

**SKRIPSI
PEMANFAATAN LIMBAH KARET TAMBAL BAN
(KOMPON) SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA
CAMPURAN ASPAL PANAS MENGGUNAKAN METODE
DURASI PERENDAMAN**



Disusun oleh :

TEOFILUS RIYANDI SIBALA

45 16 041 175

**JURUSAN SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR
2022**



LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP
TUGAS AKHIR

Judul : **“PEMANFAATAN LIMBAH KARET TAMBAL BAN (KOMPON)
SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA CAMPURAN ASPAL PANAS
MENGUNAKAN METODE DURASI PERENDAMAN “**

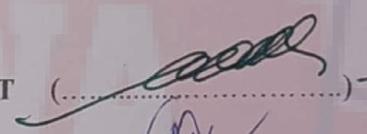
Disusun dan diajukan oleh :

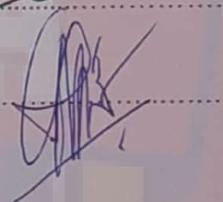
N a m a : **TEOFILUS RIYANDI SIBALA**

No.Stambuk : **45 16 041 175**

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

Telah disetujui oleh Komisi Pembimbing :

Pembimbing I : **IR. H. ABD. RAHIM NURDIN, MT** (.....) 

Pembimbing II : **IR. TAMRIN MALLAWANGENG, MT** (.....) 

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik


Dr. H. NASRULLAH, ST.MT
NIDN.09-080773-01

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil


Dr. Ir. Andi Rumpang Yusuf., M.T.
NIDN.00-010565-02

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Teofilus Riyandi Sibala
Nomor Stambuk : 45 16 041 175
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Pemanfaatan Limbah Karet Tambal Ban (Kompon) Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Aspal Panas Menggunakan Metode Durasi Perendaman.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau hasil pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, mengalih mediadakan/mengalih formatkan, 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, Agustus 2022

Yang menyatakan



(Teofilus Riyandi Sibala)

ABSTRAK

PEMANFAATAN LIMBAH KARET TAMBAL BAN (KOMPON) SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA CAMPURAN ASPAL PANAS MENGGUNAKAN METODE DURASI PERENDAMAN

Oleh

Teofilus Riyandi Sibala

45 16 041 175

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (Bina Marga revisi 2010), lapis tipis aspal beton (lataston) adalah lapisan penutup yang terdiri dari campuran agregat bergradasi senjang, filler dan aspal keras dengan perbandingan tertentu; yang dicampur dan dipadatkan secara panas (dalam suhu tertentu, minimum 124°C), Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk memperoleh pengaruh penambahan karet tambal ban terhadap karakteristik Marshall pada campuran aspal panas menggunakan metode durasi perendaman. Penelitian ini menggunakan limbah karet tambal ban dengan penambahan 4%,6%, dan 8%. Sampel benda uji dibuat sebanyak 48 sampel, 15 sampel normal, 6 sampel KAO sisa dan 27 sampel variasi. Perawatan benda uji dilakukan dengan durasi perendaman 7, 14 dan 21 hari. Pembuatan benda uji dicampur secara panas dan mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2018, pengujian dilakukan dengan alat uji marshall test. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa pengaruh limbah karet tambal ban sebagai bahan tambah pada campuran aspal panas dengan metode durasi perendaman dapat mengakibatkan menurunnya nilai sifat campuran aspal.

Kata kunci; Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC), Karet Tambal Ban, Durasi Perendaman

ABSTRACT

UTILIZATION OF WASTE RUBBER PATTERNS (COMPONENTS) AS ADDITIONAL MATERIALS IN HOT ASPHALT MIXTURES USING Immersion DURATION METHOD

By:

o Teofilus Riyandi Sibala

45 16 041 175

Keywords; Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC), Tire Patch Rubber, Immersion Duration.

According to the Ministry of Public Works (Bina Marga rev.2010), a thin layer of asphalt concrete (lataston) is a cover layer which consist of a mixture of gap graded aggregate, filler and hard asphalt with certain ratio; which is mixed and compacted heat (within a certain minimum temperature of 124°C), The purpose of the study is to determine the effect of addition of rubber patch on the Marshall characteristics of the hot asphalt mixture using the immersion duration method. The study uses waste rubber tires with the addition of 4%, 6%, and 8%. Samples of specimens were made as many as 48 samples, 15 normal samples, 6 remaining KAO samples and 27 variations samples. Treatment of the specimens was carried out with a duration of immersion of 7, 14 and 21 days. The manufacture of test objects is hot mixed and refers to the 2018 Bina Marga Specifications; the test was carried out with the Marshall tested equipment. The results of the test indicate that the effect of tire rubber waste as an additive in hot asphalt mixtures with the immersion duration method can result in a decrease in the value of the asphalt mixture properties.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini dengan judul Pemanfaatan Limbah Karet Tambal Ban (Kompon) Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Aspal Panas Menggunakan Metode Durasi Perendaman. Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

Selama proses penyusunan tugas akhir ini, penulis mengalami banyak hambatan serta rintangan tetapi berkat penyertaan Tuhan serta bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yesus yang sangat baik, atas kasih penyertaan, anugerah kesehatan, kemampuan dan segala hal baik yang boleh terjadi di sepanjang kehidupan penulis hingga saat ini penulis bisa menyelesaikan Pendidikan Sarjana Teknik.
2. Orangtua dan keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan moral maupun materi yang tidak terhingga jumlahnya, sehingga tugas akhir ini dapat rampung seperti pada saat ini.
3. Bapak Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT selaku pembimbing I dan bapak Ir. Tamrin Mallawangeng, MT selaku pembimbing II, yang dengan ikhlas dan sabar dalam meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam memberikan

bimbingan, nasehat, saran, motivasi dan dukungan selama proses perencanaan penelitian hingga penyelesaian tugas akhir ini. Serta ucapan terima kasih juga untuk seluruh dosen dan staff Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Bosowa.

4. Angkatan 2016 Fakultas Teknik Jurusan Sipil yang selalu Bersama-sama dan saling mendukung dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak guna penyempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Makassar, 2022

Penulis,

Teofilus Riyandi Sibala

DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	ii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR NOTASI	ix
BAB I PENDAHULUAN	I.
1.1 Latar Belakang.....	I.1
1.2 Rumusan Masalah	I.2
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	I.2
1.4 Pokok Bahasan dan Batasan masalah.....	I.3
1.5 Sistematika Penulisan	I.3
1.5.1 Pendahuluan	I.4
1.5.2 Tinjauan Pustaka	I.4
1.5.3 Metode penelitian	I.4
1.5.4 Hasil dan bahasan	I.4
1.5.5 Kesimpulan dan Saran	I.4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II.1.
2.1 Jalan	II.1.
2.2 Perkerasan Jalan.....	II.2.
2.2.1 Struktur Jalan	II.2.
2.2.2 Bahan Pengikat Konstruksi Perkerasan Jalan	II.5
2.2.3 Syarat-syarat Perkerasan Jalan	II.7
2.3 Pembebanan Pada Perkerasan Jalan	II.11
.	
2.4 Beton Aspal	II.12.
2.4.1 Pengertian Beton Aspal	II.12.
2.4.2 Jenis Beton Aspal	II.13.
2.4.3 Sifat Campuran Beton Aspal	II.13.
2.5 Material Beton Aspal.....	II.17
2.5.1 Agregat	II.17
2.5.2 Aspal	II.26

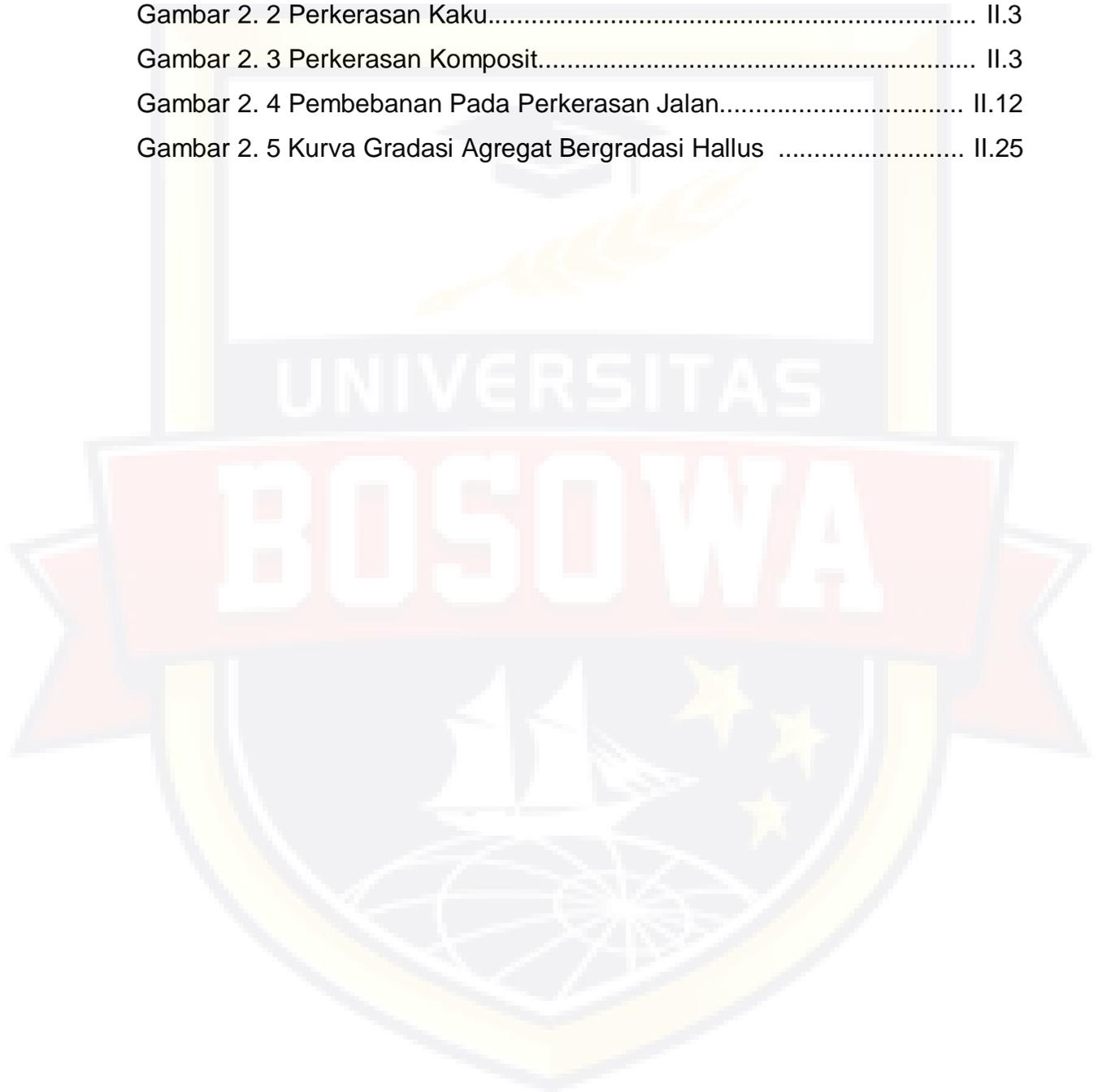
2.5.3	Lataston atau <i>Hot Rolled Sheet</i> (HRS)	I.26
2.5.4	Spesifikasi Campuran Lataston	II.30
2.6	Fungsi Aspal Sebagai Material Perkerasan Jalan.....	II.31.
2.7	Sifat-Sifat Aspal	II.32
2.7.1	Sifat Kimia Aspal	II.32
2.7.2	Sifat Fisik Aspal	II.33
2.8	Tes Standar Bahan Aspal	II.34
2.9	Rancangan Campuran Beton Aspal	II.38
2.10	Pengujian Marshall	II.38
2.11	Karakteristik <i>Marshall</i>	II.39
2.12	Karet Tambal Ban (Kompon).....	II.42
2.13	Penelitian Terdahulu.....	II.43
BAB III	METODE PENELITIAN	III.1.
3.1	Bagan Alir 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 Analisa Saringan Agregat Kasar	III.3
3.5.3	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus III.4.	
3.5.4	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar	III.4
3.5.5	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	III.5.
3.6	Pemeriksaan Aspal	III.5
3.6.1	Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	III.5
3.6.2	Pemeriksaan Penetrasi Aspal	III.6

3.6.3	Pemeriksaan Viskositas	I.6
3.6.4	Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar.....	III.6
3.6.5	Pemeriksaan Titik Lembek Aspal.....	III.6
3.6.6	Penentuan Jumlah Benda Uji	III.6
3.6.7	Perancangan Agregat Gabungan	III.7
3.6.8	Perhitungan Kadar Aspal Optimum Rencana (KAO) / Pb ..	III.8
3.6.9	Pembuatan Briket / Benda Uji.....	III.8
3.7	Pengetesan Benda Uji I Dengan Alat Marshall ...	III.9.
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....		IV.1.
4.1.	Penyajian Data	IV.1.
4.1.1.	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat	IV.1.
4.1.2.	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Minyak.....	IV.4.
4.1.3.	Penentuan Komposisi Agregat Gabungan	IV.4.
4.2.	Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum	
4.2.1.	Perkiraan Kadar Aspal Optimum Rencana (Pb)	IV.7.
4.2.2.	Penentuan Berat Agregat dan Aspal dalam Campuran.....	IV.7.
4.2.3.	Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran	IV.8.
4.3.	Data Uji Marshall untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	IV.9.
4.4.	Pembuatan Benda Uji dengan Penambahan Limbah Karet Tambal Ban Pada Durasi Perendaman.....	IV.16
4.4.1.	Perhitungan Berat Agregat dan Berat Aspal Menggunakan Kadar Aspal Optimum dengan Menggunakan Limbah Karet Tambal Ban	IV.16
4.4.2.	Data Hasil Uji dengan Alat Marshall yang Diperoleh dengan Menggunakan Kadar Aspal Optimum.....	IV.18
4.4.3.	Analisis Hasil Pengujian dengan Penambahan Karet 4% Pada Campuran Beton Aspal Panas <i>HRS-WC</i>	IV.19

4.4.4.	Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Karet 6% Pada Campuran Beton Aspal Panas <i>HRS-WC</i>	V.28
4.4.5.	Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Karet 8% Pada Campuran Beton Aspal Panas <i>HRS-WC</i>	IV.36
4.4.6.	Perhitungan Berat Agregat dan Berat Aspal Menggunakan Kadar Aspal Optimum dengan Menggunakan Bahan Tambah Karet Tambal Ban	IV.43
4.4.7.	Analisis Hasil Pengujian dengan Penambahan Karet Pada Campuran Beton Aspal Panas <i>HRS-WC</i> dengan Perendaman 7 Hari.....	IV.43
4.4.8.	Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Karet Pada Campuran Beton Aspal Panas <i>HRS-WC</i> dengan Perendaman 14 Hari.....	IV.51
4.4.9.	Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Karet Tambal Ban Pada Campuran Beton Aspal Panas <i>HRS-WC</i> dengan Perendaman 21 Hari	IV.59
4.5.	Hubungan KAO dengan Persentase Nilai IKS	IV.68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		V.1
5.1	Kesimpulan	V.1
5.2	Saran	V.1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perkerasan Lentur.....	I.2
Gambar 2. 2 Perkerasan Kaku.....	II.3
Gambar 2. 3 Perkerasan Komposit.....	II.3
Gambar 2. 4 Pembebanan Pada Perkerasan Jalan.....	II.12
Gambar 2. 5 Kurva Gradasi Agregat Bergradasi Hallus	II.25



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Berikut ini merupakan perbedaan utama antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur yang dapat dilihat pada berikut ini	I.8
Tabel 2. 2. Kelebihan dan kekurangan perkerasan lentur.....	II.8
Tabel 2.3. Ketentuan Agregat kasar	II.19
Tabel 2. 4. Spesifikasi Gradasi Agregat Kasar.....	II.20.
Tabel 2. 5. Ketentuan Agregat halus.....	II.21.
Tabel 2. 6. Spesifikasi Gradasi Agregat Halus.....	II.21.
Tabel 2. 7. Ukuran Gradasi Filler	II.22.
Tabel 2. 8. Ketentuan Filler	II.23.
Tabel 2. 9. Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal	II.24
Tabel 2. 10. Spesifikasi Teknis Campuran <i>Lataston</i>	II.28
Tabel 2. 11. Persyaratan HRS untuk Kepadatan Lalu Lintas Berat.....	II.30.
Tabel 2. 12. Pengujian Aspal Keras.....	II.37
Tabel 3. 1. Contoh Perhitungan benda Uji.....	III.7
Tabel 4. 1. Pemeriksaan analisa saringan agregat (Spesifikasi 2018).....	IV.1.
Tabel 4. 2. Hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar (Batu Pecah 1- 2 dan Batu Pecah 0,5 - 1)	<u>IV.2</u>
Tabel 4. 3. Hasil pemeriksaan berat jenis abu batu	<u>IV.3</u>
Tabel 4. 4. Hasil pemeriksaan aspal penetrasi 60/70	<u>IV.4</u>
Tabel 4. 5. Rancangan campuran aspal panas HRS-WC.....	<u>IV.6</u>
Tabel 4. 6. Komposisi campuran HRS-WC	<u>IV.8</u>
Tabel 4. 7. Berat aspal dan agregat pada campuran aspal panas HRS-WC normal	<u>IV.8</u>
Tabel 4. 8. Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat	<u>IV.8</u>

Tabel 4. 9. Komposisi campuran dengan bahan karet 4%.....	<u>V.17</u>
Tabel 4. 10. Komposisi campuran dengan bahan karet 6%.....	<u>IV.17</u>
Tabel 4. 11. Komposisi campuran dengan bahan karet 8%.....	<u>IV.18</u>
Tabel 4. 12. Hasil Uji Marshall KAO dengan perendaman selama 30 menit pada suhu 60°C.	<u>IV.19</u>
Tabel 4 13. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan bahan karet 4% dengan durasi perendaman kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.....	<u>IV.19</u>
Tabel 4 14. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan bahan karet 6% dengan durasi perendaman kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.....	<u>IV.28</u>
Tabel 4 15. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan bahan karet 8% dengan durasi perendaman kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.....	<u>IV.36</u>
Tabel 4 16. Komposisi campuran dengan penambahan karet perendaman 7 hari.....	<u>IV.43</u>
Tabel 4 17. Komposisi campuran dengan penambahan karet perendaman 14 hari.....	<u>IV.51</u>
Tabel 4 18. Komposisi campuran dengan penambahan karet perendaman 21 hari.....	<u>IV.59</u>
Tabel 4. 19. Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS Beton Aspal HRS– WC	<u>IV.68.</u>

DAFTAR NOTASI

AASHTO	= American Association of State Higways and Transportation of Official
AC	= Asphalt Concrete
AC-Base	= Asphalt Concrete Base
AC-WC	= Asphalt Concrete Wearing Course
AC-BC	= Asphalt Concrete Binder Course
AMP	= Asphalt Mixing Plant
ASTM	= American Society for Testing and Materials
Ba	= Berat benda uji kering permukaan jenuh didalam air Beton aspal padat
Bj	= Berat benda uji kering permukaan jenuh
Bk	= Berat benda uji kering oven
CA	= Course Aggregate
Ga	= Berat jenis aspal
Gmb	= Berat jenis padat (Bulk) campuran
Gmm	= Berat jenis maksimum campuran
Gsa	= Berat jenis semu agregat
Gsb	= Berat jenis padat (bulk) agregat gabungan
Gse	= Berat jenis efektif agregat
HRS	= Hot Rolled Sheet

HRS-Base	= Hot Rolled Sheet Base
HRSS	= Hot Rolled Sand Sheet
HRS-WC	= Hot Rolled Sheet Wearing Course
K	= Nilai konstanta
KAO	= Kadar Aspal Optimum
LASTON	= Laspis Aspal Beton
LATASIR	= Lapis tipis Aspal Pasir
LATASTON	= Lapis Tipis Aspal Beton
MF	= Flow Marshall
MQ	= Marshall Quotient (Hasil Bagi Marshall)
MS	= Marshall Stability
Pb	= Perkiraan Kadar Aspal Optimum
PE	= Polyethylene
Pen 60/70	= Penetrasi 60/70
PET	= Polyethylene Terephthalate
PP	= Polypropylene
PS	= Polysterene
Ps	= Agregat, persen bahan tambah campuran
PVC	= Polyvinyl Chloride
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SS	= Sand Sheet
SSD	= Surface Saturated Dry
V	= Berat Jenis Efektif Agregat

V_a	= Volume aspal dalam beton aspal padat
V_{ab}	= Volume aspal yang terabrosi ke dalam agregat dari beton aspal padat
V_{FA}	= Voids Filled With Asphalt (Rongga Terisi Aspal)
V_{IM}	= Voids in Mixture (Rongga Dalam Campuran)
V_{mb}	= Volume bulk dari campuran beton aspal padat
V_{mm}	= Volume tanpa pori dari beton aspal padat
V_{sb}	= Volume agregat (berdasarkan berat jenis bulk)
V_{se}	= Volume agregat (berdasarkan berat jenis afektif)

BOSOWA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan adalah salah satu faktor yang mempengaruhi perkembangan pembangunan di Indonesia. Kualitas jalan raya adalah material yang digunakan dalam pembuatan jalan. Material yang digunakan dalam pembuatan diantaranya adalah aspal dan agregat. Penggunaan aspal murni dalam pembuatan sangat mempengaruhi ketersediaan aspal yang ada di dunia. Untuk meminimalisir penggunaan aspal dalam pembuatan jalan maka digunakan aspal modifikasi. Aspal modifikasi terdiri dari campuran material lain yang digunakan sebagai material penyusun aspal. Pencampuran material tersebut membuat penggunaan aspal menjadi berkurang. Ada beberapa material yang dapat digunakan sebagai material pencampur aspal salah satunya adalah karet (karet tambal ban).

Karet adalah limbah *non* organik yang susah terurai sehingga pada penelitian ini peneliti mencoba memanfaatkan limbah karet tambal ban (kompon) sebagai bahan tambah dalam penelitian ini dan juga diharapkan membantu mengurangi limbah karet tambal ban (kompon) agar tidak mencemari lingkungan. Masalah ini merupakan suatu tantangan bagi peneliti untuk melakukan penelitian yang bersifat aplikatif agar masalah tersebut dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penggunaan limbah karet tambal ban (kompon) dapat dijadikan bahan tambah sebagai pengisi atau penambah aspal. Ketersediaan karet tambal ban (kompon) di Indonesia mudah didapat sehingga pada kesempatan ini peneliti mencoba memodifikasi aspal dengan karet tambal ban (kompon). Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh karet tambal ban (kompon) terhadap kekuatan campuran beton aspal. Karet tambal ban (kompon) dapat dijumpai atau didapat pada bengkel-bengkel motor dan mobil.

