipanaskan lama (pada tes ini sampel dipanaskan 163oC 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 2.3 berikut :

Tabel 2.3 Pengujian Aspal Keras

No.	Jenis pengujian	Metode pengujian	Tipe 1 Aspal pen. 60/70
1	Penetrasi pada 25° C (0,1mm)	SNI 2456:2011	60-70
2	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10rad/detik > 1,0 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-
3	Viskositas 135° C (cSt) ⁽³⁾	ASTM D 2170-10	≥ 300
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
5	Daktalitas pada 25° C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
6	Titik nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	>232
7	Larutan dlm <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-14	≥ 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	-
10	Penetrasi pada 25° C (%)	SNI 2456-2011	≥ 54
11	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0.82
12	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik > 2,2 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-
13	Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 2456:2011	≥54

14	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50
Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) pada temperatur 100oC dan tekanan 2,1 MPa			
15	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G \cdot \sin \delta$) pada osilasi 10 rad/detik < 5000 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-

Sumber : Spesifikasi Umum 2018

2.4 Aspal Beton (Laston)

Laston adalah suatu lapis permukaan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam kondisi panas dan suhu tertentu. Laston bersifat kedap air, mempunyai nilai struktural, awet, kadar aspal berkisar 4-7% terhadap berat campuran, dan dapat digunakan untuk lalu lintas ringan, sedang, hingga berat. Campuran ini memiliki tingkat kekakuan yang tinggi.

Menurut Kimpraswil tahun 2000 (dalam Hardiyatmo, 2015) aspal beton menjadi 3 macam campuran, yaitu laston lapis aus (AC-WC), laston lapis pengikat (AC-BC), dan laston lapis pondasi. Menurut Asphalt Institute MS-22 (dalam Hardiyatmo, 2015), suatu campuran aspal beton harus memiliki karakteristik campuran yang baik. Karakteristik tersebut meliputi stabilitas, kelenturan atau fleksibilitas, daya tahan/durabilitas, kekesatan permukaan, kemudahan pekerjaan, kedap air, dan ketahanan terhadap kelelahan. Berikut penjelasan masing-masing karakteristik *marshall* :

1. Stabilitas adalah kemampuan campuran beraspal dalam melawan deformasi plastis atau perubahan bentuk permanen akibat beban lalu lintas. Stabilitas juga dapat didefinisikan sebagai kemampuan lapisan perkerasan dalam melayani beban lalu lintas dengan tanpa mengalami deformasi permanen, seperti gelombang dan timbulnya alur-alur. Stabilitas akan maksimal apabila agregat memiliki permukaan kasar dan volume aspal yang cukup, sehingga adhesi dengan permukaan 3 agregat dapat disebarkan dengan merata. Nilai stabilitas marshall dinyatakan dalam pon yang menyebabkan keruntuhan dari benda uji campuran beton aspal panas padat yang diuji dalam alat marshall. Stabilitas marshall bertambah apabila kadar aspal bertambah sampai nilai tertentu, setelah nilai tersebut stabilitasnya berkurang.

2. Kelenturan/fleksibilitas adalah campuran aspal harus mampu mengakomodasi lendutan permanen dalam batas-batas tertentu dengan tanpa mengalami retak-retak. Untuk mendapatkan kelenturan yang tinggi, maka dapat digunakan agregat yang bergradasi terbuka atau gradasi senjang. Aspal yang digunakan harus lunak (penetrasi tinggi).

3. Daya tahan/durabilitas Daya tahan atau durabilitas maksudnya daya tahan suatu lapis perkerasan terhadap keausan akibat beban lalu lintas dan pengaruh perubahan cuaca dengan tanpa mengalami pelepasan film aspal dari butiran agregat. Perubahan cuaca dapat

mengakibatkan penuaan aspal. Faktor-faktor yang dapat meningkatkan durabilitas campuran agregat aspal adalah kadar aspal tinggi, gradasi agregat rapat, pemadatan sempurna, campuran agregat kedap air, serta batuan penyusun lapis perkerasan cukup keras.

4. Kekesatan permukaan adalah lapisan permukaan aspal harus mempunyai kekesatan yang cukup tinggi, sehingga menjamin keselamatan pengguna jalan, terutama apabila dalam kondisi basah. Untuk mempertinggi kekesatan maka jadar aspal harus tepat dan permukaan agregat harus kasar.
5. Kemudahan dalam pekerjaan adalah campuran aspal harus mudah dikerjakan dalam pelaksanaan di lapangan termasuk penghamparan dan pemadatannya.
6. Kedap air maksudnya adalah kekedapan campuran beraspal terhadap masuknya air dan udara. Hal ini diperlukan untuk mencegah lolosnya air dan kontak langsung aspal dengan udara. Air dan udara akan mempercepat penuaan aspal. Selain itu, air juga dapat menyebabkan pengelupasan lapis film aspal yang berada di permukaan agregat.
7. Ketahanan terhadap kelelahan adalah ketahanan campuran beraspal dalam menahan lendutan yang disebabkan oleh beban lalu lintas yang berulang-ulang, sehingga campuran tidak cepat mengalami keretakan.

Tabel 2.4 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Beraspal Panas (AC)

Sifat-Sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Pengikat	Pondasi
Jumlah Tumbukan Perbidang		75		112
Rasio Partikel Lolos Ayakan 0,75 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)

2.4.1 Unsur Pembentuk Laston

Secara umum laston dibentuk oleh agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal, yang akan diuraikan dibawah ini :

1. Agregat

a. Pengertian agregat

Berdasarkan (Departemen Pekerjaan Umum–Direktorat Jenderal Bina Marga. 1998) agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya berupa hasil alam atau buatan. Agregat adalah partikel mineral yang berbentuk butiran-butiran yang merupakan salah satu penggunaan dalam kombinasi dengan berbagai macam tipe mulai dari sebagai bahan material di semen untuk membentuk beton, lapis pondasi jalan, material pengisi, dan lain-lain (Harold N. Atkins, PE. 1997). Sedangkan secara umum agregat didefinisikan sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat (Silvia Sukirman, 2003).

Beberapa pendapat di atas, maka dapat diartikan bahwa agregat sebagai suatu kumpulan butiran batuan yang berukuran tertentu yang diperoleh dari hasil alam langsung maupun dari pemecahan batu besar ataupun agregat yang disengaja dibuat untuk tujuan tertentu. Seringkali agregat diartikan pula sebagai suatu bahan yang bersifat keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan pengisi campuran. Agregat dapat berupa berbagai jenis butiran atau pecahan batuan, termasuk di dalamnya antara lain: pasir, kerikil, agregat pecah, abu/debu agregat dan lain-lain (Harold N. Atkins, PE. 1997).

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.

2.5 Bahan Penyusun Perkerasan Jalan

Bahan lapis perkerasan jalan terdiri dari agregat dan bahan ikat aspal yang diikat menjadi suatu campuran aspal yang *solid* dan biasanya digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan raya. Pada pekerjaan diperlukan bahan-bahan penyusun antara lain sebagai berikut :

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

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

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

a. Agregat kasar

Agregat kasar adalah material yang tertahan pada saringan no.4 (4,75 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 :

Tabel 2.5 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 3407:2008	Maks.12% Maks. 18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi	SNI 2417:2008	Maks. 30%
	Semua jenis campuran bergradasi lainnya		Maks. 40%

Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Maks. 95%
Butir Pecah pada agregat kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90
	Lainnya		95/90
Partikel pipih dan lonjong	SMA	ASTM D4791 Perbandingan 1:5	Maks. 5%
	Lainnya		Maks. 10%
Material lolos Ayakan No.200		SNI 03-4142-1996	Maks. 1%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 perkerasan Aspal

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.4 (4,75 mm). 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 2.6 di bawah :

Tabel 2.6 Spesifikasi Gradasi Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03 – 4428 - 1997	Min 50%
Material Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%
Kadar Lempung	SNI 03 - 4141 - 1996	Maks 1%
Uji kadar rongga tanpa pemadatan	SNI 03 - 6877 - 2002	Min. 45

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

Agregat merupakan komponen utama dari struktur utama perkerasan jalan yaitu 90–95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75–85 % agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

2.5.2. Jenis Agregat

Adapun jenis – jenis dari agregat itu adalah sebagai berikut :

- a. Agregat siap pakai adalah agregat yang dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan dengan bentuk dan ukuran sebagaimana diperoleh di lokasi asalnya, atau dengan sedikit proses pengolahan. Agregat ini berbentuk melalui proses erosi dan degradasi. Agregat siap pakai sering disebut sebagai agregat alam. Agregatnya cenderung bulat – bulat, dengan tekstur permukaan licin. Proses degradasi agregat di bukit-bukit akan membentuk agregat

bersudut dan kasar. Dua bentuk dan ukuran agregat alam yang sering dipergunakan sebagai material perkerasan jalan yaitu kerikil dan pasir.

b. Agregat yang perlu diolah terlebih dahulu sebelum dipakai adalah agregat yang diperoleh di bukit – bukit, di gunung – gunung, ataupun di sungai – sungai. Agregat di gunung dan di bukit umumnya ditemui dalam masif, sehingga perlu dilakukan pemecahan dahulu supaya dapat diangkat ke tempat mesin pemecah batu (Stone Crusher). Sungai – sungai yang membawa agregat di musim hujan, umumnya membawa agregat berukuran besar sehingga tidak memenuhi persyaratan ukuran yang ditentukan. Guna dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan, agregat ini harus diolah dulu secara manual, dengan mempergunakan tenaga manusia atau melalui proses mekanis di mesin pemecah batu. Agregat yang berasal dari gunung, bukit, sungai yang perlu melalui proses pengolahan terlebih dahulu di mesin pemecah batu, umumnya lebih baik sebagai material perkerasan jalan, karena mempunyai bidang pecahan bertekstur kasar dan ukuran agregat sesuai yang diinginkan.

Di samping itu terdapat pula agregat hasil olahan pabrik seperti semen dan kapur atau limbah industri seperti abu terbang. Berdasarkan ukuran butirannya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat

halus dan bahan pengisi (filler). Batasan masing – masing agregat ini seringkali berbeda sesuai institusi yang menentukannya.

2.5.3. Sifat Sifat fisik Agregat

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

a. Ukuran Butir

Ukuran agregat dalam suatu campuran beraspal terdistribusi dari berukuran besar sampai yang terkecil. Semakin besar ukuran maksimum agregat yang di pakai semakin banyak variasi ukurannya dalam campuran tersebut.

Mineral pengisi dan mineral abu dapat terjadi secara almhiah atau dapat juga di hasilkan dari proses pemecahan batuan atau proses buatan. Mineral ini penting artinya untuk mendapatkan campuran yang padat, berdaya tahan dan kedap air. Perubahan sifat dari campuran ini bisa terjadi hanya karena sedikit perubahan dalam jumlah atau sifat dari bahan pengisi atau mineral debu yang digunakan. Oleh karena itu jenis dan jumlah mineral pengisi atau debu yang di gunakan dalam campuran haruslah dikontrol dengan seksama.

b. Kebersihan Agregat

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

c. Kekerasan

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

d. Bentuk butir agregat

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

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 hidrophilik (suka air) adalah agregat yang memiliki kelekatan terhadap aspal yang rendah. Sehingga agregat jenis ini cenderung terpisah dari film aspal bila terkena air. Kuarsit dan beberapa jenis granit adalah contoh agregat hidrophilik. Ada beberapa metode uji untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal dan kecenderungannya untuk mengelupas (stripping). Salah satu diantaranya dengan merendam agregat yang telah terselimuti aspal kedalam air, lalu diamati secara visual. Tes lainnya adalah dengan melakukan perendaman mekanik. Tes ini menggunakan 2 contoh campuran, satu direndam dalam air dan diberikan energi mekanik dengan cara pengadukan, dan satunya lagi tidak. Kemudian kedua contoh ini diuji kekuatannya. Perbedaan

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

2.5.4. Klasifikasi Agregat Berdasarkan Asalnya

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

a. Agregat Alam

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

b. Agregat yang Diproses

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

Penyaringan yang dilakukan pada agregat yang telah di pecahkan akan menghasilkan partikel agregat dengan rentang gradasi tertentu.

c. Agregat Buatan

Agregat ini didapatkan dari proses kimia atau fisika dari beberapa material sehingga menghasilkan suatu material baru yang sifatnya menyerupai agregat, salah satu contohnya adalah Slag, Batuan ini adalah substansi nonmetalik yang didapat dari hasil sampingan produksi yang timbul ke permukaan dari pencairan/peleburan biji besi selama proses peleburan. Beberapa jenis dari agregat ini merupakan hasil sampingan dari proses industri dan dari proses material yang sengaja diproses agar dapat digunakan sebagai agregat atau sebagai material pengisi (*Filler*).

2.6. 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. Satu set saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 1½ inci, 1inci, ¾ inci, ½ inci, 3/8 inci, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No. 200. Ukuran saringan dalam ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan, sedangkan nomor saringan menunjukkan banyaknya bukaan dalam 1 inci persegi. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase lolos, atau persentase tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat. Gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Seluruh spesifikasi

perkerasan mensyaratkan bahwa partikel agregat halus berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Distribusi dari variasi ukuran butir agregat ini disebut gradasi agregat. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan workability (mudah dikerjakan) dan stabilitas campuran. Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat harus melalui satu set saringan. Ukuran saringan menyatakan ukuran bukaan jaringan kawatnya dan nomor saringan menyatakan banyaknya bukaan jaringan kawat per inchi persegi dari saringan tersebut. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase berat masing-masing yang lolos pada saringan tertentu. Persentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan. Gradasi dapat dibedakan atas :

a. Gradasi seragam (*uniform graded*)

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

b. Gradasi rapat (*dense graded*)

Gradasi rapat adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus, sehingga disebut gradasi menerus atau

gradasi baik (well graded). Campuran dengan gradasi ini memiliki stabilitas yang tinggi, agak kedap terhadap air dan memiliki berat isi yang besar.

c. Gradasi senjang (gap graded)

Gradasi senjang adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali. Gradasi yang ditentukan pada Spesifikasi Bina Marga 2018 dapat dilihat pada Tabel 2.7. di bawah ini :

Tabel 2.7 Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal

Ukuran ayakan		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat				
		Laston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	WC	Base	WC	BC	Base
1 1/2"	37,5	-	-	-	-	100
1"	25	-	-	-	100	90-100
3/4"	19	100	100	100	90-100	76 - 90
1/2"	12,5	90-100	90-100	90-100	75 – 90	60 - 78
3/8"	9,5	75 - 85	65 - 90	77 - 90	66 – 82	52 - 71
No.4	4,75	-	-	53 - 69	46 – 64	35 - 54
No.8	2,36	50 - 72	35 - 55	33 - 53	30 – 49	23 - 41
No.16	1,18	-	-	21 - 40	18 – 38	13 - 30
No.30	0,600	35 - 60	15 - 35	14 - 30	12 – 28	10 - 22
No.50	0,300	-	-	9 - 22	7 – 20	6 - 15

Ukuran ayakan		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat				
		Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	WC	Base	WC	BC	Base
No.100	0,150	-	-	6 - 15	5 – 13	4 - 10
No.200	0,075	6 - 10	2 - 9	4 - 9	4 – 8	3 - 7

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

2.7. Filler (Bahan Pengisi)

Bahan pengisi (*filler*) adalah agregat yang dalam analisa gradasi merupakan lolos saringan No. 200. (diameter 0.075 mm), dapat terdiri dari debu batu, kapur padam dan semen Portland, atau bahan non plastis lainnya. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu. Bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk bambu. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas gumpalan-gumpalan dan mempunyai sifat non plastis dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136:2012 harus mengandung bahan lolos ayakan no.200. Fungsi filler dalam campuran adalah :

- a. Sebagai pengisi antara agregat yang lebih kasar, sehingga rongga udara menjadi lebih kecil dan menghasilkan tahanan gesek serta penguncian antar butir yang tinggi, dengan demikian akan meningkatkan stabilitas campuran.
- b. jika ditambahkan ke dalam laston, bahan pengisi akan menjadi suspensi, sehingga terbentuk mastik yang bersama-sama dengan

laston mengikat partikel agregat. Dengan penambahan bahan pengisi, laston menjadi lebih kental, dan campuran agregat laston menjadi bertambah kekuatannya.

Kadar filler dalam campuran beton laston akan berpengaruh pada proses campuran penghamparan, dan pemadatan. Selain itu, filler juga mempengaruhi sifat elastisitas campuran dan sensitivitasnya terhadap air

2.8 Serbuk Batu Bata

Bahan pengisi (*filler*) yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI 03-4142-1996 harus mengandung bahan yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) . namun jumlah filler harus dibatasi pada suatu batas yang menguntungkan. Bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk batu bata. Batu bata merupakan batu yang dibuat untuk keperluan konstruksi seperti pembuatan dinding dan tembok. Bahan dasar pembuatan batu bata merah ini bersifat plastis. Tanah liat ini sebagai bahan dasar pembuatan batu bata merah mengalami proses pembakaran dengan temperatur tinggi di atas 8000C hingga mengeras seperti batu (Wulandari, 2011).

Definisi batu bata menurut SNI 15-2094-2000 merupakan suatu bahan bangunan yang berbentuk prisma segiempat panjang, pejal atau berlubang dengan volume lubang maksimum 15%, dan digunakan untuk konstruksi dinding bangunan, yang dibuat dari tanah liat atau tanpa dicampur bahan aditif dan dibakar pada suhu tertentu. Banyak penelitian

yang memanfaatkan batu bata sebagai filler untuk perkerasan jalan maupun untuk keperluan konstruksi bangunan beton karena sifatnya yang keras dan tahan terhadap kuat tekan. Batu bata memiliki kandungan SiO_2 , Al_2O_3 dan Fe_2O_3 lebih dari 70% sehingga tergolong sebagai pozzolan aktif (Widodo, 2004).

Pembuatan batu bata harus memiliki standardisasi, karena dalam pembuatan batu bata merupakan syarat mutlak dan menjadi suatu acuan penting dari sebuah industri di suatu negara khususnya di Indonesia. Standardisasi menurut Organisasi Internasional (ISO) merupakan proses penyusunan dan pemakaian aturan-aturan untuk melaksanakan suatu kegiatan secara teratur demi keuntungan dan kerjasama semua pihak yang berkepentingan, khususnya untuk meningkatkan ekonomi keseluruhan secara optimum dengan memperhatikan kondisi-kondisi fungsional dan persyaratan keamanan.



Gambar 2.5 Serbuk Batu Bata

2.9 Air Laut

2.9.1 Pengertian Air Laut

Air laut adalah kumpulan air asin yang sangat banyak dan luas di permukaan bumi yang memisahkan dan menghubungkan suatu benua dengan benua lainnya dan suatu pulau dengan pulau lainnya. Laut merupakan wilayah yang paling luas di permukaan bumi, dengan luas mencapai 70% dari seluruh permukaan dunia, dan memiliki sifat korositas yang sangat agresif. Secara umum derajat keasaman air laut berkisar antara 8,2 sampai dengan 8,4 dimana mengandung air sebanyak 96,5%, sedangkan material terlarut dalam bentuk molekul dan ion sebanyak 3,5%. Material yang terlarut tersebut 89% terdiri dari garam chlor sedangkan sisanya 11% terdiri dari unsur-unsur lainnya.

Garam-garaman utama yang terdapat dalam air laut adalah klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), dan

sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromide, asam borak, strontium, dan florida. Tiga sumber utama garam-garaman di laut adalah pelapukan batuan di darat, gas-gas vulkanik, dan sirkulasi lubang-lubang hidrotermal (hydrothermal vents) di laut dalam.

Beberapa hal yang menyebabkan air laut sangat bersifat agresif dan sangat merusak adalah sebagai berikut :

1. Air laut merupakan elektrolit yang memiliki sifat konduktivitas tinggi.
2. Mempunyai kandungan oksigen terlarut yang tinggi.
3. Temperatur permukaan air laut umumnya tinggi.
4. Ion klorida yang terkandung pada air laut merupakan ion agresif.

2.9.2 Karakteristik Air Laut

Karakteristik massa air perairan Indonesia umumnya dipengaruhi oleh sistem angin muson yang bertiup di wilayah Indonesia dan adanya arus lintas Indonesia (arindo) yang membawa massa air Lautan Pasifik Utara dan Selatan menuju Lautan Hindia. Pengaruh tersebut mengakibatkan suhu permukaan perairan Indonesia lebih dingin dengan salinitas yang lebih tinggi sebagai pengaruh terjadinya upwelling di beberapa daerah selama musim timur dan juga akibat dari masuknya massa air Lautan Pasifik, sedangkan pada musim barat, suhu permukaan perairan lebih hangat dengan salinitas yang lebih rendah. Rendahnya salinitas akibat pengaruh massa air dari Indonesia bagian barat yang banyak muara sungai-sungai besar. Di bawah ini merupakan karakteristik air laut secara umum.

a. Temperatur

Perubahan temperatur air laut disebabkan oleh perpindahan panas dari massa yang satu ke massa yang lainnya. Kenaikan temperatur permukaan laut disebabkan oleh: radiasi dari angkasa dan matahari, konduksi panas dari atmosfer, kondensasi uap air, penurunan temperatur permukaan laut disebabkan oleh : radiasi balik permukaan laut ke atmosfer, konduksi balik panas ke atmosfer, evaporasi (penguapan) dan matahari mempunyai efek yang paling besar terhadap perubahan suhu permukaan laut. Variasi perubahan temperatur dipengaruhi juga oleh posisi geografis wilayah perairan. Para Ahli Oseanografi membagi pola temperatur dalam arah vertikal menjadi tiga lapisan, yaitu Well-mixed surface layer (10 - 500 m), Thermocline lapisan transisi (500 - 1000 m), lapisan yang relatif homogen dan dingin (> 1000 m) dan lapisan Thermocline merupakan lapisan dimana kecepatan perubahan temperatur cepat sekali.

b. Salinitas

Salinitas yang tersebar di dalam laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai. Perairan dengan tingkat curah hujan tinggi dan dipengaruhi oleh aliran sungai memiliki salinitas yang rendah, sedangkan perairan yang memiliki penguapan yang tinggi maka salinitas perairannya tinggi pula. Selain itu pola sirkulasi juga berperan dalam penyebaran salinitas di suatu perairan. Secara vertikal nilai salinitas air laut akan semakin besar

dengan bertambahnya kedalaman. Di perairan laut lepas, angin sangat menentukan penyebaran salinitas secara vertikal. Pengadukan di dalam lapisan permukaan memungkinkan salinitas menjadi homogen.

Lautan terdiri dari air sebanyak 96,5%, material terlarut dalam bentuk molekul dan ion sebanyak 3,5%, material yang terlarut tersebut 89 % terdiri dari garam Chlor, sedangkan sisanya 11% terdiri dari unsur-unsur lainnya. Salinitas adalah jumlah total material terlarut (yang dinyatakan dalam gram) yang terkandung dalam 1 kg air laut. Salinitas air laut di seluruh wilayah perairan di dunia berkisar antara 33 - 37 per mil , dengan nilai median 34,7 per mil, namun di 21 Laut Merah dapat mencapai 40 per mil. Salinitas air laut tertinggi terjadi di sekitar wilayah ekuator, sedangkan terendah dapat terjadi di daerah kutub walaupun pada kenyataannya sekitar 75% air laut mempunyai salinitas antara 34,5 per mil - 35,0 per mil.

c. Densitas

Densitas air laut merupakan jumlah massa air laut per satu satuan volume. Densitas merupakan fungsi langsung dari kedalaman laut, serta dipengaruhi juga oleh salinitas, temperatur, dan tekanan. Pada umumnya nilai densitas (berkisar antara 1,02 - 1,07 gr/cm³) akan bertambah sesuai dengan bertambahnya salinitas dan tekanan serta berkurangnya temperatur. Perubahan densitas dapat disebabkan oleh proses vaporasi di permukaan laut dan massa air, dimana pada

kedalaman < 100 m sangat dipengaruhi oleh angin dan gelombang sehingga besarnya densitas relatif homogen.

Sebaran densitas secara vertikal ditentukan oleh proses pencampuran dan pengangkatan massa air. Penyebab utama dari proses tersebut adalah tiupan angin yang kuat. Lukas and Lindstrom (1991), mengatakan bahwa pada tingkat kepercayaan 95 % terlihat adanya hubungan yang positif antara densitas dan suhu dengan kecepatan angin, dimana ada kecenderungan meningkatnya kedalaman lapisan tercampur akibat tiupan angin yang sangat kuat. Secara umum densitas meningkat dengan meningkatnya salinitas, tekanan atau kedalaman, dan menurunnya temperatur.

Air laut yang digunakan sebagai air rendaman benda uji marshall diambil dari Pantai Tanjung Bayam, kec. Ujung Pandang, kota Makassar yang mempunyai kandungan salinitas permukaan 3,31% sampai 3,46% per 1 liter air laut dan mempunyai suhu permukaan sebesar 28,0°C sampai 29,7°C

2.10 Marshall Test

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

2.10.1 Parameter Marshall Campuran Aspal Beton

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. 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 VFA, Nilai VIM yang besar menyebabkan berkurangnya

Interlocking resistance campuran dan dapat berakibat timbulnya deformasi. Nilai VFA yang berlebihan juga menyebabkan aspal dalam campuran berubah konsistensinya menjadi pelicin antar batuan. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan. Akan tetapi campuran yang memiliki angka kelelahan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka kelelahan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah

berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai *flow*.

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

3. 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 porous. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi. Air akan melarutkan komponen-komponen yang akan teroksidasi sehingga mengakibatkan terus berkurangnya kadar aspal dalam campuran. Penurunan kadar aspal dalam campuran menyebabkan lekatan antara butiran agregat berkurang sehingga terjadi pelepasan butiran (*revelling*) dan pengelupasan permukaan (*stripping*) pada lapis perkerasan.

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

VIM adalah persentase antara rongga udara dengan volume total ampuran 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

4. Void In The Mineral Aggregate (VMA)

Menurut Sukirman (2007:85) rongga antar mineral agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dihitung berdasarkan berat jenis bulk (G_{sb}) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume bulk campuran yang dipadatkan. 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 14%.

5. **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*

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.

Rancangan campuran berdasarkan Metode *Marshall* ditemukan oleh Bruce *Marshall*, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun

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

Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji) berkapasitas 22,2 kN (5000 lbs) dan flow meter. II-52 Proving ring digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan flow meter untuk mengukur kelelahan plastis atau flow. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm). Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76. Secara garis besar pengujian Marshall meliputi: persiapan benda uji, penentuan berat jenis bulk dari benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan flow, dan perhitungan sifat volumetric benda uji. Pada persiapan benda uji, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain :

- a) Jumlah benda uji yang disiapkan.
- b) Persiapan agregat.
- c) Penentuan temperatur pencampuran dan pemadatan.
- d) Persiapan campuran aspal beton.
- e) Pemadatan benda uji.
- f) Persiapan untuk pengujian Marshall.