Hal ini yang melatar belakangi penulis untuk mendesaian campuran aspal panas dengan bahan tambah karet tambal ban (kompon) dan aspal minyak penetrasi 60/70. Pada proses pendesainan menggunakan komponen-komponen tersebut diharapkan dapat menghasilkan perencanaan HRS untuk perkerasan jalan dengan mutu dan kualitas baik dan dapat memberikan manfaat dalam jangka waktu yang panjang dalam pembangunan kontruksi lapis perkerasan jalan .

Dari uraian tersebut menjadi latar belakang untuk mengadakan penelitian dilabolatorium dan menuliskannya dalam bentuk tugas akhir yang berjudul:

“Pemanfaatan Limbah Karet Tambal Ban (kompon) Sebagai Bahan Tambah pada Campuran Aspal panas Menggunakan Metode Durasi Perendaman”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan karet tambal ban (kompon) sebagai bahan substitusi terhadap campuran aspal (*bitumen*) .
2. Berapa banyak jumlah karet tambal ban (kompon) sebagai bahan substitusi terhadap campuran aspal untuk mendapatkan nilai sifat campuran aspal panas yang terbaik.

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh penambahan karet tambal ban (kompon) sebagai bahan tambah.
2. Untuk mengetahui jumlah penambahan karet tambal ban (kompon) sebagai bahan tambah .

1.3.2 Manfaat penelitian

Dengan melakukan penelitian ini, akan diperoleh manfaat, yaitu:

Memanfaatkan dan mengurangi limbah karet tambal ban (kompon) sehingga tidak mencemari lingkungan.

1.4 Pokok Bahasan dan Batasan masalah

1.4.1 Pokok Bahasan dalam penelitian ini adalah :

1. Membahas pengujian agregat
2. Membahas dampak penambahan pengaruh penambahan karet tambal ban (Kompon) pada karakteristik aspal
3. Membahas uji marshall terhadap sifat dan karakteristik aspal

1.4.2 Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

Untuk mengarahkan penulis agar penelitian dan permasalahan yang dikaji lebih mendetail dan sesuai dengan judul serta tujuan penulisan tugas akhir ini, maka penulis membatasi masalah yang akan dibahas berikut ini :

1. Pengujian dilakukan di laboratorium aspal Universitas Bosowa Makassar.
2. Material kasar dan halus diambil dari Bili-Bili di Samata, Kab Gowa, Sulawesi Selatan.
3. Jenis aspal/butimen yang digunakan adalah aspal minyak penetrasi 60/70.
4. Menggunakan karet tambal ban (kompon) yang di potong-potong dengan ukuran, 4 %, 6 % dan 8%.
5. Campuran aspal yang digunakan adalah campuran aspal *Hot Rolled Sheet (HRS) – WC*.
6. Pengujian dilakukan dengan menggunakan Metode *Marshall*.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan akhir ini terdiri dari beberapa bab dan subbab, masing-masing bab dijelaskan dengan perincian sebagai berikut :

1.5.1 Pendahuluan

Pada bab ini diuraikan secara umum atau garis besar mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan.

1.5.2 Tinjauan Pustaka

Dalam ini berisikan tentang teori-teori dan rumus-rumus yang digunakan untuk mendukung penelitian.

1.5.3 Metode penelitian

Dalam bab ini dijelaskan tentang bahan-bahan penelitian, peralatan penelitian dan proses penelitian yang dilakukan hingga mendapatkan hasil dari penelitian.

1.5.4 Hasil dan bahasan

Dalam bab ini berisikan tentang analisa data yang diperoleh dari hasil penelitian. Apakah sesuai dengan syarat yang telah ditentukan dalam SNI.

1.5.5 Kesimpulan dan Saran

Dalam bab ini berisikan bagaimana pengaruh penggunaan limbah karet tambal ban (kompon) sebagai bahan tambah terhadap campuran aspal panas jenis *Hot Rolled Sheet* (HRS). Tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran yang dapat berguna bagi semua pihak, baik didalam lingkungan Universitas Bosowa Makassar maupun dilingkungan masyarakat umum.

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, sosial, 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.

2.2 Perkerasan Jalan

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

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

1. Daya dukung tanah dasar,
2. Beban lalu lintas,
3. Keadaan lingkungan,
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.

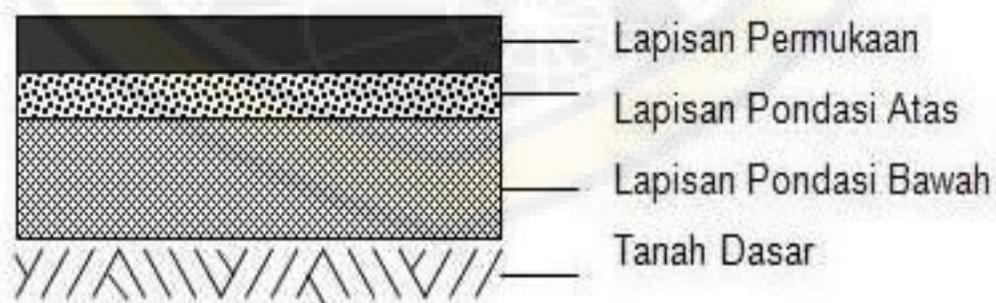
2.2.1 Struktur Jalan

Pada umumnya, perkerasan jalan dibedakan atas tiga macam yaitu:

1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Mengadopsi model makadam dengan bahan penutup (*surfacing*) dari campuran aspal agregat. Bahan konstruksi perkerasan lentur terdiri atas : bahan ikat (aspal, tanah liat) dan batu. Perkerasan ini umumnya terdiri atas tiga lapis yaitu lapisan tanah dasar (*subgrade*), lapisan pondasi bawah (*sub-base*), lapis pondasi (*base*) dan lapisan penutup (*surface*). Masing-masing elemen lapisan di atas termasuk tanah dasar secara bersama-sama memikul beban lalu-lintas. Dari atas sampai bawah maka tebal lapisan menjadi semakin besar, hal ini seiring dengan harga materialnya yang semakin kebawah semakin murah.

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya.

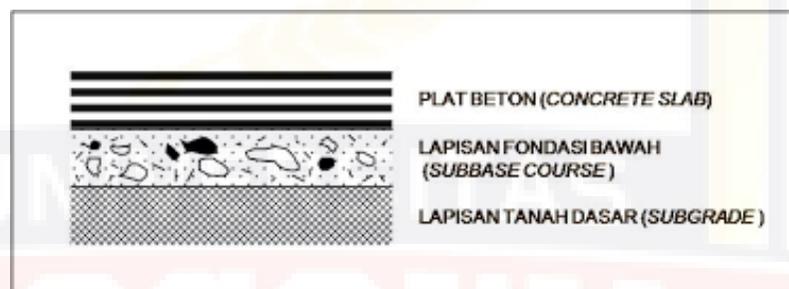


Gambar 2.1. Perkerasan Lentur

(sumber : [perkerasan lentur - Bing images](#))

2. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

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



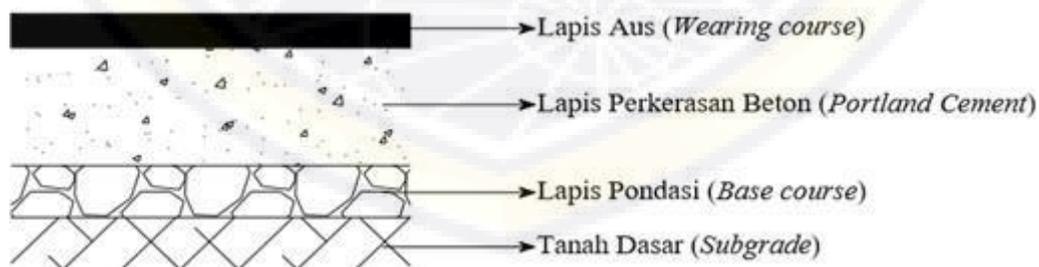
Gambar 2.2. Perkerasan Kaku

(sumber:ppt-perkerasan-jalan- raya-2015-39-638.jpg(638x479)

(slidesharecdn.com)

3. Perkerasan Komposit

Konstruksi perkerasan komposit (*Composite Pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan kaku atau sebaliknya.



Gambar 2.3. Perkerasan Komposit

(sumber:[perkerasan komposit - Bing images](#))

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. Lapisan 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.

A. Lapis permukaan (*Surface course*)

Berupa lapisan aus dan lapisan antara dari campuran beraspal

1. Lapis aus permukaan (*wearing course*) berfungsi :
 - a) Menyelimuti perkerasan dari pengaruh air.
 - b) Menyediakan permukaan yang halus.
 - c) Menyediakan permukaan yang mempunyai karakteristik yang kesat, rata sehingga aman dan nyaman untuk dilalui pengguna.
 - d) Menyebarkan beban ke lapisan dibawahnya.
2. Lapis permukaan antara (*binder course*) berfungsi :
 - a) Mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas dan meneruskannya ke lapis di bawahnya, harus mempunyai ketebalan dan kekakuan cukup.
 - b) Mempunyai kekuatan yang tinggi pada bagian perkerasan untuk menahan beban paling tinggi akibat beban lalu lintas.

B. Lapis pondasi atas (*Base course*)

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

1. Mendukung beban pada lapisan permukaan.
2. Mengurangi tegangan dan meneruskan ke lapisan bawahnya.
3. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.

C. Lapis pondasi bawah (*Subbase course*)

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

1. Sebagai lantai kerja untuk pelaksanaan lapisan pondasi.
2. Menyebarkan beban di atasnya.
3. Sebagai lapisan perata.
4. Mengalihkan infiltrasi air (drainase) dari lapisan pondasi.
5. Sebagai lapisan separator yang mencegah butiran halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi.
6. Efisiensi penggunaan material. Material pondasi bawah relatif murah dibandingkan dengan lapisan perkerasan di atasnya.

D. Tanah dasar (*Subgrade*)

Dapat berupa tanah asli, timbunan, galian atau hasil stabilisasi mempunyai fungsi:

1. Mempersiapkan lapisan di atasnya.
2. Mendukung beban perkerasan dan beban yang akan melalui perkerasan.

2.2.2 Bahan Pengikat Konstruksi Perkerasan Jalan :

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.

Adapun fungsi dari lapis perkerasan yaitu :

1. Lapis permukaan adalah lapisan yang terletak pada bagian paling atas dari struktur perkerasan konstruks
2. si 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.

3. 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.

4. Lapis Pondasi Bawah (LPB) atau *Subbase Course*

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.

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

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

2.2.3 Syarat-syarat Perkerasan Jalan

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.

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

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. (-)

No	Perkerasan kaku	Perkerasan Lentur
3.	Dapat lebih bertahan terhadap kondisi drainase yang lebih buruk. (+)	Sulit bertahan terhadap kondisi drainase yang buruk. (-)
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 dengan waktu 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. (+)

No	Perkerasan kaku	Perkerasan Lentur
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. (+)

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

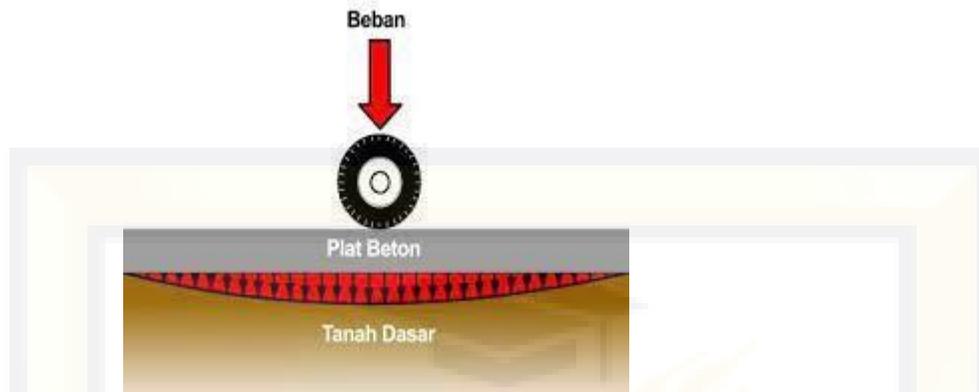
2.3 Pembebanan Pada Perkerasan Jalan

Kendaraan pada posisi berhenti di atas struktur yang diperkeras menimbulkan beban langsung pada arah vertikal (tegangan statis) yang terkonsentrasi pada bidang kontak yang kecil antara roda dan perkerasan. Ketika kendaraan bergerak, timbul tambahan tegangan dinamis pada arah horisontal akibat akselerasi pergerakan kendaraan serta pada arah vertikal akibat pergerakan kendaraan ke atas dan ke bawah karena perkerasan yang tidak rata. Intensitas tegangan statis dan dinamis terbesar terjadi di permukaan perkerasan dan terdistribusi dengan bentuk piramida dalam arah vertikal pada seluruh ketebalan struktur perkerasan. Peningkatan distribusi tegangan tersebut mengakibatkan tegangan semakin kecil sampai permukaan lapis tanah dasar.

Untuk mengetahui karakteristik material perkerasan lentur di lapangan mulai dikembangkan dengan analisa di laboratorium agar tercapai mix desain yang tepat. Beban lalu lintas yang bekerja di atas konstruksi perkerasan dapat dibedakan menjadi :

- a) Muatan kendaraan yang berupa gaya vertikal.
- b) Gaya rem atau gaya inersia percepatan pada kendaraan berupa gaya horisontal.
- c) Pukulan roda kendaraan berupa getaran-getaran.

Oleh karena itu sifat penyebaran gaya maka muatan yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin ke bawah 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.



Gambar 2.4. Pembebanan Pada Perkerasan Jalan

2.4 Beton Aspal

2.4.1 Pengertian Beton Aspal

Beton aspal adalah jenis jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material - material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampuran pada suhu tertentu, kemudian diangkut kelokasi, dihampar, dan dipadatkan.

Suhu pencampuran berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya antara 145° – 155° C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal pula dengan nama *hotmix*.

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

Ada beberapa jenis beton aspal campuran panas, namun dalam penelitian ini jenis beton aspal yang ditinjau adalah AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course). Menurut Sukirman (1999:10), Laston dikenal dengan nama *Asphal Concrete (AC)*, merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara beberapa agregat bergradasi timpang,

mineral pengisi (filler) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas.

2.4.2 Jenis Beton Aspal

Jenis beton aspal campuran panas yang ada di Indonesia saat ini adalah:

1. Laston (Lapisan Aspal Beton), adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan –jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston dikenal pula dengan nama AC (Asphalt Concrete) karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Tebal nominal minimum Laston 4-6 cm sesuai fungsinya Laston mempunyai 3 macam campuran yaitu:
 - a. Laston sebagai lapis aus, dikenal dengan nama AC – WC (Asphalt Concrete – Wearing Course). Tebal nominal minimum AC – WC adalah 4 cm.
 - b. Laston sebagai lapis perata, dikenal dengan nama AC-BC (Asphalt Concrete – Binder Course). Tebal nominal minimum AC-WC adalah 5 cm.
 - c. Laston sebagai lapis pondasi, dikenal dengan nama AC-base (Asphalt Concrete – Base). Tebal minimum AC-Base adalah 6 cm.
2. Lataston (Lapis Tipis Aspal Beton), adalah beton aspal bergradasi senjang. Lataston biasa pula disebut dengan HRS (Hot Rolled Sheet).

Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah durabilitas, dan fleksibilitas. Sesuai fungsinya Lataston mempunyai 2 macam campuran yaitu:

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

- b. Lataston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama HRS-Base (Hot Rolled Sheet-Base). Tebal nominal minimum HRS-Base adalah 3,5 cm.
3. Latasir (Lapisan Tipis Aspal Pasir), adalah beton aspal untuk jalan – jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya dimana agregat kasar tidak atau sulit diperoleh. Lapisan ini khusus mempunyai ketahanan alur (rutting) rendah. Oleh karena itu tidak diperkenankan digunakan untuk daerah berlalu lintas berat atau daerah tanjakan. Latasir biasa juga disebut SS (Sand Sheet) atau HRSS (Hot Rolled Sand Sheet). Sesuai gradasi agregatnya, campuran latasir dapat dibedakan atas:
 - a. Latasir kelas A, dikenal dengan nama HRSS-A atau SS-A. Tebal nominal HRSS-A adalah 1,5 cm
 - b. Latasir kelas B, dikenal dengan nama HRSS-A atau SS-A. Tebal nominal HRSS-A adalah 2 cm. Gradasi agregat HRSS-B lebih kasar
4. Lapis perata adalah beton aspal yang digunakan sebagai lapisan perata dan pembentuk penampang melintang pada permukaan jalan lama. Semua jenis campuran beton aspal dapat digunakan, tetapi untuk membedakan dengan campuran untuk lapisan perkerasan jalan baru, maka setiap campuran beton aspal tersebut ditambahkan. Jadi ada jenis campuran AC – WC, AC – BC, AC – base, dan seterusnya.

2.4.3 Sifat Campuran Beton Aspal

Menurut Silvia Sukirman (2003) bahwa campuran dari aspal dan agregat yang direncanakan harus dapat memenuhi karakteristik tertentu agar dapat bertahan pada kondisi beban lalu lintas dan iklim sehingga dapat menghasilkan suatu perkerasan yang kuat, aman dan nyaman. Maka setiap campuran aspal beton harus memiliki karakteristik sebagai berikut :

1) Stabilitas

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

2) Keawetan (Durabilitas)

Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur.

Faktor-faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis perkerasan adalah sebagai berikut :

a. Selimut Aspal (*Film Asphalt*)

Selimut aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal yang mempunyai durabilitas tinggi tetapi kemungkinan terjadinya bleeding menjadi lebih tinggi pula.

b. Rongga Potensial

Rongga potensial yang kecil akan lebih kedap air dan udara yang masuk kedalam campuran relatif sedikit.

c. Rongga - rongga antar butiran agregat (*Voids In Mineral Agregat, VMA*), VMA adalah rongga-rongga antar butiran agregat, jika VMA besar maka selimut aspal dapat di buat lebih tebal, jika VMA dan rongga potensial kecil dan kadar aspal tinggi kemungkinan akan terjadi bleeding. Untuk mencapai VMA yang besar dapat digunakan agregat bergradasi terbuka.

3) Kelenturan (Fleksibilitas)

Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/settlement)

dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat berat sendiri tanah timbunan yang di buat di atas tanah asli. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi. Perubahan volume nilai fleksibilitas ditunjukkan oleh *Marshall Quotient (MQ)*.

4) Ketahanan Terhadap Kelelahan (*fatigue resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika menggunakan kadar aspal yang tinggi.

5) Kekesatan / tahanan geser (*skid resistance*)

Kekesatan/tahanan geser (*skid resistance*) adalah kemampuan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir ataupun slip.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekesatan jalan yaitu :

a. Kekasaran permukaan dari butir – butir.

Dalam hal ini agregat yang digunakan tidak hanya mempunyai permukaan yang kasar, tetapi juga mempunyai daya tahan.

b. Luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir

c. Gradasi agregat

d. Kepadatan campuran

e. Tebal film aspal

f. Ukuran maksimum butir agregat

6) Kedap Air (*impermeabilitas*)

Kedap air (*impermeabilitas*) adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara kedalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan

proses penuaan aspal , dan pengelupasan film / selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kekedapan air campuran. Tingkat impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

7) Kemudahan pelaksanaan (*workability*)

Kemudahan pelaksanaan (*workability*) adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi pekerjaan.

Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah :

- a. Viscositas aspal
- b. Kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur
- c. Gradasi dan kondisi agregat

2.5 Material Beton Aspal

2.5.1 Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun fragmen-fragmen. Agregat merupakan suatu komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume.

Berdasarkan ukuran butirannya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (filler). Agregat untuk campuran AC-WC harus memiliki sifat-sifat yang memenuhi persyaratan spesifikasi yang telah ditentukan. Oleh karena itu, perlu diadakan pemeriksaan terhadap sifat-sifat dari agregat yang akan digunakan.

Pemeriksaan terhadap sifat-sifat agregat tersebut merupakan dasar dalam merencanakan komposisi campuran serta sangat menentukan kualitas dari campuran tersebut. Kualitas agregat kasar dan halus juga berpengaruh terhadap kekuatannya. Sedangkan fungsi agregat halus pada beton aspal adalah sebagai bahan pengisi (filler) yang akan mengurangi bahkan menutupi rongga-rongga udara atau rongga kosong diantara agregat kasar.

a. Sifat Agregat

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuan dalam memikul beban lalu lintas, sifat agregat yang menentukan kualitas sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dan dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu :

1. Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) lapisan perkerasan dipengaruhi oleh :
 - a) Gradasi
 - b) Ukuran maksimum
 - c) Kadar lempung
 - d) Kekerasan dan ketahanan
 - e) Bentuk butir
 - f) Tekstur permukaan
2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik dipengaruhi oleh :
 - a) Porositas
 - b) Kemungkinan basah
 - c) Jenis agregat
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, dipengaruhi oleh :
 - a) Tahan geser (*skid resistant*)
 - b) Campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan.

b. Spesifikasi Agregat

1. Agregat Kasar (*Chipping*)

Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada saringan No.8. Dimana agregat yang digunakan terdiri dari batu pecah atau kerikil dalam keadaan kering, bersih dari lempung, kotoran-kotoran, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang tidak dikehendaki, dan mendekati gradasi seperti tabel dibawah.

Tabel 2.3. Ketentuan Agregat kasar

Pengujian			Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium Sulfat		SNI 33407:2008	Maks. 12%
	magnesium sulfat			Maks. 18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergrasadi	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6%
		500 putaran		Maks. 30%
	Semua jenis campuran bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8%
		500 putaran		Maks. 30%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439-2011	Maks. 95%
Butir pecah pada agregat kasar			SNI 7619-2012	95/90
Partikel pipih dan Lonjong			ASTM D4791 Perbandingan 1:5	Maks. 10%
Material lolos Ayakan No.200			SNI 03-4142 1996	Maks. 1%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal

Tabel 6.3.2 (1a)

Tabel 2.4. Spesifikasi Gradasi Agregat Kasar

UKURAN SARINGAN		PERSEN LOLOS
INCHI	MM	
$\frac{3}{4}$	19	100
$\frac{1}{2}$	12,5	89,3
$\frac{3}{8}$	8,5	33,5
No. 4	4,7	3,0
No.8	2,36	2,5

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

Pada campuran AC-WC kedudukan agregat kasar hanya mengambang (*Floating*) dan ini dimaksudkan agar agregat kasar sebagai bahan tambahan akan memberikan pengaruh pada campuran yaitu menurunkan penggunaan kadar aspal, mengurangi ruang kosong (*void*) dalam campuran.

2. Agregat Halus

Agregat halus adalah material yang pada prinsipnya lewat saringan 2.36 mm dan tertahan pada saringan 75 μm atau saringan no. 200. Agregat halus dapat berupa pasir, batu pecah atau kombinasi dari keduanya.