2.11 Penelitian terdahulu

Penelitian yang terkait dengan penelitian ini yaitu penelitian olen

Esentia (2014) dengan judul “Pengaruh Penggantian Sebagian Filler Semen Dengan Kombinasi 40% Serbuk Batu Bata dan 60% Abu Cangkang Lokan pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)”. Dalam penelitian ini menggunakan kondisi KAO 6%, 5,75% dan 6,5% dengan perbandingan komposisi filler 100:0, 50:50 dan 0:100. Dari hasil pengujian karakteristik marshall dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas semakin meningkat seiring dengan pergantian filler dan stabilitas terbaik dihasilkan oleh komposisi filler 0:100 (yang mengandung kapur dan silika yang tinggi) sebesar 926,545 kg dan kerapatan rongga campuran (VIM) yang kecil sebesar 3,226%

Novita Dewi (2017), melakukan penelitian tentang dampak rendaman air laut terhadap durabilitas dan karakteristik marshall pada campuran *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)*. Penelitian ini dilakukan dengan variasi kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% terhadap berat total agregat untuk menentukan kadar aspal. Kemudian membuat benda uji untuk perendaman variasi dipilih dengan lama perendaman 72 jam, 170 jam dan 168 jam. Kemudian dilakukan pengujian *Marshall* dan Analisa durabilitas yang terdiri dari Indeks Kekuatan Sisa (IKS) Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada nilai KAO 5,4% nilai IKA perendaman 24 jam sebesar 92,90%, dengan syarat minimum 90%, cukup awet berdasarkan nilai IKS. Nilai IDP terus bertambah hingga bernilai 0,801% < 1% sehingga cukup durable pada

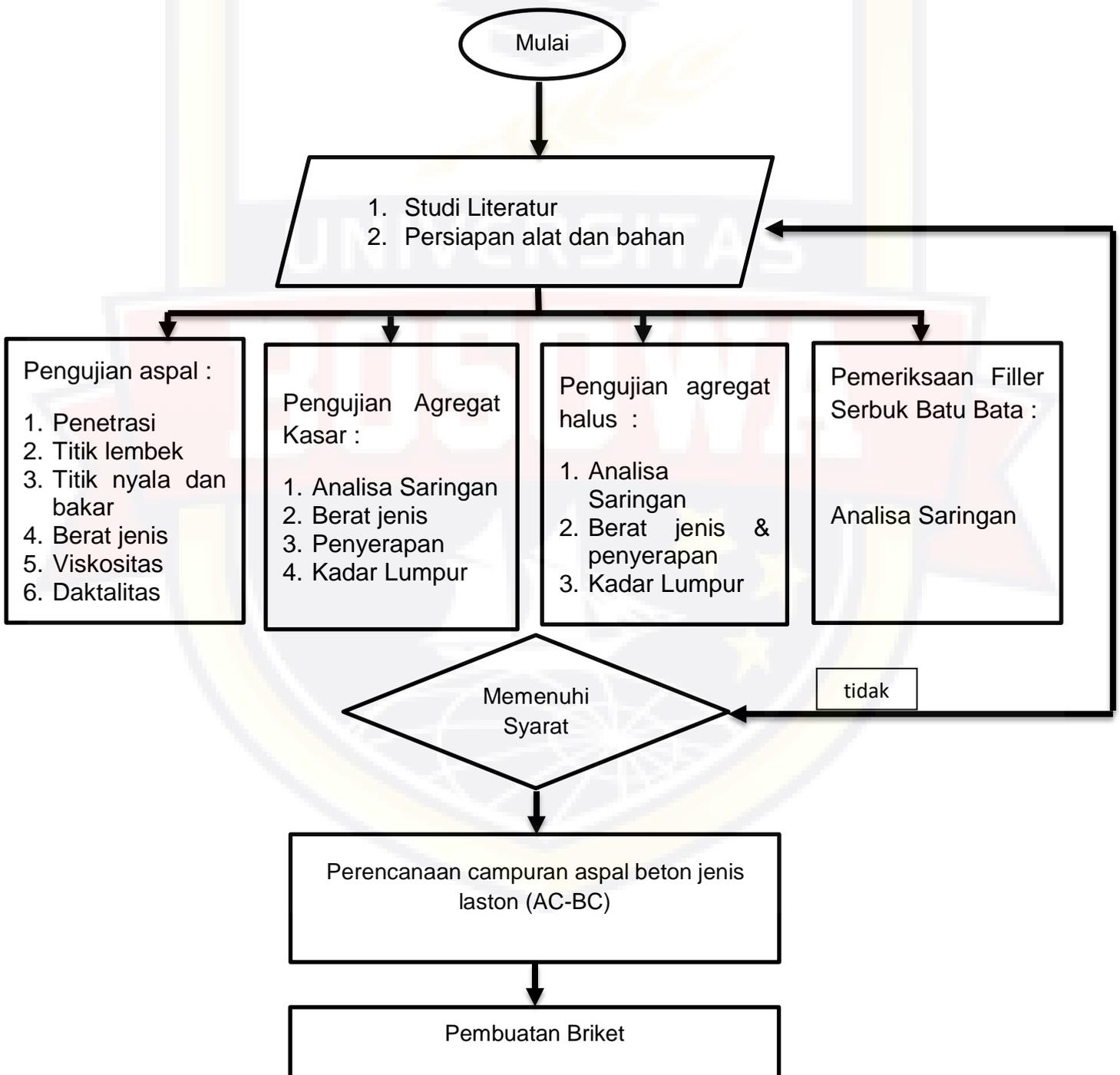
perendaman 120 jam. Nilai IDK total selama 168 jam perendaman bernilai 14,22% dengan batas waktu tolerir selama 111,04 jam. Nilai IDP dan IDK mengindikasikan bahwa campuran AC-BC terus kehilangan kekuatan selama 168 jam perendaman. Pengaruh rendaman terhadap karakteristik Marshall pada parameter stabilitas, VIM dan VMA mengalami peningkatan, sedangkan pada nilai parameter VFWA, flow dan MQ mengalami penurunan tren selama perendaman. Pengaruh lama perendaman terhadap parameter karakteristik Marshall menunjukkan bahwa properties Marshall mengalami waktu kritis pada lama rendaman 60 jam.

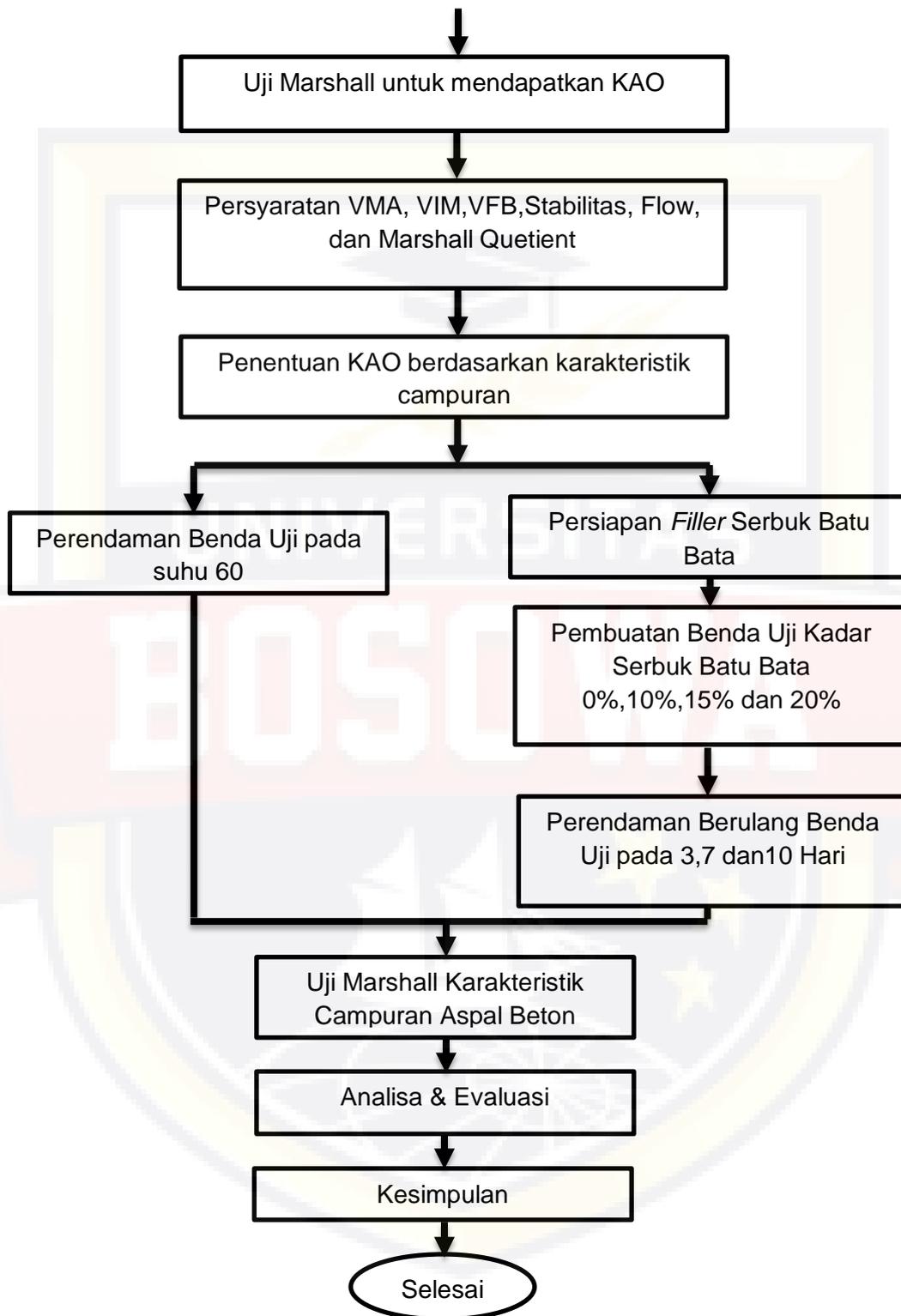
Yusep Daiman, dkk (2019). Melakukan penelitian tentang Penggunaan Serbuk Batu Bata merah sebagai pengganti filler pada campuran Laston Lapis Aus (AC-WC). Dari hasil pengujian Marshall menggunakan filler serbuk batu bata didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,4%, nilai kepadatan sebesar 2,303 gr/cc, nilai VMA sebesar 18,41%, nilai VIM sebesar 3,10%, nilai VFA sebesar 83,16%, nilai Stabilitas sebesar 1029 kg, nilai Kelelehan (Flow) Sebesar 3,45 mm, nilai stabilitas sisa sebesar 94,86% dan nilai VIM PRD sebesar 2,69%. Dari hasil data yang diperoleh dalam pengujian dapat disimpulkan bahwa penggunaan campuran bahan tambah serbuk batu bata merah sebagai filler untuk campuran Laston AC-WC memenuhi kriteria dan persyaratan yang disyaratkan Bina Marga (revisi 3) tahun 2010.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alur Penelitian





Gambar 3.1 Bagian alur penelitian

3.2 Lokasi Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar (Batu pecah 2-3, 1-2 dan Batu pecah 0,5-1) dan agregat Halus (Abu Batu), bahan bakunya diperoleh dari Bili-bili, Kab. Gowa – Sulawesi Selatan dan Serbuk Batu Bata yang diambil dari bongkahan sisa pembangunan yang berada di Dusun Samanggi Kab. Maros, Sulawesi Selatan.

3.3 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Apal dan Bahan Jalan Univeristas Bosowa.

3.4 Waktu Pelaksanaan

Waktu Pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2022.

3.5 Persiapan Peralatan dan Pengambilan Sampel.

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

3.5.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus

a. Tujuan

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

b. Rumus :

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

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

3.5.2 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. Rumus :

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

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

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

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

3.5.3. 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. Rumus :

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

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

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

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

keterangan :

Bk = Berat contoh kering oven

B = Berat picnometer + air

Bt = Berat picnometer + air + benda uji

3.5.4. 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.

b. 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
4. Timbangan digital, ketelitian 0,001 gr
5. Oven
6. Wadah
7. Stopwatch

c. Benda Uji :

Agregat yang lolos saringan 37,5 mm (1 1/2") sebanyak 5000 gr

d. 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

e. Rumus :

$$\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \dots \dots \dots (3.12)$$

Keterangan:

W1 = Berat benda uji semula

W2 = Berat benda uji tertahan saringan no. 12

3.5.5. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

a. Tujuan

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

b. Perhitungan

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{(A-B)}{A} \times 100 \dots \dots \dots (3.13)$$

Dimana : A = Berat awal (gram)

B = Berat akhir (gram)

3.5.6. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

a. Tujuan

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

b. Perhitungan

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{(A-B)}{A} \times 100 \dots \dots \dots (3.14)$$

Dimana : A = Berat awal (gram)

B = Berat akhir (gram)

3.6. Pemeriksaan Aspal

3.6.1. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis aspal dengan menggunakan piknometer. Berat jenis aspal adalah perbandingan

antara berat aspal dengan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

b. Rumus :

$$\text{Berat jenis aspal} = \frac{(C-A)}{(B-A)-(D-C)} \dots\dots\dots(3.15)$$

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)

3.6.2. Pemeriksaan Penetrasi Aspal

a. Tujuan :

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

3.6.3. Pemeriksaan Viskositas

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan temperatur pencampuran dan temperatur pemadatan.

3.6.4. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar dari semua jenis hasil aspal minyak bumi. Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suhu titik diatas permukaan aspal.

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

3.6.5. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

a. Tujuan :

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

3.6.6 Penentuan Jumlah Benda Uji

Dalam perhitungan dibawah ini, kadar aspal yang digunakan di tabel 3.1 hanya merupakan sampel dan digunakan untuk menghitung jumlah aspal.

Tabel 3.1 Perhitungan Benda Uji

Uraian Kegiatan Pengujian					Jumlah Benda Uji	Jumlah
1. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)						
Variasi Kadar Aspal (%)				AC-BC	AC-BC	
4.5		3		3	3	3
5		3		3	3	3
5.5		3		3	3	3
6		3		3	3	3
6.5		3		3	3	3
2. Pengujian Briket Normal						
Kadar Aspal Optimum (%)		Waktu (Menit/Jam)		AC-BC	Jumlah	
KAO		30 Menit		3	3	
KAO		24 Jam		3	3	
3. Variasi Pengganti Sebagian Filler Serbuk Batu Bata dengan Perendaman Berulang						
Kadar Aspal %	Serbuk Batu Bata (%)	Siklus (Hari)			AC-BC	Jumlah
KAO	0	3	7	10	3	9
KAO	10	3	7	10	3	9
KAO	15	3	7	10	3	9
KAO	20	3	7	10	3	9
Total Benda Uji						57

3.6.7. Perancangan Agregat Gabungan

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

3.6.8. Perhitungan Kadar Aspal Optimum Rencana (KAO) / Pb

Rumus umum untuk menghitung perkiraan awal kadar aspal optimum (KAO) pada campuran adalah :

$$Pb = 0,035 (\% \text{Agregat Kasar}) + 0,045 (\% \text{Agregat Halus}) + 0,18 (\% \text{Filler}) + K$$

Dimana :

Pb = Kadar aspal perkiraan

Filler = Persen agregat lolos saringan No.200 (serbuk batu bata)

K = Nilai konstanta 0,5-1,0

3.6.9. Pembuatan Briket / Benda Uji

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. Timbang masing-masing agregat dan aspal sesuai dengan presentase gabungan yang didapat.
4. Panaskan agregat dengan menggunakan panis sampai suhu 165°C
5. Tuangkan serbuk batu bata dan aspal penetrasi 60/70 aduk sampai merata
6. Kemudian tuangkan serbuk batu bata dan aspal tersebut 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.

3.7. Pengetesan Benda Uji I Dengan Alat Marshall

Bertujuan untuk menentukan Stabilitas, *Flow*, *Air Void*, *Void Filled* dan *Marshall Quotient* campuran aspal beton.

Prosedur pengetesan adalah benda uji yang telah dipadatkan dan didinginkan kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji diudara, kemudian rendam dalam air selama 24 jam pada suhu ruang, kemudian timbang dalam air untuk mendapatkan berat benda uji dalam air, lalu benda uji diangkat dan dilap kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat kering permukaan jenuh (SSD).

Sebelum diadakan pengetesan dengan alat *marshall* benda uji terlebih dahulu direndam dalam air dengan suhu 60°C selama 30 menit. Setelah 30 menit dikeluarkan benda uji lalu kemudian tes dengan alat *marshall*.

Dari pengetesan benda uji akan diperoleh data stabilitas dan Flow sebagai dasar untuk menentukan sifat-sifat campuran. Rancangan campuran yang digunakan dalam penelitian ini yaitu AC-BC.

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 optimal.

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 2-3	Gradasi Batu Pecah 1-2	Gradasi Batu Pecah 0,5-1	Abu batu	Semen
1"	10	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19	40.33	100.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12,5	1.01	31.07	98.60	100.00	100.00
3/8"	9,5	0.95	10.55	86.94	99.72	100.00
#4	4,75	0.77	9.03	51.21	98.79	100.00
#8	2,36	0.75	5.66	24.63	88.23	100.00
#16	1,18	0.74	3.96	17.01	61.91	100.00
#30	0,6	0.73	3.37	12.46	43.22	100.00
#50	0,3	0.71	0.60	11.17	21.21	100.00
#100	0,14	0.70	0.50	6.20	18.38	100.00
#200	0,075	0.65	0.44	3.83	10.55	95.07

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

b. Pemeriksaan berat jenis agregat kasar (batu pecah 1-2 dan batu pecah 05-1):

Rumus :

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} &= \frac{B_k}{B + 500 - B_t} \\ \text{Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)} &= \frac{500}{B + 500 - B_t} \\ \text{Berat jenis semu (Apparent Specific Gravity)} &= \frac{B_k}{B + B_k - B_t} \\ \text{Penyerapan (Absorption)} &= \frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100\% \end{aligned}$$

Keterangan :

B_k = Berat benda kering oven

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)

B_a = Berat benda uji di dalam air

Tabel 4. 2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Pecah 2-3, 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 2-3)				
1. Bulk	SNI 1969:2016	2.56	-	-
2. SSD		2.62	-	-
3. Semu		2.71	Min 2,5	-
4. Penyerapan		2.15	Max 3	-
Berat Jenis dan Penyerapan (Batu Pecah 1-2)				
1. Bulk	SNI 1969:2016	2.58	-	-
2. SSD		2.65	-	-
3. Semu		2.77	Min 2,5	-
4. Penyerapan		2.71	Max 3	-

Berat Jenis dan Penyerapan (Batu Pecah 0,5-1)				
1. Bulk	SNI 1969:2016	2.54	-	-
2. SSD		2.61	-	-
3. Semu		2.74	Min 2,5	-
4. Penyerapan		2.87	Max 3	-

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

c. Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu :

Rumus :

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

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

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

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

Keterangan :

SSD = Berat benda uji kering permukaan jenuh

B_k = Berat benda kering oven

B = Berat piknometer + air

B_t = Berat piknometer + air + benda uji

Tabel 4. 3. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu

Jenis Pemeriksaan	Metode Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	AASHTO T27-82			%
Berat Jenis dan Penyerapan Abu Batu				
1. Bulk	SNI 1970:2016	2.48	-	-
2. SSD		2.54	-	-
3. Semu		2.65	Min 2,5	-
4. Penyerapan		2.53	Max 3	-

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

4.1.2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Minyak

Hasil pengujian sifat-sifat fisik aspal sesuai hasil pengujian dan penelitian, diperlihatkan pada Tabel 4.6. 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	mm
2.	Titik Lembek (ring dan Ball)	SNI-06-2456-1991	48	58	51	%
3.	Berat jenis (25° C)	SNI-06-2456-1991	1	-	1,02	gr/ml
4.	Daktalitas (25° C, 5 cm/menit)	SNI-06-2456-1991	100	-	120	mm
5.	Titik Nyala dan Titik Bakar	SNI-06-2456-1991	200	-	272,5	%
6.	Viskositas Pencampuran		130	165	162	°C
7.	Viskositas Pemadatan		120	140	131	°C

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

4.1.3. Analisa Rencana Campuran

- Penentuan Komposisi Agregat Gabungan

Dengan metode coba-coba (*Trial And Error*) tersebut diperoleh komposisi agregat gabungan untuk campuran aspal panas AC-BC 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-BC Standar*) berdasarkan hasil perhitungan pada lampiran adalah:

- Batu Pecah 2 – 3 = 9%
- Batu Pecah 1 – 2 = 11%
- Batu Pecah 0,5 – 1 = 50%
- Abu Batu = 29%
- Filler = 1%

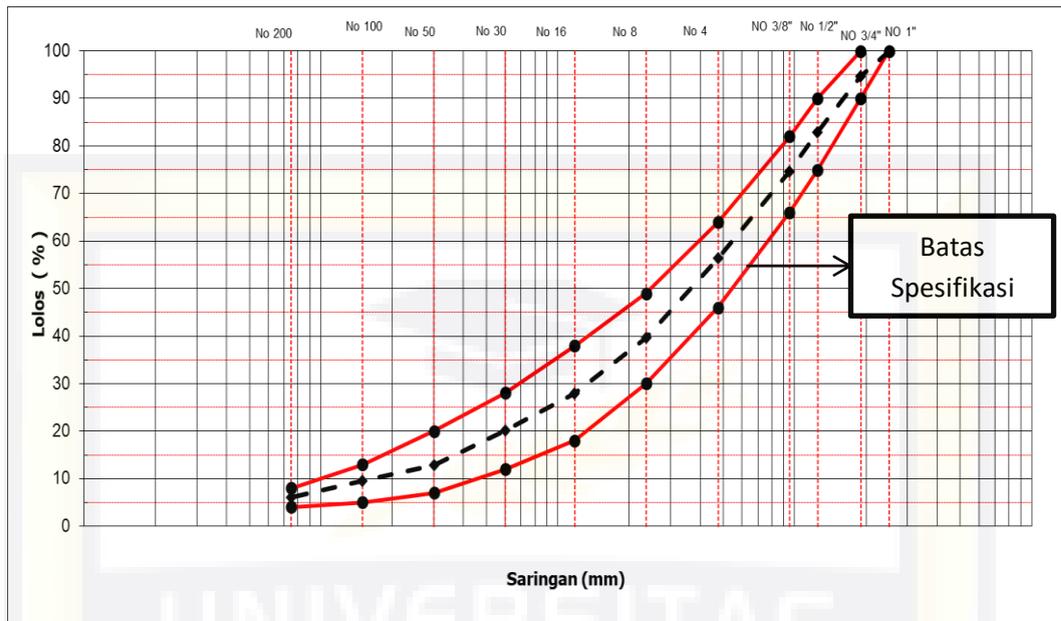
Contoh Perhitungan untuk nilai persentase agregat gabungan untuk campuran aspal panas (*AC – BC*) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Gradasi Penggabungan Agregat} &= \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times a + \\ &\frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times b + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times c + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times d \\ &= \frac{9}{100} \times 100 + \frac{11}{100} \times 100 + \frac{50}{100} \times 100 + \frac{29}{100} \times 100 + \frac{1}{100} \times 100 \\ &= 100\% \end{aligned}$$

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

Tabel 4.5. Rancangan Campuran Aspal Panas AC-BC

No. Saringan	Gradasi Agregat (Rata-rata)					Gradasi Penggabungan Agregat (Combined) AC-BC	Spesifikasi 2018
	Batu Pecah 2-3	Batu Pecah 1-2	Batu Pecah 0,5-1	Abu Batu	Filler	I	
1"	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100
3/4"	40.33	100.00	100.00	100.00	100.00	94.63	90-100
1/2"	1.01	31.07	98.60	100.00	100.00	82.81	75-90
3/8"	0.95	10.55	86.94	99.72	100.00	74.64	66-82
#4	0.77	9.03	51.21	98.79	100.00	56.32	46-64
#8	0.75	5.66	24.63	88.23	100.00	39.59	30-49
#16	0.74	3.96	17.01	61.91	100.00	27.96	18-38
#30	0.73	3.37	12.46	43.22	100.00	20.20	12 - 28
#50	0.71	0.60	11.17	21.21	100.00	12.86	7 - 20
#100	0.70	0.50	6.20	18.38	100.00	9.55	5 - 13
#200	0.65	0.44	3.83	10.55	95.07	6.03	4 - 8
Komposisi Penggabungan Agregat (%)							
a. Batu Pecah 2-3					9		
b. Batu Pecah 1-2					11		
c. Batu Pecah 0,5-1					50		
d. Abu Batu					29		
e. Filler					1		
Luas Permukaan Agregat (M ² /Kg)					5.53		



Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Gambar 4.1. penggabungan gradasi KAO

4.2. Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

4.2.1. Perkiraan Kadar Aspal Optimum Rencana (Pb)

Penentuan kadar aspal untuk campuran aspal panas AC-BC

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0.035 (\text{Ag. Kasar}) + 0.045 (\text{Ag. Halus}) + 0.18 (\text{Filler}) + K \\
 &= 0.035 (60,41) + 0.045 (33,56) + 0.18 (6,03) + 0,75 \\
 &= 5,46 \% \geq 5,5\%
 \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\begin{aligned}
 \text{Agregat Kasar} &= \#1'' - \#8 \\
 &= 100 - 39,59 \\
 &= 60,41
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Agregat Halus} &= \#8 - \#200 \\
 &= 39,59 - 6,032 \\
 &= 33,55
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Filler} &= \#200 \\
 &= 6,032
 \end{aligned}$$

Kadar aspal yang didapatkan adalah 5,5%, dengan mengambil dua kadar aspal dibawah dan dua kadar aspal diatas menggunakan interval

0,5 % maka nilai tersebut adalah 4,5 % ; 5 % ; 5,5 % ; 6 %; 6,5 %. Agar nilai dalam grafik tidak keluar dari spesifikasi maka peneliti mengambil kadar aspal mulai dari 5.5 %

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 *modal* yang ada.

Perhitungan untuk campuran aspal panas *AC-BC* 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-BC*

Kadar Aspal = 5.5 %		100 % - 5.5 %						= 94.50	
Hasil Combine									
BP 2-3	9%	x	94.50	=	0.09	x	1200	=	102.06
VP 1-2	11%	x	94.50	=	0.1	x	1200	=	124.74
BP 0,5-1	50%	x	94.50	=	0.47	x	1200	=	567.00
Abu Batu	29%	x	94.50	=	0.27	x	1200	=	328.86
Filler	1%	x	94.50	=	0.01	x	1200	=	11.34
Aspal	5.5%	x					1200	=	66.00
									1200

Ket: Dalam satuan gram

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

Kadar Aspal	4.5	5	5.5	6	6.5
Batu Pecah 2-3	103.14	102.60	102.06	101.52	100.98
Batu Pecah 1-2	126.06	125.40	124.74	124.08	123.42
Batu Pecah 0,5-1	573.00	570.00	567.00	564.00	561.00
Abu Batu	332.34	330.60	328.86	327.12	325.38
Semen	11.46	11.40	11.34	11.28	11.22
Berat Aspal Terhadap Campuran	54.00	60.00	66.00	72.00	78.00
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
Batu Pecah 2-3	2.56	2.75	2,65
Batu Pecah 1-2	2.58	2.77	2,67
Batu Pecah 0.5-1	2.54	2.74	3,93
Abu Batu	2.48	2.65	2,56
Filler	3.14		
Aspal	1020		

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-BC

$$\begin{aligned} \text{Bj. Bulk Agregat (G}_{sb}\text{)} &= \frac{100}{\left(\frac{9\%}{2,56}\right) + \left(\frac{11\%}{2,58}\right) + \left(\frac{50\%}{2,54}\right) + \left(\frac{29\%}{2,48}\right)} \\ &= 2,55 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bj. Semu Agregat (G}_{sa}\text{)} &= \frac{100}{\left(\frac{9\%}{2,75}\right) + \left(\frac{11\%}{2,77}\right) + \left(\frac{50\%}{2,74}\right) + \left(\frac{29\%}{2,65}\right)} \\ &= 2,74 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Bj. Efektif Agregat (G}_{se}\text{)} = \frac{2,55 + 2,74}{2} = 2,64 \text{ gram}$$

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.

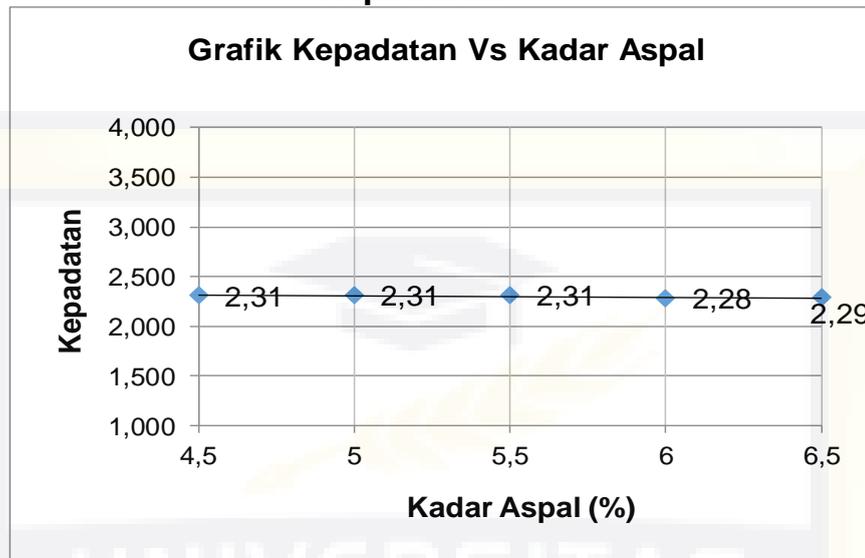
Dari hasil pengujian dan perhitungan *marshall* yang telah dilakukan terhadap benda uji untuk campuran AC – BC disajikan pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.9 Hasil Marshall tes KAO

Kadar Aspal %	HASIL PENGUJIAN						
	Kepadatan	Stabilitas (Kg)	FLOW (mm)	VIM (%)	VMA (%)	MQ (Kg/mm)	VFB (%)
4.5	2.31	891.62	2.5	5.8	12.95	362.79	55.46
5	2.31	977.44	2.7	5.0	13.31	364.27	62.47
5.5	2.31	1144.32	3.2	4.2	13.70	366.58	69.34
6	2.28	1260.99	3.6	4.8	15.30	368.91	76.72
6.5	2.29	1387.69	3.7	3.9	15.56	371.53	74.78
Spesifikasi	-	Min.800	2-4	3-5	Min.14	Min.250	Min.65

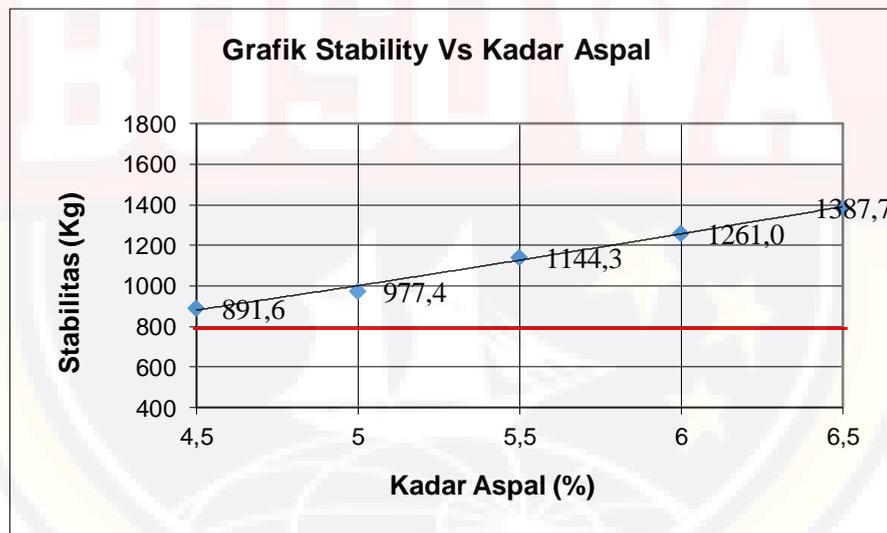
Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran, lalu diplot kedalam grafik untuk kemudian ditentukan kadar aspal optimum (KAO) seperti pada Gambar 4.2. dan 4.3.