Fungsi utama agregat halus adalah mendukung stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari campuran melalui ikatan (*interlocking*) dan gesekan antar partikel.

Sifat-sifat khusus yang diperlukan dari agregat adalah sudut permukaan, kekasaran permukaan, bersih dan bukan bahan organik. Agregat halus tersebut memenuhi persyaratan sebagai berikut :

Tabel 2.5. Ketentuan Agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 60%
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Maks. 8%
Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 3423 : 2008	Maks 1%
Agregat lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Min. 45

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal

Tabel 6.3.2.(2a)

Tabel 2.6. Spesifikasi Gradasi Agregat Halus

UKURAN SARINGAN		PERSEN LOLOS
INCHI	MM	
3/8	9,5	100
No.4	4,75	96,4
No.8	2,36	95,7
No.30	0,06	26,8
No.200	0,075	10,6

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

3. Bahan Pengisi (Filler)

Filler adalah material yang lolos saringan no.200 (0,075 mm) dan termasuk kapur hidrat, abu terbang, Portland semen dan abu batu. *Filler* dapat berfungsi untuk mengurangi kepekaan terhadap temperatur serta mengurangi jumlah rongga udara dalam campuran, namun demikian jumlah *filler* harus dibatasi pada suatu batas yang menguntungkan. Terlalu tinggi kadar *filler* maka cenderung menyebabkan campuran menjadi getas dan akibatnya akan mudah retak akibat beban lalu lintas. Pada sisi lain kadar *filler* yang terlalu

rendah menyebabkan campuran menjadi lembek pada temperatur yang relatif tinggi.

Jumlah *filler* ideal antara 0.6 sampai 1.2, yaitu perbandingan presentase *filler* dengan prosentase kadar aspal dalam campuran atau lebih dikenal dengan istilah *Dust Proportion*.

Filler berperan dalam campuran aspal dengan dua macam cara yaitu pertama *filler* sebagai modifikasi dari gradasi pasir yang menimbulkan kepadatan campuran dengan lebih banyak titik kontak antara butiran partikel, hal ini akan mengurangi jumlah aspal yang akan mengisi rongga-rongga yang tersisa didalam campuran. Sedangkan peran kedua adalah suatu cara yang baik untuk mempengaruhi kinerja *filler* dengan mempertimbangkan proporsi yang menguntungkan dari komposisi agregat halus, *filler* dan aspal didalam mortar, selanjutnya sifat-sifat mortar ini tergantung pada sifat asli dari pasir, jumlah takaran dalam campuran aspal serta *viskositas* pasta atau bahan pengikat yang digunakan.

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

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

Tabel 2.7. Ukuran Gradasi *Filler*

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

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)

Tabel 2.8. Ketentuan Filler

NO.	KARAKTERISTIK	METODE PENGUJIAN	PERSYARATAN
1.	Berat jenis	SNI 15-2531 – 1991	3,0-3,2
2.	Material lolos saringan no.200	SNI ASTM C136:2012	MIN 75 %

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)

c. Gradasi Agregat

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Satu set saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 4 inci, 3½inci, 3inci, 2½inci, 2inci, 1½inci, 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 menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Agregat campuran yang terdiri dari agregat berukuran sama akan berongga atau berpori banyak karena tak terdapat agregat berukuran lebih kecil yang dapat mengisi rongga yang terjadi. Sebaliknya, jika campuran agregat terdistribusi dari agregat berukuran besar sampai kecil secara merata, maka rongga yang terjadi sedikit. Hal ini disebabkan karena rongga yang terbentuk oleh susunan agregat berukuran besar akan diisi oleh agregat berukuran kecil. Gradasi agregat dapat dibedakan atas :

- a. Gradasi seragam (*Uniform Graded*) / gradasi terbuka (*Open Graded*) adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka karena mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga / ruang kosong antar agregat.

- b. Gradasi rapat (*Dense Graded*) adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus, sehingga sering juga disebut gradasi menerus, atau gradasi baik (*well graded*).
- c. Gradasi senjang (*Gap Garded*) adalah gradasi dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali, oleh sebab itu gradasi ini disebut juga gradasi senjang. Campuran agregat dengan gradasi ini memiliki kualitas peralihan dari kedua gradasi yang disebutkan di atas.

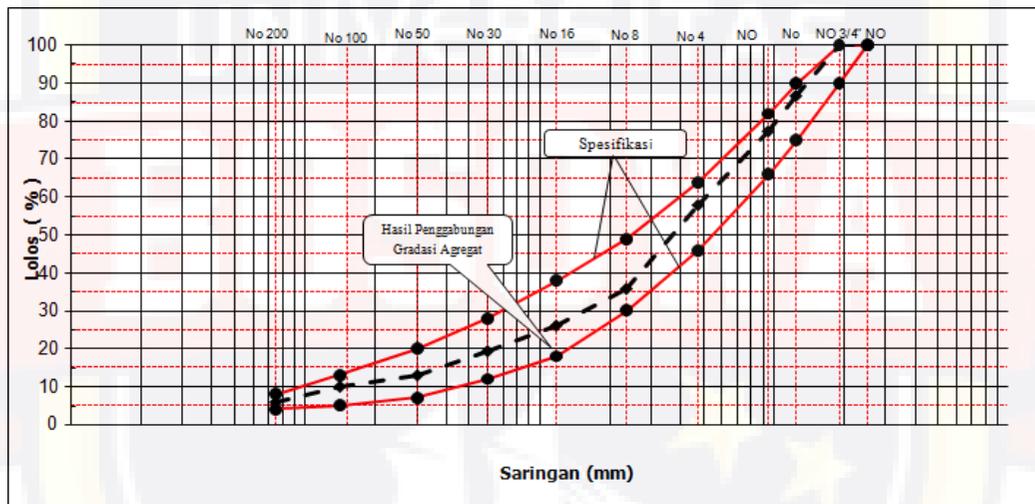
Bentuk gradasi agregat biasanya digambarkan dalam suatu grafik hubungan antara ukuran saringan dinyatakan pada sumbu horizontal dan persentase agregat yang lolos saringan tertentu dinyatakan pada sumbu vertikal. Gradasi yang ditentukan pada Spesifikasi Bina Marga 2018 dapat dilihat pada Tabel 2.9. di bawah ini :

Tabel 2.9. Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos Terhadap Total Agregat				
		HRS		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
NO. 100	0,150			6-15	5-13	4-10
No. 200	0,75	6-10	2-9	4-9	4-6	3-7

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



Gambar 2.5. Kurva Gradasi Agregat Bergradasi Halus Spesifikasi Bina Marga 2018

Yang umum di gunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi celah (*gap graded*), merupakan campuran agregat dengan satu fraksi hilang atau satu fraksi sedikit sekali. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisis saringan dengan menggunakan satu set saringan dimana saringan yang paling besar diletakkan paling diatas dan yang paling halus di letakkan di bawah

2.5.2 Aspal

Aspal menurut *American Society For Testing and Materials (ASTM)* sebagai material berwarna hitam, padat atau semi padat yang terdiri dari bitumen-bitumen yang terdapat dalam atau diperoleh dari residu minyak bumi. Aspal bersifat termoplastis, yaitu mencair jika dipanaskan sampai pada suhu tertentu dan akan kembali membeku jika temperatur mulai turun. Bahan dasar dari aspal adalah *Hydrocarbon* yang umumnya disebut bitumen sehingga aspal sering juga disebut bitumen.

Pada konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya hanya 4-10% berdasarkan persentase berat atau 10-15% berdasarkan volume, tetapi merupakan komponen yang relatif mahal. Berdasarkan cara mendapatkannya aspal dibedakan atas tiga bagian yaitu aspal alam, aspal buatan dan aspal modifikasi.

2.5.3 Lataston atau *Hot Rolled Sheet (HRS)*

Menurut Kementrian Pekerjaan Umum (Bina Marga revisi 2010), lapis tipis aspal beton (lataston) adalah lapisan penutup yang terdiri dari campuran agregat bergradasi senjang, *filler* dan aspal keras dengan perbandingan tertentu; yang dicampur dan dipadatkan secara panas (dalam suhu tertentu, minimum 124°C), dengan ketebalan padat 2,5 cm atau 3 cm. Gradasi senjang inilah yang memberikan *Hot Rolled Sheet (HRS)* sifat ketahanan terhadap cuaca dan memiliki permukaan yang awet, yang dapat mengakomodasi lalu lintas berat tanpa terjadi retak. HRS/Lataston terdiri dari dua macam campuran yaitu Lataston lapis pondasi (*HRS-Base*) dan Lataston Lapis permukaan (*HRS-Wearing course*). Ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm. Lataston Lapis Pondasi (*HRS-Base*) mempunyai proporsi fraksi agregat kasar lebih besar daripada lataston lapis permukaan (*HRS-Wearing course*). Campuran ini ditujukan untuk jalan dengan lalu lintas rencana kurang dari 1.000.000. ESA. Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan, maka campuran harus dirancang sampai memenuhi ketentuan yang diberikan dalam spesifikasi.

Konstruksi perkerasan HRS dalam penggunaannya dibagi menjadi dua kelas yaitu kelas A dan kelas B. Perbedaan kedua konstruksi perkerasan tersebut terdapat pada gradasi agregat yang digunakan, beban lalu lintas dan segi pemakaian. Jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan butiran pengisi (*filler*), sedangkan aspal yang digunakan biasanya jenis aspal keras AC 60-70 dan AC 80100.

Pembuatan lapis tipis aspal beton (*lataston*) bertujuan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapisan antar pada perkerasan jalan raya yang mampu memberikan sumbangan daya dukung serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi bawahnya. *Hot Rolled Sheet* bersifat lentur dan mempunyai durabilitas yang tinggi, hal ini disebabkan campuran HRS dengan gradasi timpang mempunyai rongga dalam campuran yang cukup besar, sehingga mampu menyerap jumlah aspal dalam jumlah banyak (7-8%) tanpa terjadi *bleeding*. Selain itu, HRS mudah dipadatkan sehingga lapisan yang dihasilkan mempunyai kedekatan terhadap air dan udara tinggi. Kegagalan dini yang sering terjadi di lapangan adalah pada proses penghamparan dan pemadatan karena HRS tidak sepenuhnya murni *gapgraded* (Bina Marga, 2010).

Fungsi dari *Hot Rolled Sheet* (HRS) adalah sebagai lapis penutup untuk mencegah masuknya air dari permukaan kedalam konstruksi perkerasan, sehingga dapat mempertahankan kekuatan konstruksi sampai tingkat tertentu. Keistimewaan *Hot Rolled Sheet* (HRS) yaitu mempunyai keawetan tinggi tetapi stabilitasnya rendah. Spesifikasi Jalan dan Jembatan Bina Marga, membedakan antara HRS-WC dan HRS-Base yang terletak pada rongga dalam agregat minimumnya, yaitu 18% pada HRS-WC dan 17% pada HRS-Base, dan bila diuji dengan metode marshall harus memenuhi persyaratan campuran seperti ditunjukkan pada Tabel 2.8.

Tabel 2.10. Spesifikasi Teknis Campuran Lataston

Sifat Campuran		Lataston/HRS	
		WC	Base
Penyerapan kadar aspal (%)	Max	1,7	
Jumlah Tumbukan Per Bidang		75	
Rongga Dalam Campuran (VIM) (%)	Min	3,0	
	Max	6,0	
Rongga Dalam Agregat (VMA) (%)	Min	18	17
Rongga Terisi Aspal (VFA) (%)	Min	68	
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800	
Pelelehan/Flow (mm)	Min	3	
Marshall Qutient (kg/mm)	Min	250	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman 24 Jam, 60 °C	Min	75	
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (<i>refusa</i>)	Min	2	

Sumber : Spesifikasi Jalan & Jembatan Bina Marga

Salah satu hal yang cukup berpengaruh terhadap karakteristik HRS adalah rancangan campuran, baik itu pada saat pencampuran, penghamparan, pemadatan, atau pada saat pemanfaatannya. Suatu rancangan campuran dengan proporsi tertentu akan menghasilkan karakteristik campuran tertentu pula. Karakteristik yang harus dimiliki oleh campuran HRS-Base adalah :

a) *Stabilitas*

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk seperti gelombang, alur maupun *bleeding* (pengumpulan aspal di permukaan perkerasan).

b) *Durabilitas* (keawetan/daya tahan)

Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu maupun keausan akibat gesekan kendaraan. Faktor-faktor yang mempengaruhi durabilitas lapisan HRS - Base adalah:

- 1) Film atau selimut aspal. Film aspal yang tebal dapat menghasilkan laaston yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadi *bleeding* yang tinggi.
- 2) VIM kecil sehingga hasil kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh.
- 3) VMA besar sehingga, film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi kemungkinan terjadinya *bleeding* (pengumpulan aspal di permukaan perkerasan) besar. Yang dimaksud dengan VIM (*Void In Mix*) adalah pori dalam campuran yang telah dipadatkan atau banyaknya rongga udara yang ada dalam campuran HRS. Sedangkan VMA (*Void in Mix Agregate*) adalah ruang diantara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang cukup diserap agregat).

c) *Fleksibilitas* (kelenturan)

Fleksibilitas adalah kemampuan lapisan untuk mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.

d) Tahan Geser/kekerasan (*Skid Resistance*)

Tahan geser adalah kekerasan yang diberikan oleh perkerasan sehingga tidak mengalami slip, baik diwaktu hujan atau basah maupun diwaktu kering, kekerasan dinyatakan dengan koefisien gesek antar permukaan jalan dengan ban kendaraan.

e) Ketahanan terhadap kelelahan

Ketahanan terhadap kelelahan adalah ketahanan dari lapisan atas aspal beton (Lataston) dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*Rutting*) dan retak.

f) Kemudahan Pekerjaan (*Workability*)

Yang dimaksud dengan kemudahan pekerjaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan.

Dalam pengujian karakteristik *Hot Rolled Sheet – Base* (HRS Base) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sifat-sifat dari campuran tersebut. Pengujian itu antara lain dilakukan dengan: (1) uji stabilitas dengan alat uji Marshall; (2) uji perendaman Marshall untuk indeks perendaman. Agar diperoleh karakteristik campuran yang maksimal, maka harus dilakukan pengujian pada kondisi dimana persentase aspal dari campuran adalah optimum. (Sukirman, 1999).

2.5.4 Spesifikasi Campuran Lataston

Campuran pada penelitian ini adalah *Hot Rolled Sheet* (HRS) yang memiliki gradasi senjang. Ketentuan sifat-sifat campuran Lataston mengacu pada Bina Marga (2018) yang terlihat pada tabel berikut :

Tabel 2.11. Persyaratan HRS untuk Kepadatan Lalu Lintas Berat

NO.	Spesifikasi	Nilai
1.	Jumlah tumbukan	75x2
2.	Densitas	-
3.	VITM	3-6%
4.	VFMA	≥ 68 %
5.	Stabilitas	≥ 800 kg
6	<i>Flow</i>	≥ 3 mm

7.	<i>Marshall Quotient</i>	≥ 250 kg/mm
----	--------------------------	------------------

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum. Direktorat Jenderal Bina Marga, Spesifikasi Umum 2018 (Revisi 2)

2.6 Fungsi Aspal Sebagai Material Perkerasan Jalan

Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai :

- Bahan pengikat, yaitu
 1. memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat antara sesama aspal.
 2. Agar agregat tidak lepas dan tidak mudah terabrasi akibat lalu lintas.
 3. Sebagai lapisan kedap yang melindungi agregat dan material lain dibawahnya dari pengaruh air.
- Bahan pengisi, yaitu mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada didalam butir agregat itu sendiri.

Untuk dapat memenuhi kedua fungsi aspal itu dengan baik, maka aspal haruslah memiliki sifat adhesi dan kohesi yang baik, serta pada saat dilaksanakannya mempunyai tingkat kekentalan tertentu.

Penggunaan aspal pada perkerasan jalan dapat dicampurkan pada agregat sebelum dihamparkan (prahampar), seperti lapisan beton aspal atau disiramkan pada lapisan agregat yang telah dipadatkan dan ditutupi oleh agregat-agregat yang lebih halus (pascahampar), seperti perkerasan penetrasi makadam atau peleburan.

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

Pada proses pascahampar, aspal disiramkan pada lapisan agregat yang telah dipadatkan, lalu diatasnya ditaburi butiran agregat halus.

Fungsi utamanya adalah menghasilkan lapisan perkerasan bagian atas yang kedap air dan tidak mengikat agregat sampai kebagian bawah. Dengan adanya aspal dalam campuran yang diharapkan maka diperoleh lapisan perkerasan yang kedap air sehingga mampu melayani arus lalu lintas selama masa pelayanan jalan. Oleh karena itu, aspal harus mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca, dan mempunyai sifat adhesi dan kohesi yang baik.

2.7 Sifat-Sifat Aspal

2.7.1 Sifat Kimia Aspal

a. *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.

b. *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 *asphalten* yang paling dominan didalam aspal. Aromatik berbentuk cairan kental yang

berwarna coklat tua dan kandungannya dalam aspal berkisar 40% - 60% terhadap berat aspal.

Aromatik terdiri dari rantai karbon bersifat non-polar yang didominasi oleh unsur tak jenuh (unsaturated) dan memiliki daya larut yang tinggi terhadap molekul hidrokarbon.

c) *Saturated*

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

2.7.2 Sifat Fisik Aspal

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

a) Daya Tahan (Durability)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat aslinya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Kinerja aspal sangat dipengaruhi oleh sifat aspal tersebut setelah digunakan sebagai bahan pengikat dalam campuran beraspal dihampar di lapangan. Hal ini disebabkan karena sifat-sifat aspal akan berubah secara signifikan akibat oksidasi dan pengelupasan yang terjadi baik pada saat pencampuran, pengangkutan dan penghamparan campuran beraspal di lapangan. Perubahan sifat ini akan menyebabkan aspal menjadi daktilitas rendah atau dengan kata lain aspal telah mengalami penuaan. Kemampuan aspal untuk menghambat laju penuaan ini disebut durabilitas aspal, aspal dengan durabilitas yang baik akan menghasilkan campuran dengan kinerja baik pula.

b) Adhesi dan Kohesi

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

c) Kepekaan Aspal Terhadap Suhu

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

2.8 Tes Standar Bahan Aspal

Tes standar bahan aspal adalah tes baku untuk menggolongkan aspal pada jenis atau kelas (grade) tertentu untuk memudahkan mengenal sifat-sifat dasarnya dan menetapkan cara kerja atau jenis konstruksi yang paling sesuai dalam rangka mengurangi resiko kegagalan. 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 lemek adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan horisontal didalam larutan air atau gliserin yang dipanaskan secara teratur menjadi lemek karena beban bola baja. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan suhu/angka titik lemek 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 pelat dasar.

c. Titik Nyala

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

d. Daktilitas

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

melihat kekuatan kohesi aspal, bila tarikan tidak mencapai 100 cm maka dikhawatirkan bahan tidak punya kelenturan cukup dan akan cenderung putus dan retak.

e. Berat Jenis Aspal

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

f. Kehilangan Berat

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

Aspal yang dipakai dalam konstruksi jalan mempunyai sifat yang penting, yaitu : kepekatan (*consistency*), ketahanan lama atau ketahanan terhadap pelapukan dapat dilihat pada tabel 2.12 berikut :

Tabel 2.12. Pengujian Aspal Keras

No.	Jenis pengujian	Metode pengujian	Tipe 1 Aspal pen. 60/70
1	Penetrasi pada 25 C (dmm)	SNI 06-2456-9291	60-70
2	Viskositas 135 C (Cst)	SNI 06-6441-2000	385
3	Titik Lembek (C)	SNI 06-2434-1991	>48
4	Indeks Penetrasi	-	> -1,0
5	Daktilitas pada 25 C, (cm)	SNI 06-2432-1991	>100
6	Titik nyala (C)	SNI 06-2433-1991	>232
7	Larutan dlm Toluene (%)	ASTM D5546	>99
8	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	>1,0
9	Stabilitas penyimpanan (C)	ASTM D5976 part 6.1	-
10	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	<0.82
11	Penetrasi pada 25C (%)	SNI 06-2456-1991	>54
12	Indeks Penetrasi 4	-	>-1.0
13	Keelastisan setelah pangembalian (%)	AASHTO T 301-98	-
14	Daktilitas pada 25C (cm)	SNI 06-2432-1991	>100
15	Partikel yang lebih halus dari 150 micron (μ m)(%)	-	-

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum 2018

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

2.9 Rancangan Campuran Beton Aspal

Campuran beton aspal adalah campuran antara agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Agregat terutama diperoleh dari tempat terdekat dari lokasi yang akan menggunakannya.

Saat ini, metode rancangan campuran yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah metode rancangan campuran berdasarkan pengujian empiris, dengan mempergunakan alat marshall. Metode rancangan berdasarkan pengujian empiris terdiri dari 4 tahap yaitu:

1. Menguji sifat agregat dan aspal yang akan dipergunakan sebagai bahan dasar campuran.
2. Rancangan campuran di laboratorium yang menghasilkan rumus campuran rancangan. Rumus campuran rancangan ini dikenal dengan nama DMF (Design Mix Formula). DMF ini harus disetujui oleh direksi pekerjaan sebelum dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya.
3. Kalibrasi hasil rancangan campuran ke instalasi pencampuran yang akan digunakan.

Berdasarkan hasil kedua tahap di atas, dilakukan percobaan produksi di instalasi pencampuran, dilanjutkan dengan penghamparan dan pemadatan dari hasil campuran percobaan. Percobaan produksi paling sedikit dilakukan sebanyak 50 ton campuran. Seluruh pekerjaan menggunakan seluruh peralatan yang akan digunakan dalam prosedur pemadatan yang direncanakan. Kendali mutu dengan melakukan kontrol kualitas untuk setiap tahap produksi. DMF dapat disetujui menjadi rumus perbandingan campuran (JMF = Job Mix Formula) jika percobaan pencampuran di instalasi pencampuran dan penghamparan memenuhi semua persyaratan.

2.10 Pengujian Marshall

Tujuan pengujian ini adalah untuk mendapatkan suatu campuran aspal yang memenuhi ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan di

dalam kriteria perencanaan. *Marshall Test*, adalah tes wajib untuk beton aspal, untuk mengetahui dan memenuhi sifat beton aspal sesuai dengan yang kita harapkan.