Kepadatan



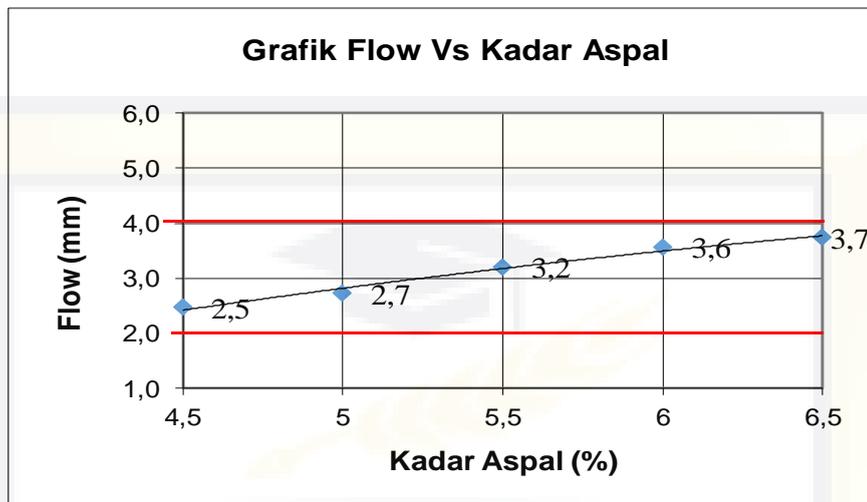
Gambar 4.2.a. Grafik Kepadatan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Stabilitas Minimum 800 (KG)



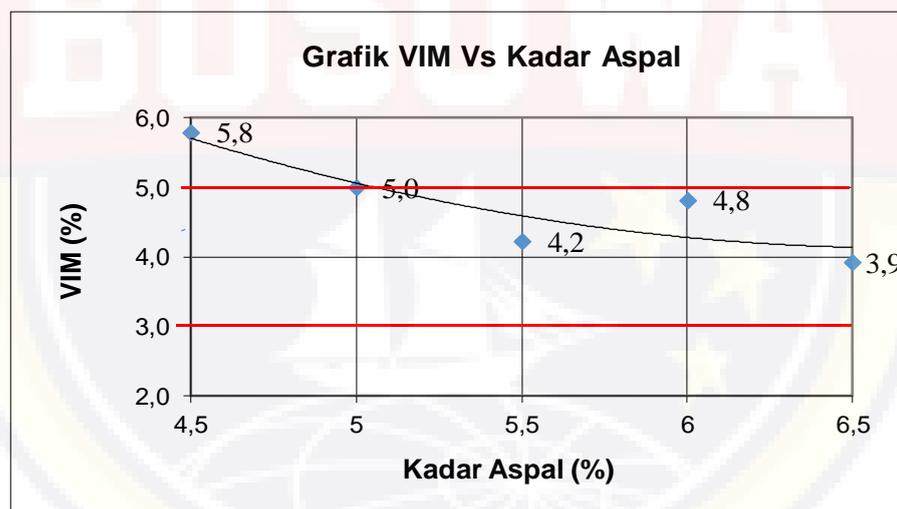
Gambar 4.2.b. Grafik Stabilitas Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Pelelehan (Flow) Minimum 2 - 4

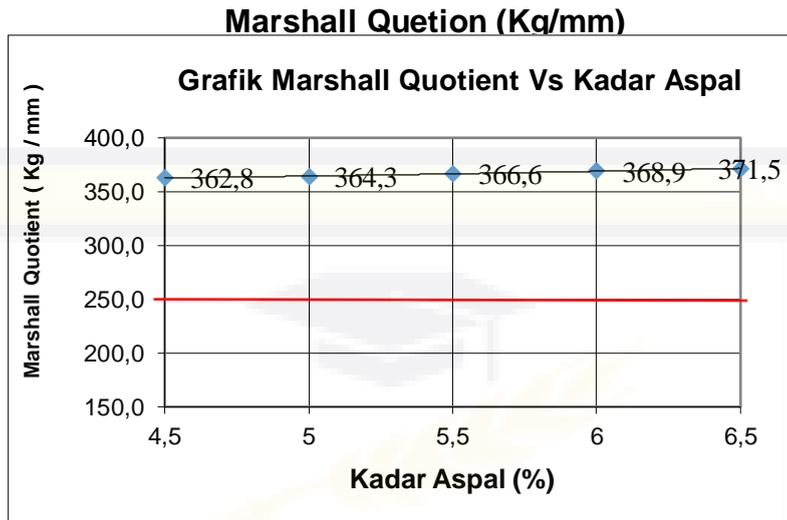


Gambar 4.2.c. Grafik Pelelehan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

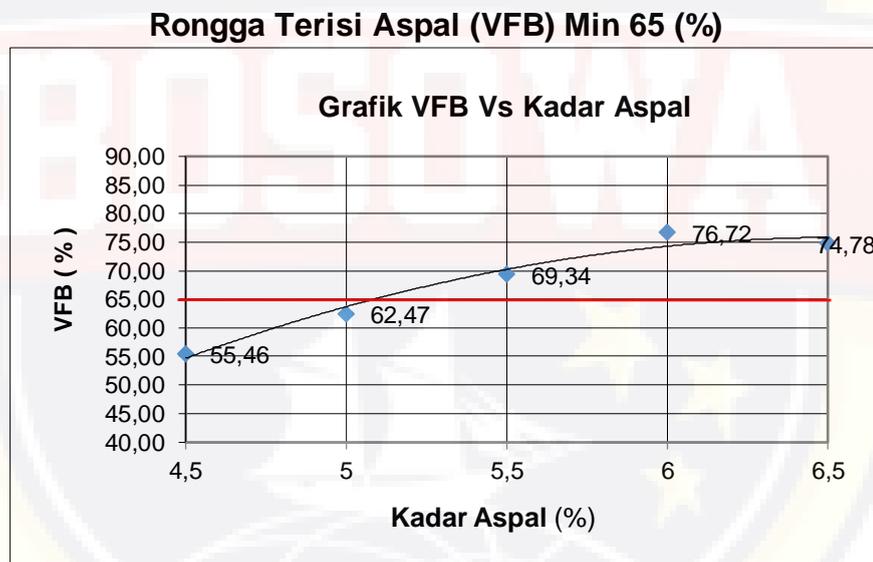
Rongga Dalam Campuran (VIM) 3,0 - 5,0 (%)



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

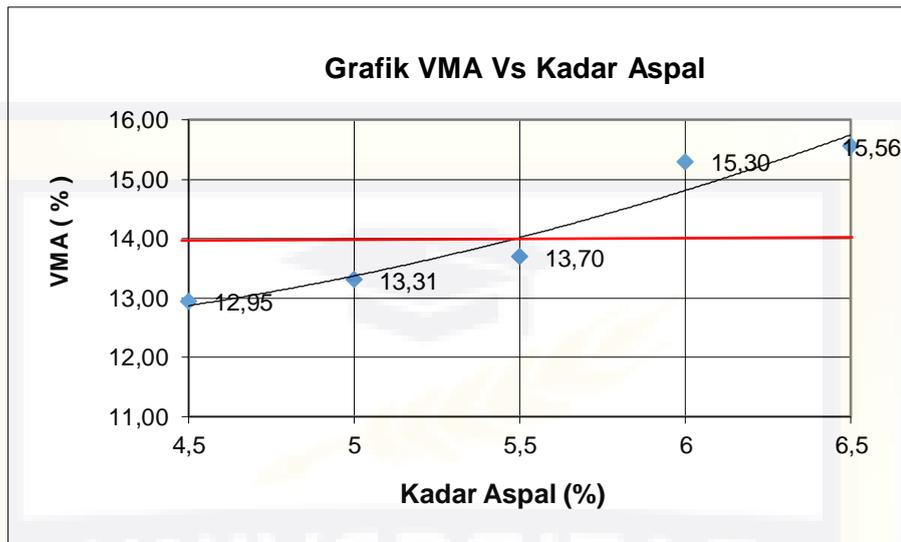


Gambar 4.2.e. Grafik Marshall Quotient Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

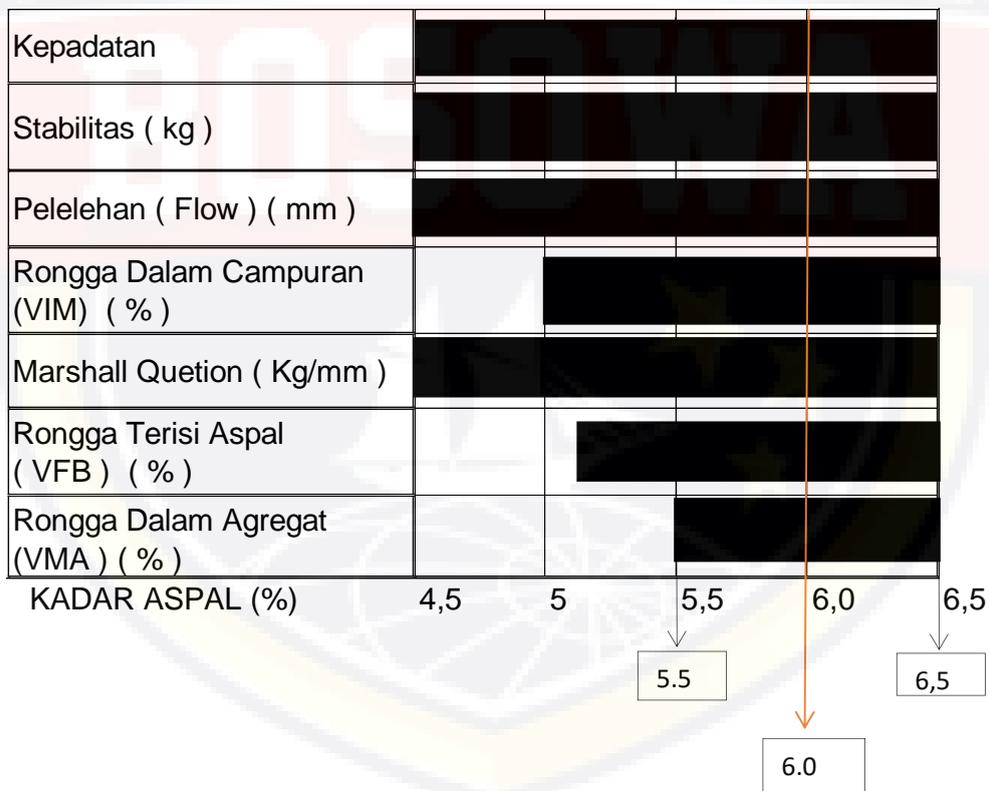


Gambar 4.2.f. Grafik VFB Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Rongga Dalam Agregat (VMA) Minimum 14 (%)



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



Gambar 4.3 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum

$$\text{KADAR ASPAL OPTIMUM} = \frac{5.5\% + 6.5\%}{2} = 6.0\%$$

4.4. Pembuatan Benda Uji dengan menggunakan Serbuk Batu Bata sebagai pengganti Sebagian filler pada perendaman berulang
 Untuk campuran AC-BC 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 sebagai pengganti Sebagian filler

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

Untuk campuran AC - BC dengan menggunakan Serbuk Batu Bata 0%, 10%, 15%, 20% dengan variasi perendaman, 3 hari, 7 hari dan 10 hari. didapat kadar Aspal dan Agregat terhadap kadar Aspal optimum sebagai berikut :

Tabel 4.10. Komposisi campuran dengan Serbuk Batu Bata 0%

Kadar Aspal	=	6	%			100 %	-	6	%	=	94
Hasil Combine											
BP 2-3	9	%	x	94	%	=	0,0846	x	1200	=	101,52
BP 1- 2	11	%	x	94	%	=	0,1034	x	1200	=	124,08
BP 0,5 - 1	50	%	x	94	%	=	0,47	x	1200	=	564
Abu Batu	29	%	x	94	%	=	0,2726	x	1200	=	327,12
Filler	1	%	x	94	%	=	0,0094	x	1200	=	11,28
Aspal	6	%			X				1200	=	72
											1200

Tabel 4.11 Komposisi campuran dengan Serbuk Batu Bata 10%

Kadar Aspal	=	6	%			100 %	-	6	%	=	94
Hasil Combine											
BP 2-3	9	%	x	94	%	=	0.0846	x	1200	=	101.5
BP 1-2	11	%	x	94	%	=	0.1034	x	1200	=	124.1
BP 0,5 - 1	50	%	x	94	%	=	0.47	x	1200	=	564
Abu Batu	29	%	x	94	%	=	0.2726	x	1200	=	327.1
Filler	1	%	x	94	%	=	0.0094	x	1200	=	11.28
Aspal	6	%			X				1200	=	72
											1200
Variasi Filler											
Serbuk Batu Bata				10	%	=	11.28	x	10%	=	1.128
Semen						=	11.28	-	1.1	=	10.15

Tabel 4.12 komposisi campuran dengan Serbuk Batu Bata 15%

Kadar Aspal	=	6	%			100 %	-	6	%	=	94
Hasil Combine											
BP 2-3	9	%	X	94	%	=	0.0846	X	1200	=	101.5
BP 1-2	11	%	x	94	%	=	0.1034	x	1200	=	124.1
BP 0,5 - 1	50	%	x	94	%	=	0.47	x	1200	=	564
Abu Batu	29	%	x	94	%	=	0.2726	x	1200	=	327.1
Filler	1	%	x	94	%	=	0.0094	x	1200	=	11.28
Aspal	6	%			X				1200	=	72
											1200
Variasi Filler											
Serbuk Batu bata				15	%	=	11.28	x	15%	=	1.692
Semen						=	11.28	-	1.7	=	9.588

Tabel 4.13 komposisi campuran dengan Serbuk Batu Bata 20%

Kadar Aspal	=	6	%			100 %	-	6	%	=	94
Hasil Combine											
BP 2-3	9	%	X	94	%	=	0.0846	X	1200	=	101.5
BP 1-2	11	%	x	94	%	=	0.1034	x	1200	=	124.1
BP 0,5 - 1	50	%	x	94	%	=	0.47	x	1200	=	564
Abu Batu	29	%	x	94	%	=	0.2726	x	1200	=	327.1
Filler	1	%	x	94	%	=	0.0094	x	1200	=	11.28
Aspal	6	%			X				1200	=	72
											1200
Variasi Filler											
Serbuk Batu bata				20	%	=	11.28	x	20%	=	2.256
Semen						=	11.28	-	2.3	=	9.024

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.

Dari hasil uji *Marshall* dapat diketahui campuran aspal panas *AC-BC* dengan variasi menggunakan *Filler* Serbuk Batu Bata 0%, 10%, 15% dan 20% kedalam campuran aspal panas *AC-BC* dengan perendaman selama 3, 7, dan 10 hari kemudian direndam 30 menit pada suhu 60°C. Dapat kita amati pengaruh campuran aspal terhadap nilai *Stability*, *Flow*, *VIM*, *Marshall Quotient*, *VMA*, dan *VFB*. Dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.14. Hasil Uji *Marshall* Sisa KAO dengan perendaman selama 30 menit dan 24 jam pada suhu 60°C

NO	Pemeriksaan	KAO 6.0%		Spesifikasi 2018
		Perendaman		
		24 Jam	30 Menit	
1.	Kepadatan	2.28	2.28	-
2.	Stabilitas	1420.86	1740.32	Min. 800
3.	VMA(%)	15.4	15.35	Min 14%
4.	MQ (Kg/mm)	448.07	761.2	Min. 250
5.	Flow (mm)	3.2	2.32	2-4
6.	VIM (%)	4.94	4.88	3-5
7.	VFB (%)	67.98	68.32	Min. 65

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium.

Tabel 4.15 Hasil Uji Marshall KAO dengan Variasi kadar *Filler* perendaman berulang selama 3 hari kemudian di rendam selama 30 menit dan 24 jam pada suhu 60°C

No	Pemeriksaan	24 jam	KAO 6.0 %					Spesifikasi 2018
			Perendaman 3 Hari					
			Kadar Serbuk Batu Bata					
			0%	10%	15%	20%		
1	Kepadatan	2,28	2,29	2,29	2,29	2,29	-	
2	Stabilitas (Kg)	1420,86	1397,02	1392,26	1387,49	1357,99	Min. 800	
3	Flow (mm)	3,20	3,51	3,64	3,76	3,84	2-4	
4	VMA (%)	15,40	15,02	14,86	14,90	14,93	Min 14	
5	VIM (%)	4,94	4,51	4,33	4,37	4,41	3-5	
6	VFB (%)	67,98	70,21	70,89	70,67	70,58	Min 65	
7	MQ (Kg/mm)	448,07	398,53	382,40	368,83	353,88	Min 250	

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Tabel 4.16 Hasil Uji Marshall KAO dengan Variasi kadar *Filler* perendaman berulang selama 7 hari kemudian di rendam selama 30 menit dan 24 jam pada suhu 60°C

No	Pemeriksaan	24 Jam	KAO 6.0 %					Spesifikasi 2018
			Perendaman 7 Hari					
			Kadar Serbuk Batu Bata					
			0%	10%	15%	20%		
1	Kepadatan	2,28	2,29	2,29	2,29	2,29	-	
2	Stabilitas (Kg)	1420,86	1387,49	1373,18	1358,88	1344,13	Min. 800	
3	Flow (mm)	3,20	3,66	3,77	3,87	3,93	2-4	
4	VMA (%)	15,40	15,03	14,95	15,15	15,35	Min 14	
5	VIM (%)	4,94	4,52	4,43	4,66	4,88	3-5	
6	VFB (%)	67,98	70,22	70,62	70,39	68,30	Min 65	
7	MQ (Kg/mm)	448,07	380,15	364,88	351,46	342,08	Min 250	

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Tabel 4.17. Hasil Uji Marshall KAO dengan Variasi kadar *Filler* perendaman berulang selama 10 hari kemudian di rendam selama 30 menit dan 24 jam pada suhu 60°C

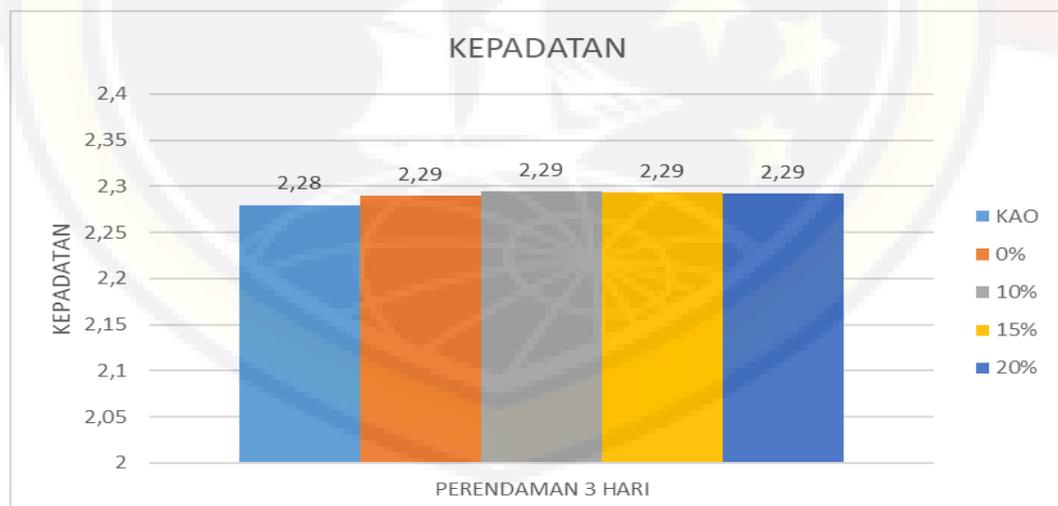
No	Pemeriksaan	24 jam	KAO 6.0 %				Spesifikasi 2018
			Perendaman 10 Hari				
			Kadar Serbuk Batu Bata				
			0%	10%	15%	20%	
1	Kepadatan	2,28	2,28	2,29	2,28	2,28	-
2	Stabilitas (Kg)	1420,86	1373,18	1358,88	1282,59	1228,65	Min. 800
3	Flow (mm)	3,20	3,76	3,80	3,96	4,13	2-4
4	VMA (%)	15,40	15,30	15,02	15,24	15,44	Min 14
5	VIM (%)	4,94	4,82	4,51	4,76	4,98	3-5
6	VFB (%)	71,15	69,44	70,02	68,98	67,80	Min 65
7	MQ (Kg/mm)	448,07	366,21	357,41	324,13	297,34	Min 250

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

4.4.3. Analisis Hasil Pengujian Variasi Filler dengan perendaman berulang selama 3 hari pada campuran Laston AC-BC.

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

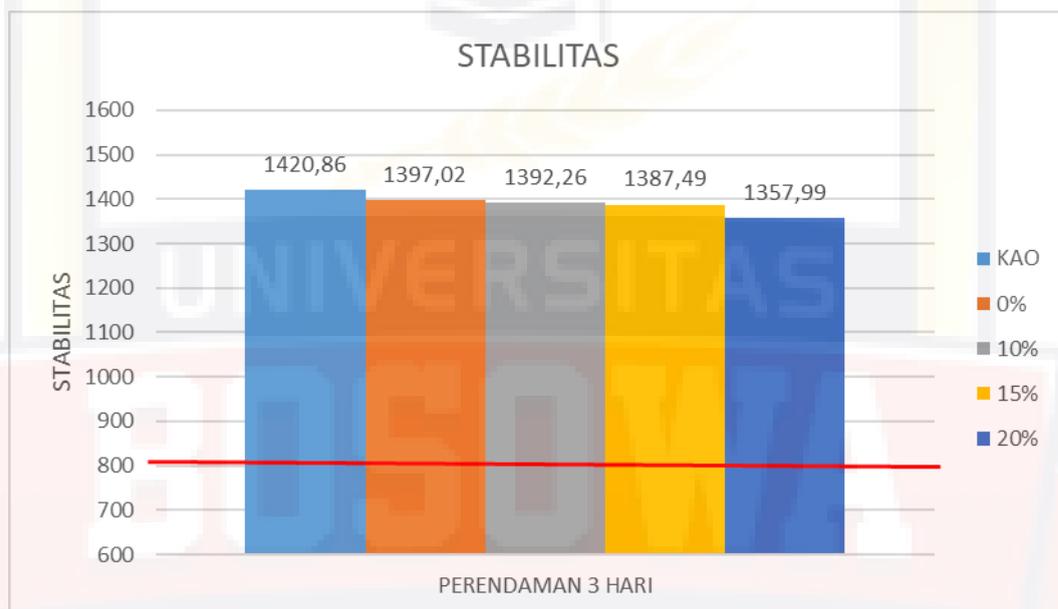
a. Kepadatan



Gambar 4.4 Diagram hubungan variasi kadar Serbuk Batu Bata terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa perendaman yang dilakukan secara berulang tidak terlalu mempengaruhi nilai kepadatan (*density*) bisa dikatakan nilainya hamper sama. Hal ini disebabkan karena belum dilakukan pembebanan.

b. Stabilitas Minimum 800 (Kg)



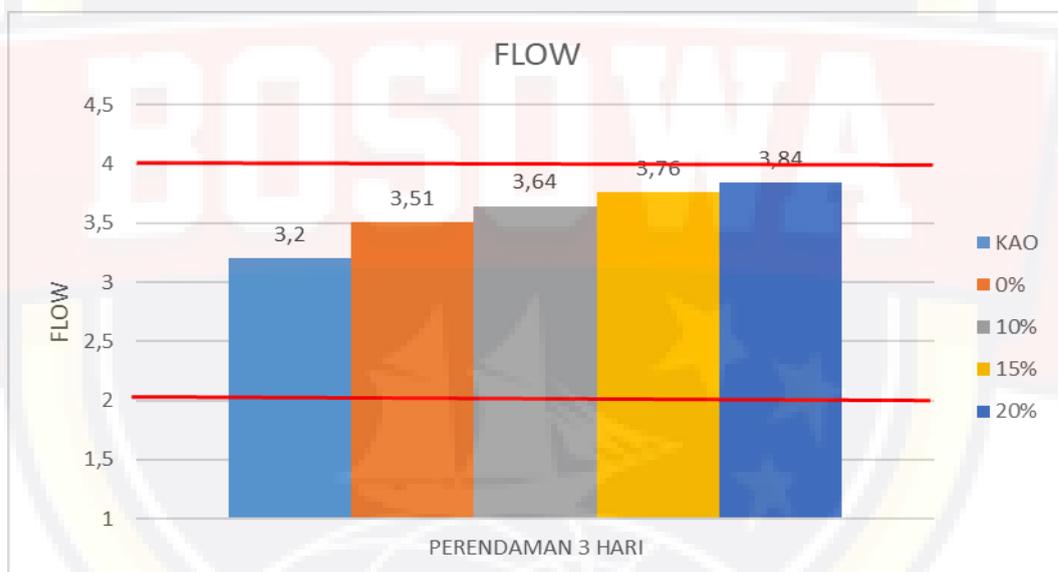
Gambar 4.5 Diagram hubungan variasi kadar Serbuk Batu Bata terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman berulang selama 3 hari.

Dari gambar 4.5. menunjukkan bahwa Stabilitas campuran mengalami penurunan namun tidak signifikan. 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. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap ke dalamnya dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang terselimuti oleh aspal. Dengan demikian ternyata semakin lama campuran terendam dalam air, maka daya rekat aspal terhadap

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 sehingga akan menyebabkan deformasi permanen apabila menerima beban. Sebaliknya jika nilai *Flow* rendah maka campuran menjadi kaku dan mudah retak jika menerima beban yang mengalami daya dukungnya.



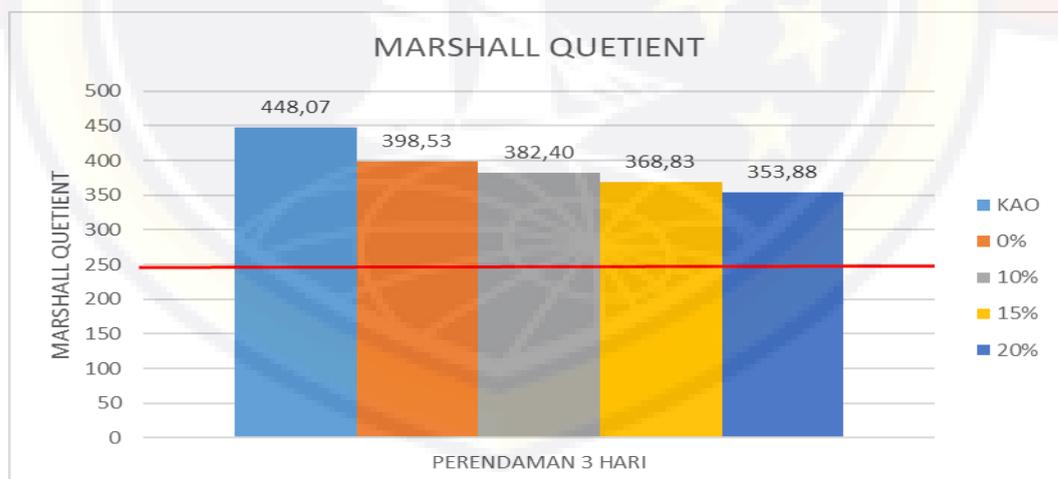
Gambar 4.6 Diagram hubungan variasi kadar Serbuk Batu Bata terhadap *flow* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman berulang selama 3 hari.