Dari tes *Marshall* akan diketahui berapa persen kandungan aspal yang diperlukan untuk gradasi batuan yang telah direncanakan, yang akan menghasilkan kuat tekan optimum (disebut sebagai stabilitas Marshall, atau disebut juga sebagai *Static Stability test*, dinyatakan dalam Kg) dari selinder beton aspal (benda uji), yang telah direndam satu jam pada suhu 60°C. Agregat yang digunakan untuk membuat benda uji Marshall tidak boleh melebihi 25 mm (= 1 inci), jika digunakan agregat lebih besar dari 25 mm sampai dengan 38 mm (= 1,5 inci), maka haruslah dilakukan modifikasi. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (=5000 lbf) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelehan plastis atau *flow*. Kelelehan plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01". Benda uji Marshall berbentuk selinder berdiameter 4 inci (=10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (= 6,35 cm). Disamping itu terdapat arloji kelelehan (*flowmeter*) untuk mengukur kelelehan plastis.

2.11 Karakteristik Marshall

a. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat dan penguncian antar agregat, daya lekat dan kadar aspal dalam campuran. Penggunaan 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.

Nilai stabilitas yang disyaratkan adalah lebih dari 800 kg. Lapis perkerasan dengan stabilitas kurang dari 800 kg akan mudah mengalami alur, karena perkerasan bersifat lembek sehingga kurang mampu mendukung beban. Sebaliknya jika stabilitas perkerasan terlalu tinggi maka perkerasan akan mudah retak karena sifat perkerasan menjadi kaku.

b. Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan (*Flow*) adalah besarnya 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 diterimanya. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat *Marshall* yang lain seperti stabilitas, *VIM* dan *VFA*. Nilai *VIM* yang besar menyebabkan berkurangnya penguncian antar agregat 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. 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, kadar aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai *flow*.

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 dan alur.

c. Rongga Udara dalam Campuran / *Void In Mix* (VIM)

Void in Mix atau disebut juga rongga dalam campuran digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran, sedemikian sehingga rongga tidak terlalu kecil (menimbulkan *bleeding*) atau terlalu besar (menimbulkan oksidasi / penuaan aspal dengan masuknya udara dan sinar *ultra violet*).

d. Rongga Terisi Aspal *Void Filled Bitumen* (VFB)

Parameter VFB diperlukan untuk mengetahui apakah perkerasan memiliki keawetan (*durability*) dan tahan air (*impermeability*) yang cukup memadai.

e. Rongga pada Campuran Agregat / *Void Mineral Aggregate* (VMA)

Void mineral agregat atau rongga pada campuran agregat adalah rongga antar butiran agregat, terdiri dari rongga udara serta aspal efektif yang dinyatakan dalam prosentase volume total campuran. Bila rongga udara serta kadar aspal telah diketahui, maka hanya tingkat absorpsi agregat yang belum terungkap. Dengan pertimbangan bahwa penilaian agregat sudah dilakukan pada tahap perencanaan, maka parameter VMA dapat dianggap tidak diperlukan lagi.

f. Hasil Bagi *Marshall* / *Marshall Quotient* (MQ)

Parameter Marshall Quotient diperlukan untuk dapat mengetahui tingkat kekakuan (*stiffness*) campuran. Pada lapisan overlay tebal > 5 cm, maka kekakuan yang tinggi dapat menahan deformasi dan mendistribusikan beban lalu lintas ke daerah yang lebih luas pada tanah dasar, sedangkan pada pelapisan yang tipis (< 5 cm), maka nilai kekakuan perlu dibatasi agar lapisan tambahan tersebut tidak mudah retak. Batasan kekakuan lapisan tipis lebih diperketat bila lendutan yang ada (kondisi jalan lama) cukup besar (> 2 mm).

2.12 Karet Tambal Ban (Kompon)

Salah satu produk karet yang masih bersifat setengah jadi adalah karet kompon. Pada pembuatannya, kompon ini melalui proses pengolahan yang disebut *compounding*. Proses pembuatan pun tidak bisa dilakukan sembarangan, sebab harus diformulasikan dengan tepat menggunakan bahan baku karet, bahan kimia dan mesin khusus.

Sebelum mengetahui proses pembuatan karet kompon, penting sekali untuk mengetahui bahan apa saja yang digunakan. Bukan hanya getah pohon karet atau lateks yang menjdai bahan bakunya, melainkan ada komposisi lain yang akan membentuk karakteristik dari kompon nantinya.

Beberapa bahannya anatara lain sebagai berikut :

a. Peptizer

Ketika karet akan diolah, perlu sebuah proses yang bisa membantu melunakkan karet atau disebut juga sebagai mastikasi. Salah satu bahan yang berperan dalam proses mastikasi ini adalah peptizer. Peptizer ini mampu mempercepat proses pelunakan dan juga oksidasi disuhu terendah sekalipun.

b. Bahan Vulkanisasi

Selain pelunak, harus ada juga senyawa yang bisa membantu proses pematangan atau vulkanisasi. Untuk mempercepat proses vulkanisasi ini bisa ditambahkan juga dengan senyawa belerang/sulfur sebagai *vulcanizator*.

Bahan tersebut cukup penting dan harus ada pada proses *compounding*. Selain itu ada pula beberapa bahan seperti anti degradasi, filler atau bahan pengisi seperti karbon. Setelah mengetahui bahan-bahan yang digunakan, maka berlanjut pada proses pembuatan. Dimulai dari mencampurkan bahan karet mentah dengan senyawa kimia yang dibutuhkan kedalam mesin pencampur atau rubber maxim machines. Pertama, dilakukan proses pelunakan/mastikasi bahan karet. Selanjutnya bahan-bahan kimia

lainnya dicampurkan secara bertahap hingga nantinya, akan dilakukan proses penggilingan dan terakhir memasukkan belerang/sulfur. Setelah itu barulah karet yang sudah diolah tersebut dicetak atau dipotong hingga menjadi bentuk lembaran. Lembaran inilah yang nantinya akan diproduksi kembali menjadi barang jadi.

Di Indonesia limbah kompon masih jarang digunakan untuk bahan pengganti sebagian aspal, maka dari itu penelitian ini mengambil akret tambal ban sebagai pengganti sebagian dari aspal.

2.13 Penelitian Terdahulu

Penelitian terkait pernah dilakukan oleh Fakhru Rozi Yamali. dengan judul "Pengaruh Penambahan Limbah Karet Ban Luar Pada Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir) Terhadap Karakteristik Marshall". Keseluruhan material bahan baik agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal Pen. 60/70 telah memenuhi syarat untuk campuran Lapis Tipis Aspal Pasir Kelas A pada Spesifikasi Teknis 2010 Revisi 3 Divisi 6. Sebelum dilakukan Pengujian Marshall awal, maka dilakukan pengujian Aspal Pen. 60/70 (Kadar Karet 0%) dengan variasi penambahan karet ban luar sebesar 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%. Pengujian Aspal Pen 60/70 dengan penambahan karet terbatas pengujian berat jenis aspal dan penetrasi aspal. Hasil dari pengujian Aspal Pen. 60/70 mengalami penurunan berat jenis sehingga aspal dengan penambahan karet ban luar menjadi ringan. Sedangkan penetrasi aspal dengan penambahan karet ban luar mengalami penurunan nilai prosentase, meskipun terjadi peningkatan di kadar karet 1% (72,5 mm), tetapi pada kadar karet 2% hingga 5 % mengalami penurunan menjadi 62,75 mm. Pengujian Marshall awal untuk mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan variasi kadar aspal 7%, 8%, 9%, 10%, dan 11%. Setelah dilakukan pengujian, maka didapatkan seluruh karakteristik Marshall dengan persyaratan sesuai Spesifikasi Teknis 2010 Revisi 3 yang memenuhi persyaratan tersebut terletak pada rentang 9,6 % dan 10%. Nilai kadar aspal optimum

optimum didapatkan dari nilai tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi persyaratan tersebut, yaitu 9,8%. Pengujian Marshall selanjutnya dengan menggunakan variasi dari karet ban luar 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%. Pada pengujian menggunakan karet ban terjadi perubahan karakteristik Marshall, tingkat kelenturan dan keawetan yang lebih baik, tetapi terdapat rongga udara yang banyak atau nilai VIM yang besar, sehingga nilai VFA menjadi kecil. Dari seluruh kadar karet dalam aspal yang memiliki tingkat kelenturan yang bagus pada kadar karet 3%, tetapi yang memenuhi seluruh syarat Spesifikasi Teknis 2010 Revisi 3 pada kadar karet 1,5%.

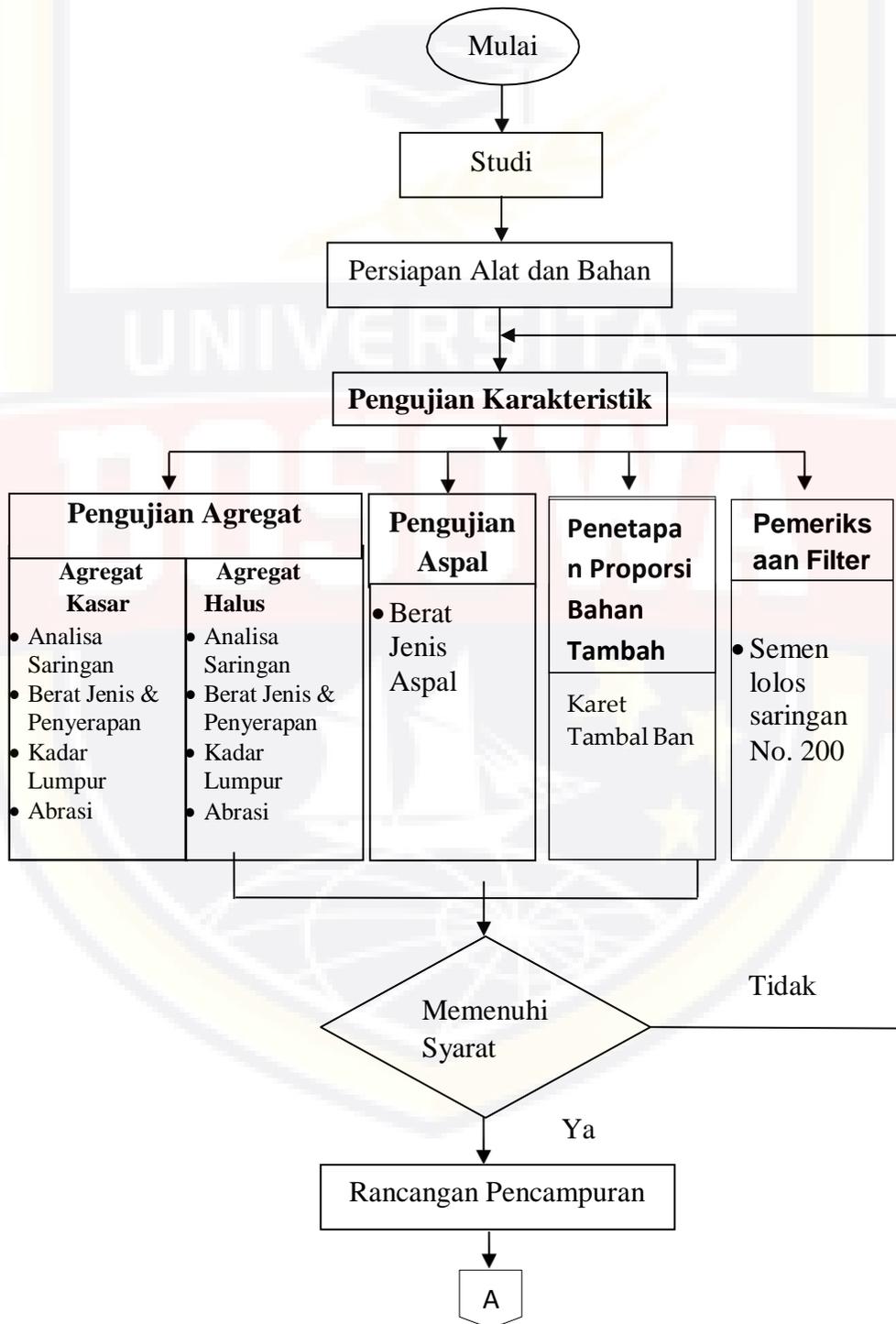
UNIVERSITAS

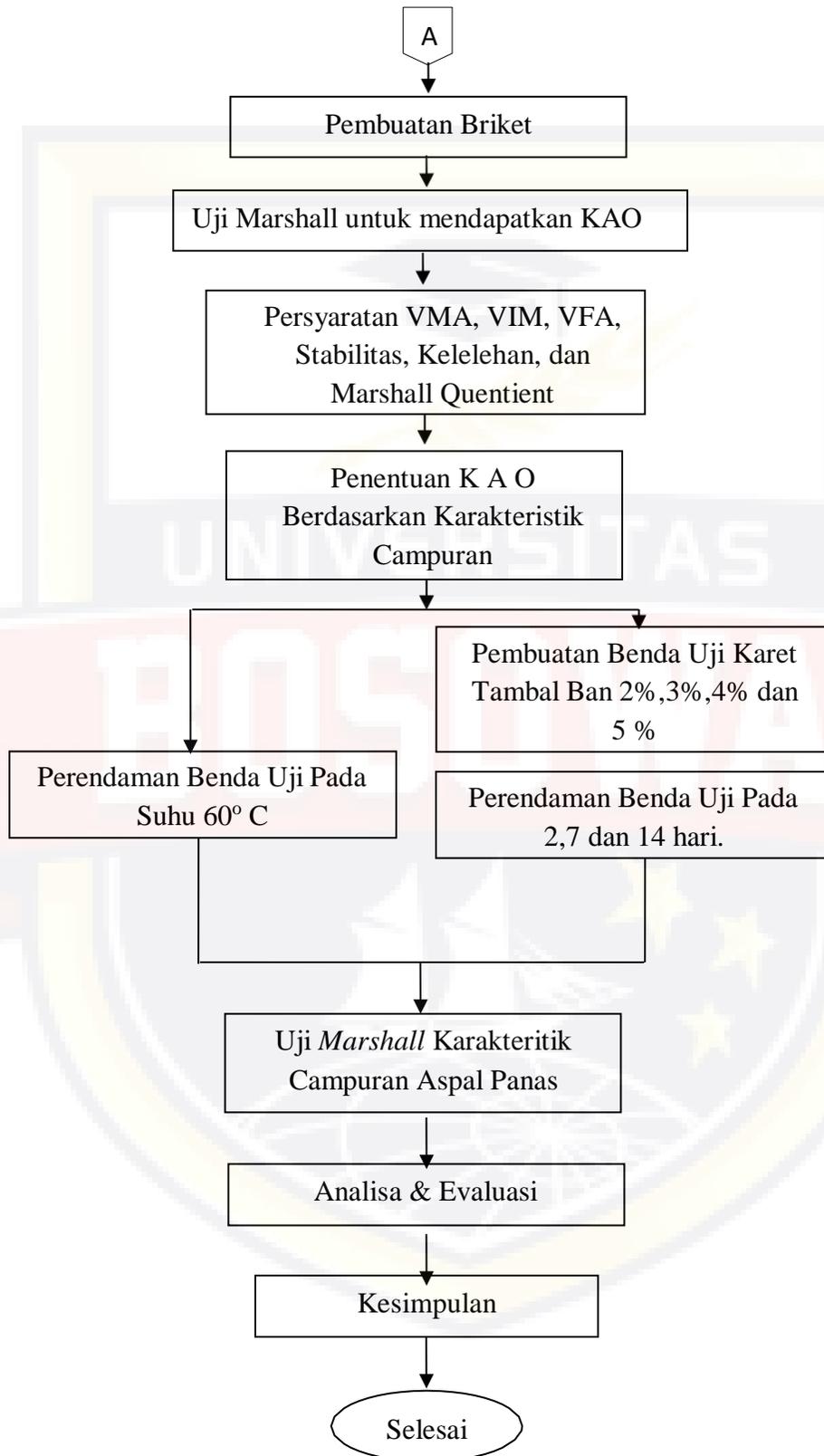
BOSOWA



BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian





3.2 Lokasi Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar (Batu Pecah 1-2 dan Batu Pecah 0,5-1) dan Agregat Halus (Abu Batu), bahan bakunya diperoleh dari di Bili-Bili, Kab. Gowa - Sulawesi Selatan dan karet tambal ban, bengkel-bengkel motor

3.3 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan Universitas Bosowa Makassar

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 Jenderall 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 :

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

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

3.5.2 Pemeriksaan Analisa Saringan 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 :

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

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

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

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

3.5.3 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 :

$$\text{Berat Jenis (Bulk Spesific Gravity)} = \frac{B_k}{B + \text{SSD} - B_t} \dots\dots\dots(3.8)$$

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

$$\text{Berat jenis semu (Appernt Spesific Gravity)} = \frac{B_k}{B + B_k - B_t} \dots\dots\dots(3.10)$$

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

keterangan :

B_k = Berat contoh kering oven

B = Berat picnometer + air

B_t = Berat picnometer + air + benda uji

3.5.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

a. Tujuan

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

b. Perhitungan

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

Dimana : A = Berat awal (gram)

B = Berat akhir (gram)

3.5.5 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

a. Tujuan

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

b. Perhitungan

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

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 yang digunakan :

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

Keterangan :

δ = berat jenis aspal

A = berat piknometer (dengan penutup) (gram)

B = berat pinometer berisi air (gram)

C = berat piknometer berisi aspal (gram)

D = berat pinometer berisi aspal dan air (gram)

3.6.2 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 Contoh Perhitungan benda Uji

Uraian kegiatan pengujian						Jumlah
1. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)						
Variasi Kadar Aspal (%)				Jumlah Benda Uji		
<i>HRS</i>				<i>HRS</i>		
6.5	3			3	3	
7	3			3	3	
7.5	3			3	3	
8	3			3	3	
8.5	3			3	3	
2. Pengujian stabilitas sisa (60 ⁰)						
Kadar Aspal Optimum (%)	Waktu (Menit/jam)			<i>HRS</i>	Jumlah	
KAO	30 Menit			3	3	
KAO	24 Jam			3	3	
3. Variasi Penambahan Karet Tambal Ban (kompon)						
Kadar Aspal (%)	Kadar Karet (%)	Siklus (hari)			<i>HRS</i>	Jumlah
KAO	4%	7	14	21	3	9
KAO	6%	7	14	21	3	9
KAO	8%	7	14	21	3	9
Total Beban Uji						48

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 :

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

Dimana :

Pb = Kadar aspal perkiraan

Filler = Persen agregat lolos saringan No.200

K = Nilai konstanta 1,0-2,0 untuk latakton.

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 panik sampai suhu 165°C
5. Potong kecil-kecil karet tambal ban hingga mudah untuk meleleh

6. Kemudian tuangkan Karet Tambal Ban 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 50 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 HRS.

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.

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 Tonasa. Jenis Aspal yang digunakan Studi ini adalah Aspal Minyak Produksi Pertamina penetrasi 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 (*Spesifikasi 2018*)

Ukuran Saringan		% Lolos Saringan			
Inchi	Mm	Gradasi Batu Pecah 1-2	Gradasi Batu Pecah 0,5-1	Abu Batu	Semen
3/4"	19	100.00	100.00	100.00	100
1/2"	12,5	46.12	99.71	100.00	100
3/8"	9,5	5.67	73.05	100.00	100
No. 8	2,36	2.80	31.37	94.93	100
No. 30	0,6	2.57	30.22	59.14	100
No.200	0,075	2.07	6.54	8.61	95.16

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

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

Rumus:

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

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 1- 2 dan Batu Pecah 0,5 - 1)

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	Spesifikasi 2018	-	-	%
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 1-2)	SNI 2441:2011		≥1.0	
1. Bulk		2.58		-
2. SSD		2.65		-
3. Semu		2.77		-
4. Penyerapan		2.71		-
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 0,5-1)	SNI 2441:2011		≥1.0	
1. Bulk		2.54		-
2. SSD		2.61		-
3. Semu		2.74		-
4. Penyerapan		2.87		-

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018

c. Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu :

Rumus :

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

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

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

Penyerapan

$$= \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100\%$$

Keterangan :

SSD = Berat benda uji kering permukaan jenuh

Bk = Berat benda kering oven

B = Berat piknometer + air

Bt = Berat piknometer + air + benda uji

Tabel 4.3 Hasil pemeriksaan berat jenis abu batu

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	AASHTO T27-82		-	%
Berat jenis dan penyerapan				
1. Bulk	SNI 2441:2011	2.48	≥1.0	Gram
2. SSD		2.54		Gram
3. Semu		2.65		Gram
4. Penyerapan		2.53		Gram

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi 2018

4.1.2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Minyak

Jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal minyak penetrasi 60/70. Hasil pengujian sifat-sifat fisik aspal sesuai hasil pengujian dan penelitian, diperlihatkan pada Tabel 4.6. 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	-	0.1 mm
2	Titik Lembek (ring dan Ball)	SNI-06-2434-1991	48	58	-	°C
3	Berat jenis (25° C)	SNI-06-2441-1991	1,0	-	1,005	Gr/ml
4	Daktilitas (25° C, 5 cm/menit)	SNI-06-2432-1991	100	-	-	Mm
5	Tittik Nyala dan Titik Bakar	SNI -06-2433-1991	200	-	-	%
6	Viskositas Pencampuran	AASHTO-72-97	130	165	-	°C
7	Viskositas Pemadatan	AASHTO-72-97	120	140	-	°C

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

4.1.3. Penentuan Komposisi Agregat Gabungan

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

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

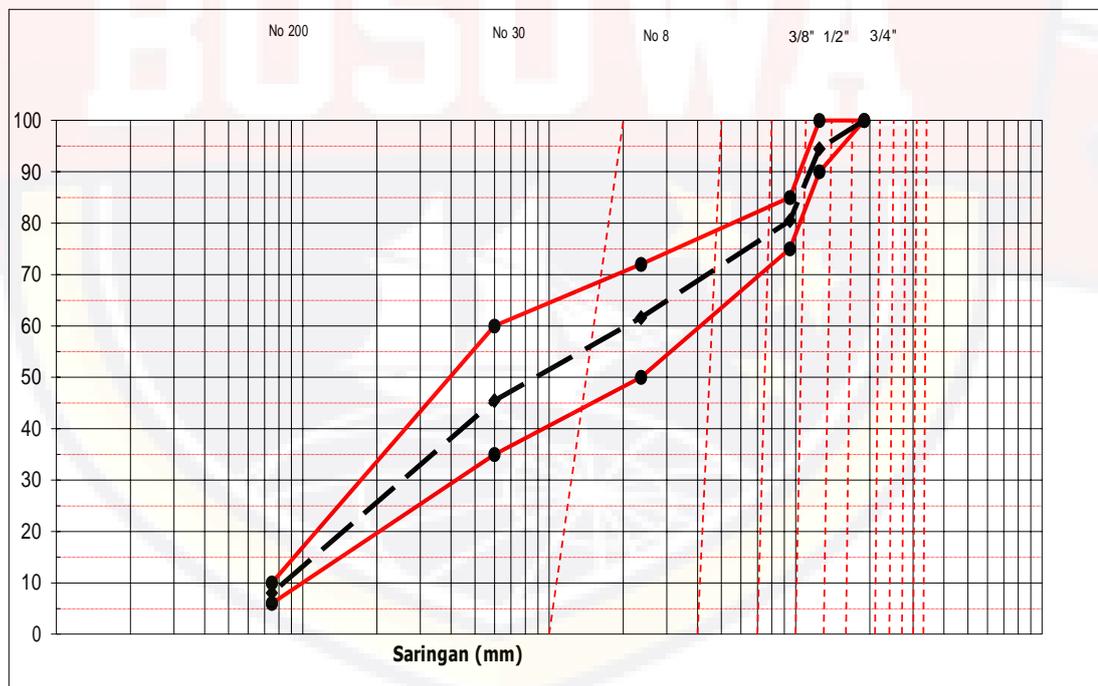
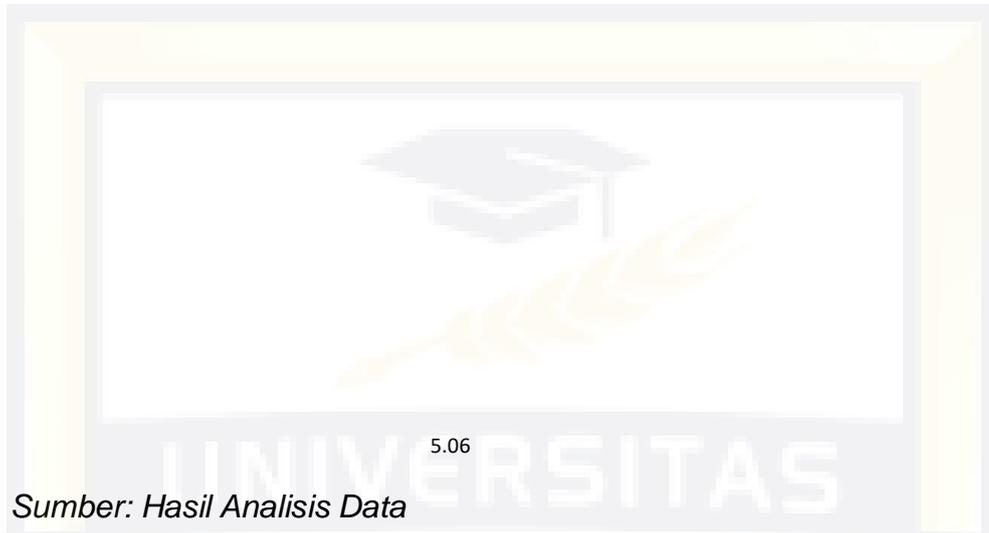
- Batu Pecah 1 – 2 = 10%
- Batu Pecah 0,5-1 = 38%
- Abu Batu = 51%
- Filler = 1%

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

$$\begin{aligned} \text{Gradasi Penggabungan Agregat} &= \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times a + \\ &\frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times b + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times c + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times d \\ &= \frac{11}{100} \times 100 + \frac{30}{100} \times 100 + \frac{58}{100} \times 100 + \frac{1}{100} \times 100 \\ &= 100\% \end{aligned}$$

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

Tabel 4. 5 Rancangan campuran aspal panas HRS-WC



Gambar 4. 1 Grafik Gradasi Penggabungan Agregat HRS-WC

4.2. Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

4.2.1. Perkiraan Kadar Aspal Optimum Rencana (Pb)

- Penentuan kadar aspal untuk campuran aspal panas *HRS-WC*

$$\begin{aligned} P_b &= 0.035 (\text{Ag. Kasar}) + 0.045 (\text{Ag. Halus}) + 0.18 (\text{Filler}) + K \\ &= 0.035 (38.39) + 0.045 (53.60) + 0.18 (8.03) + 2.5 \\ &= 7.33 \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} \text{Agregat Kasar} &= 3/4" - \#8 & \text{Agregat Halus} &= \#8 - \#200 \\ &= 100 - 60.0 & &= 60.0 - 8.80 \\ &= 40.0 & &= 51.20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Filler} &= \#200 \\ &= 8.80 \end{aligned}$$

Kadar aspal yang didapatkan adalah 7.5%, dengan mengambil dua kadar aspal dibawah dan dua kadar aspal diatas menggunakan interval 0.5% maka nilai tersebut adalah ; 6.5% ;7% ; 7.5% ; 8% ; 8.5%.

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 *mold* yang ada.

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

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

Tabel 4. 6 Komposisi campuran *HRS-WC*

Kadar Aspal	=	7.5 %					100 %	-	7.5 %	=	92.5
Hasil Combine											
BP 1- 2	10	%	x	92.5	%	=	0.0925	x	1200	=	111
BP 0,5 -	38	%	x	92.5	%	=	0.3515	x	1200	=	421.8
Abu Bat	51	%	x	92.5	%	=	0.47175	x	1200	=	566.1
Filler	1	%	x	92.5	%	=	0.00925	x	1200	=	11.1
Aspal	7.5	%				X			1200	=	90
											1200

Tabel 4. 7 Berat aspal dan agregat pada campuran aspal panas *HRS-WC* normal

Kadar aspal	6.5	7	7.5	8	8.5
Batu Pecah 1 – 2	112.2	112.2	111	110.4	109.8
Batu Pecah 0,5 – 1	426.36	426.36	421.8	419.52	417.24
Abu Batu	572.22	572.22	566.1	563.4	559.98
Semen	11.22	11.22	11.1	11.04	10.98
Berat Aspal Terhadap Campuran	78	84	90	96	102
Jumlah	1200	1200	1200	1200	1200

4.2.3. Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran

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

Tabel 4. 8 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat

Material	Berat jenis bulk	Berat jenis semu	Berat jenis efektif
	A	B	$c = \frac{(a+b)}{2}$
Batu Pecah 1 – 2	2.58	2.77	2.68
Batu Pecah 0,5 – 1	2.54	2.74	2.64
Abu batu	2.48	2.65	2.57
Filler	3.14		
Aspal	1.020		

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium dan Spesifikasi 2018

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

a. Untuk campuran aspal panas *HRS-WC*

$$\begin{aligned} \text{Bj. Bulk Agregat (G}_{sb}) &= \frac{100}{\left(\frac{10\%}{2,58}\right) + \left(\frac{38\%}{2,54}\right) + \left(\frac{51\%}{2,48}\right) + \left(\frac{1\%}{3,14}\right)} \\ &= 2.54 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bj. Semu Agregat (G}_{sa}) &= \frac{100}{\left(\frac{10\%}{2,77}\right) + \left(\frac{38\%}{2,74}\right) + \left(\frac{51\%}{2,65}\right) + \left(\frac{1\%}{3,14}\right)} \\ &= 2.70 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Bj. Efektif Agregat (G}_{se}) = \frac{2.54 + 2.70}{2} = 2.63 \text{ gram}$$

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.

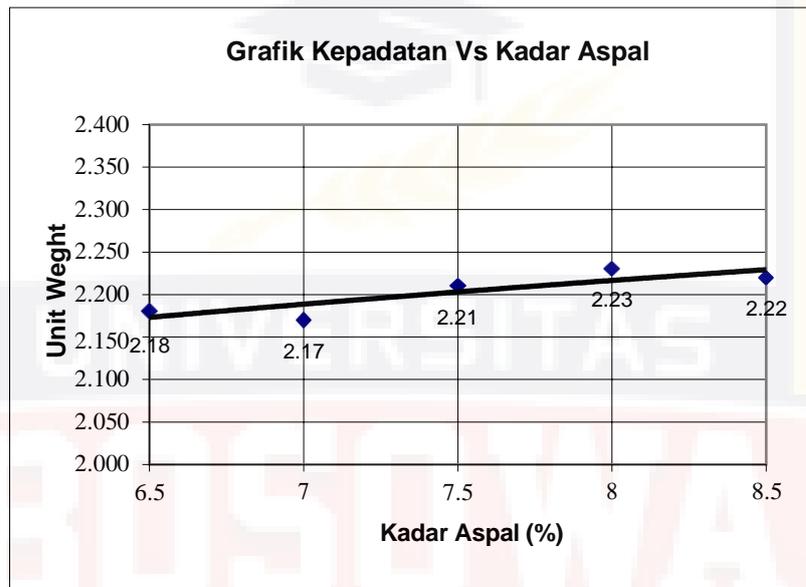
Dari hasil pengujian dan perhitungan *marshallyang* telah dilakukan terhadap benda uji untuk campuran *HRS-WC* disajikan pada perhitungan di bawah ini :

- a. Berat Jenis Aspal (T) = 1.020 gr/cc
- b. Kadar Aspal (A) = 6.5%
- c. Bj. Bulk Gabungan (B) = 2.54%
- d. Bj. Efektif Gabungan (C) = 2.63%
- e. Bj. Maksimum Campuran (D) = $100 / ((100 - A) / C) + (A + T)$
= 2.386%

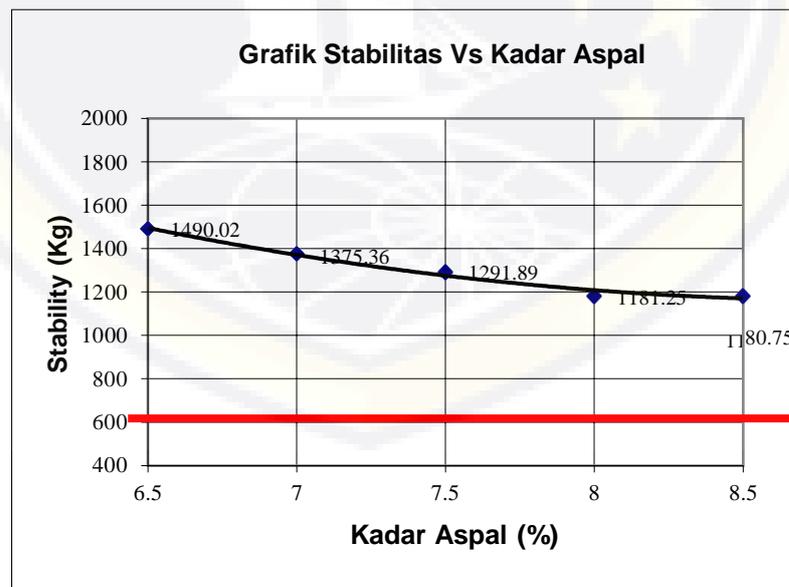
- f. Berat Campuran di Udara (E) = 1165.8 gr
- g. Berat Campuran Dalam Air (F) = 663.4 gr
- h. Berat Campuran SSD (G) = 1197.5 gr
- i. Volume Benda Uji (H) = (G – F) = 536.1 gr
- j. Bj Bulk Campuran (Kepadatan) (I) = E/H = 2.18%
- k. Rongga dalam Campuran (VIM) (J) = $100 \times (D - I) / D = 8.8\%$
- l. Pembacaan Stabilitas (K) = 98.8 kg
- m. Kalibrasi Alat (Kg) = 14.9 kg
- n. Angka Korelasi (dapat dilihat pada lampiran) = 1.0125
- o. Stabilitas setelah koreksi (L) = Pemb. Stabilitas x Kalibrasi Alat x
Angka Korelasi = 1490.02 kg
- p. Pelelehan (M) = 3.60 mm
- q. Marshall Quetient (N) = L/M = 417.31 kg/mm
- r. Luas Permukaan Agregat (O) = 5.06%
- s. Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran (P) = $(A + ((T \times (100 - A))/B)) - ((100 \times T)/D) = 1.32\%$
- t. Tebal Film (Q) = $(1000 \times (A - P))/((T \times O) \times (100 - A))$
= 10.74%
- u. Rongga Dalam Agregat (VMA) (R) = $100 - (I/B) \times (100 - A)$
= 19.86%
- v. Rongga Terisi Aspal (VFB) (S) = 55.63%

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.

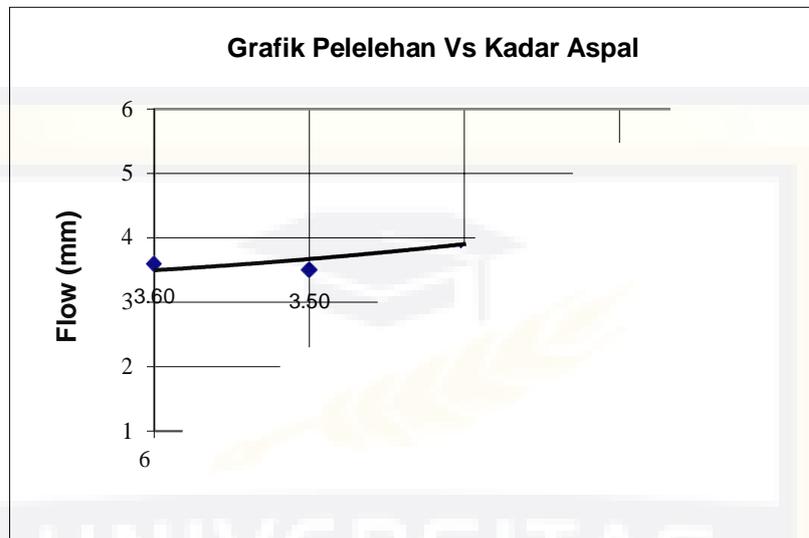
Kepadatan



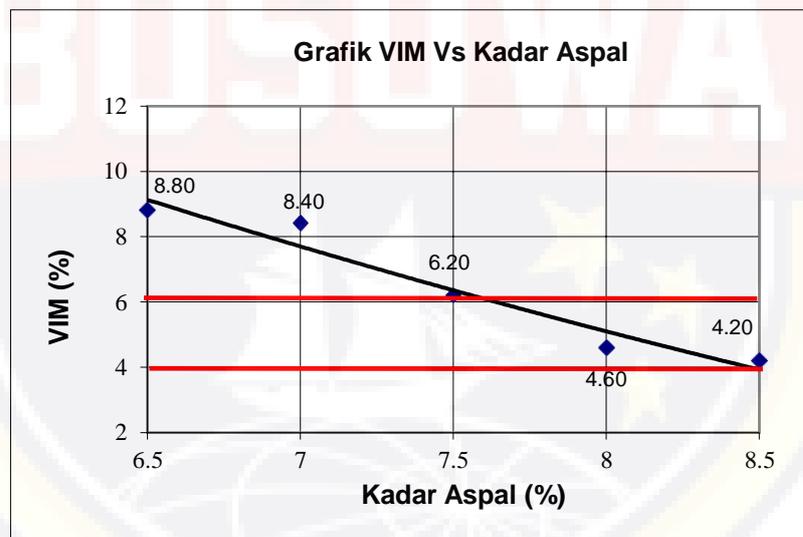
Stabilitas Minimum 600 (KG)



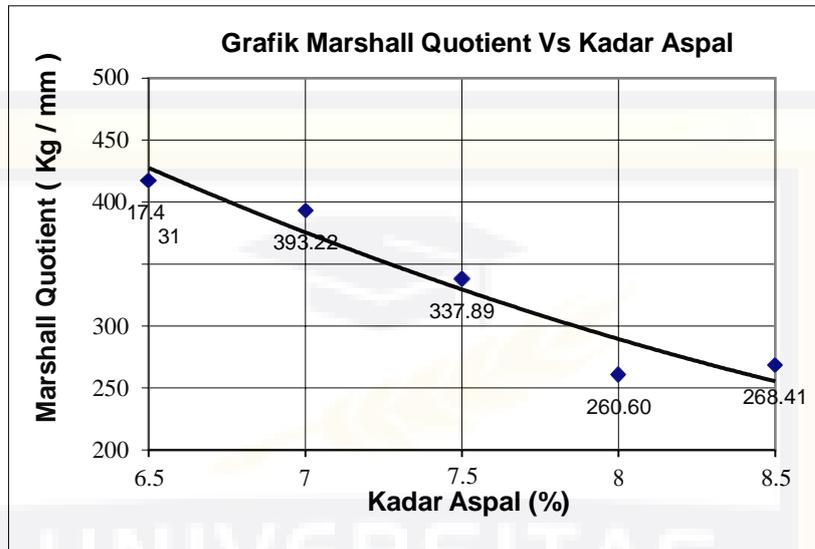
Pelelehan (Flow)



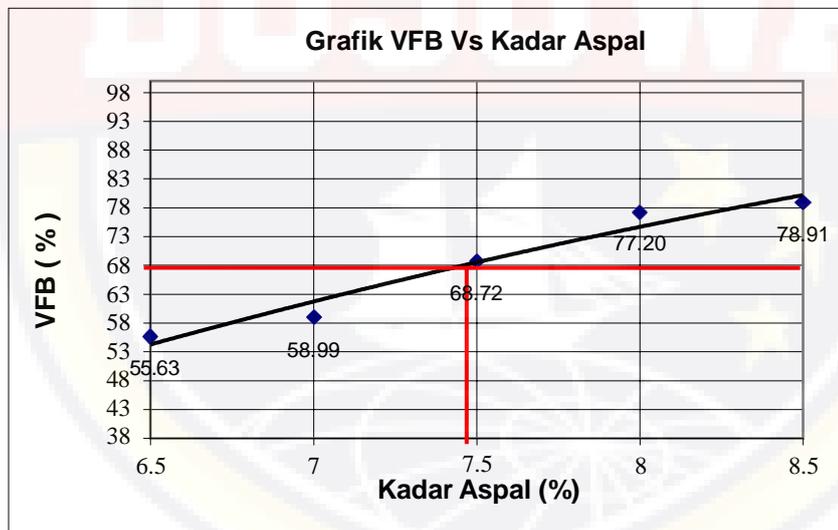
Rongga Dalam Campuran (VIM) 4.0 – 6.0(%)



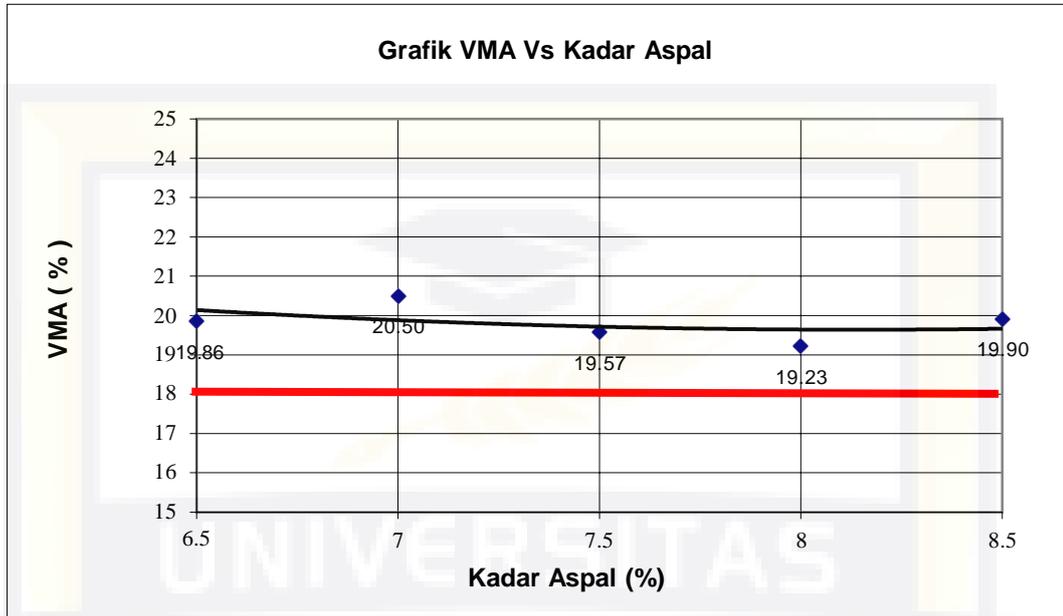
Marshall Quotient Minimum 250 (Kg/mm)



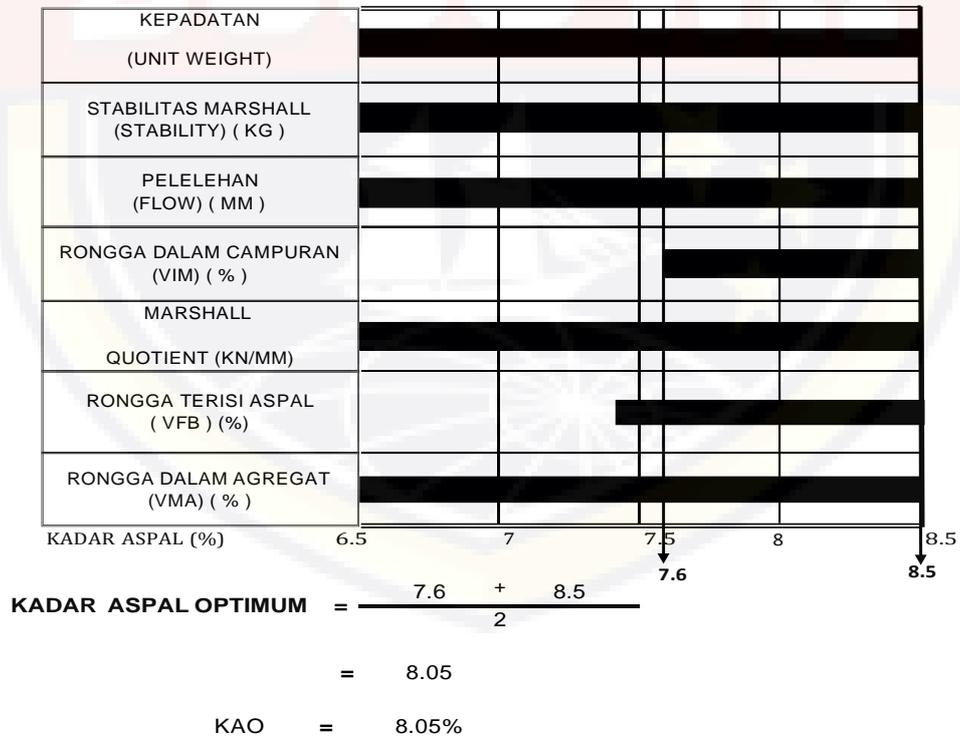
Rongga Terisi Aspal (VFB) Min 68 (%)



Rongga Dalam Agregat (VMA) minimum 18(%)



Gambar 4. 2 Grafik Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO



Gambar 4. 3 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum

Dari gambar grafik hubungan parameter Marshall dengan kadar Aspal untuk penentuan campuran *HRS-WC* Standar dapat diuraikan sebagai berikut:

- a) Grafik hubungan antara kepadatan terhadap kadar aspal menunjukkan campuran dengan density yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan campuran yang memiliki kepadatan yang rendah
- b) Grafik hubungan antara *Stabilitas* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa dengan kadar aspal rendah nilai *Stabilitas* semakin tinggi dan seiring dengan penambahan kadar aspal maka nilai *stabilitas* akan semakin menurun.
- c) Grafik hubungan antara *Flow* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa secara konsisten *Flow* akan naik dengan bertambahnya kadar aspal.
- d) Grafik hubungan antara *VIM* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa dengan kadar aspal rendah, maka nilai *VIM* menjadi tinggi. Namun dengan bertambahnya kadar aspal nilai *VIM* semakin rendah.
- e) Grafik hubungan antara *Marshall Quotient* menunjukkan bahwa semakin rendah kadar aspal maka nilai *MQ* akan semakin bertambah

sampai pada titik tertinggi dan kemudian mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar aspal.