Dari gambar 4.6. menunjukkan bahwa perendaman secara berulang menyebabkan kenaikan terhadap nilai *Flow*. Terlihat bahwa nilai *flow* meningkat hal ini dikarenakan semakin lama perendaman nilai viskositas semakin meningkat. Kelelehan campuran semakin meningkat

seiring dengan lamanya perendaman. Air laut akan berusaha mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun baik agregat maupun aspal. Air laut yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalam dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Hal ini mengurangi daya rekat aspal sehingga semakin lama perendaman maka daya rekat aspal semakin menurun.

d. *Marshall Quetient*

Hasil bagi Marshall atau Marshall Quetient 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. Nilai MQ pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.7.



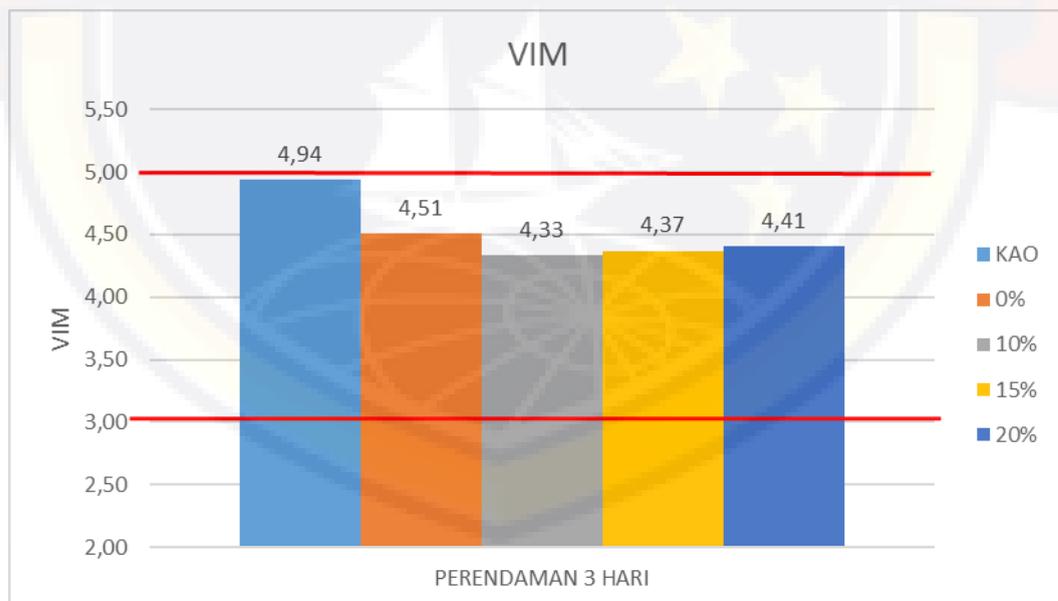
Gambar 4.7 Diagram hubungan variasi kadar Serbuk Batu Bata terhadap pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman berulang selama 3 hari.

menunjukkan bahwa semakin bertambahnya presentase serbuk batu

bata dan lamanya perendaman menyebabkan turunnya nilai MQ namun tetap memenuhi batas spesifikasi. Hal ini disebabkan karena kohesi atau daya lekat dalam aspal menurun akibat oksidasi selama direndam dalam air laut. Apabila nilai MQ terlalu tinggi, maka campuran akan cenderung terlalu kaku dan mudah retak. Sebaliknya jika nilai MQ terlalu rendah maka perkerasan menjadi terlalu lentur dan cenderung kutang stabil.

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

VIM (void in mixture) merupakan presentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan. Semakin kecil nilai *VIM*, maka akan bersifat kedap air. Namun nilai *VIM* yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan. Grafik nilai *VIM* campuran AC-BC untuk variasi Serbuk Batu Bata 0% pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.8.

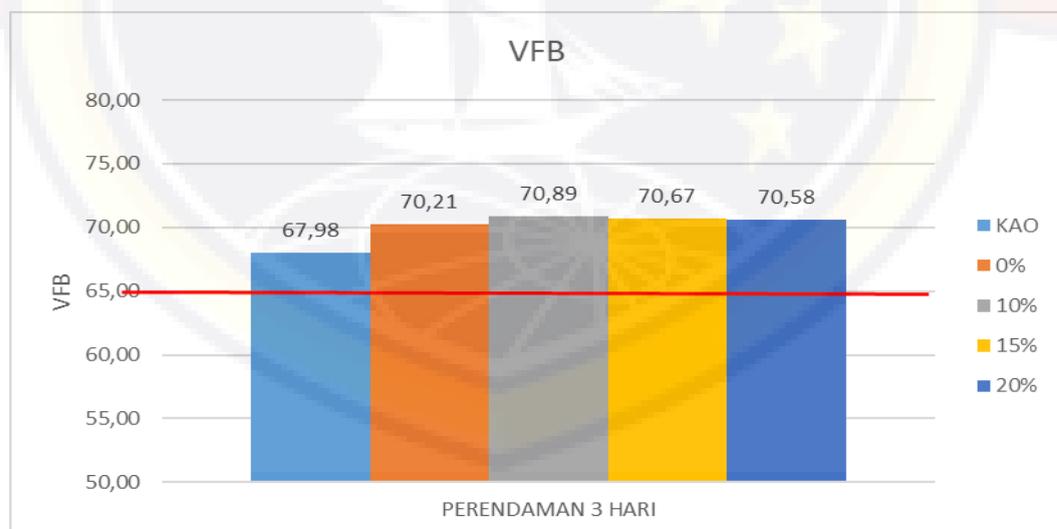


Gambar 4.8 Diagram hubungan variasi kadar Serbuk Batu Bata terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman berulang selama 3 hari.

Dari gambar 4.8 menunjukkan nilai VIM pada campuran aspal dengan kadar filler 0%, 10%, 15% dan 20% hasilnya memenuhi persyaratan. Namun semakin bertambahnya kadar filler bisa menghalangi aspal untuk mengisi rongga dalam campuran. Semakin meningkat nilai VIM disebabkan karena saat perendaman rongga-rongga yang tersisa akan terinfiltrasi oleh air laut disebabkan water pressure.

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

Nilai VFB memperlihatkan persentase rongga terisi aspal. Apabila VFB besar maka banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap udara dan air menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan aspal yang berjumlah besar apabila menerima beban dan panas akan mencari rongga yang kosong. Jika rongga yang tersedia sedikit dan semua telah terisi, aspal akan naik kepermukaan yang kemudian terjadi bleeding.



Gambar 4.9 Diagram hubungan variasi kadar Serbuk Batu Bata terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman berulang selama 3 hari.

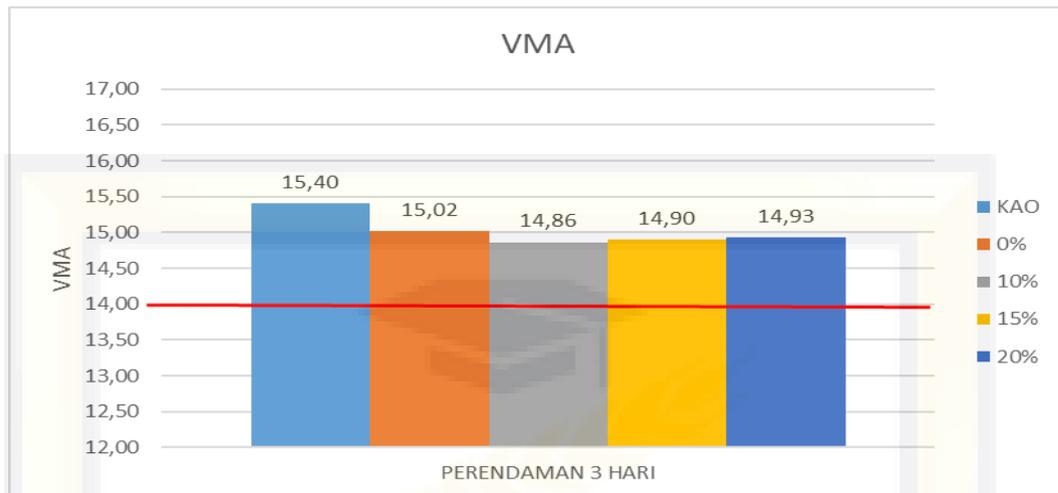
Dari gambar 4.9. menunjukkan bahwa nilai VFB tertinggi pada campuran aspal dengan kadar filler 10%. Seiring penambahan kadar filler akan membuat nilai VFB semakin menurun. Hal ini dimungkinkan karena pemadatan yang kurang sempurna sehingga mengurangi aspal yang seharusnya mengisi rongga dalam campuran. Dan juga hal ini di sebabkan karena volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal yang semakin menurun akibat lamanya perendaman sehingga air berusaha masuk ke pori-pori dan membuat aspal mengalami perubahan susunan agregat.

g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 14%

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

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

Grafik nilai VMA campuran AC-BC untuk variasi suhu pemadatan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Diagram hubungan variasi kadar Serbuk Batu Bata terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman berulang selama 3 hari.

Dari gambar 4.10 menunjukkan bahwa nilai VMA pada campuran

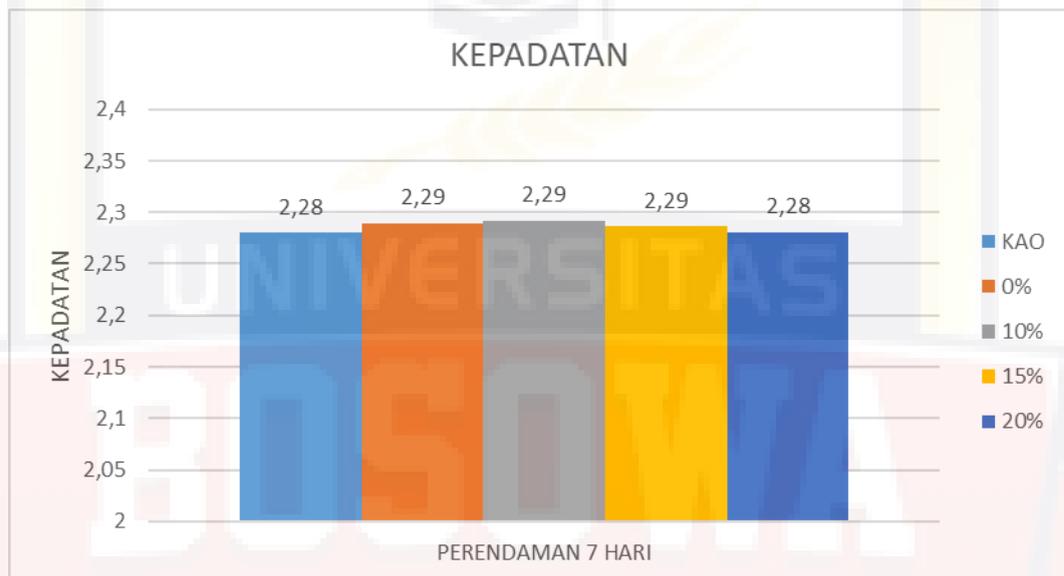
aspal dengan kadar filler serbuk batu bata 0%, 10%, 15%, dan 20% hasilnya memenuhi persyaratan yang diisyaratkan oleh Bina Marga 2018.

Namun apabila nilai VMA kecil menyebabkan aspal menyelimuti agregat terbatas, sehingga menyebabkan lapisan perkerasan tidak kedap air dan mudah terjadinya kerusakan.

4.4.4. Analisis Hasil Pengujian Variasi Filler dengan perendaman berulang selama 3 hari pada campuran Laston AC-BC.

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

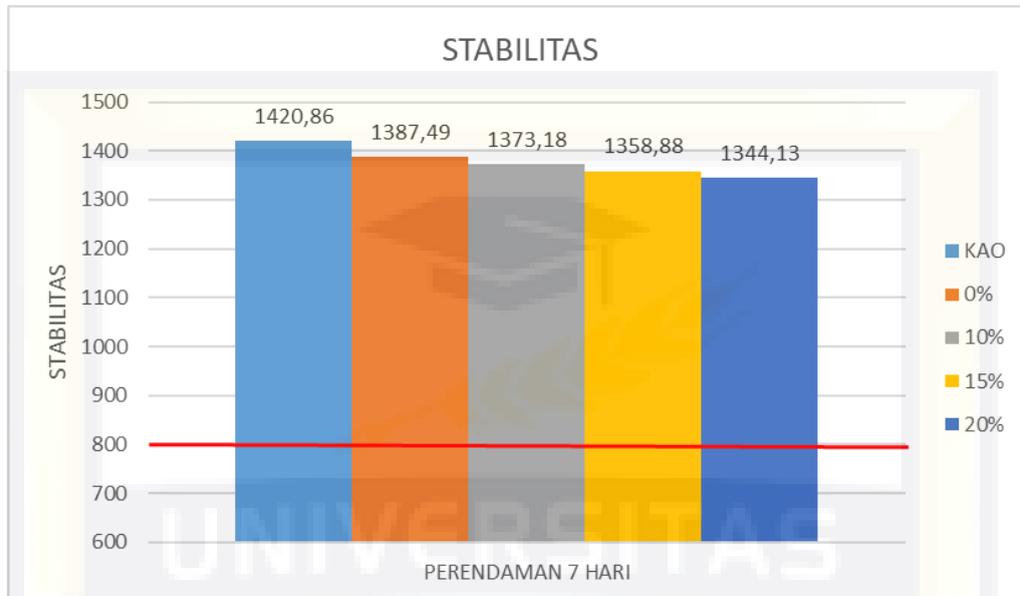
a. Kepadatan



Gambar 4.11 Diagram hubungan variasi kadar Serbuk Batu Bata terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman berulang selama 7 hari.

Dari gambar 4.11 menunjukkan bahwa penambahan serbuk batu bata dengan perendaman berulang tidak mempengaruhi nilai kepadatan. Pada KAO adalah 2.28, pada filler 10% 2,29, 15% adalah 2,29, 20% adalah 2,29. Bisa dikatakan nilainya hampir sama.

b. Stabilitas Minimum 800 (Kg)



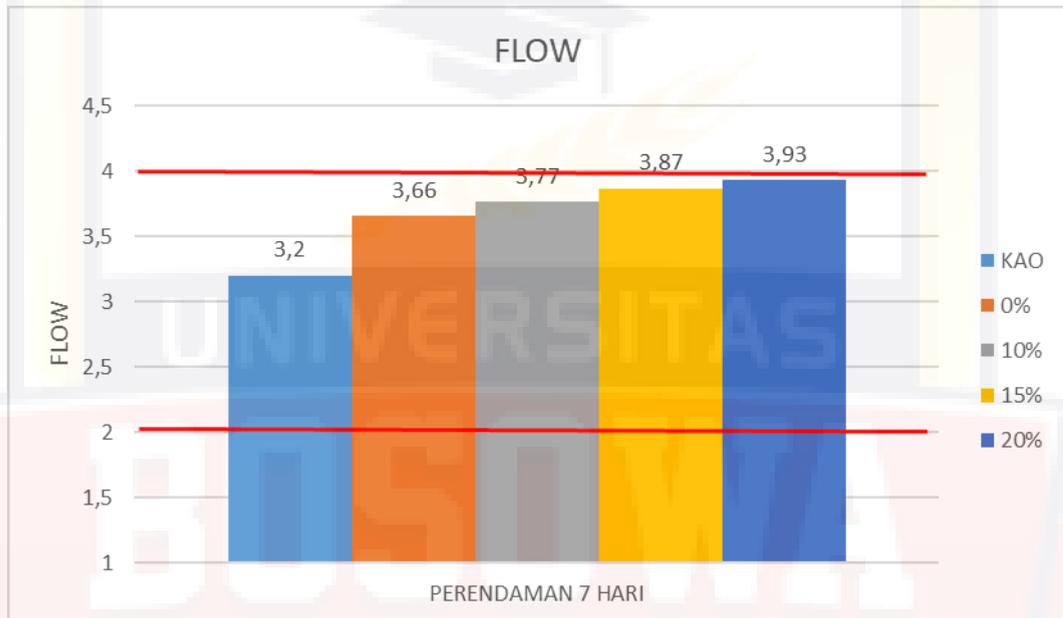
Gambar 4.12 Diagram hubungan variasi kadar Serbuk Batu terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman berulang selama 7 hari.

Dari gambar 4.12 diatas menunjukkan seiring bertambahnya kadar filler dan juda ditambah dengan perendaman membuat nilai stabilitas menjadi menurun. Hal ini disebabkan karena semakin lama perendaman daya lekat dalam aspal juga menurun. Ketika campuran aspal direndam dalam waktu yang lama, air akan berusaha untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun yaitu agregat dan aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalamnya dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang terselimuti oleh aspal. Dengan demikian semakin lama campuran terendam dalam air, maka daya rekat aspal terhadap campuran akan berkurang dan peluang terjadinya kehilangan durabilitas atau keawetan campuran juga semakin besar hingga menyebabkan nilai stabilitas

menurun.

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

Grafik nilai *Flow* campuran AC-BC untuk penambahan Serbuk Batu Bata 10% pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.13

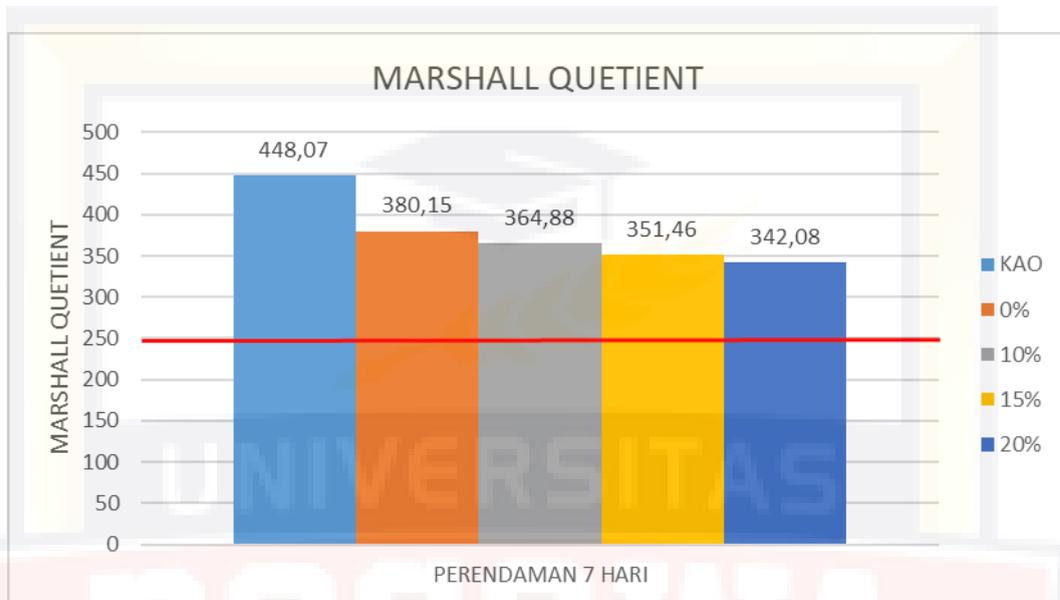


Gambar 4.13 Diagram hubungan variasi kadar Serbuk Batu Bata terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman berulang selama 7 hari.

Dari gambar 4.13 menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan Serbuk Batu Bata kedalam campuran dan juga dengan adanya perendaman menyebabkan nilai *Flow* meningkat dan pada kadar 20% hampir melebihi batas persyaratan. Nilai flow yang melebihi batas maksimal persyaratan dapat menyebabkan campuran aspal menjadi cenderung keras dan tidak plastis namun dikarenakan adanya perendaman membuat air berusaha mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun baik agregat maupun aspal. Air laut yang berinteraksi akan terserap dan menyelimuti

permukaan agregat sehingga bisa mengurangi daya rekat aspal.

d. Marshall Quetient

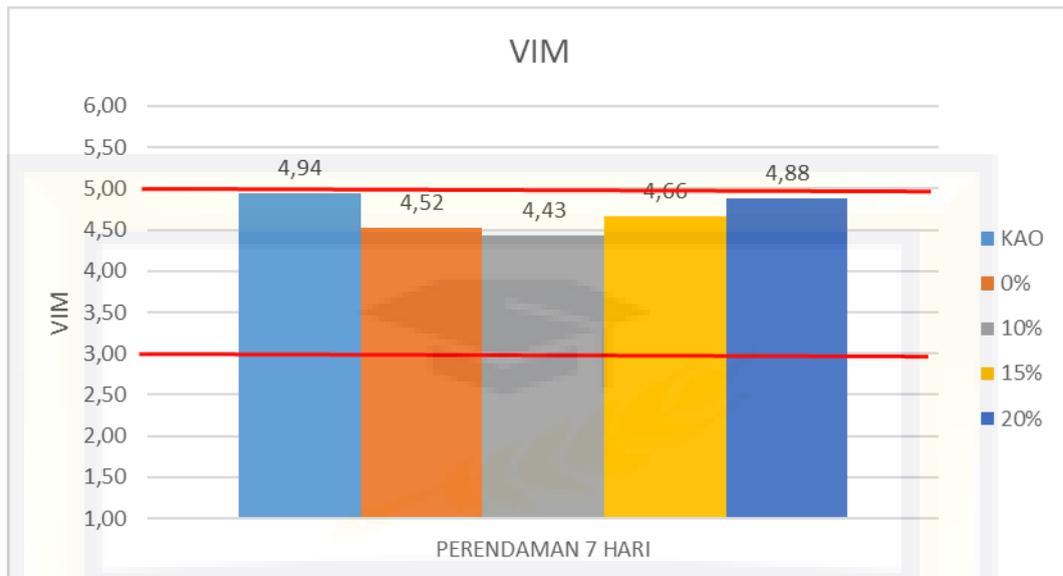


Gambar 4.14 Diagram hubungan variasi kadar Serbuk Batu Bata terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman berulang selama 7 hari.

Dilihat gambar 4.14. dari tabel diatas bahwa terdapat penurunan nilai MQ seiring bertambahnya presentase penambahan kadar filler serbuk batu bata dan juga pengaruh dari lamanya perendaman. Hal ini disebabkan karena kohesi atau daya lekat aspal menurun akibat oksidasi selama perendaman. Dari hasil penelitian, nilai MQ memenuhi persyaratan yang diisyaratkan oleh Bina Marga 2018. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi nilai MQ seperti nilai stabilitas dan kelelahan pada campuran aspal.

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

Grafik nilai *VIM* campuran AC-BC untuk variasi perendaman pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.15

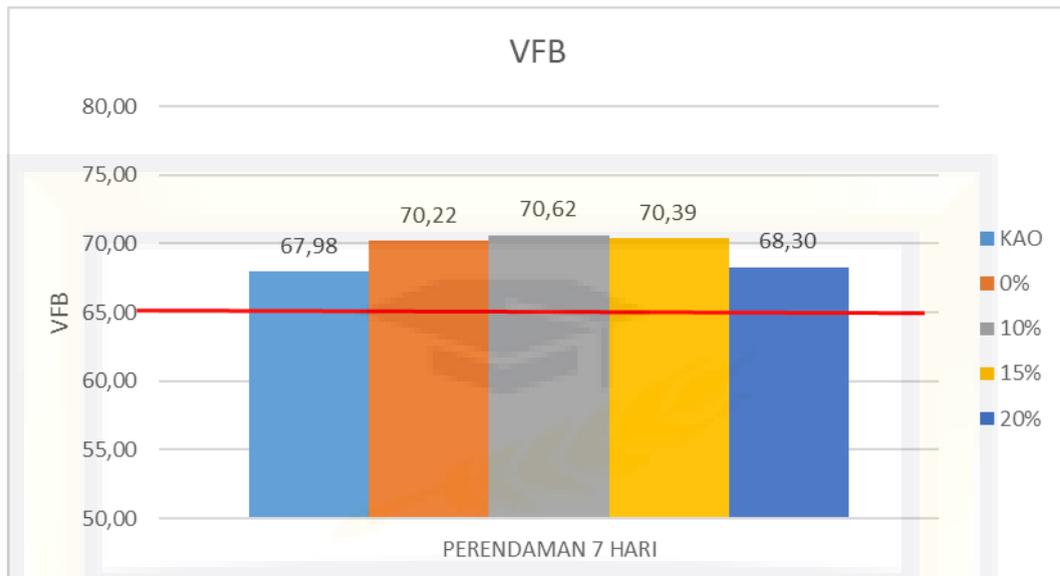


Gambar 4.15 Diagram hubungan variasi kadar Serbuk Batu Bata terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman berulang selama 7 hari.

Dari gambar 4.15 menunjukkan bahwa campuran memenuhi persyaratan Bina Marga 2018. Nilai VIM dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya bentuk butiran, tekstur permukaan, gradasi, kadar aspal, suhu, dan faktor pemadatan.

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

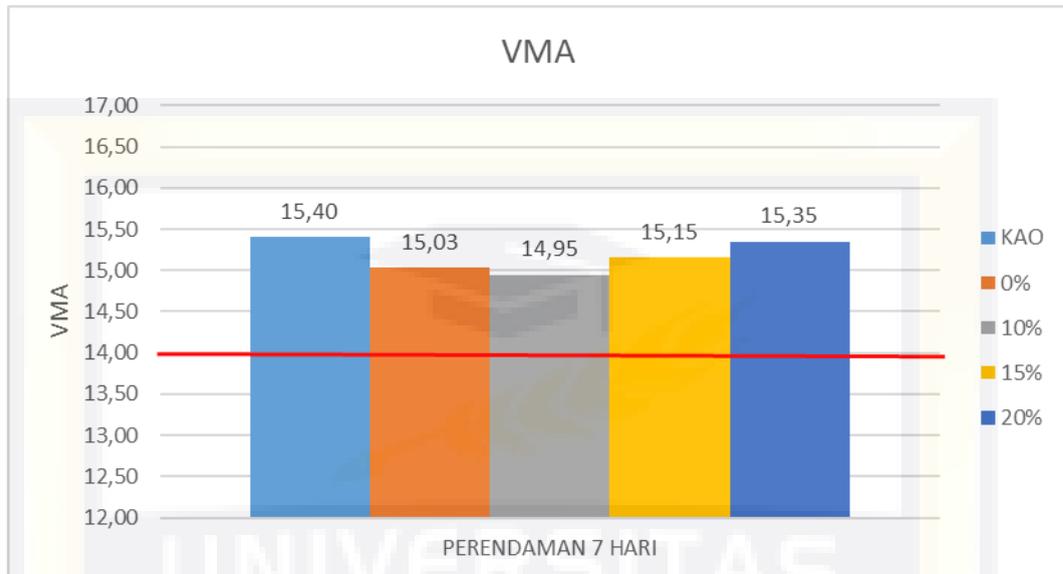
Nilai *VFB* memperlihatkan presentase rongga terisi aspal. Apabila *VFB* besar maka banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedapannya terhadap udara dan air menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan aspal yang berjumlah besar apabila menerima beban dan panas akan mencari rongga yang kosong. Jika rongga yang tersedia sedikit dan semua telah terisi, aspal akan naik ke permukaan yang kemudian terjadi bleeding.



Gambar 4.16 Diagram hubungan variasi kadar Serbuk Batu Bata terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman berulang selama 7 hari.

Dari gambar 4.16 menunjukkan nilai VFB tertinggi pada campuran 10% dan semakin menurun seiring bertambahnya kadar filler. Hal ini dimungkinkan karena pemadatan yang kurang sempurna sehingga mengurangi aspal yang seharusnya mengisi rongga dalam campuran. Dan juga semakin lama dilakukan perendaman akan membuat lekatan semakin berkurang karena air laut dapat melemahkan ikatan antara aspal dan agregat. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai VFB pada grafik memenuhi syarat spesifikasi Binamarga 2018.

g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 14 %



Gambar 4.17 Diagram hubungan variasi kadar Serbuk Batu Bata terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman berulang selama 7 hari.