- f) Grafik hubungan antara *Vfb* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai *Vfb* juga makin tinggi karena rongga terisi aspal.
- g) Grafik hubungan antara *VMA* terhadap kadar aspal tidak terlalu menunjukkan perubahan yang signifikan.

4.4. Pembuatan Benda Uji dengan Penambahan Limbah Karet Tambal Ban Pada Durasi Perendaman

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

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

4.4.1. Perhitungan Berat Agregat dan Berat Aspal Menggunakan Kadar Aspal Optimum dengan Menggunakan Limbah Karet Tambal Ban

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

Untuk campuran *HRS-WC* dengan variasi Karet 4%, 6%, dan 8% pada durasi perendaman 7 hari, 14 hari, dan 21 hari didapat kadar Aspal dan Agregat terhadap kadar Aspal optimum sebagai berikut

Tabel 4. 9. Komposisi campuran dengan bahan karet 4%

Kadar Aspal	=	8.05 %		100 %	-	8.05 %	=	91.95
Hasil Combine								
BP 1-2	10 %	x	91.95 %	=	0.09195	x	1200	= 110.34
BP 0,5 - 1	38 %	x	91.95 %	=	0.34941	x	1200	= 419.29
Abu Batu	51 %	x	91.95 %	=	0.46895	x	1200	= 562.73
Filler	1 %	x	91.95 %	=	0.0092	x	1200	= 11.034
Aspal	8.05 %		X				1200	= 96.6
								<u>1200</u>
Variasi Aspal								
Karet Tambal Ban			4 %	=	96.6	x	60%	= 3.864
Aspal				=	96.6	-	3.864	= 92.736

Tabel 4. 10. Komposisi campuran dengan bahan karet 6%

Kadar Aspal	=	8.05 %		100 %	-	8.05 %	=	91.95
Hasil Combine								
BP 1-2	10 %	x	91.95 %	=	0.09195	x	1200	= 110.34
BP 0,5 - 1	38 %	x	91.95 %	=	0.34941	x	1200	= 419.29
Abu Batu	51 %	x	91.95 %	=	0.46895	x	1200	= 562.73
Filler	1 %	x	91.95 %	=	0.0092	x	1200	= 11.034
Aspal	8.05 %		X				1200	= 96.6
								<u>1200</u>
Variasi Aspal								
Karet Tambal Ban			6 %	=	96.6	x	80%	= 5.796
Aspal				=	96.6	-	5.796	= 90.804

Tabel 4. 11. Komposisi campuran dengan bahan karet 8%

Kadar Aspal	=	8.05	%			100	%	-	8.05	%	=	91.95
Hasil Combine												
BP 1-2	10	%	x	91.95	%	=	0.09195	x	1200	=	110.34	
BP 0,5 - 1	38	%	x	91.95	%	=	0.34941	x	1200	=	419.29	
Abu Batu	51	%	x	91.95	%	=	0.46895	x	1200	=	562.73	
Filler	1	%	x	91.95	%	=	0.0092	x	1200	=	11.034	
Aspal	8.05	%			X				1200	=	96.6	
												1200
Variasi Aspal												
Karet Tambal Ban				8	%	=	96.6	x	100%	=	7.728	
Aspal						=	96.6	-	7.728	=	88.872	

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 HRS-WC dengan variasi menggunakan penambahan limbah karet tambal ban 4%, 6%, dan 8% kedalam campuran aspal panas *HRS-WC* dengan perendaman selama 7, 14, dan 21 hari kemudian direndam 30 menit pada suhu 60°C. Dapat kita amati pengaruh campuran aspal terhadap nilai *Stabilitas*, *Flow*, *VIM*, *Marshall Quotient*, *VMA*, dan *VFB*. Dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4. 12. Hasil Uji Marshall KAO dengan perendaman selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	KAO 8.05 %	Spesifikasi 2018
1	Kepadatan	2.20	-
2	Stabilitas (Kg)	1196.97	Min 600
3	VMA (%)	20.38	Min 18
4	MQ (Kg/mm)	352.9	Min 250
5	Flow (mm)	3.40	2 - 4
6	VIM (%)	5.83	4-6
7	VFB (%)	71.38	Min 68

Tabel 4. 13. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan bahan karet 4% dengan durasi perendaman kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	Penambahan limbah karet tambal ban				Spesifikas
		KAO 8,05 %				
		Kadar karet 4 %				
		KAO 8,05 %	7 hari	14 hari	2	
1	Kepadatan	2.20	2.22	2.23		
2	Stabilitas (Kg)	1196.97	1172.53			
3	VMA (%)	20.38				
4	MQ (Kg/mm)	3				
5	Flow (mm)					
6						
7						

4.4.3. Analisis Hasil Pengujian dengan Penambahan Karet 4% Pada Campuran Beton Aspal Panas *HRS-WC*.

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

a. Kepadatan

Nilai *density* (kepadatan) menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Campuran dengan *density* tinggi dalam batas tertentu akan lebih mampu menahan beban yang lebih berat

dibandingkan dengan campuran yang mempunyai *density* yang rendah. Nilai *density* suatu campuran dipengaruhi oleh kualitas dan komposisi bahan susun serta cara pemadatan, suatu campuran akan memiliki *density* yang tinggi apabila mempunyai bentuk butir yang tidak seragam dan porositas butiran rendah. Nilai kepadatan campuran beton aspal lapis aus *HRS-WC* dengan penambahan karet 4%, dapat dilihat pada gambar 4.4 untuk campuran beton aspal lapis aus *HRS-WC* pada kondisi kadar aspal optimum.



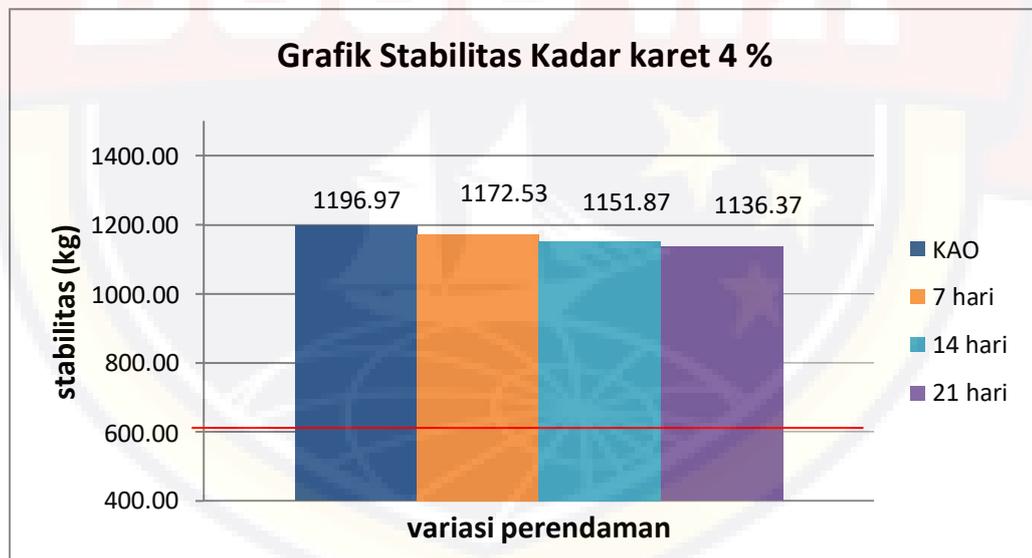
Gambar 4.4 Diagram hubungan variasi kadar karet 4% terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa semakin lama perendaman yang dilakukan maka nilai Kepadatan (*density*) meningkat namun tidak terlalu signifikan. Pada hari ke 7 diperoleh nilai yaitu 2.22, pada hari ke 14 yaitu 2.23, dan pada hari 21 yaitu 2.23 bisa dikatan nilainya hampir sama

hal ini disebabkan karena sifat karet yang keras dan memepertahankan daya lekat aspal

b. *Stabilitas* Minimum 600 (Kg)

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) tetap, dinyatakan dalam satuan beban lalu lintas, perkerasan yang memiliki nilai stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas besar, akan tetapi stabilitas yang terlalu rendah akan mengakibatkan perkerasan akan mudah mengalami alur (*rutting*) oleh beban lalu lintas. Hasil pengujian stabilitas dengan variasi karet pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Diagram hubungan variasi kadar karet 4% terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

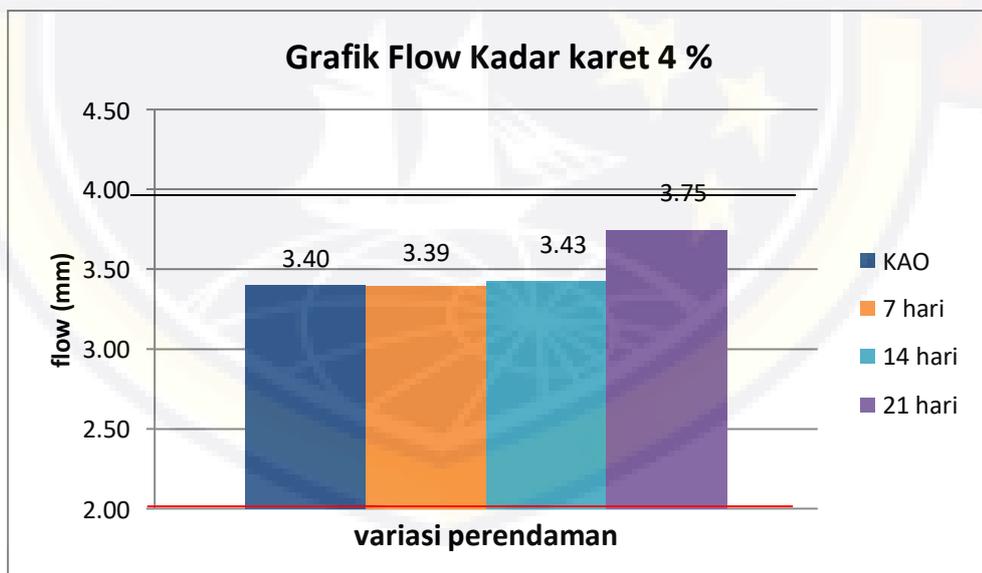
Dari gambar 4.5. diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang dilakukan perendaman mengalami penurunan namun semakin lama

perendaman membuat nilai stabilitas semakin menurun. Nilai stabilitas tanpa penambahan limbah karet yaitu 1196.97 kg mengalami penurunan nilai pada perendaman hari ke 7 yaitu 1172.53 Kg, pada hari ke 14 yaitu 1151.87 Kg, dan pada hari ke 21 yaitu 1136.37 Kg.

c. Pelelehan (*Flow*)

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

Grafik nilai *Flow* campuran HRS-WC untuk berbagai variasi karet pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.6



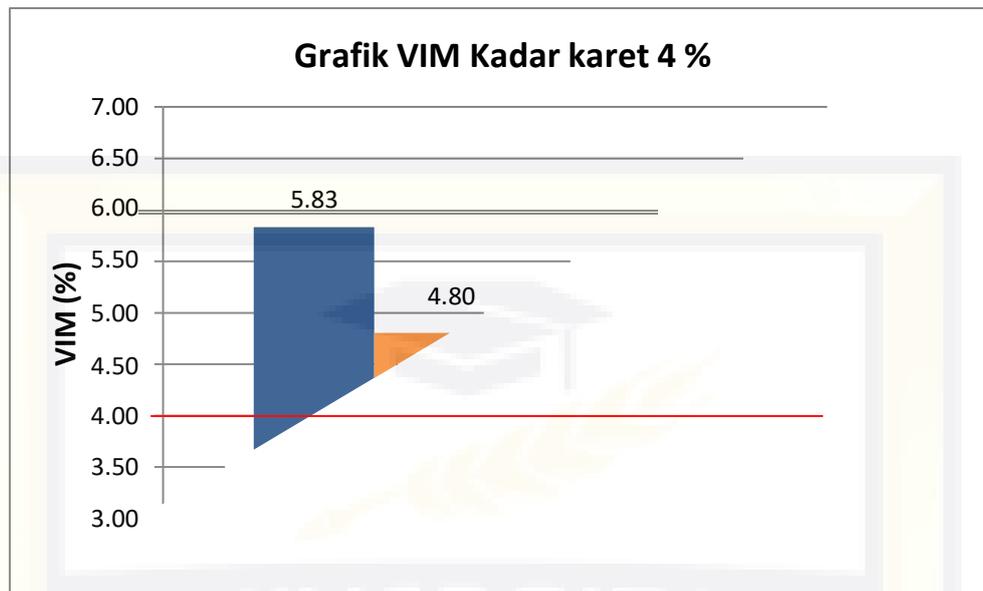
Gambar 4. 6 Diagram hubungan variasi kadar karet 4% terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.6. menunjukkan bahwa nilai flow mengalami peningkatan namun tidak terlalu signifikan. pada hari ke 7 yaitu 3.39 mm, pada hari ke 14 yaitu 3.43 mm, dan pada hari 21 yaitu 3.75 terlihat bahwa nilai flow meningkat hal ini dikarenakan semakin lama perendaman nilai viskositas semakin meningkat.

d. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 4.0%– 6.0%

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

Semakin kecil nilai *VIM*, maka akan bersifat kedap air. Namun nilai *VIM* yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan. Grafik nilai *VIM* campuran *HRS-WC* untuk variasi kadar karet pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Diagram hubungan variasi kadar karet 4% terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.7 menunjukkan bahwa campuran yang direndam mengalami penurunan nilai *VIM* semakin lama perendaman nilai *VIM* juga menurun. Nilai yang didapatkan pada hari ke 7 yaitu 4.80%, pada hari ke 14 yaitu 4.52%, pada hari ke 21 yaitu 4.42%.

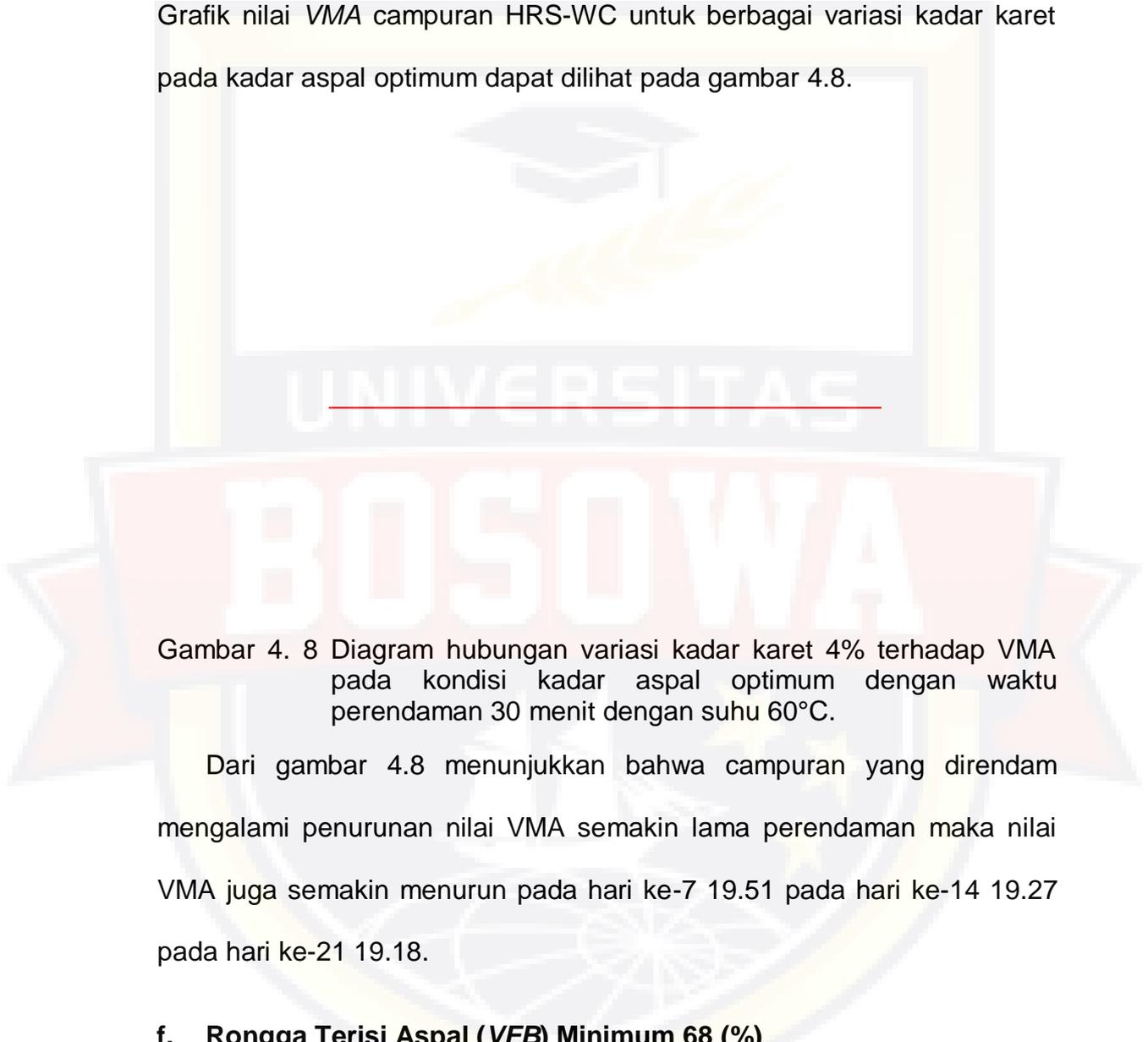
e. Rongga Dalam Agregat (*VMA*) Min 18%

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

Nilai minimum rongga dalam mineral agregat adalah untuk menghindari banyaknya rongga udara yang menyebabkan material

menjadi berpori. Rongga pori dalam agregat tergantung pada ukuran butir, susunan, bentuk, dan metode pemadatan.

Grafik nilai *VMA* campuran HRS-WC untuk berbagai variasi kadar karet pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.8.



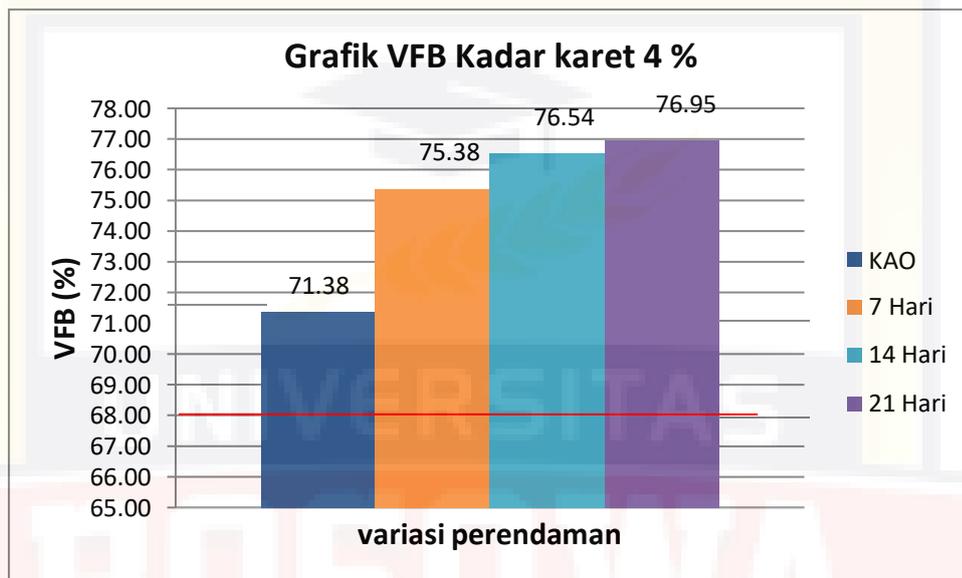
Gambar 4. 8 Diagram hubungan variasi kadar karet 4% terhadap *VMA* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.8 menunjukkan bahwa campuran yang direndam mengalami penurunan nilai *VMA* semakin lama perendaman maka nilai *VMA* juga semakin menurun pada hari ke-7 19.51 pada hari ke-14 19.27 pada hari ke-21 19.18.

f. Rongga Terisi Aspal (*VFB*) Minimum 68 (%)

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 kepermukaan yang kemudian terjadi bleeding.



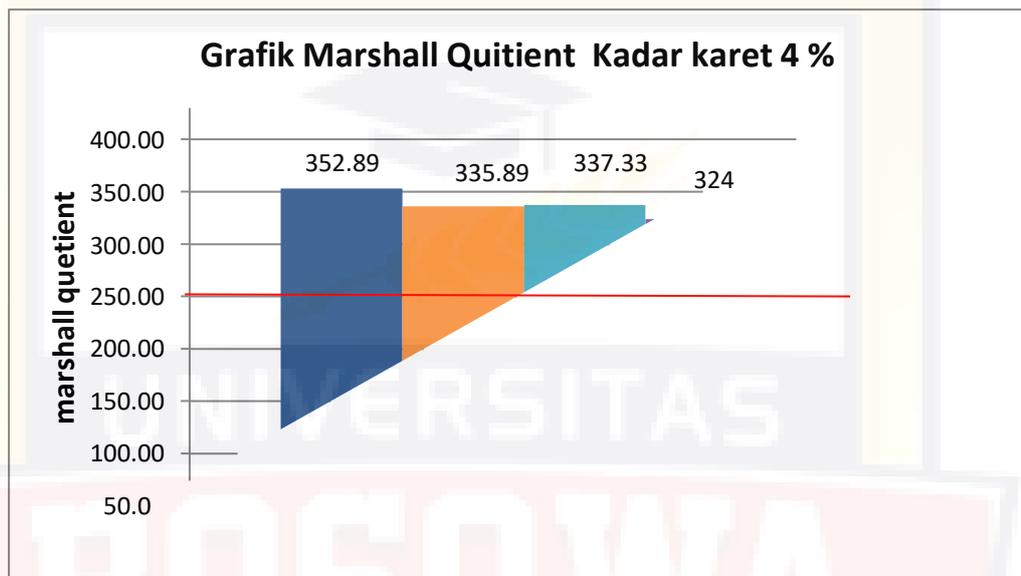
Gambar 4. 9 Diagram hubungan variasi kadar karet 4% terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.9. menunjukkan bahwa semakin lama perendaman membuat nilai VFB semakin meningkat pada perendaman hari ke 7 yaitu 75.38%, pada hari ke 14 yaitu 76.54%, kemudian pada hari ke 21 yaitu 76.95%.

g. Marshall Quotient

Hasil bagi Marshall atau Marshall Quotient 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 campuran tersebut terhadap keretakan. Namun nilai MQ juga tidak

boleh terlalu rendah karena hal tersebut akan menyebabkan campuran rentan terhadap deformasi plastis. Nilai MQ pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Diagram hubungan variasi kadar karet 4% terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C

Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai Marshall Quitient mengalami penurunan seiring lamanya waktu perendaman membuat nilai MQ menurun pada hari ke 7 yaitu 335.89 Kg/mm, pada perendaman 14 hari yaitu 337.33 kg/mm, dan pada hari ke 121 yaitu 324.01 Kg/mm mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena kohesi atau daya lekat dalam aspal menurun akibat oksidasi selama direndam dalam air.