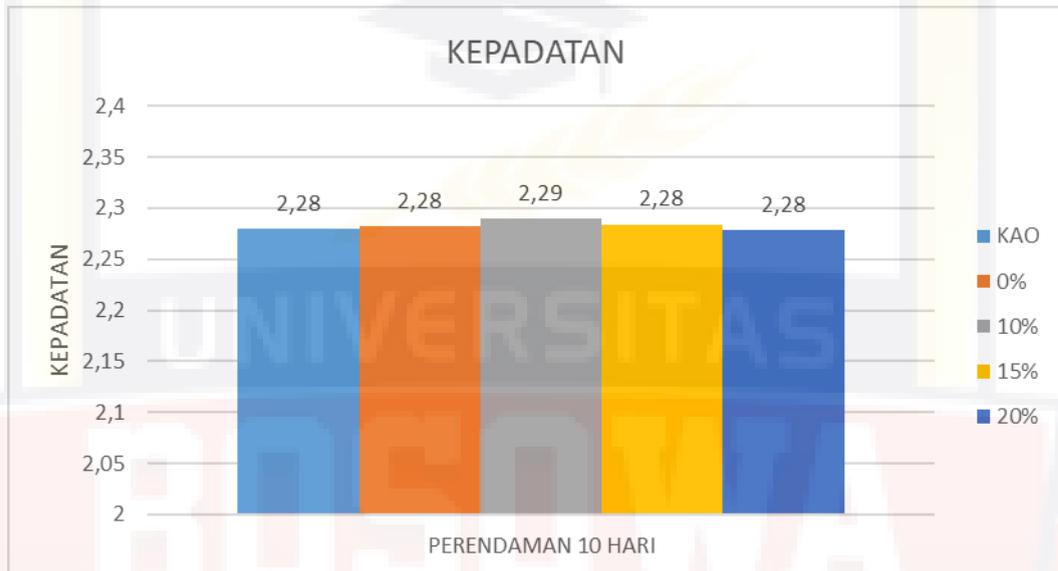
Dari gambar 4.17 menunjukkan bahwa campuran aspal dengan kadar filer 0%, 10%, 15%, 20% memenuhi persyaratan Bina Marga 2018. Apabila Nilai VMA kecil menyebabkan aspal menyelimuti agregat terbatas, sehingga menyebabkan lapisan perkerasan tidak kedap air dan mudah terjadi kerusakan.

4.4.5. Analisis Hasil Pengujian Variasi Filler dengan perendaman berulang selama 10 hari pada campuran Laston AC-BC.

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

a. Kepadatan

Nilai kepadatan campuran beton aspal lapis aus AC-BC dengan variasi perendaman dapat dilihat pada gambar 4.18 untuk campuran lapisan aspal beton AC-BC pada kondisi kadar aspal optimum.

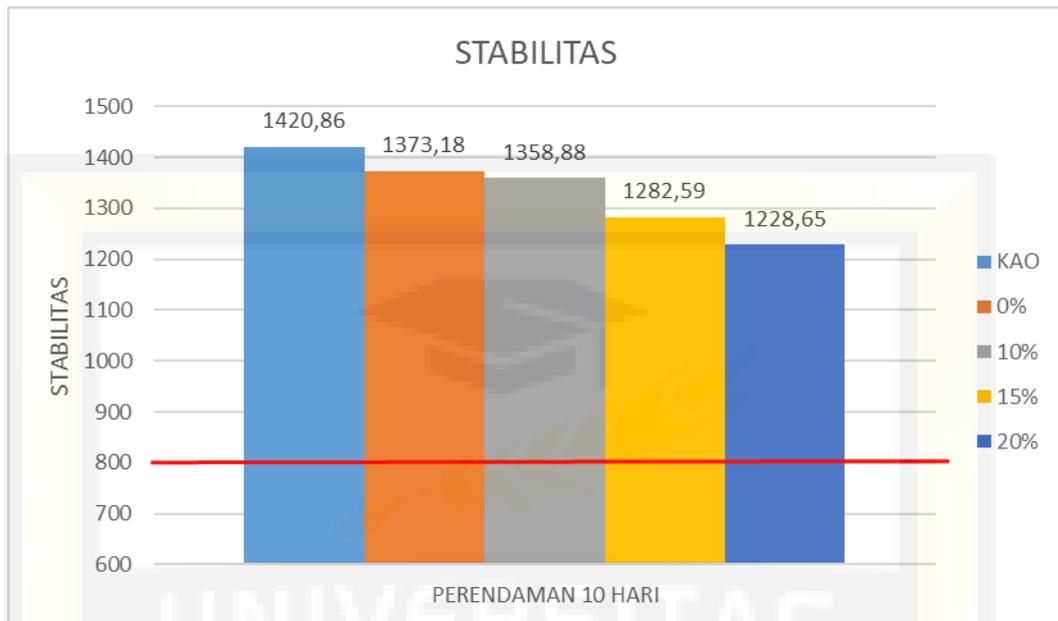


Gambar 4.18 Diagram hubungan variasi perendaman pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.18 menunjukkan bahwa penambahan serbuk batu bata dengan perendaman berulang tidak mempengaruhi nilai kepadatan.

b. Stabilitas Minimum 800 (Kg)

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menerima beban tanpa mengalami perubahan bentuk (deformasi) tetap, dan 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 yang mudah mengalami alur (rutting) oleh beban lalu lintas.

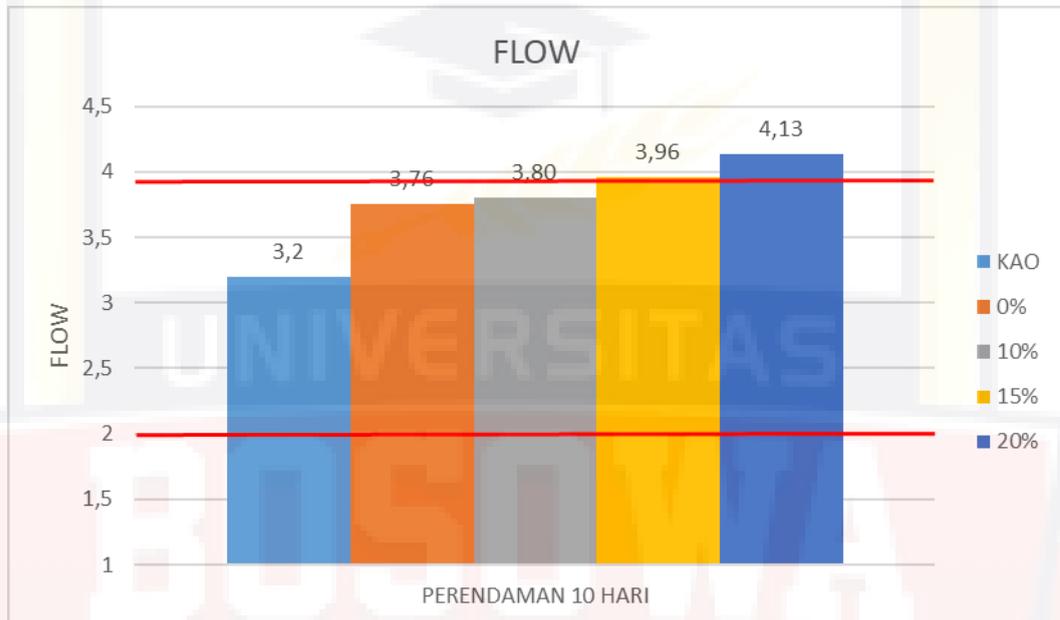


Gambar 4.19 Diagram hubungan variasi perendaman terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.19 diatas menunjukkan bahwa seiring bertambahnyakadar filler serbuk batu bata dan dengan lamanya perendaman mengakibatkan nilai stabilitas mengalami penurunan. 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. Air laut yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalamnya dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang terselimuti oleh aspal. Dengan demikian ternyata semakin lama campuran terendam dalam air, maka daya rekat aspal terhadap campuran akan berkurang dan peluang terjadinya kehilangan durabilitas atau keawetan campuran juga semakin besar.

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

Grafik nilai campuran AC-BC untuk variasi suhu pemadatan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.20.

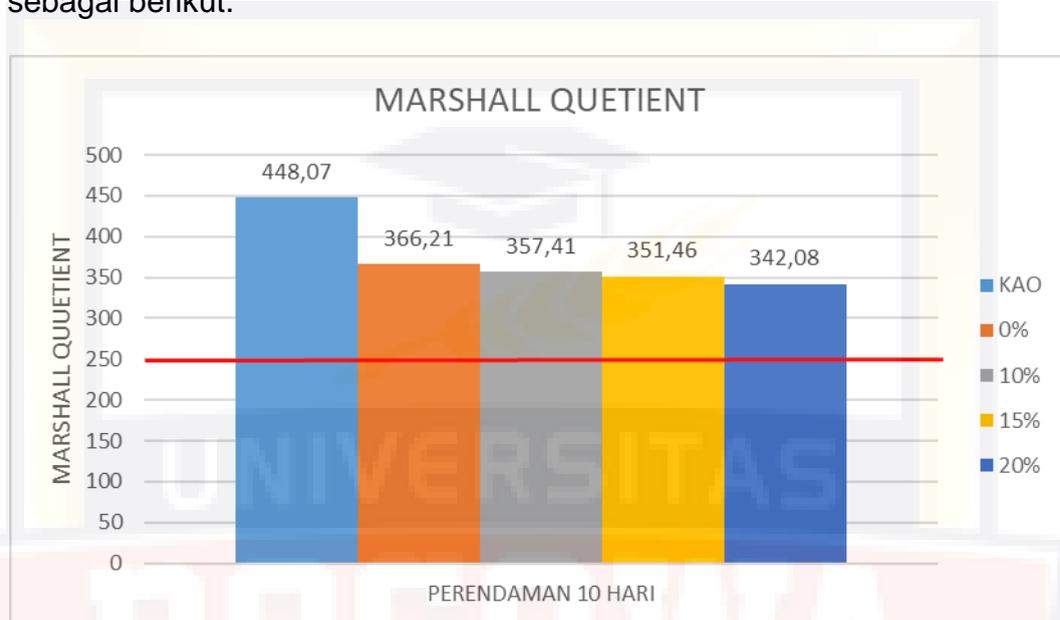


Gambar 4.20. Diagram hubungan variasi perendaman terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.20 menunjukkan bahwa penambahan Serbuk Batu Bata pada campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *Flow* meningkat, dan nilai pada kadar filler 20% melewati batas spesifikasi yakni 4.13%. Nilai flow yang terlalu tinggi mengindikasikan campuran yang bersifat lembek dan lebih mampu mengikuti deformasi akibat beban. rongga-rongga dalam campuran sehingga akan berinteraksi dengan material penyusun seperti agregat dan aspal.

d. Marshall Quotient

Nilai MQ pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.21 sebagai berikut.



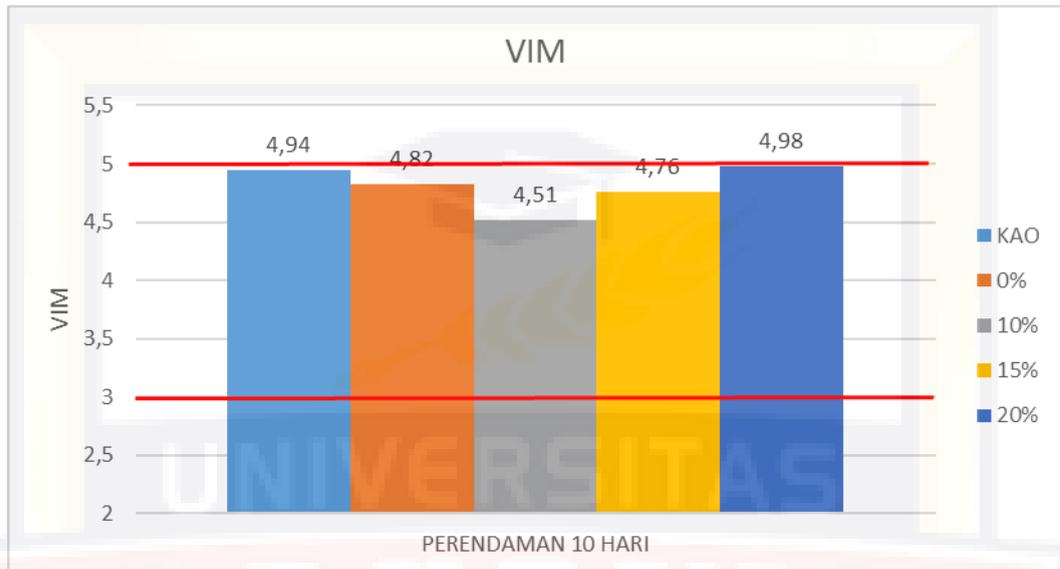
Gambar 4.21 Diagram hubungan variasi perendaman terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Gambar diatas Gambar diatas menunjukkan bahwa terdapat penurunan nilai MQ seiring bertambahnya presentase penambahn kadar filler serbuk batu bata. Apabila nilai MQ terlalu rendah maka perkerasan menjadi terlalu lentur dan cenderung kurang stabil. Sebaliknya jika nilai MQ terlalu tinggi maka campuran akan cenderung kaku dan mudah retak.

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

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

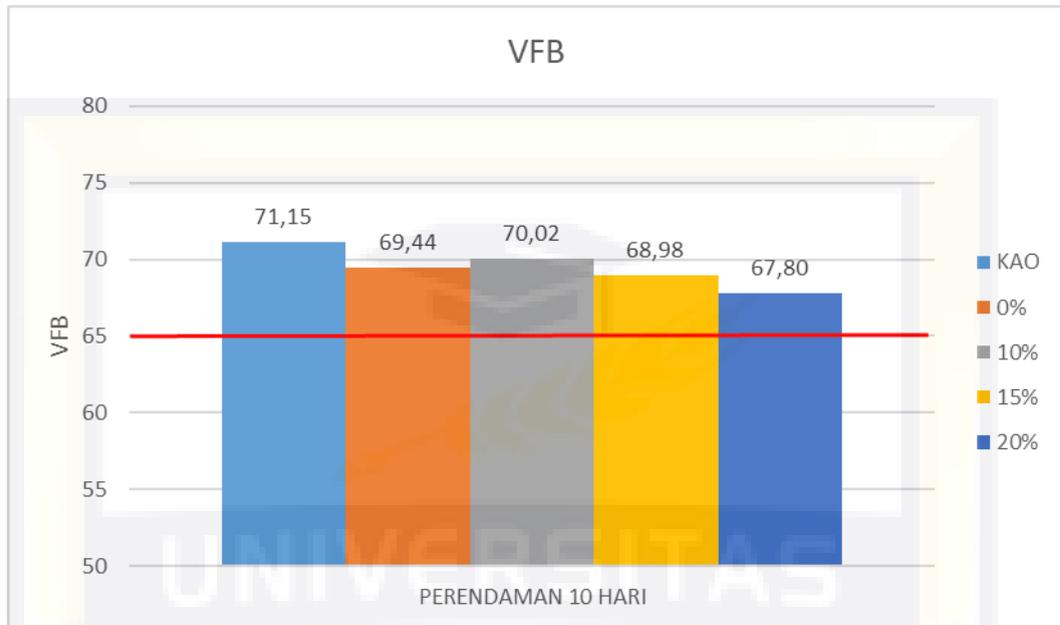
Grafik nilai *VIM* campuran *AC-BC* untuk variasi suhu pemadatan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.22



Gambar 4.22 Diagram hubungan variasi perendaman terhadap *VIM* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.22 dapat diketahui bahwa nilai *VIM* masih dalam batas minimum yang diisyaratkan oleh Bina Marga 2018. Nilai *VIM* dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya bentuk butiran, tekstur permukaan, gradasi, kadar aspal, suhu, dan faktor pemadatan.

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

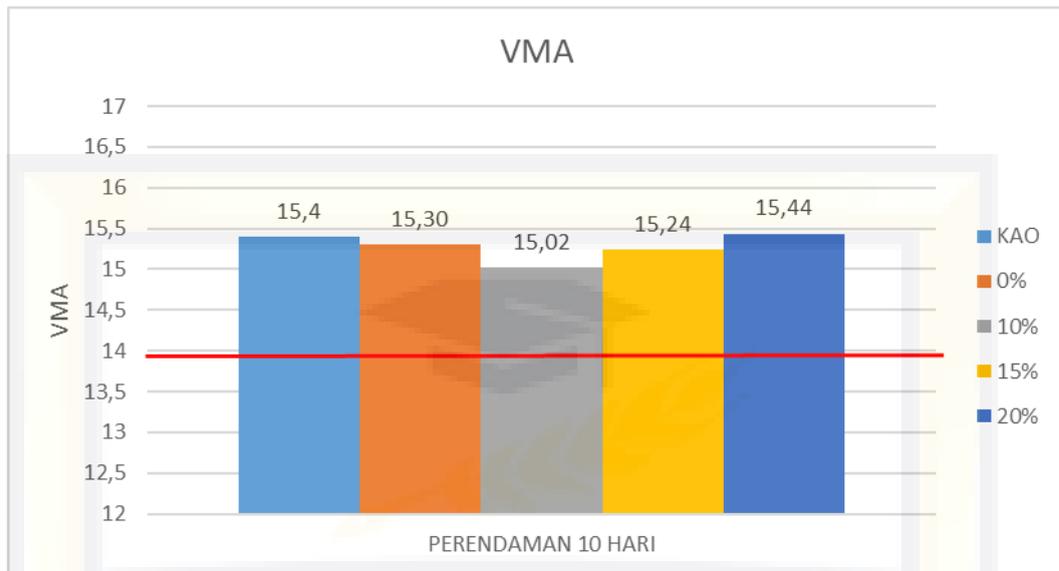


Gambar 4.23 Diagram hubungan variasi suhu pemadatan terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.23 menunjukkan nilai VFB tertinggi pada campuran 10% dengan nilai 70.02%. hal ini dimungkinkan karena pemadatan yang kurang sempurna sehingga mengurangi aspal yang seharusnya mengisi rongga dalam campuran dan juga dikarenakan lamanya perendaman akan membuat daya lekat antara aspal dan agregat semakin berkurang karena air dapat melemahkan daya ikat antara agregat dan aspal sehingga agregat yang terselimuti menjadi sedikit.

g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 14%

Grafik nilai VMA campuran AC-BC pada variasi penambahan Serbuk Batu Bata dengan variasi perendaman pada campuran kadar aspal optimum.



Gambar 4.24 Diagram hubungan variasi perendaman terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Dari gambar 4.24 menunjukkan bahwa campuran dengan kadar filler serbuk batu bata 0%, 10%, 15% dan 20% memenuhi persyaratan Bina Marga 2018. Peningkatan yang terjadi dikarenakan adanya daya tekan air yang membuat perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

4.4.6 Pembahasan

Semakin bertambahnya kadar *filler* serbuk batu bata dan juga lamanya perendaman membuat nilai stabilitas semakin menurun. Hal ini terjadi dikarenakan lamanya perendaman membuat daya rekat aspal terhadap campuran akan berkurang dan peluang terjadinya kehilangan durabilitas atau keawetan campuran semakin besar. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalamnya dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang terselimuti oleh aspal.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Dari hasil penelitian Serbuk batu bata tidak terlalu efektif untuk menjadi pengganti *filler* pada campuran aspal. Semakin banyak penambahan serbuk batu bata dan lamanya perendaman membuat durabilitas campuran semakin menurun.
2. *Marshall* Test campuran aspal dengan penambahan variasi serbuk batu bata 0%, 10% dan 15% memenuhi spesifikasi, namun pada variasi 20% pada hari ke 10 nilai *flow*, melewati batas maksimum (2-4 mm) yaitu 4,13 mm. Nilai *flow* yang terlalu tinggi mengindikasikan campuran sangat lunak dan mudah terdeformasi akibat beban.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan pengujian mengenai karakteristik filler serbuk batu bata. Karena dalam penelitian ini peneliti mengabaikan karakteristik dari filler serbuk batu bata.
2. Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar menggunakan penumbuk listrik (*Elektrik Compaction*), agar beban yg diterima pada benda uji tetap sama.
3. Peralatan yang digunakan dalam laboratorium sebaiknya dikalibrasi secara rutin, supaya hasil yang diperoleh lebih akurat.
4. Dengan hasil penelitian ini diharapkan mampu menjadi pedoman dalam perencanaan penggunaan serbuk batu bata sebagai *filler* dalam campuran beton aspal AC-BC.

DAFTAR PUSTAKA

AASHTO T 245-90 (ASTM D 1559-76). Resistance Plastic of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus. American Society for Testing and Materials.

Advanty, E. (2014). Pengaruh Penggantian Sebagian Filler Semen dengan Kombinasi 40% Serbuk Batu Bata dan 60% Abu Cangkang Loka pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (ac-bc). *Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu*.

Akem, 2012, Pengaruh Suhu Pematatan Pada Lapis Perkerasan Laston (HRS-WC) yang Menggunakan Bahan Pengikat Retona Blend 55, *Jurnal Teknik Sipil*, 12(2), 285-302.

Astutik, Herna Puji, and Ridayati Ridayati. "PENYULUHAN PELAKSANAAN KONSTRUKSI ASPAL AGAR MENCAPAI UMUR RENCANA." *RESWARA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 4.1 (2023): 48-55.

Atkins, Harold N. (1997). Highway Materials, Soils, and Concretes Third Edition. Prentice Hall. New Jersey.

Badan Standarisasi Nasional. 1991. Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall (SNI 06-2489:1991). Jakarta: Standar Nasional Indonesia.

Bina Marga. "Spesifikasi umum 2018." *Direktorat Jendral Bina Marga. Departemen Pekerjaan Umum* (2018).

BSN. 1996. SNI 03-4142-1996 Metode Uji Kadar Bahan Lolos N0.200 (0,075 mm). Jakarta: Badan Standardisasi nasional.

Darunifah, Nurkhayati (2007) Pengaruh bahan tambahan karet terhadap karakteristik campuran asphalt concrete wearing course.

Direktorat Jenderal Bina Marga, 1998, Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Gunarto, April, et al. "Perencanaan Sistem Drainase Ruas Jalan Kunci-Sawah Kabupaten Nganjuk." *U Karst* 1.2 (2017): 156-164.

Hardiyatmo, H.C., 2015. Perancangan Perkerasan Jalan Dan Penyelidikan Tanah. Cetakan Ke-2, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Prameswari, Putri Ajeng, Priyo Pratomo, and Dwi Herianto. "Pengaruh Pemanfaatan PET pada Laston Lapis Pengikat Terhadap Parameter Marshall." *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain* 4.2 (2016): 294-305.

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.

SNI 03-4141-1996. (1996). Metode pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat. In Jakarta. Pusjatan-Balitbang PU.

SNI 03-6877-2002, Metoda Pengujian Bobot Isi Agregat. Pusat Litbang. Bandung.

SNI, 1997, Metode Pengujian Agregat Halus Atau Pasir Yang Mengandung Bahan Plastik Dengan Cara Setara Pasir, SNI 03-4428-1997, Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standart Nasional Indonesia.

Standar Nasional Indonesia ASTM. 2012. Metode Uji Bahan Yang Lebih Halus Dari Saringan No.200 Dalam Agregat Mineral Dengan Pencucian (SNI ASTM C117:2012). Jakarta : Badan Standarisasi Nasional

Standar Nasional Indonesia ASTM. 2012. Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus Dan Agregat Kasar (SNI ASTM C136:2012). Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.

Standar Nasional Indonesia. 1991. SNI 06-2432-1991 Metode Pengujian Daktilitas Bahan-Bahan Aspal. Badan Standarisasi Nasional.

Standar Nasional Indonesia. 2000. SNI 15-2094-2000 Bata Merah Pejal Untuk Pasangan Dinding. Jakarta

Suhingtyas, N. D. (2017). *Analisis Dampak Rendaman Air Laut Terhadap Durabilitas dan Karakteristik Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete–Binder Course (AC-BC)* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).

Sukirman, S., (1992), Perkerasan Lentur Jalan Raya, Penerbit Nova, Bandung.

Sukirman, Silvia. 2003. Beton Aspal Campuran Panas. Grafika Yuana Marga : Bandung

Wulandari, F. I. (2011). Pengaruh Penambahan Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona Grandits Lf*), Pada Paduan Tanah Liat dan Abu Sampah Terhadap Kualitas Batu Bata Merah di Kabupaten Karanganyar.

Yunianto, D. S., & Widodo, S. (2004). Pengaruh Variasi Kandungan Air Mortar terhadap Kekuatan Pasangan Bata Seyegan Slemam



L

A

M

P

I

R

A

N



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

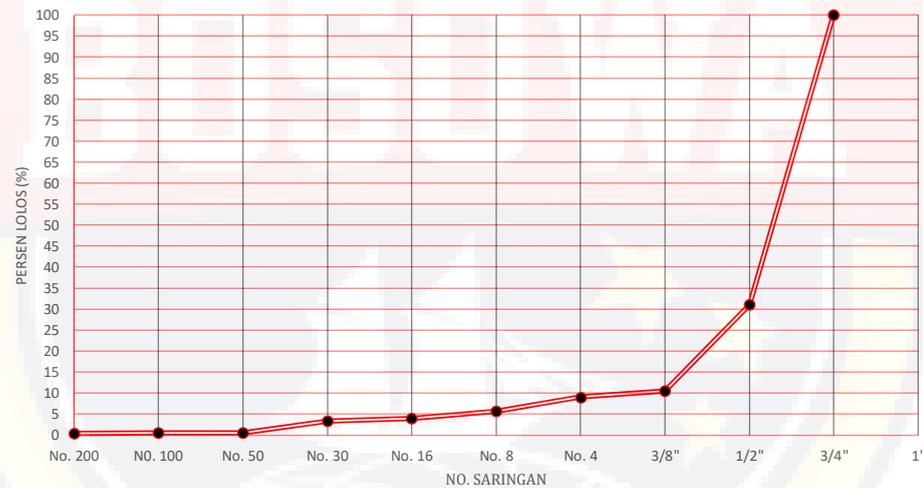
ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS DAN KASAR
(SNI 03 - 1968 - 1991)

Material : Batu Pecah 1-2

Sumber : Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Saringan No	Total :	2500,5		Total :	2500,3		Rata - rata
	Sampel Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Sampel Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	% Lolos
1'	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
1/2"	1797,00	71,87	28,13	1650,10	66,00	34,00	31,07
3/8"	2250,40	90,00	10,00	2222,70	88,90	11,10	10,55
No. 4	2308,30	92,31	7,69	2240,80	89,62	10,38	9,03
No. 8	2321,70	92,85	7,15	2396,10	95,83	4,17	5,66
No. 16	2402,30	96,07	3,93	2400,50	96,01	3,99	3,96
No. 30	2420,10	96,78	3,22	2412,30	96,48	3,52	3,37
No. 50	2490,70	99,61	0,39	2480,30	99,20	0,80	0,60
No. 100	2490,70	99,61	0,39	2485,20	99,40	0,60	0,50
No. 200	2492,40	99,68	0,32	2486,60	99,45	0,55	0,44
Pan	2496,20	99,83	0,17	2494,10	99,75	0,25	0,21

GRAFIK ANALISA SARINGAN BATU PECAH 1-2



Mengetahui
Kepala Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Makassar, 2022
Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Marlina Alwi, ST.



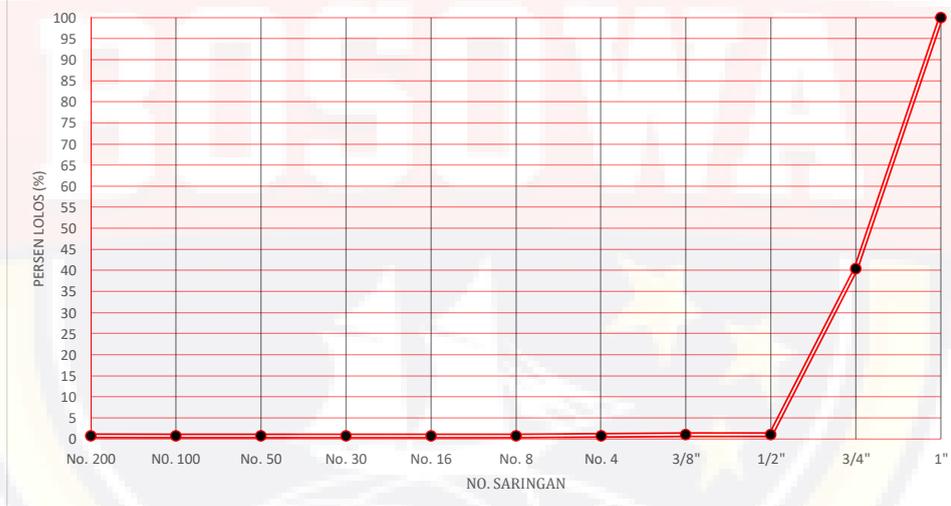
LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS DAN KASAR
(AASHTO T. 11 / 27 - 29 - SNI 03 - 1968 - 1991)

Material : Batu Pecah 2-3

Saringan No	2500,0			2500			Rata - rata
	Total Sampel	1		Total Sampel	2		%
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos
1"	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
3/4"	1495,60	59,82	40,18	1488,00	59,52	40,48	40,33
1/2"	2477,60	99,10	0,90	2471,80	98,87	1,13	1,01
3/8"	2480,20	99,21	0,79	2472,10	98,88	1,12	0,95
No. 4	2487,20	99,49	0,51	2474,40	98,98	1,02	0,77
No. 8	2488,10	99,52	0,48	2474,60	98,98	1,02	0,75
No. 16	2488,30	99,53	0,47	2474,90	99,00	1,00	0,74
No. 30	2488,60	99,54	0,46	2475,00	99,00	1,00	0,73
No. 50	2489,50	99,58	0,42	2475,10	99,00	1,00	0,71
No. 100	2489,70	99,59	0,41	2475,20	99,01	0,99	0,70
No. 200	2491,90	99,68	0,32	2475,50	99,02	0,98	0,65
Pan	2495,30	99,81	0,19	2475,70	99,03	0,97	0,58

GRAFIK ANALISA SARINGAN BATU PECAH 2-3



Mengetahui
Kepala Laboratorium

Makassar, 2022
Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Marlina Alwi, ST.



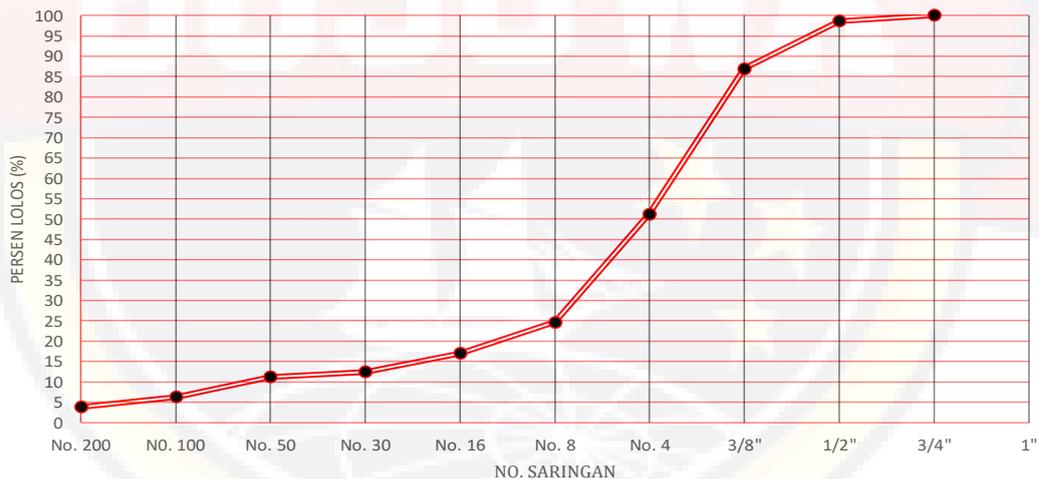
LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS DAN KASAR
(AASHTO T. 11 / 27 - 29 - SNI 03 - 1969 - 1991)

Material : Batu Pecah 0.5-1

Saringan No	Total : Sampel Kumulatif Tertahan	2500,3		Total : Sampel Kumulatif Tertahan	2500,4		Rata - rata % Lolos
		% Tertahan	% Lolos		% Tertahan	% Lolos	
1'	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
1/2"	70,20	2,81	97,19	0,00	0,00	100,00	98,60
3/8"	352,80	14,11	85,89	300,30	12,01	87,99	86,94
No. 4	1185,00	47,39	52,61	1254,60	50,18	49,82	51,21
No. 8	1942,70	77,70	22,30	1826,30	73,04	26,96	24,63
No. 16	2066,90	82,67	17,33	2083,10	83,31	16,69	17,01
No. 30	2270,30	90,80	9,20	2107,20	84,27	15,73	12,46
No. 50	2315,40	92,60	7,40	2126,80	85,06	14,94	11,17
No. 100	2369,30	94,76	5,24	2321,30	92,84	7,16	6,20
No. 200	2387,80	95,50	4,50	2421,50	96,84	3,16	3,83
Pan	2497,80	99,90	0,10	2451,10	98,03	1,97	1,04

GRAFIK ANALISA SARINGAN BATU PECAH 0,5-1
1



Mengetahui
Kepala Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Makassar, 2022
Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Marlina Alwi, ST.



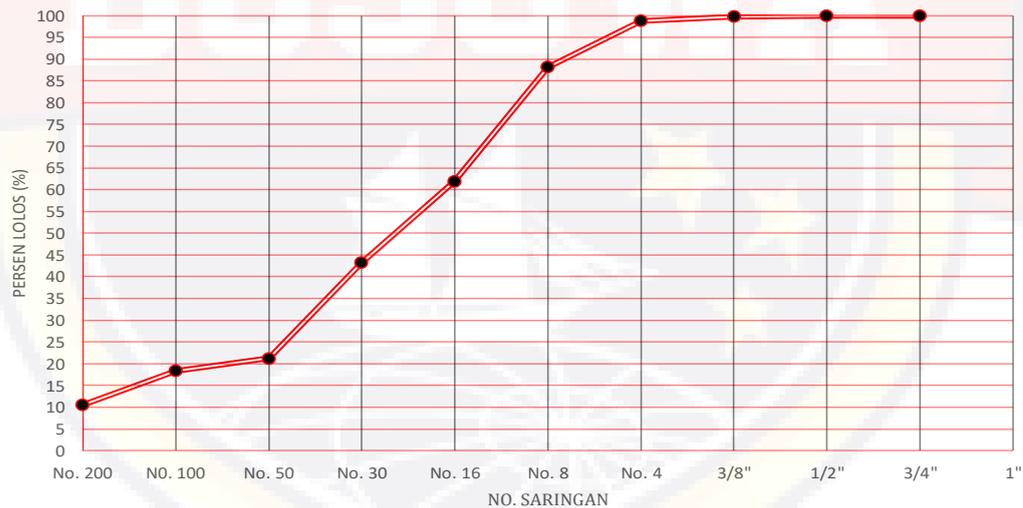
LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS DAN KASAR
(AASHTO T. 11 / 27 - 29 - SNI 03 - 1969 - 1991)

Material : Abu Batu

Saringan No	Total :	2500,7		Total :	2500,3		Rata - rata
	Sampel	1		Sampel	2		%
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos
1'	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
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"	8,60	0,34	99,66	5,20	0,21	99,79	99,72
No. 4	33,10	1,32	98,68	27,60	1,10	98,90	98,79
No. 8	202,40	8,09	91,91	386,10	15,44	84,56	88,23
No. 16	1092,40	43,68	56,32	812,30	32,49	67,51	61,91
No. 30	1592,60	63,69	36,31	1247,20	49,88	50,12	43,22
No. 50	1918,20	76,71	23,29	2022,30	80,88	19,12	21,21
No. 100	2064,30	82,55	17,45	2017,30	80,68	19,32	18,38
No. 200	2223,30	88,91	11,09	2249,90	89,99	10,01	10,55
Pan	2494,60	99,76	0,24	2448,40	97,92	2,08	1,16

GRAFIK ANALISA SARINGAN ABU BATU



Mengetahui
Kepala Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Makassar, 2022
Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Marlina Alwi, ST.



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

KOMPOSISI CAMPURAN VARIASI SERBUK BATU BATA

Kadar Aspal	=	6	%			100 %	-	6	%	=	94	
Hasil Combine												
BP 2-3		9	%	x	94	%	=	0.0846	x	1200	=	101.5
BP 1-2		11	%	x	94	%	=	0.1034	x	1200	=	124.1
BP 0,5 - 1		50	%	x	94	%	=	0.47	x	1200	=	564
Abu Batu		29	%	x	94	%	=	0.2726	x	1200	=	327.1
Filler		1	%	x	94	%	=	0.0094	x	1200	=	11.28
Aspal		6	%			X				1200	=	72
												1200

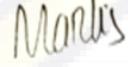
Kadar Aspal	=	6	%			100 %	-	6	%	=	94	
Hasil Combine												
BP 2-3		9	%	x	94	%	=	0.0846	x	1200	=	101.5
BP 1-2		11	%	x	94	%	=	0.1034	x	1200	=	124.1
BP 0,5 - 1		50	%	x	94	%	=	0.47	x	1200	=	564
Abu Batu		29	%	x	94	%	=	0.2726	x	1200	=	327.1
Filler		1	%	x	94	%	=	0.0094	x	1200	=	11.28
Aspal		6	%			X				1200	=	72
												1200
Variasi Filler												
Serbuk Batu Bata					10	%	=	11.28	x	10%	=	1.128
Semen							=	11.28	-	1.1	=	10.15

Mengetahui
Kepala Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Makassar, 2022

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Marlina Alwi, ST.



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Kadar Aspal	=	6	%				100 %	-	6	%	=	94
Hasil Combine												
BP 2-3	9	%	X	94	%	=	0.0846	X	1200	=	101.5	
BP 1-2	11	%	x	94	%	=	0.1034	x	1200	=	124.1	
BP 0,5 - 1	50	%	x	94	%	=	0.47	x	1200	=	564	
Abu Batt	29	%	x	94	%	=	0.2726	x	1200	=	327.1	
Filler	1	%	x	94	%	=	0.0094	x	1200	=	11.28	
Aspal	6	%			X				1200	=	72	
											1200	
Variasi Filler												
Serbuk Batu bata				15	%	=	11.28	x	15%	=	1.692	
Semen						=	11.28	-	1.7	=	9.588	

Kadar Aspal	=	6	%				100 %	-	6	%	=	94
Hasil Combine												
BP 2-3	9	%	X	94	%	=	0.0846	X	1200	=	101.5	
BP 1-2	11	%	x	94	%	=	0.1034	x	1200	=	124.1	
BP 0,5 - 1	50	%	x	94	%	=	0.47	x	1200	=	564	
Abu Batu	29	%	x	94	%	=	0.2726	x	1200	=	327.1	
Filler	1	%	x	94	%	=	0.0094	x	1200	=	11.28	
Aspal	6	%			X				1200	=	72	
											1200	
Variasi Filler												
Serbuk Batu bata				20	%	=	11.28	x	20%	=	2.256	
Semen						=	11.28	-	2.3	=	9.024	

Mengetahui
Kepala Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Makassar, 2022
Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Marlina Alwi, ST.

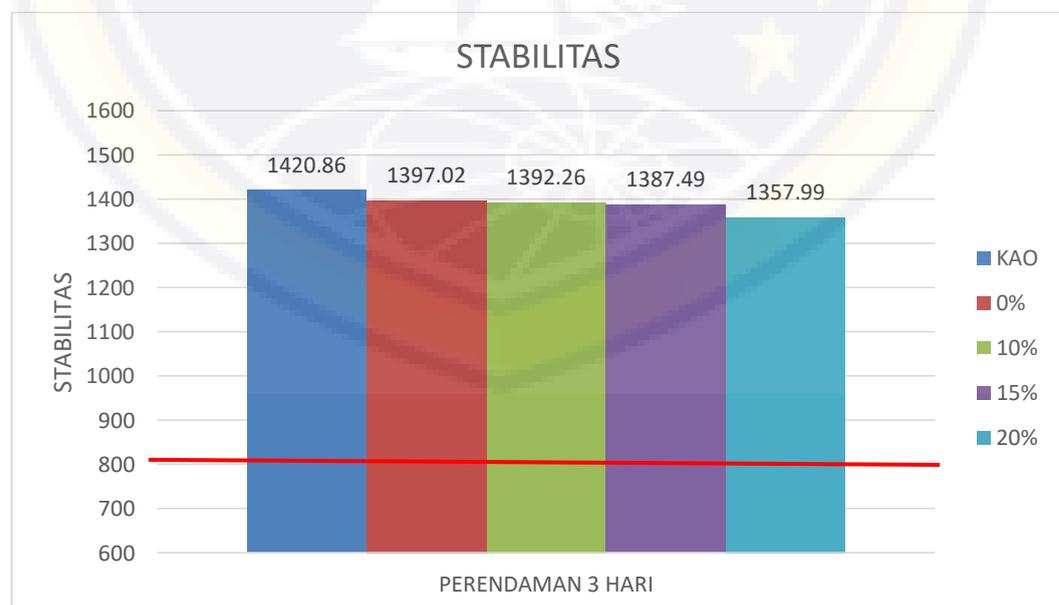
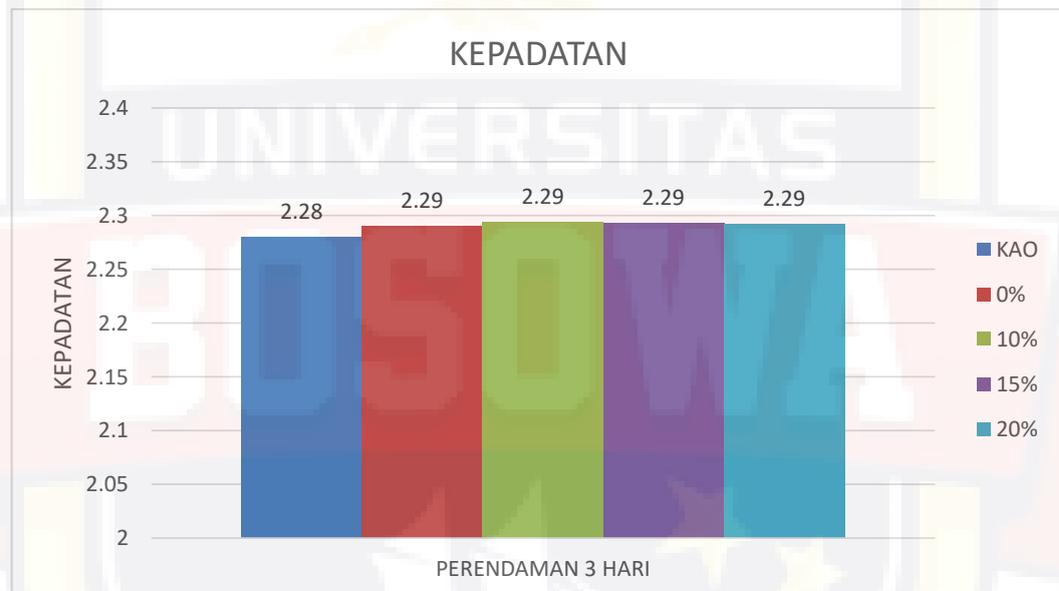


LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Data dan Grafik Hasil Uji Variasi

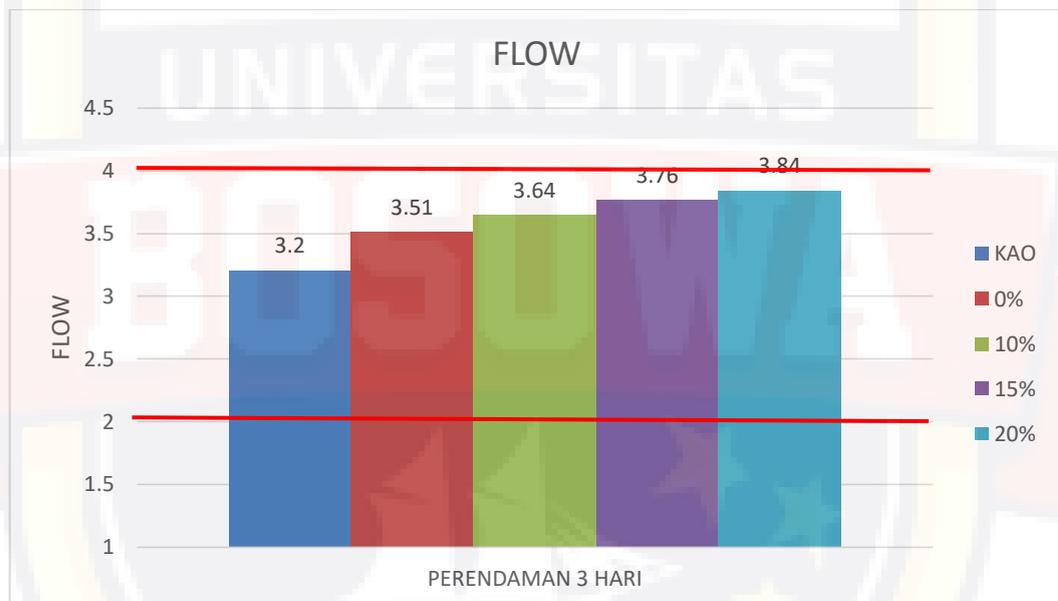
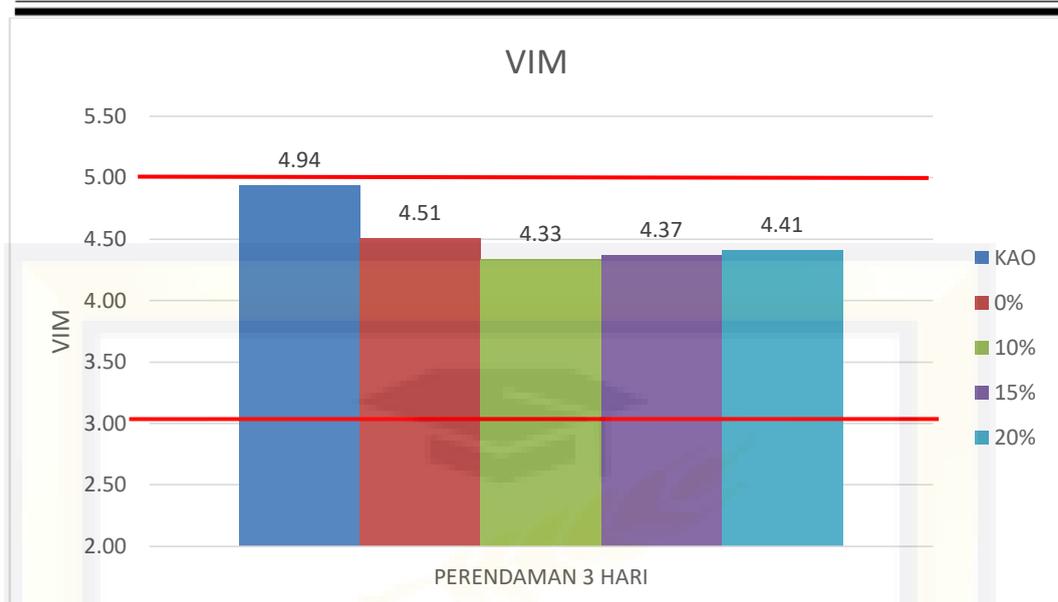
Serbuk Batu Bata perendaman 3 hari

No	Pemeriksaan	24 jam	KAO 6.0 %				Spesifikasi 2018
			Perendaman 3 Hari				
			Kadar Serbuk Batu Bata				
			0%	10%	15%	20%	
1	Kepadatan	2,28	2,28	2,29	2,29	2,29	-
2	Stabilitas (Kg)	1420,86	1397,02	1392,26	1387,49	1357,99	Min. 800
3	Flow (mm)	3,20	3,51	3,64	3,76	3,84	2-4
4	VMA (%)	15,40	15,02	14,86	14,90	14,93	Min 14
5	VIM (%)	4,94	4,51	4,33	4,37	4,41	3-5
6	VFB (%)	67,98	70,21	70,89	70,67	70,58	Min 65
7	MQ (Kg/mm)	448,07	398,53	382,40	368,83	353,88	Min 250





LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA



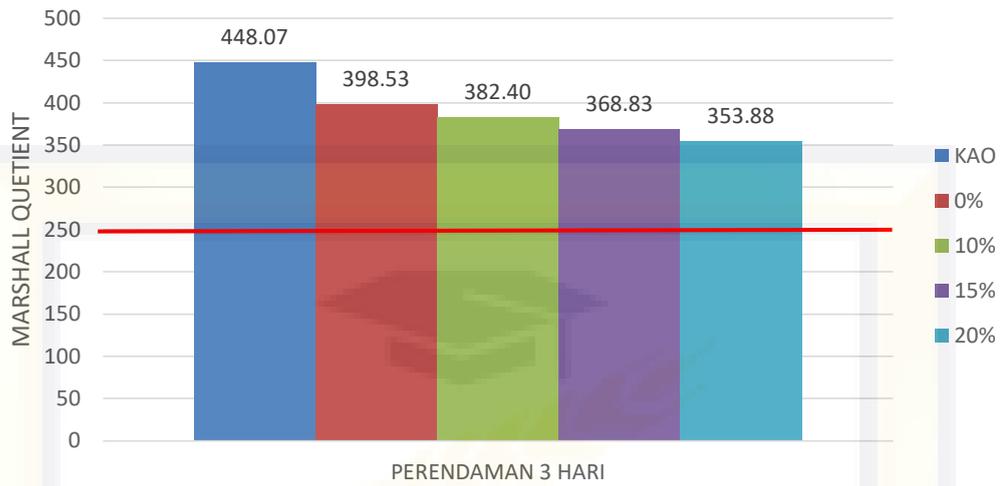


LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

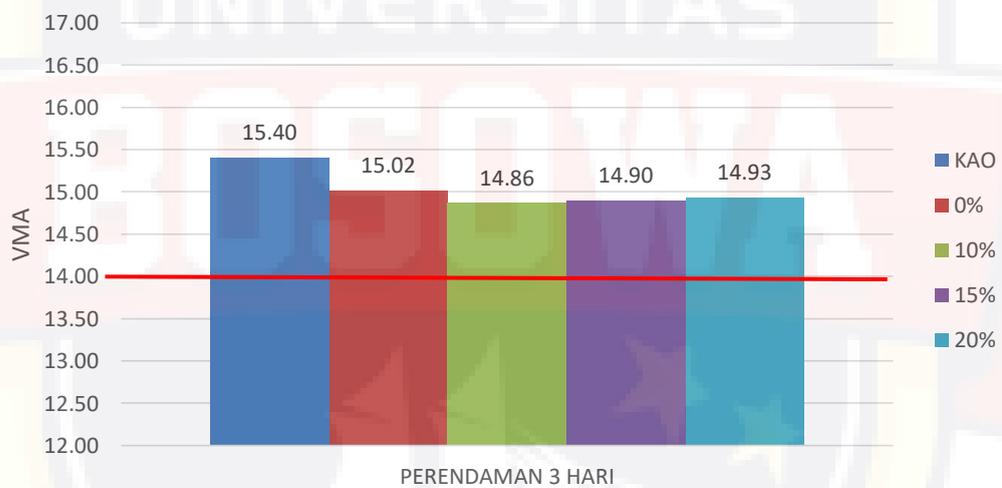
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA

MARSHALL QUETIENT

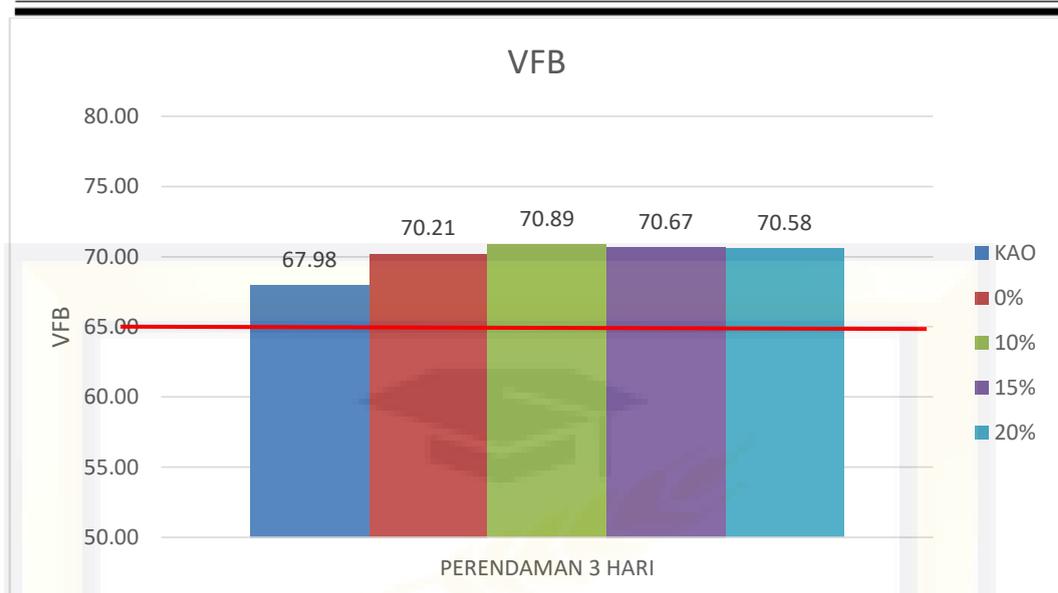


VMA





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



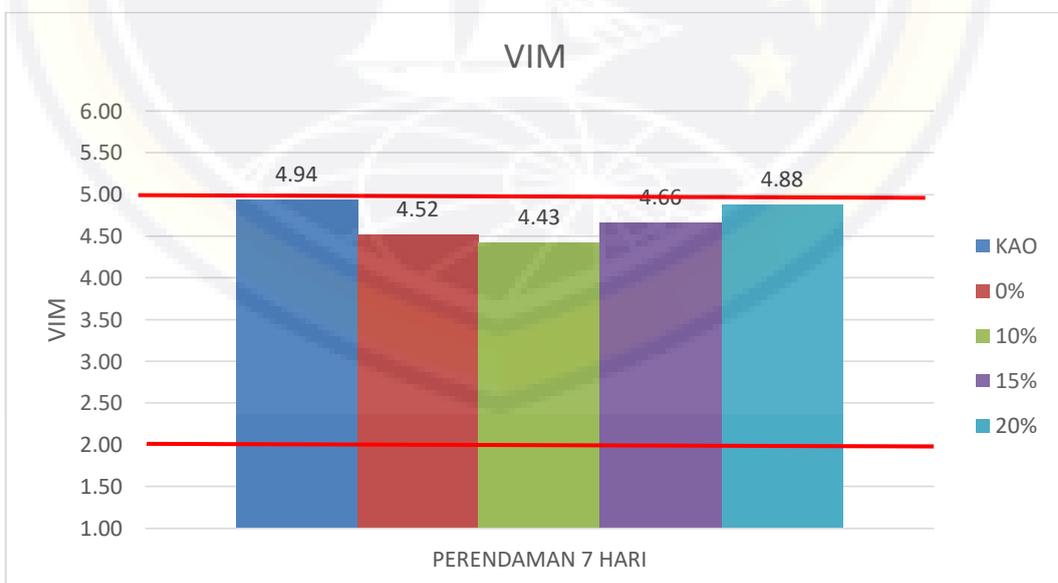
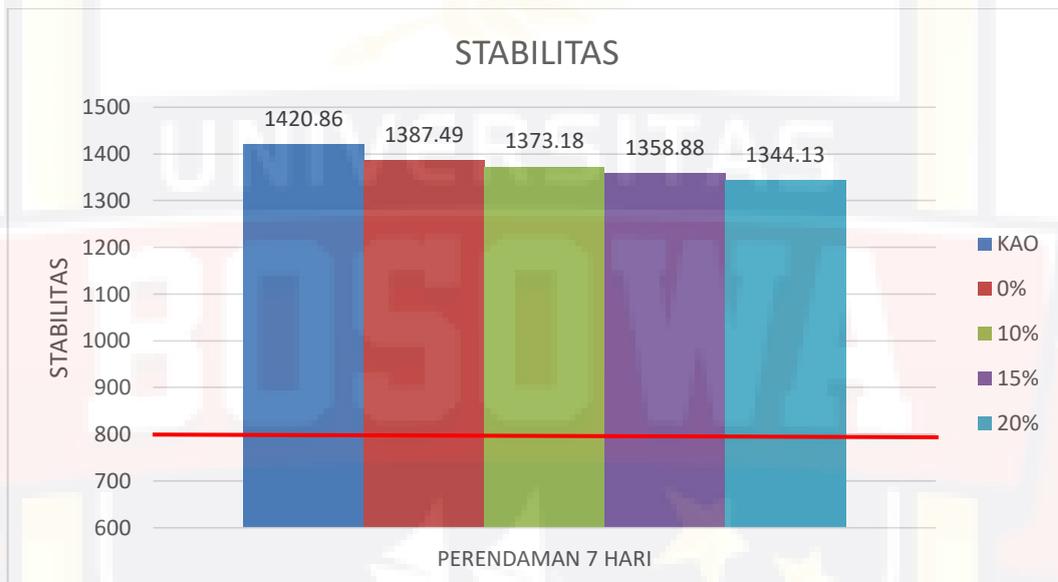
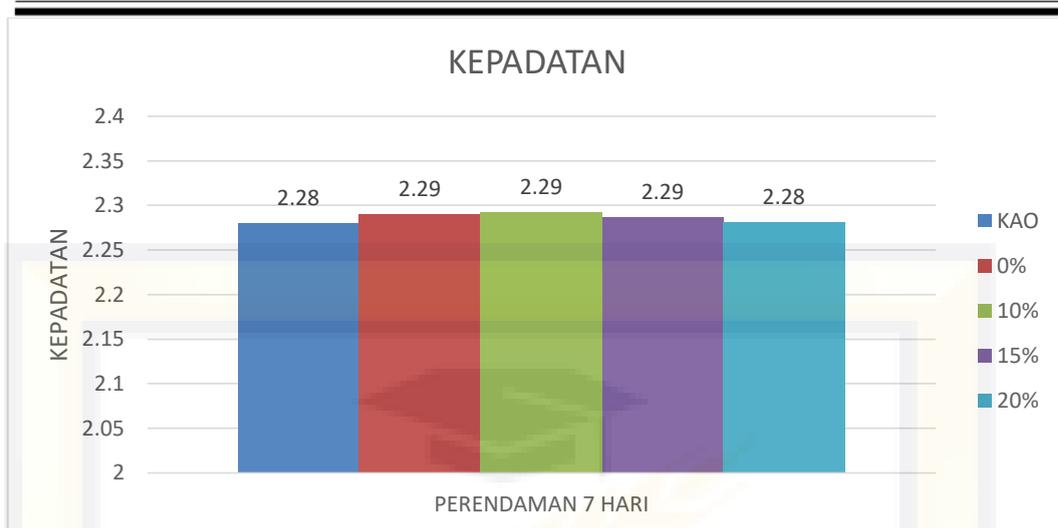
Data dan Grafik Hasil Uji Variasi