Tabel 4. 14. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan bahan karet 6% dengan durasi perendaman kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

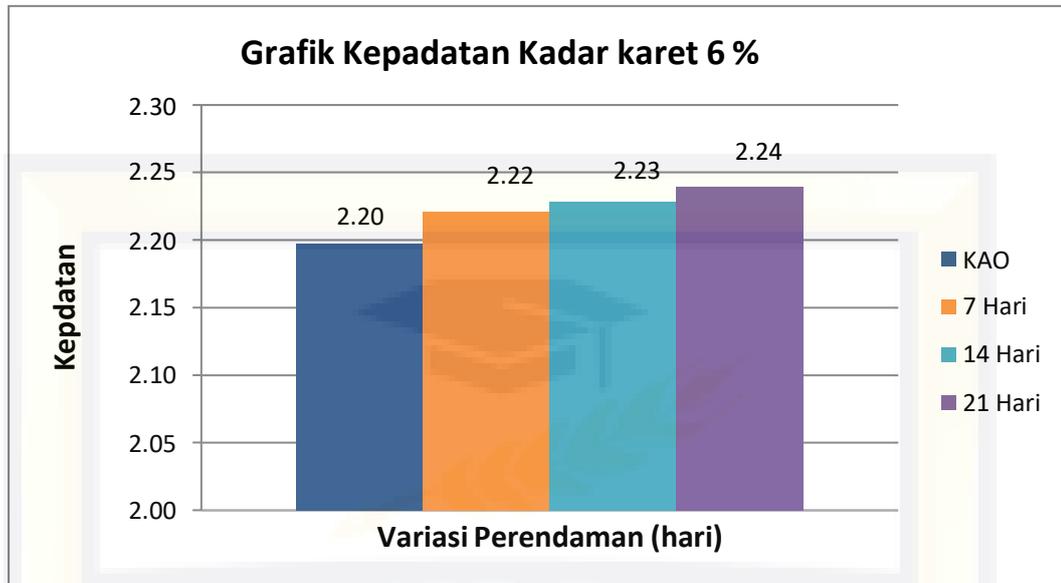
No	Pemeriksaan	Penambahan limbah karet tambal ban				Spesifikasi 2018
		KAO 8,05 %				
		Kadar Karet 6 %				
		KAO 8,05 %	7 Hari	14 Hari	21 Hari	
1	Kepadatan	2.20	2.22	2.23	2.24	-
2	Stabilitas (Kg)	1196.97	1117.50	1113.23	1096.44	Min 600
3	VMA (%)	20.38	19.53	19.26	19.54	Min 18
4	MQ (Kg/mm)	352.89	340.45	322.35	294.56	Min 250
5	Flow (mm)	3.40	3.28	3.45	3.72	2 - 4
6	VIM (%)	5.83	4.83	4.52	4.66	4 - 6
7	VFB (%)	71.38	75.26	76.56	76.14	Min 68

4.4.4. Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Karet 6% Pada Campuran Beton Aspal Panas *HRS-WC*.

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 *HRS-WC* dengan penambahan karet 6%, dapat dilihat pada gambar 4.11 untuk campuran beton aspal lapis aus *HRS-WC* pada kondisi kadar aspal optimum.

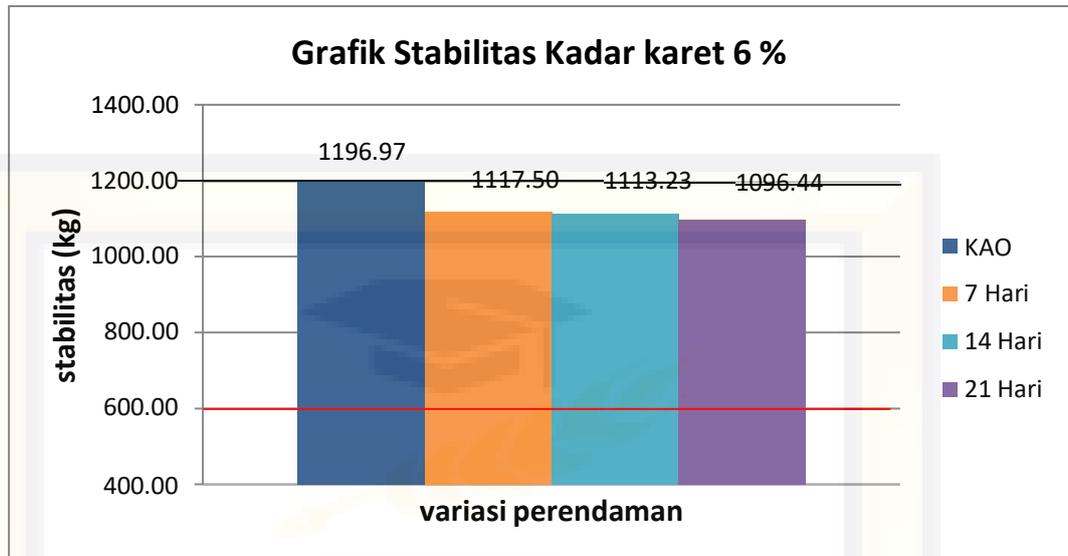


Gambar 4. 11 Diagram hubungan variasi kadar karet 6% terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.11 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu perendaman membuat nilai kepadatan (*density*) semakin meningkat pada hari ke 7 2.22 pada hari ke 14 2.23 pada hari ke 21 2.24 .

b. Stabilitas Minimum 600 (Kg)

Hasil pengujian stabilitas perendaman 14 hari pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.12

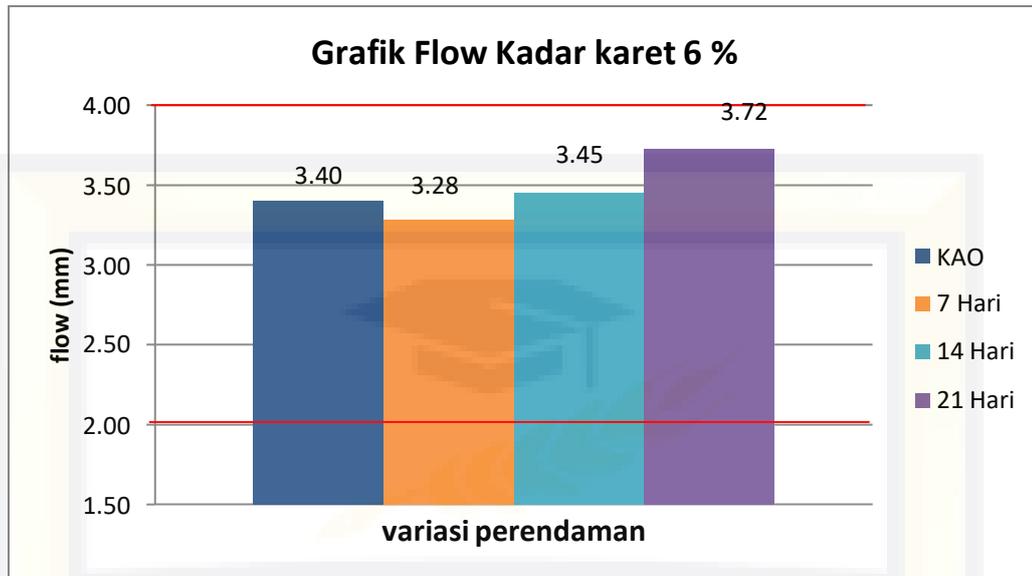


Gambar 4. 12 Diagram hubungan variasi kadar karet 6% terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.12 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang dilakukan perendaman mengalami penurunan. Nilai stabilitas pada hari ke 7 nilainya yaitu 1117.50 Kg, pada perendaman hari ke 14 yaitu 1113.23, dan pada perendaman hari ke 21 yaitu 1096.44 Kg.

c. Pelelehan (*Flow*)

Grafik nilai *Flow* campuran *HRS-WC* untuk berbagai variasi karet 6% yang ditambahkan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.13

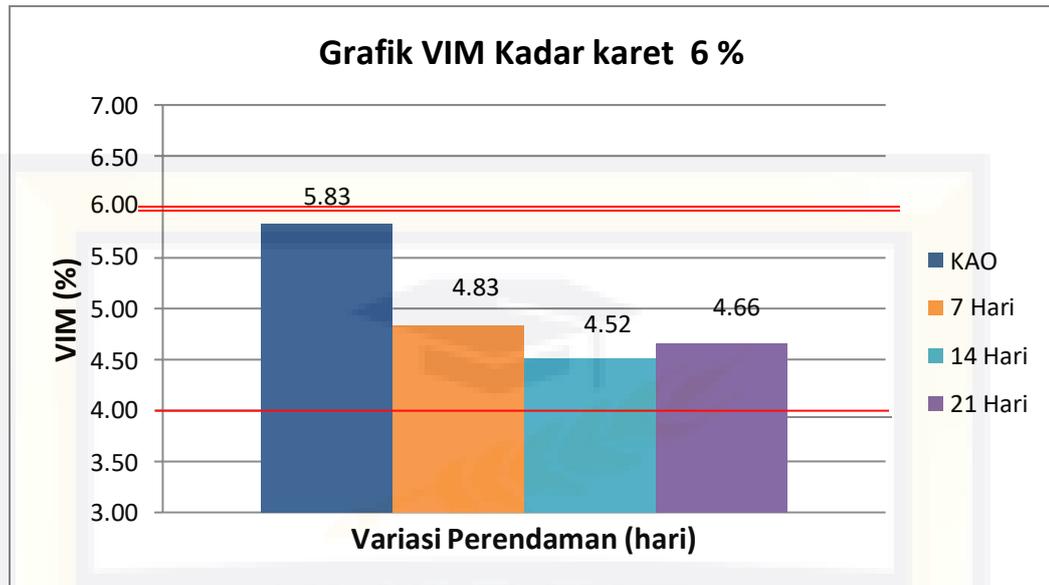


Gambar 4. 13 Diagram hubungan Variasi kadar karet 6% terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.13 menunjukkan bahwa nilai flow menurun namun semakin lama perendaman membuat nilai flow semakin meningkat, pada hari ke 7 yaitu 3.28 mm, pada hari ke 14 yaitu 3.45 mm, dan pada hari ke 21 yaitu 3.72 mm.

d. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 4.0%– 6.0%

Grafik nilai *VIM* campuran HRS-WC untuk variasi karet pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.14

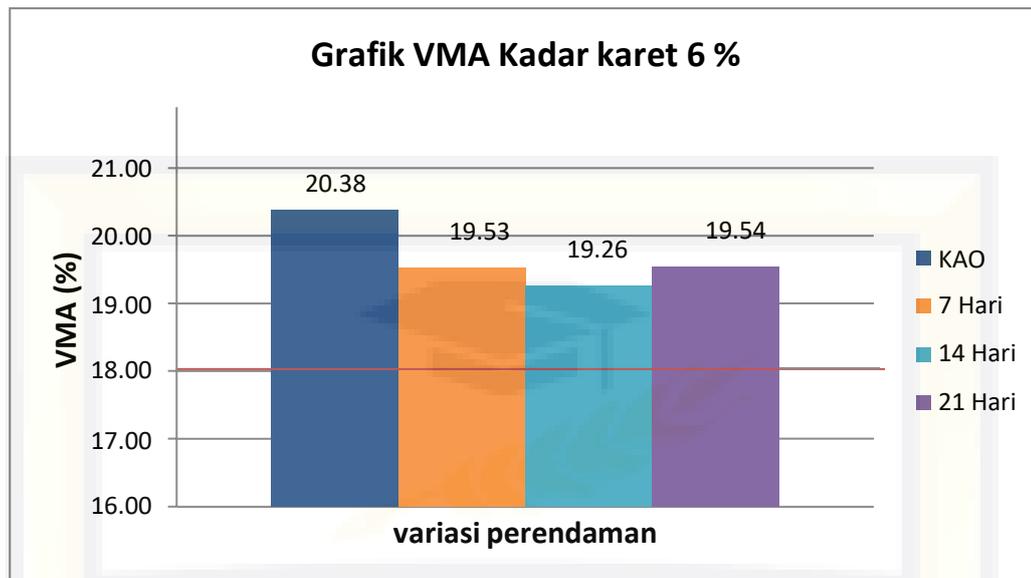


Gambar 4. 14 Diagram hubungan variasi kadar karet 6% terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.14 menunjukkan bahwa semakin lama perendaman membuat nilai VIM semakin menurun pada hari ke 7 yaitu 4.83%, pada perendaman hari ke 14 yaitu 4.52%, dan pada hari ke 21 yaitu 4.66% mengalami kenaikan. Nilai *VIM* mengalami kenaikan namun tidak terlalu signifikan karena komposisi campuran dan yang digunakan sama.

e. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 18%

Grafik nilai *VMA* campuran *HRS-WC* untuk kadar karet pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.15 sebagai berikut.

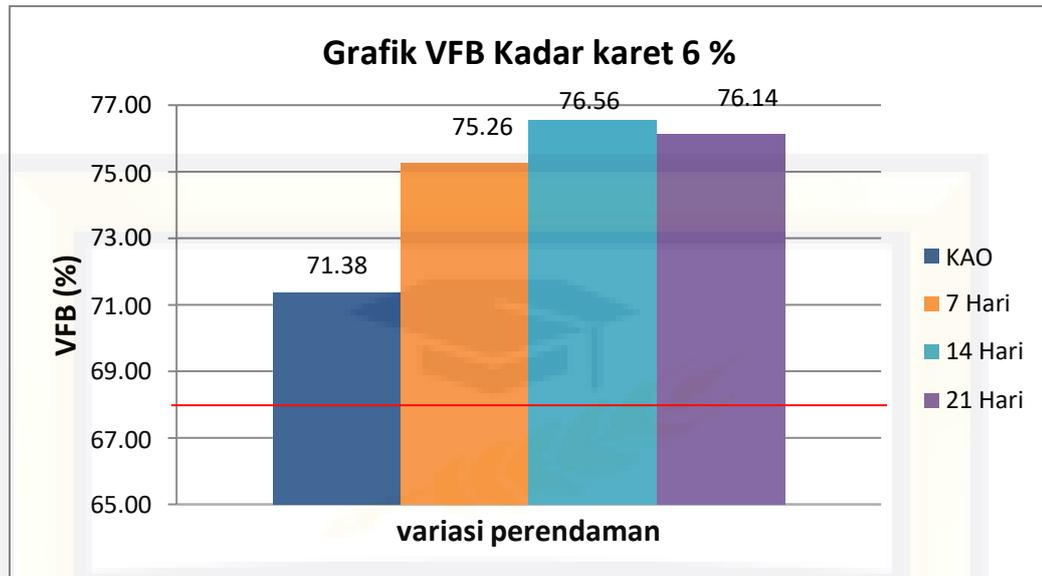


Gambar 4. 15 Diagram hubungan variasi kadar karet 6% terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Dari gambar 4.15 menunjukkan bahwa lamanya perendaman membuat nilai VMA semakin menurun pada perendaman hari ke 7 yaitu 19.53%, pada perendaman hari ke 14 yaitu 19.26, dan pada perendaman hari ke 21 yaitu 19.54%.

f. Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 68(%)

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.

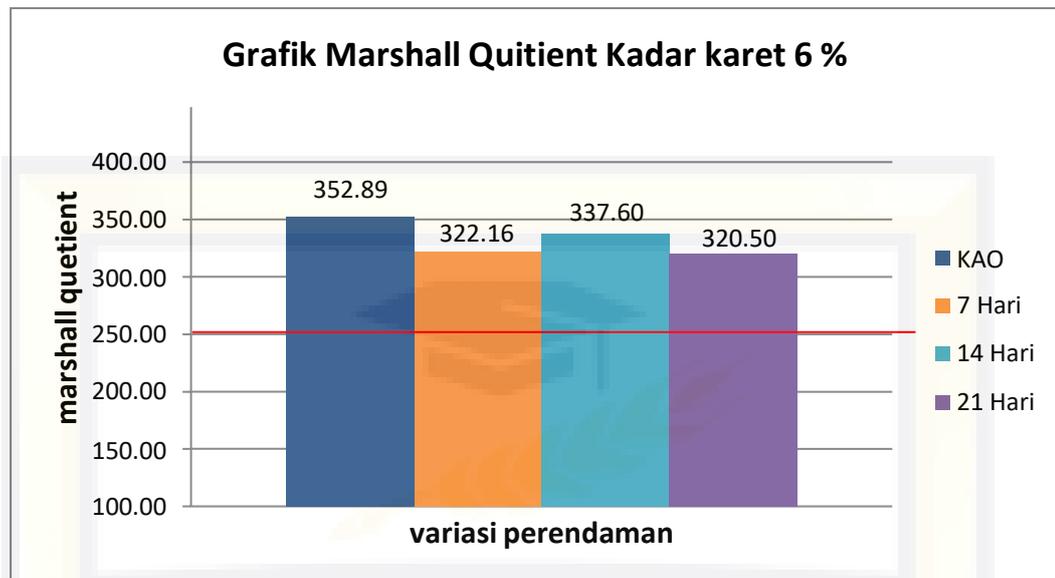


Gambar 4. 16 Diagram hubungan variasi kadar karet 6% terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.16. menunjukkan semakin lama perendaman membuat nilai VFB meningkat pada perendaman ke 7 yaitu 75.26%, pada hari ke 14 yaitu 76.56%, kemudian pada hari ke 21 yaitu 76.14%.

g. Marshall Quotient

Marshall Quotient 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 campuran tersebut terhadap keretakan. Namun nilai *MQ* juga tidak boleh terlalu rendah karena hal tersebut akan menyebabkan campuran rentan terhadap deformasi plastis. Nilai *MQ* variasi karet pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.17



Gambar 4. 17 Diagram hubungan variasi kadar karet 6% terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dilihat dilihat diatas bahwa lamanya perendaman mempengaruhi menurunnya nilai MQ pada perendaman hari ke 7 nilai MQ 322.16 pada perendaman hari ke 14 nilai MQ 337.60 pada perendaman hari ke 21 nilain MQ 320.50

Tabel 4. 15. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan bahan karet 8% dengan durasi perendaman kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

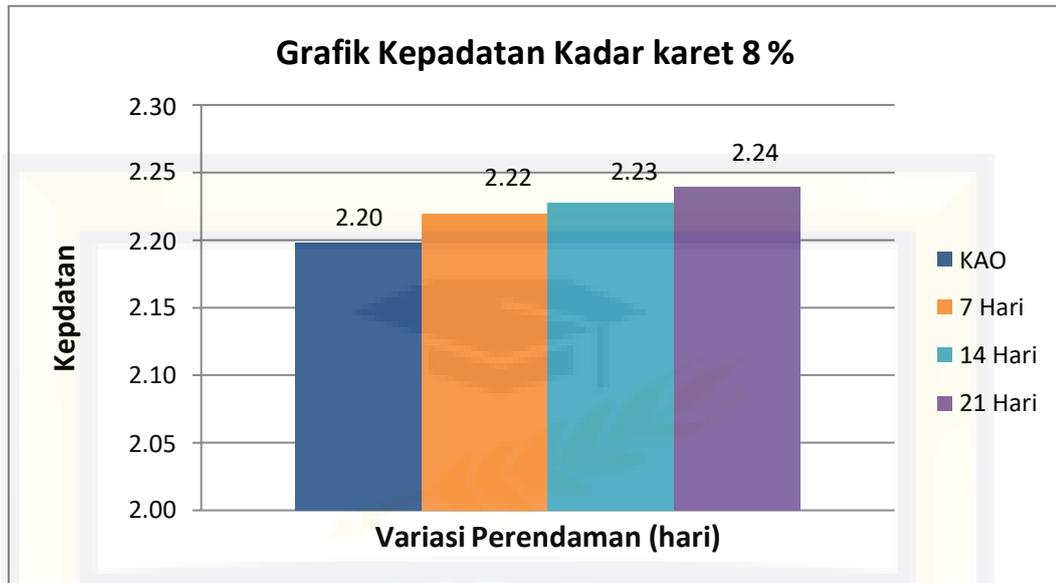
No	Pemeriksaan	Penambahan limbah karet tambal ban				Spesifikasi 2018
		KAO 8,05 %				
		Kadar karet 8 %				
		KAO 8,05 %	7 Hari	14 Hari	21 Hari	
1	Kepadatan	2.20	2.22	2.23	2.24	-
2	Stabilitas (Kg)	1196.97	1061.67	1043.00	1042.01	Min 600
3	VMA (%)	20.38	19.59	19.30	18.87	Min 8
4	MQ (Kg/mm)	352.89	325.78	286.56	275.42	Min 250
5	Flow (mm)	3.40	3.26	3.64	3.78	2 - 4
6	VIM (%)	5.83	4.90	4.55	4.05	4 - 6
7	VFB (%)	71.38	74.97	76.40	78.55	Min 68

4.4.5. Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Karet 8% Pada Campuran Beton Aspal Panas *HRS-WC*.

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 *HRS-WC* dengan penambahan karet 8%, dapat dilihat pada gambar 4.18 untuk campuran beton aspal lapis aus *HRS-WC* pada kondisi kadar aspal optimum.