Serbuk Batu Bata perendaman 7 hari

No	Pemeriksaan	24 Jam	KAO 6.0 %				Spesifikasi 2018
			Perendaman 7 Hari				
			Kadar Serbuk Batu Bata				
			0%	10%	15%	20%	
1	Kepadatan	2,28	2,28	2,29	2,29	2,29	-
2	Stabilitas (Kg)	1420,86	1387,49	1373,18	1358,88	1344,13	Min. 800
3	Flow (mm)	3,20	3,66	3,77	3,87	3,93	2-4
4	VMA (%)	15,40	15,03	14,95	15,15	15,35	Min 14
5	VIM (%)	4,94	4,52	4,43	4,66	4,88	3-5
6	VFB (%)	67,98	70,22	70,62	70,39	68,30	Min 65
7	MQ (Kg/mm)	448,07	380,15	364,88	351,46	342,08	Min 250

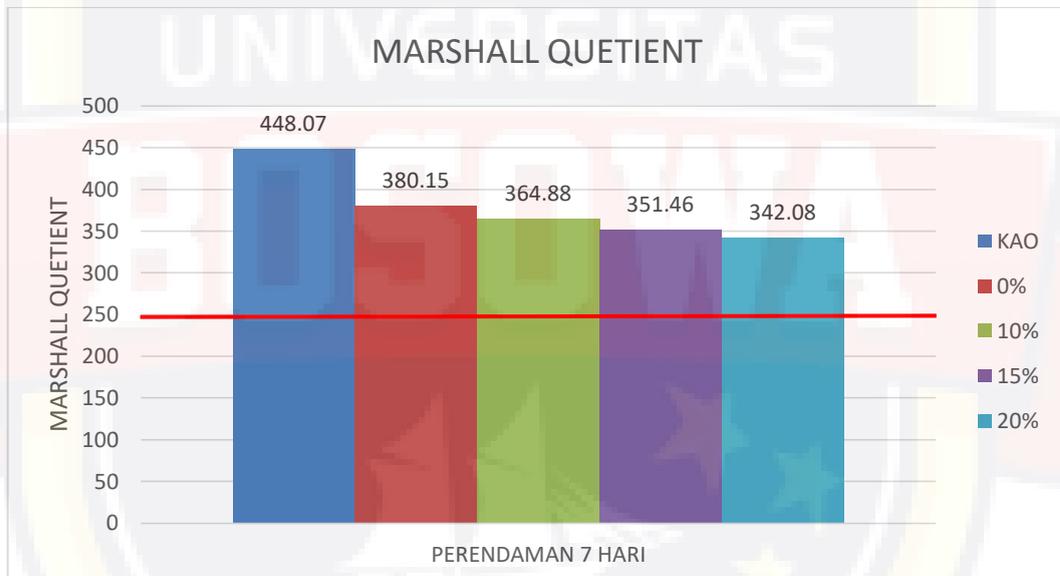
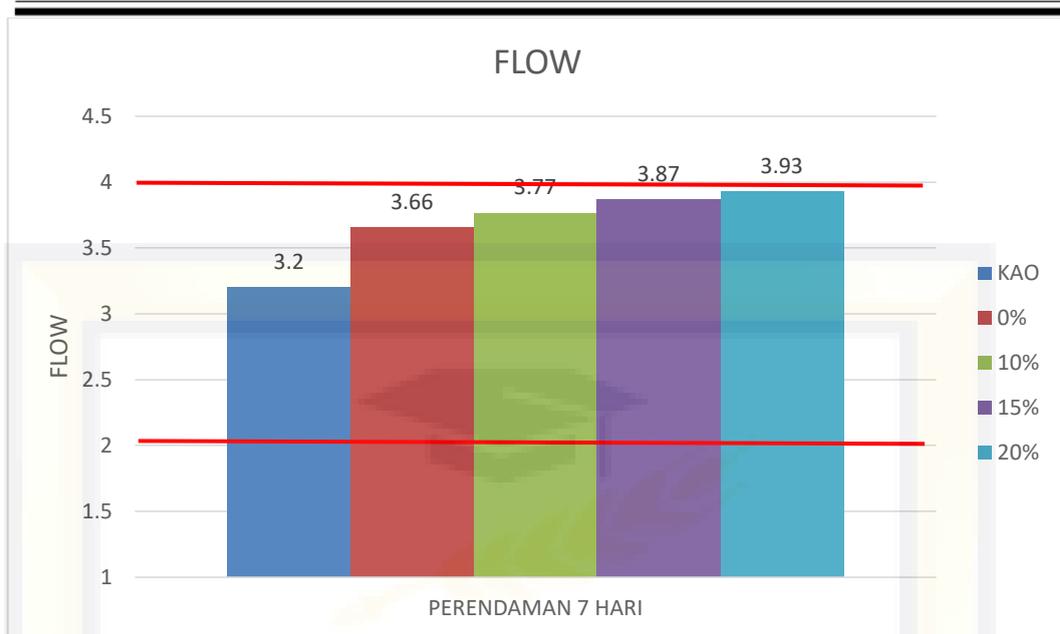


LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA



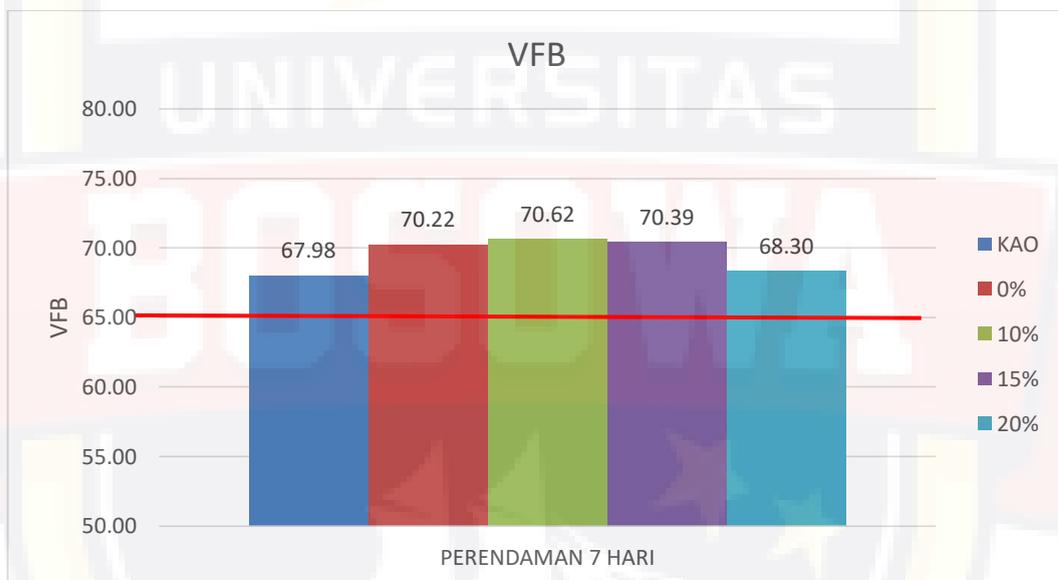
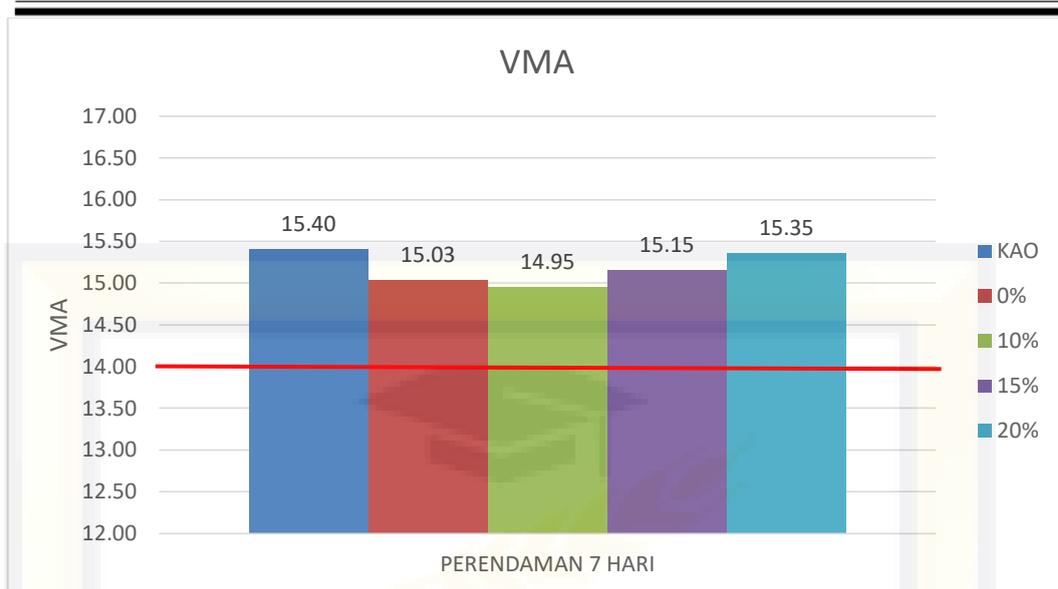


LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA



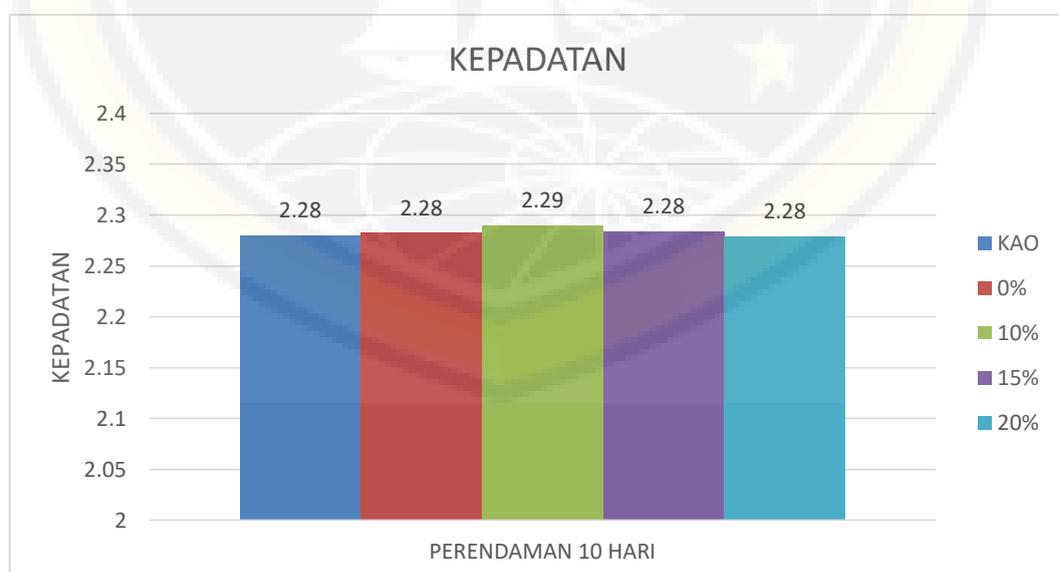


LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA



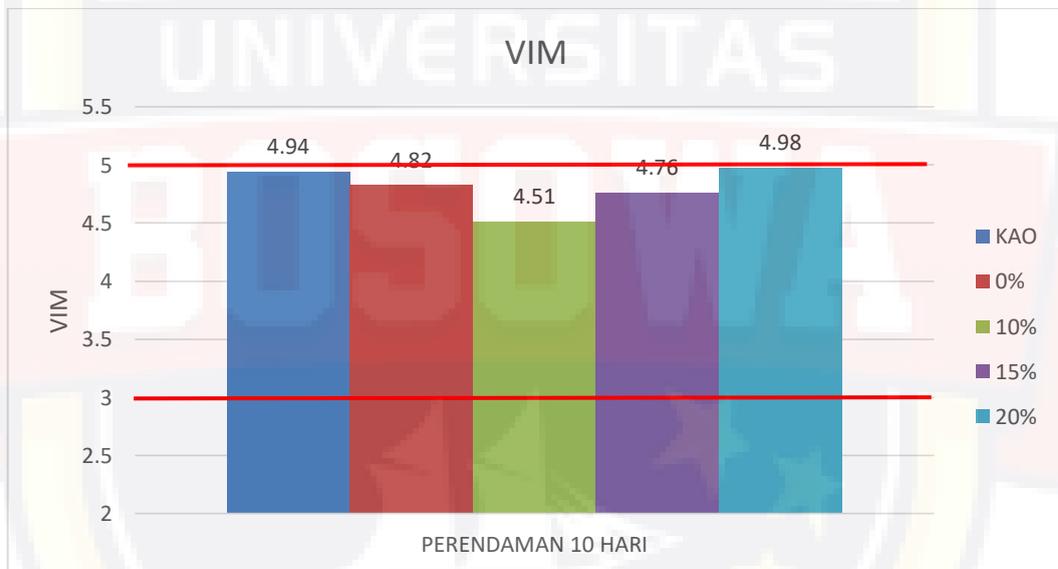
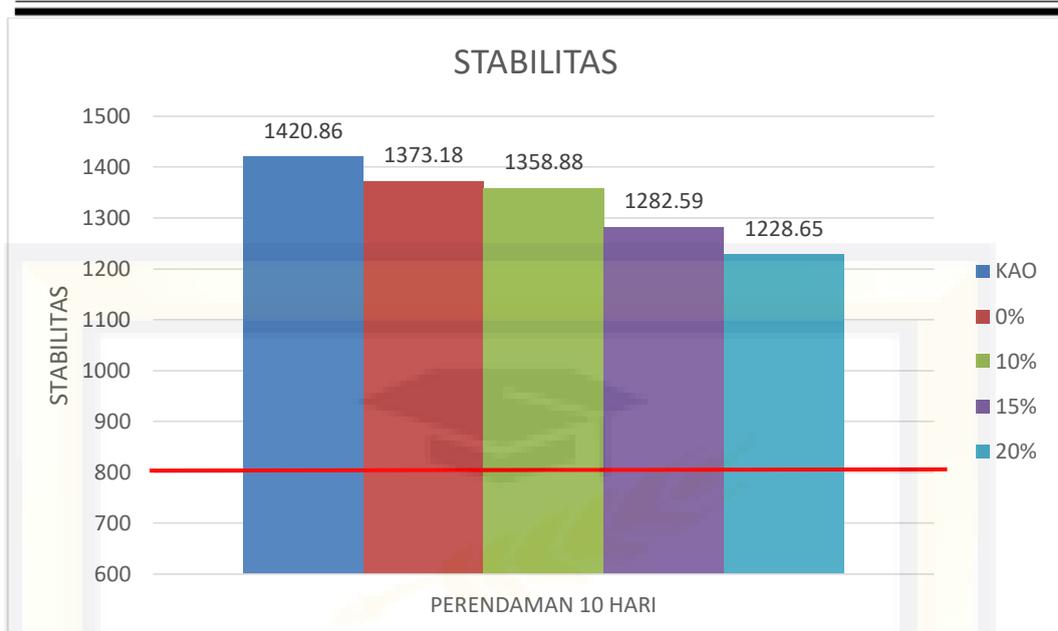
Data dan Grafik Hasil Uji Variasi
Serbuk Batu Bata perendaman 10 hari

No	Pemeriksaan	24 jam	KAO 6.0 %				Spesifikasi 2018
			Perendaman 10 Hari				
			Kadar Serbuk Batu Bata				
			0%	10%	15%	20%	
1	Kepadatan	2,28	2,28	2,29	2,29	2,29	-
2	Stabilitas (Kg)	1420,86	1373,18	1358,88	1282,59	1228,65	Min. 800
3	Flow (mm)	3,20	3,76	3,80	3,96	4,13	2-4
4	VMA (%)	15,40	15,30	15,02	15,24	15,44	Min 14
5	VIM (%)	4,94	4,82	4,51	4,76	4,98	3-5
6	VFB (%)	71,15	69,44	70,02	68,98	67,80	Min 65
7	MQ (Kg/mm)	448,07	366,21	357,41	324,13	297,34	Min 250



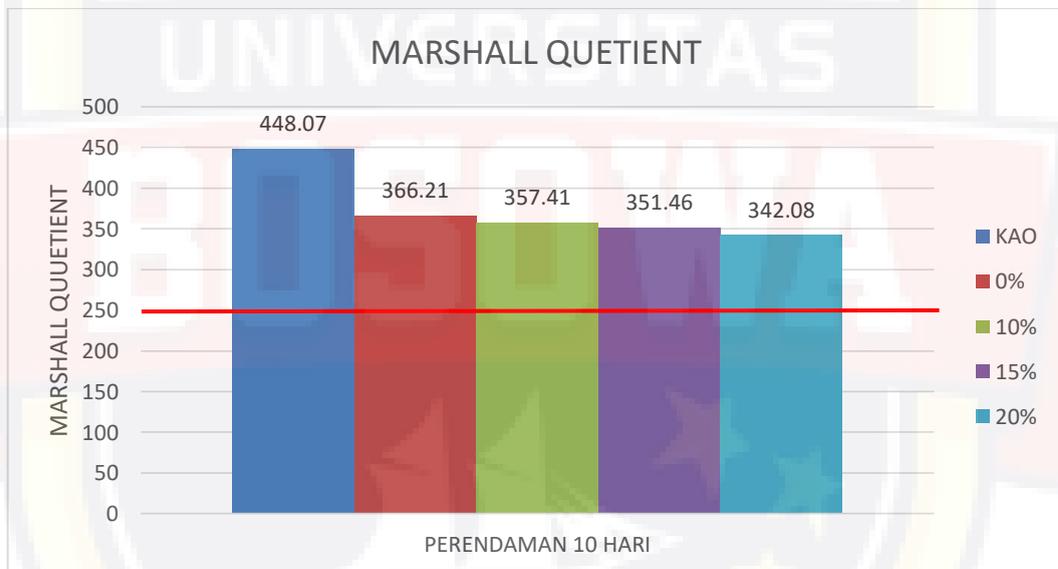
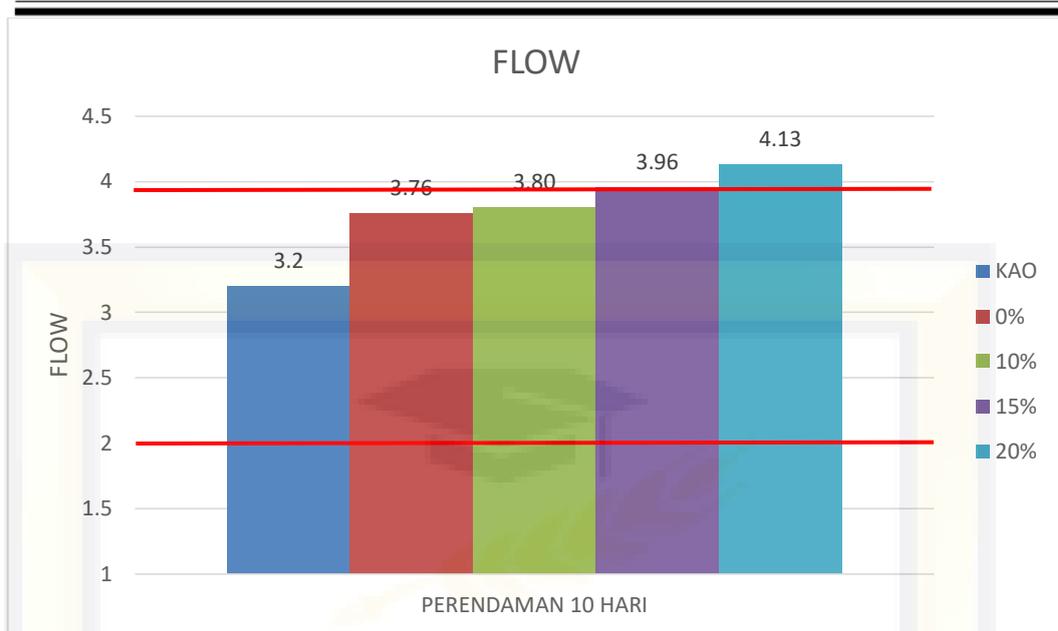


LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA



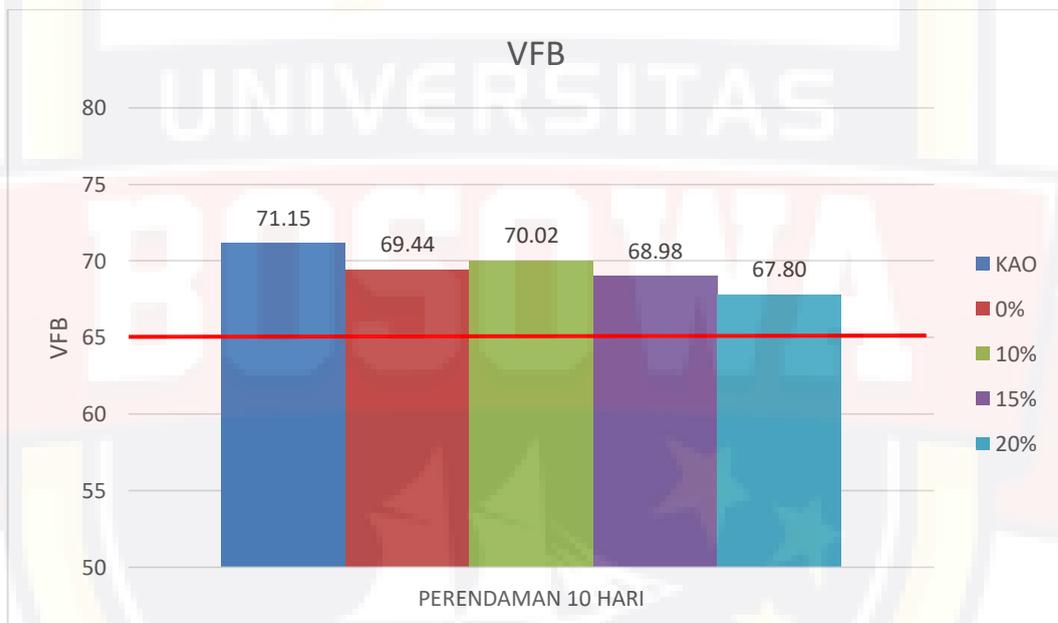
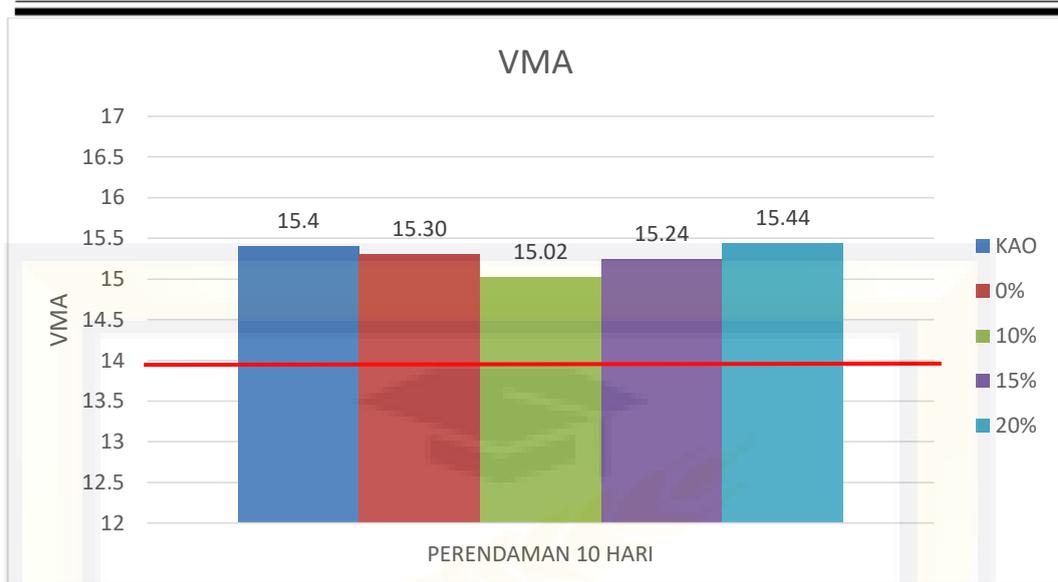


LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA



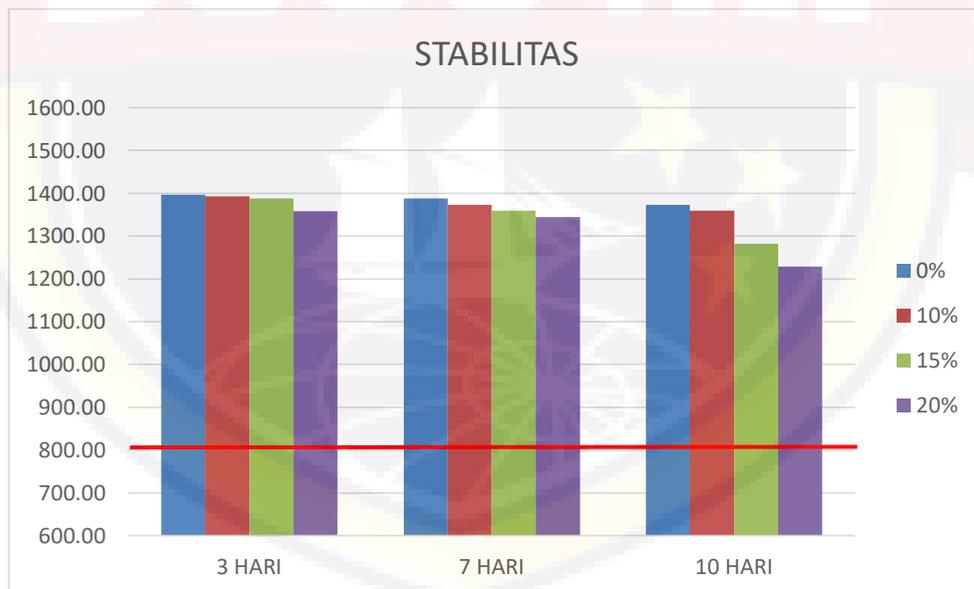
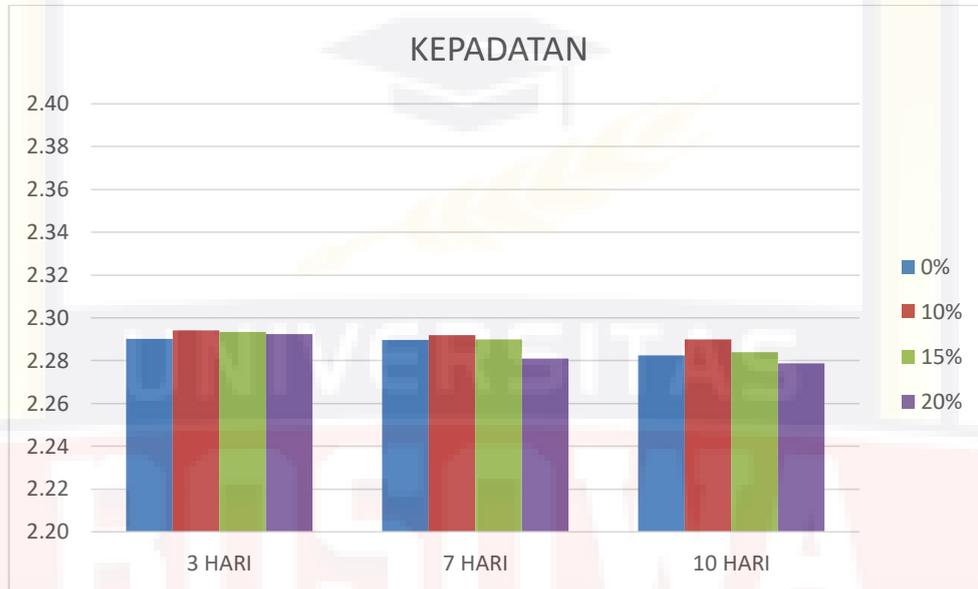


LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA



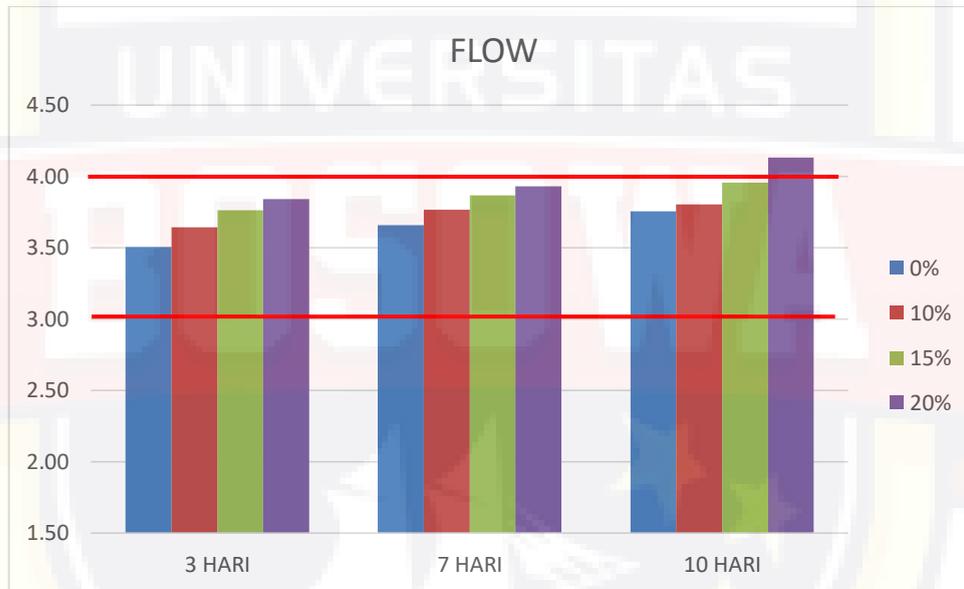
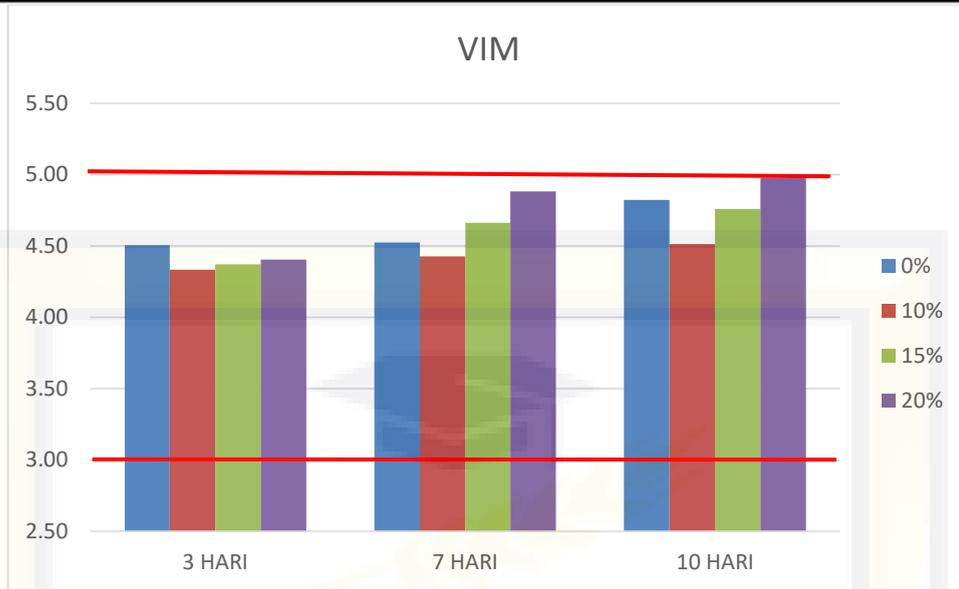


LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA





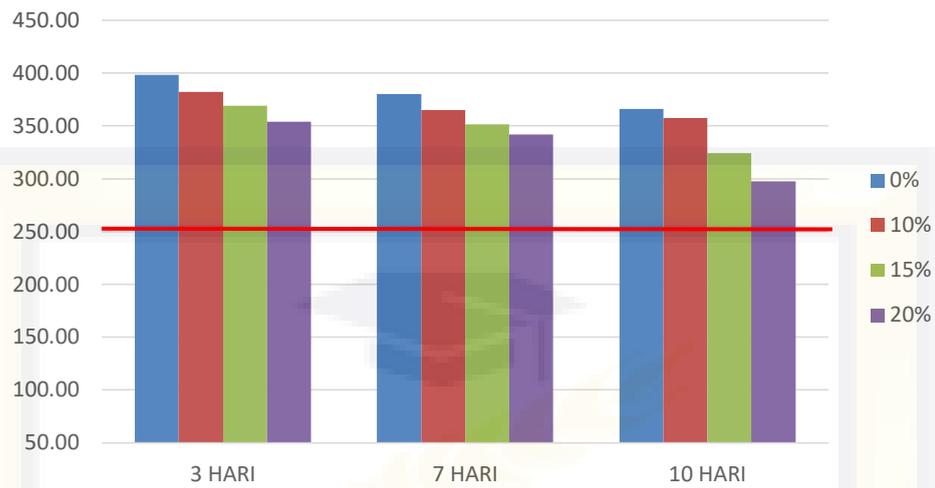
LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA



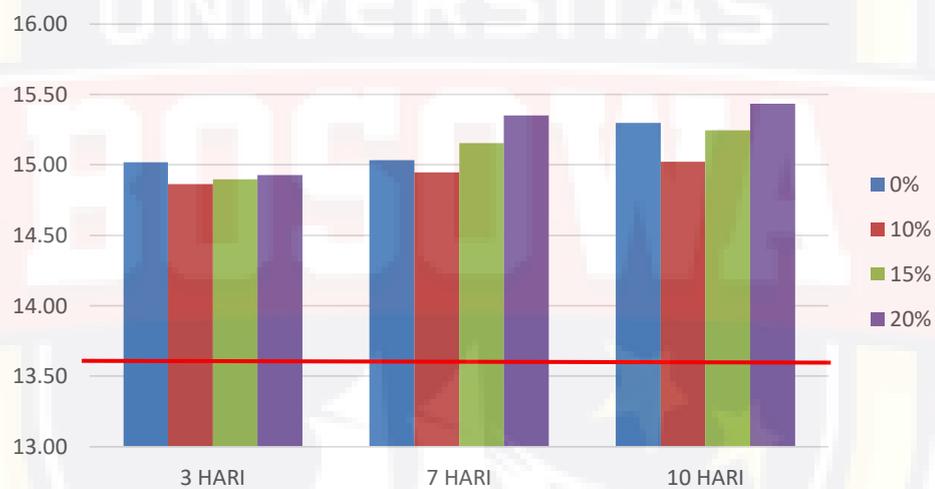


LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

MARSHALL QUETIENT

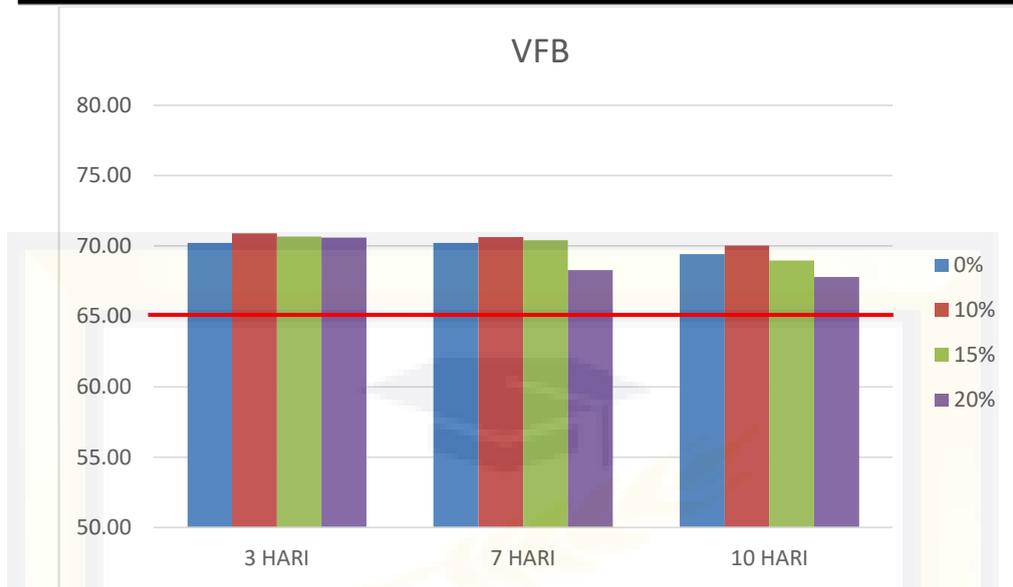


VMA





LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA



UNIVERSITAS

BOSOWA





LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA

MARSHALL TEST KAO SISA

Penetrasi Aspal	: 60/70
Berat Jenis Aspal	: 1,020 gr/cc

Sumber : Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

No	Agregat	Bj Bulk	Bj Semu
a	Batu Pecah 2 - 3	2,56	2,71
b	Batu Pecah 1 - 2	2,58	2,77
c	Batu Pecah 0,5 - 1	2,54	2,74
d	Abu Batu	2,48	2,65
e	Filler	3,14	3,14

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)					(%)		Berat (Gram)					Volume Benda Uji	Bj Bulk Campuran (Kepadatan)	% Stabilitas (Kg)			(mm)	(kg / mm)	Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)				
						Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal	Bj Bulk Gabungan	Bj Efektif Gabungan	Bj Maksimum Campuran (GMM)	Di Udara (In Air)	Dalam Air (In Water)			Kering Permukaan (SSD)	Rongga Dalam Campuran (VIM)	Pembacaan								Disesuaikan (Kalibrasi Alat & Angka Korelasi)	Pelelehan	Marshall Quetient	
	a	b	c	d	e	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S				
I	9	11	50	29	1	4,76	6,0	2,53	2,62	2,398	1174,10	670,00	1189,60	519,60	2,26	5,8	110,00	1573,44	2,65	593,75	4,56	1,32	10,71	16,15	64,24			
II	9	11	50	29	1	4,76	6,0	2,53	2,62	2,398	1179,00	673,00	1187,00	514,00	2,29	4,4	125,00	1788	2,20	812,73	4,56	1,32	10,71	14,88	70,76			
III	9	11	50	29	1	4,76	6,0	2,53	2,62	2,398	1183,90	678,00	1195,00	517,00	2,29	4,5	130,00	1859,52	2,12	877,13	4,56	1,32	10,71	15,02	69,97			
Rata - rata														516,87	2,28	4,9	121,67	1740,32	2,3	761,20	4,56	1,32	10,71	15,35	68,32			
Perendaman 30 menit dengan suhu 60																												
I	9	11	50	29	1	4,76	6,0	2,53	2,62	2,398	1180,90	675,00	1195,80	520,80	2,27	5,4	105,00	1501,92	2,9	517,90	4,56	1,32	10,71	15,86	65,64			
II	9	11	50	29	1	4,76	6,0	2,53	2,62	2,398	1185,00	678,00	1198,00	520,00	2,28	5,0	98,00	1401,79	3,2	438,06	4,56	1,32	10,71	15,43	67,78			
III	9	11	50	29	1	4,76	6,0	2,53	2,62	2,398	1175,20	674,00	1186,60	512,60	2,29	4,4	95,00	1358,88	3,5	388,25	4,56	1,32	10,71	14,92	70,52			
Rata - rata														517,80	2,28	4,9	99,33	1420,86	3,2	448,07	4,56	1,32	10,71	15,40	67,98			
Perendaman 24 Jam dengan suhu 60																												
SPESIFIKASI														Min 3,0		Min 800	Min 2 - Maks. 4										Min 14	Min 65

$$\text{Stabilitas sisa} = \frac{\text{Perendaman 30 menit}}{\text{Perendaman 24 jam}} = \frac{1740,3}{1420,9} \times 100\% = 122,48 > 90$$



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA

MARSHALL TEST

Penetrasi Aspal	: 60/70
Berat Jenis Aspal	: 1,020 gr/cc

Sumber : Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

No	Agregat	Bj Bulk	Bj Semu
a	Batu Pecah 2 - 3	2,56	2,71
b	Batu Pecah 1 - 2	2,58	2,77
c	Batu Pecah 0,5 - 1	2,54	2,74
d	Abu Batu	2,48	2,65
e	Filler	3,14	3,14

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)					Kadar (%)		Kadar serbuk batu bata	Bj Bulk Gabungan	Bj Efektif Gabungan	Bj Maksimum Campuran (GMM)	Berat (Gram)			Volume Benda Uji	Bj Bulk Campuran (Kepadatan)	%	Stabilitas (Kg)		(mm)	kg / mm	Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)
						Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal					Di Udara (In Air)	Dalam Air (In Water)	Kering Permukaan (SSD)				Rongga Dalam Campuran (VIM)	Pembacaan							
	a	b	c	d	e	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S		
I	9	11	50	29	1	4,76	6,0	0	2,53	2,62	2,398	1170,00	668,00	1185,60	517,60	2,26	5,7	98,00	1401,79	3,42	409,88	4,56	1,32	10,71	16,12	64,38
II	9	11	50	29	1	4,76	6,0	0	2,53	2,62	2,398	1182,00	677,00	1189,10	512,10	2,31	3,8	96,00	1373,18	3,50	392,34	4,56	1,32	10,71	14,35	73,85
III	9	11	50	29	1	4,76	6,0	0	2,53	2,62	2,398	1186,00	679,00	1194,30	515,30	2,30	4,0	99,00	1416,1	3,60	393,36	4,56	1,32	10,71	14,59	72,41
Perendaman 3 hari 30 Menit suhu 60												Rata - rata			515,00	2,29	4,51	97,67	1397,02	3,51	398,53	4,56	1,32	10,71	15,02	70,21
I	9	11	50	29	1	4,76	6,0	10	2,53	2,62	2,398	1177,10	669,00	1185,00	516,00	2,28	4,87	100,00	1430,40	3,65	391,89	4,56	1,32	10,71	15,35	68,23
II	9	11	50	29	1	4,76	6,0	10	2,53	2,62	2,398	1178,30	677,00	1189,10	512,10	2,30	4,05	95,00	1358,88	3,50	388,25	4,56	1,32	10,71	14,61	72,27
III	9	11	50	29	1	4,76	6,0	10	2,53	2,62	2,398	1183,10	680,00	1194,30	514,30	2,30	4,07	97,00	1387,49	3,78	367,06	4,56	1,32	10,71	14,63	72,16
Perendaman 3 hari 30 Menit suhu 60												Rata - rata			514,13	2,29	4,33	97,33	1392,26	3,64	382,40	4,56	1,32	10,71	14,86	70,89
I	9	11	50	29	1	4,76	6,0	15	2,53	2,62	2,398	1180,60	680,00	1195,40	515,40	2,29	4,48	100,00	1430,40	3,70	386,59	4,56	1,32	10,71	15,00	70,12
II	9	11	50	29	1	4,76	6,0	15	2,53	2,62	2,398	1175,50	676,00	1187,10	511,10	2,30	4,09	96,00	1373,18	3,80	361,36	4,56	1,32	10,71	14,65	72,06
III	9	11	50	29	1	4,76	6,0	15	2,53	2,62	2,398	1168,70	667,00	1177,50	510,50	2,29	4,54	95,00	1358,88	3,79	358,54	4,56	1,32	10,71	15,04	69,85
Perendaman 3 hari 30 Menit suhu 60												Rata - rata			512,33	2,29	4,37	97,00	1387,49	3,76	368,83	4,56	1,32	10,71	14,90	70,67
I	9	11	50	29	1	4,76	6,0	20	2,53	2,62	2,398	1187,50	680,00	1195,70	515,70	2,30	3,98	100,00	1385,7	3,87	358,06	4,56	1,32	10,7	14,55	72,65
II	9	11	50	29	1	4,76	6,0	20	2,53	2,62	2,398	1167,80	670,00	1177,30	507,30	2,30	4,01	97,00	1344,13	3,70	363,28	4,56	1,32	10,7	14,57	72,50
III	9	11	50	29	1	4,76	6,0	20	2,53	2,62	2,398	1155,40	660,00	1168,40	508,40	2,27	5,23	97,00	1344,13	3,95	340,29	4,56	1,32	10,7	15,66	66,59
Perendaman 3 hari 30 Menit suhu 60												Rata - rata			510,47	2,29	4,41	98,00	1357,99	3,84	353,88	4,56	1,32	10,7	14,93	70,58
SPESIFIKASI																Min 3,0 - 5,0		Min 800	Min 2 - Maks. 4						Min 14	Min 65



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA

MARSHALL TEST

Penetrasi Aspal : 60/70
 Berat Jenis Aspal : 1,020 gr/cc

Sumber : Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

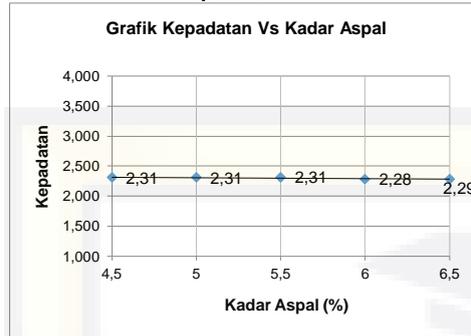
No	Agregat	Bj Bulk	Bj Semu
a	Batu Pecah 2 - 3	2,56	2,71
b	Batu Pecah 1 - 2	2,58	2,77
c	Batu Pecah 0,5 - 1	2,54	2,74
d	Abu Batu	2,48	2,65
e	Filler	3,14	3,14

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)					Kadar Aspal Efektif (%)		variasi serbuk batu bata	Bj Bulk Gabungan	Bj Efektif Gabungan	Bj Maksimum Campuran (GMM)	Berat (Gram)				Volume Benda Uji	Bj Bulk Campuran (Kepadatan)	%	Stabilitas (Kg)		(mm)	(kg / mm)	Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)
						Di Udara (In Air)	Dalam Air (In Water)					Kering Permukaan (SSD)	Rongga Dalam Campuran (VIM)	Pembacaan	Disesuaikan (Kalibrasi Alat & Angka Korelasi)												
	a	b	c	d	e	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S			
I	9	11	50	29	1	4,76	6,0	0	2,53	2,62	2,398	1162,80	675,00	1182,50	507,50	2,29	4,46	99,00	1416,096	3,60	393,36	4,56	1,32	10,71	14,97	70,24	
II	9	11	50	29	1	4,76	6,0	0	2,53	2,62	2,398	1167,20	685,00	1185,30	500,30	2,33	2,71	94,00	1344,576	3,74	359,51	4,56	1,32	10,71	13,42	79,78	
III	9	11	50	29	1	4,76	6,0	0	2,53	2,62	2,398	1178,50	668,00	1198,10	530,10	2,22	7,29	95,00	1358,88	3,93	345,77	4,56	1,32	10,71	17,50	58,31	
Perendaman 10 hari 30 Menit suhu 60											Rata - rata				512,63	2,28	4,82	96,00	1373,18	3,76	366,21	4,56	1,32	10,71	15,30	69,44	
I	9	11	50	29	1	4,76	6,0	10	2,53	2,62	2,398	1152,50	665,00	1168,10	503,10	2,29	4,47	101,00	1444,70	3,83	377,21	4,56	1,32	10,71	14,99	70,15	
II	9	11	50	29	1	4,76	6,0	10	2,53	2,62	2,398	1153,30	666,00	1172,40	506,40	2,28	5,03	93,00	1330,27	3,70	359,53	4,56	1,32	10,71	15,49	67,51	
III	9	11	50	29	1	4,76	6,0	10	2,53	2,62	2,398	1156,50	670,00	1172,50	502,50	2,30	4,03	91,00	1301,66	3,88	335,48	4,56	1,32	10,71	14,59	72,39	
Perendaman 10 hari 30 Menit suhu 60											Rata - rata				504,00	2,29	4,51	95,00	1358,88	3,80	357,41	4,56	1,32	10,71	15,02	70,02	
I	9	11	50	29	1	4,76	6,0	15	2,53	2,62	2,398	1168,00	669,00	1180,30	511,30	2,28	4,74	84,00	1201,54	3,94	304,96	4,56	1,32	10,71	15,23	68,86	
II	9	11	50	29	1	4,76	6,0	15	2,53	2,62	2,398	1176,90	664,00	1185,20	521,20	2,26	5,84	95,00	1358,88	3,96	343,15	4,56	1,32	10,71	16,20	63,96	
III	9	11	50	29	1	4,76	6,0	15	2,53	2,62	2,398	1160,00	678,00	1180,30	502,30	2,31	3,70	90,00	1287,36	3,97	324,27	4,56	1,32	10,71	14,30	74,13	
Perendaman 10 hari 30 Menit suhu 60											Rata - rata				511,60	2,28	4,76	89,67	1282,59	3,96	324,13	4,56	1,32	10,71	15,24	68,98	
I	9	11	50	29	1	4,76	6,0	20	2,53	2,62	2,398	1164,00	690,00	1199,90	509,90	2,28	4,81	89,00	1233,273	4,10	300,80	4,56	1,32	10,7	15,29	68,55	
II	9	11	50	29	1	4,76	6,0	20	2,53	2,62	2,398	1176,00	680,00	1198,80	518,80	2,27	5,48	90,00	1247,13	4,10	304,18	4,56	1,32	10,7	15,88	65,52	
III	9	11	50	29	1	4,76	6,0	20	2,53	2,62	2,398	1179,30	685,00	1200,70	515,70	2,29	4,64	87,00	1205,559	4,20	287,04	4,56	1,32	10,7	15,14	69,34	
Perendaman 10 hari 30 Menit suhu 60											Rata - rata				514,80	2,28	4,98	88,67	1228,65	4,13	297,34	4,56	1,32	10,7	15,44	67,80	
SPEKIFIKASI																Min 3,0 - 5,0		Min 800	Min 2 - Maks. 4	Min. 250			Min 14	Min 65			

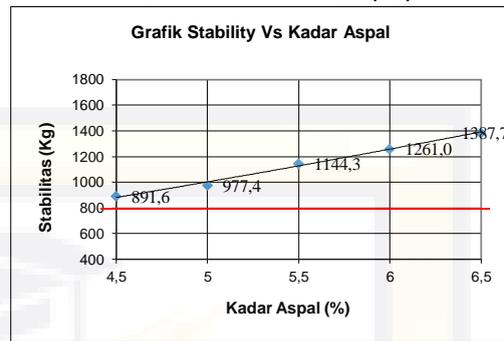
GRAFIK KARAKTERISTIK MARSHALL TEST

Jenis Campuran AC - BC

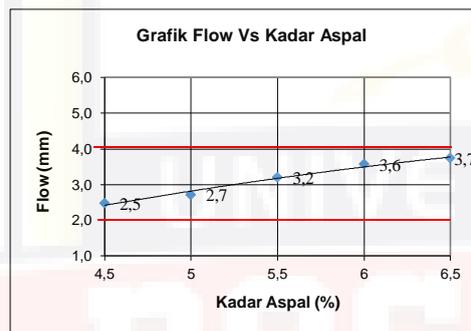
Kepadatan



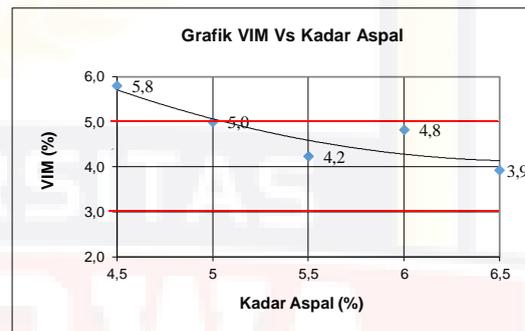
Stabilitas Minimum 800 (KG)



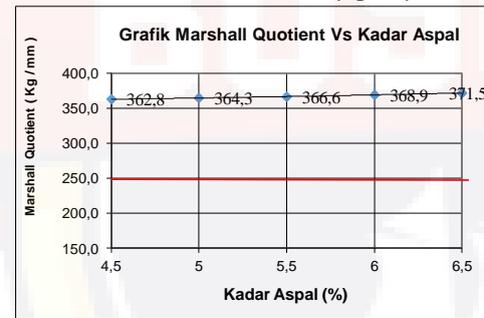
Pelehan (Flow) Minimum 2 - 4



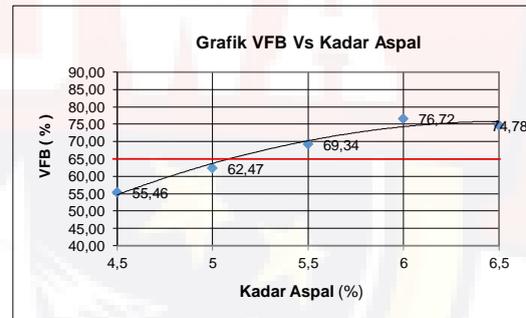
Rongga Dalam Campuran (VIM) 3,0 - 5,0 (%)



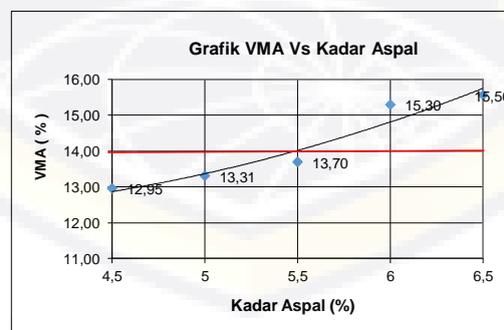
Marshall Quotion (Kg/mm)



Rongga terisi aspal (VFB) Min. 65%



Rongga Dalam Agregat (VMA) Minimum 14 (%)



D

O

K

U

M

E

N

T

A

S

I





Proses Penimbangan Agregat



Proses Pengujian Berat Jenis Aspal



Filler Serbuk Batu Bata



Proses Penambahan Aspal kedalam Agregat dan Serbuk Batu Bata



Proses Pencampuran Agregat



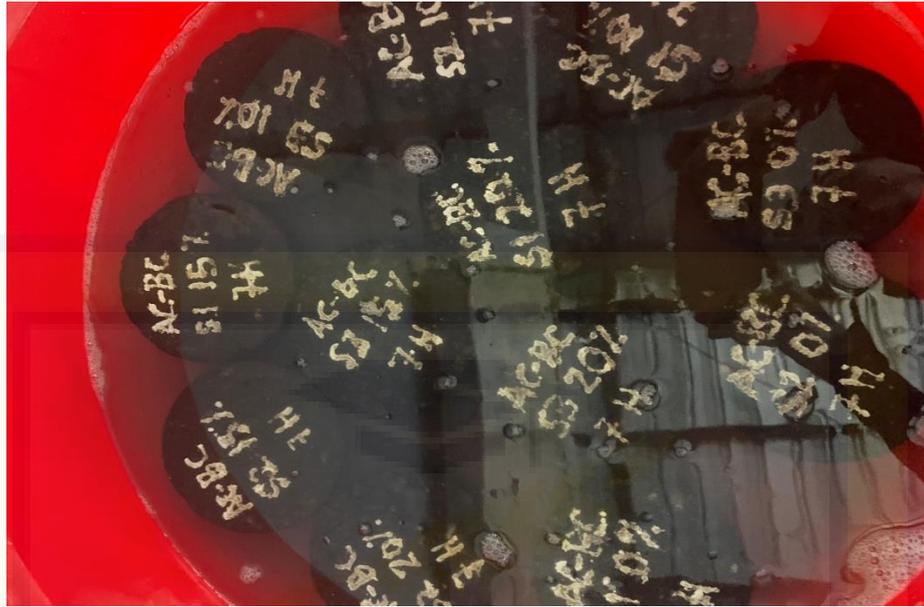
Proses Pencampuran Agregat, Filler dan Aspal (Hot Mix)



Proses Penumbukan Briket



Briket Setelah Proses Penumbukan



Proses Perendaman Briket



Proses Perendaman Briket Dalam Air



Proses Perendaman Briket Dalam Waterbath



Pengujian Marshall Test