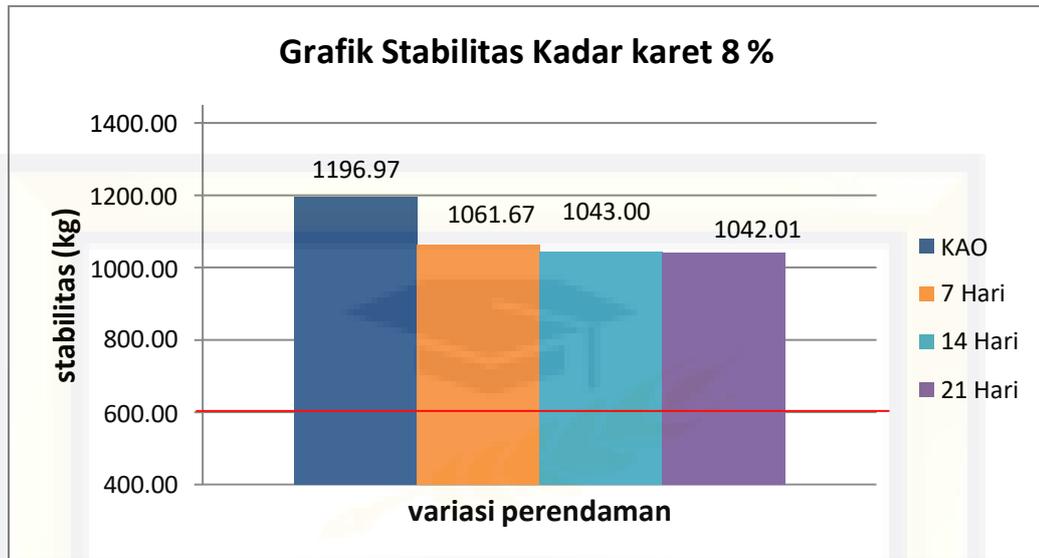


Gambar 4.18 Diagram hubungan variasi karet 8% terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.18 dapat dilihat bahwa lamanya waktu perendaman mempengaruhi meningkatnya nilai kepadatan pada hari ke 7 2.22 pada hari ke 14 2.23 pada hari ke 21 2.24.

b. Stabilitas Minimum 600 (Kg)

Hasil pengujian stabilitas dengan berbagai variasi kadar karet pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.19.

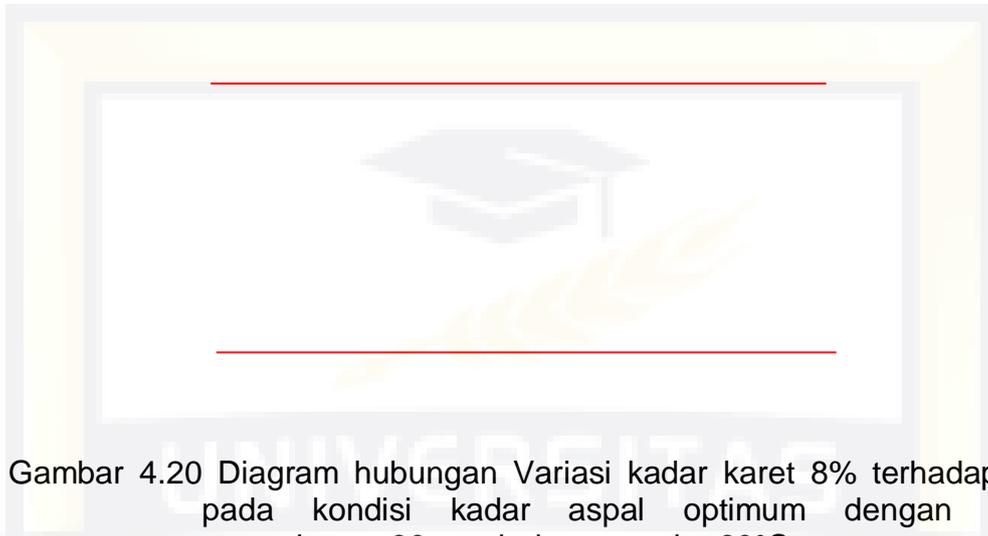


Gambar 4.19 Diagram hubungan variasi kadar karet 8% terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.19 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran menurun pada perendaman hari ke 7 yaitu 1061.67 Kg, pada perendaman 14 hari 1043.00 Kg, dan pada perendaman yang ke 21 hari nilainya 1042.01 Kg.

c. Pelelehan (*Flow*)

Grafik nilai *Flow* campuran *HRS-WC* untuk berbagai variasi karet pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.20.



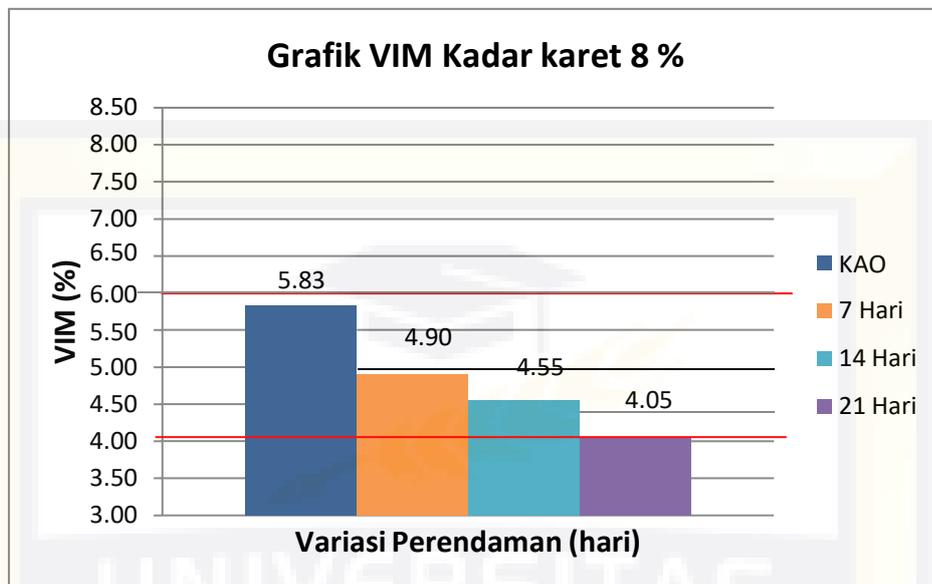
Gambar 4.20 Diagram hubungan Variasi kadar karet 8% terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.20 menunjukkan bahwa nilai flow mengalami penurunan namun semakin lama perendaman membuat nilai flow kembali meningkat, pada perendaman hari ke 7 yaitu 3.26 mm, pada perendaman 14 hari nilainya yaitu 3.64 mm, dan pada perendaman 21 hari yaitu 3.78 mm. Hal ini disebabkan karena semakin lama perendaman menyebabkan nilai viskositas meningkat dan titik lembek meningkat.

d. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 4.0%–6.0%

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

Grafik nilai *VIM* campuran *HRS-WC* untuk berbagai variasi karet pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.21



Gambar 4.21 Diagram hubungan variasi kadar karet 8% terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.21 menunjukkan bahwa campuran yang semakin lama direndam nilai VIM nya semakin menurun pada perendaman hari ke 7 yaitu 4.90%, pada perendaman 14 hari yaitu 4.55%, dan pada hari ke 21 yaitu 4.05%.

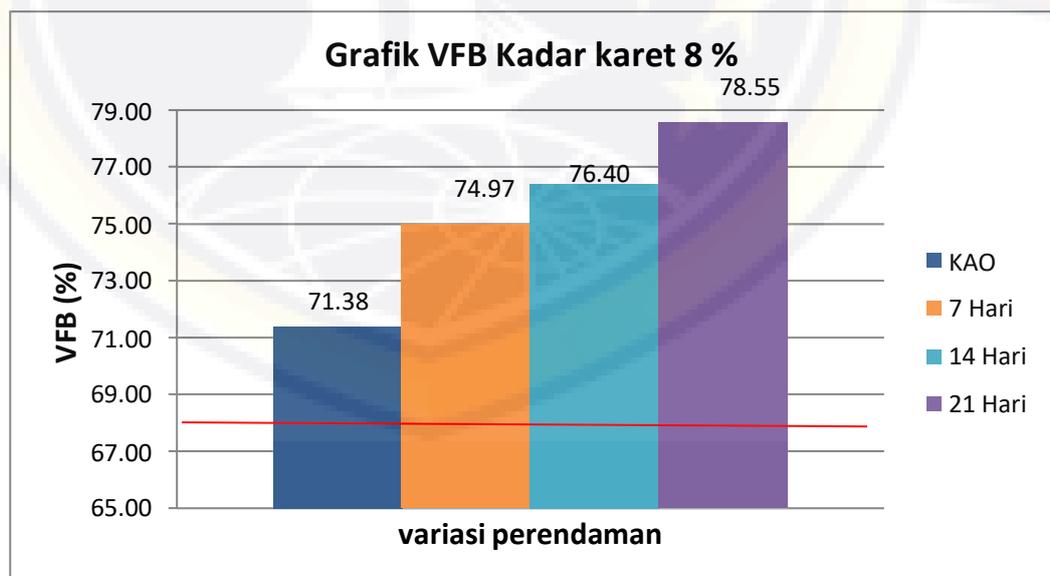
e. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 18%

Grafik nilai VMA campuran HRS-WC untuk berbagai variasi kadar karet di tambahkan pada campuran kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.22

Gambar 4. 22 Diagram hubungan variasi kadar karet 8% terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Dari gambar 4.22 menunjukkan bahwa campuran yang semakin lama direndam membuat nilai dari VMA semakin menurun pada perendaman hari ke 7 19.59 pada hari ke 14 19.30 pada hari 21 18.87

f. Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 68 (%)

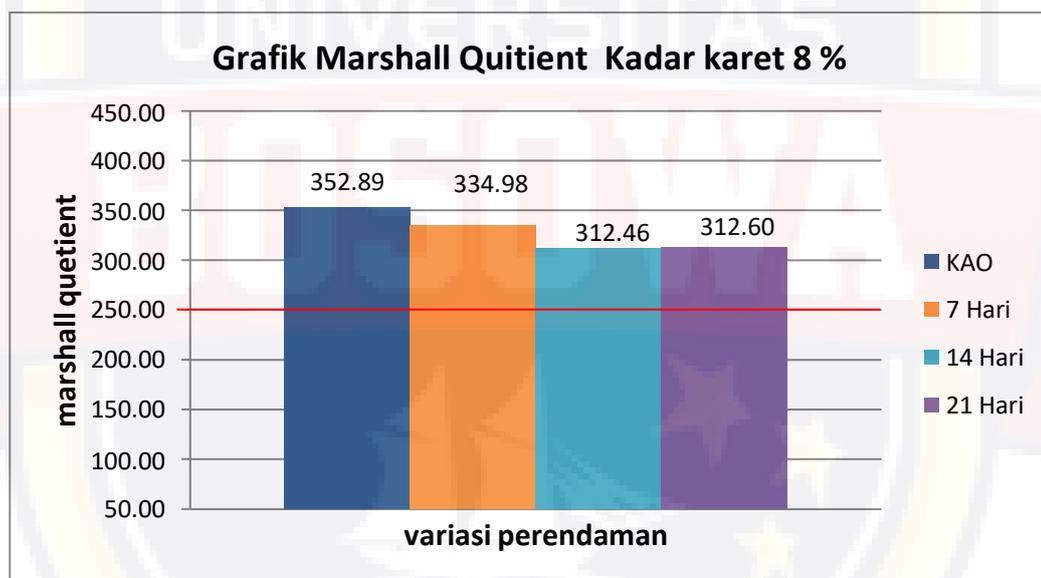


Gambar 4. 23 Diagram hubungan variasi kadar karet 8% terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.23 menunjukkan bahwa semakin lama perendaman membuat nilai VFB semakin meningkat pada hari ke 7, 74.97 pada hari ke 14, 76.40 pada hari ke 21, 78.55

g. Marshall Quetient

Nilai MQ pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.24 sebagai berikut.



Gambar 4. 24 Diagram hubungan variasi kadar karet 8% terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Gambar diatas terlihat bahwa nilai Marshall Quetient semakin menurun seiring bertambahnya hari perendaman. Nilai MQ pada perendaman hari ke 7 yaitu 334.98 Kg/mm, pada perendaman 14 hari yaitu 312.46 Kg/mm, dan pada perendaman 21 hari yaitu 312.60 Kg/mm namun tetap berada dalam batas spesifikasi.

4.4.6. Perhitungan Berat Agregat dan Berat Aspal Menggunakan Kadar Aspal Optimum dengan Menggunakan Bahan Tambah Karet Tambal Ban

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

Untuk campuran HRS - WC dengan variasi penambahan karet pada perendaman 7 hari, 14 hari, dan 21 hari didapat kadar Aspal dan Agregat terhadap kadar Aspal optimum sebagai berikut :

Tabel 4.16 Komposisi campuran dengan penambahan karet perendaman 7 hari

No	Pemeriksaan	KAO 8,05 %				Spesifikasi 2018
		Perendaman 7 Hari				
		Kadar karet				
		KAO 8,05 %	4%	6%	8%	
1	Kepadatan	2.20	2.22	2.22	2.22	-
2	Stabilitas (Kg)	1196.97	1172.53	1117.50	1061.67	Min 600
3	VMA (%)	18.04	19.51	19.53	19.59	Min 18
4	MQ (Kg/mm)	352.89	346.11	340.45	325.78	Min 250
5	Flow (mm)	3.40	3.39	3.28	3.26	2 - 4
6	VIM (%)	5.54	4.80	4.83	4.90	4 - 6
7	VFB (%)	69.30	75.38	75.26	74.97	Min 68

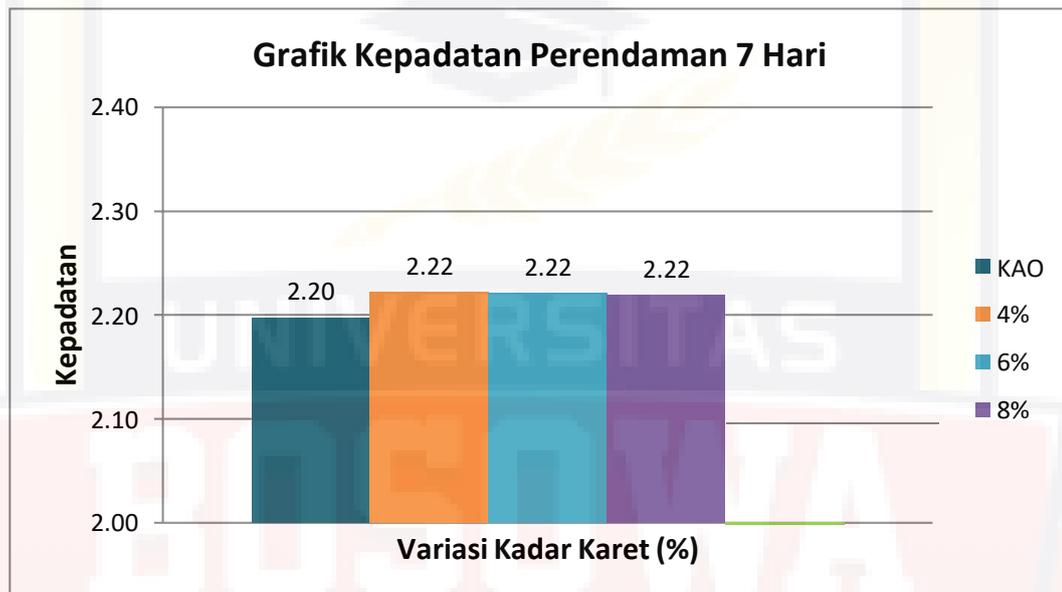
Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

4.4.7. Analisis Hasil Pengujian dengan Penambahan Karet Pada Campuran Beton Aspal Panas HRS-WC dengan Perendaman 7 Hari

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 *HRS-WC* dengan perendaman 7 hari, dapat dilihat pada gambar 4.25 untuk campuran beton aspal lapis aus *HRS-WC* pada kondisi kadar aspal optimum.

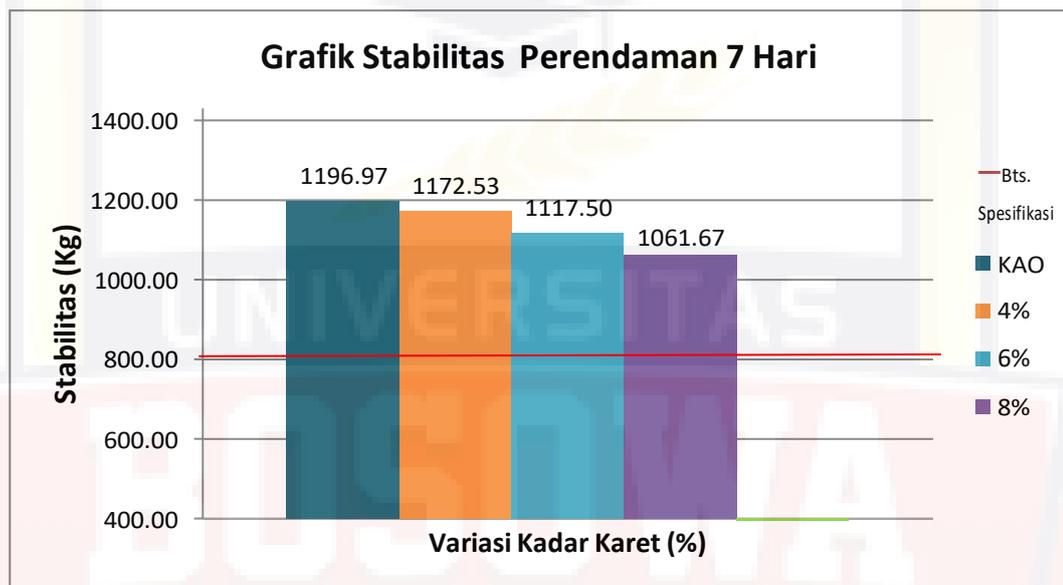


Gambar 4.25 Diagram hubungan variasi Perendaman 7 hari terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.25 dapat dilihat bahwa variasi penambahan karet kedalam campuran yang direndam selama 7 hari memengaruhi nilai kepadatan (*density*) dimana kepadatan meningkat penambahan karet dapat meningkatkan nilai kepadatan. Pada karet 4% nilai kepadatan 2.22, pada karet 6% nilai yang diperoleh 2.22, pada karet 8% nilai yang diperoleh 2.22.

b. Stabilitas Minimum 600 (Kg)

Hasil pengujian stabilitas dengan berbagai variasi karet pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.26.



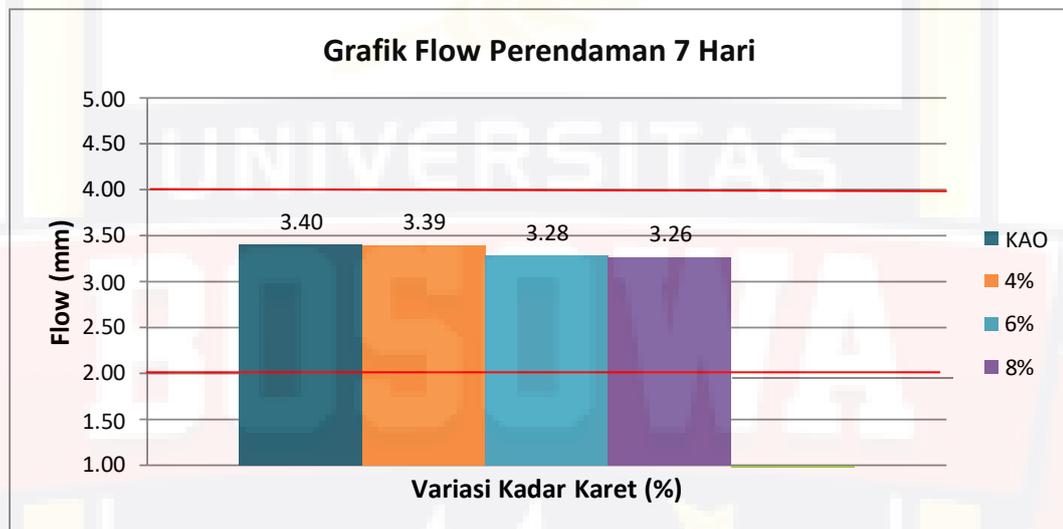
Gambar 4.26 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.26 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan variasi karet kedalam campuran yang direndam 7 hari mengalami penurunan dibandingkan dengan tanpa penambahan karet, penambahan karet membuat nilai stabilitas menurun. Nilai stabilitas tanpa penambahan karet yaitu 1196.97 Kg, kemudian mengalami penurunan pada penambahan kadar karet 4% nilai stabilitas yang diperoleh 1172.53 Kg, pada kadar karet 6% nilainya 1117.50 Kg, pada karet 8% nilainya yaitu 1061.67 Kg. Namun masih berada dalam batas spesifikasi hal ini

disebabkan karena semakin banyak kadar karet yang di tambahkan kedalam campuran akan mengurangi daya rekat aspal.

c. Pelelehan (*Flow*)

Grafik nilai *Flow* campuran HRS-WC untuk berbagai variasi karet yang direndam 7 hari pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.27

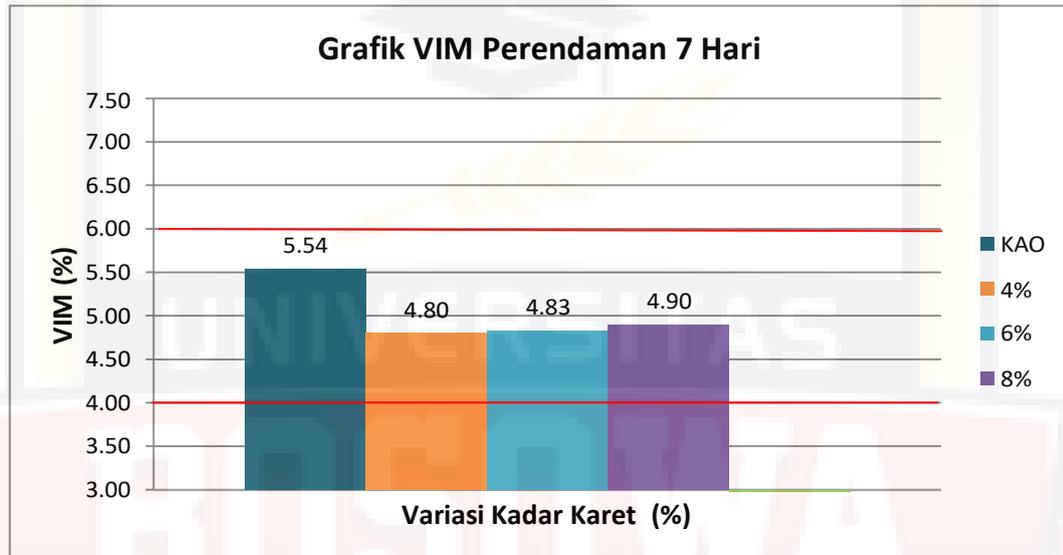


Gambar 4.27 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.27 menunjukkan bahwa penambahan variasi penambahan karet ke dalam campuran yang direndam 7 hari mengalami penurunan dibandingkan dengan tanpa menggunakan bahan tambah karet namun tidak terlalu menunjukkan perubahan yang signifikan jadi dapat disimpulkan bahwa penamban karet membuat nilai flow menurun. Terlihat pada kadar karet 4% nilai flow yang di peroleh 3.39 mm, pada kadar karet 6% nilainya 3.28 mm, pada kadar karet 8% nilainya 3.26 mm.

d. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 4.0%– 6.0%

Grafik nilai *VIM* campuran *HRS-WC* untuk berbagai variasi karet pada kadar aspal optimum yang direndam 7 hari dapat dilihat pada gambar 4.28



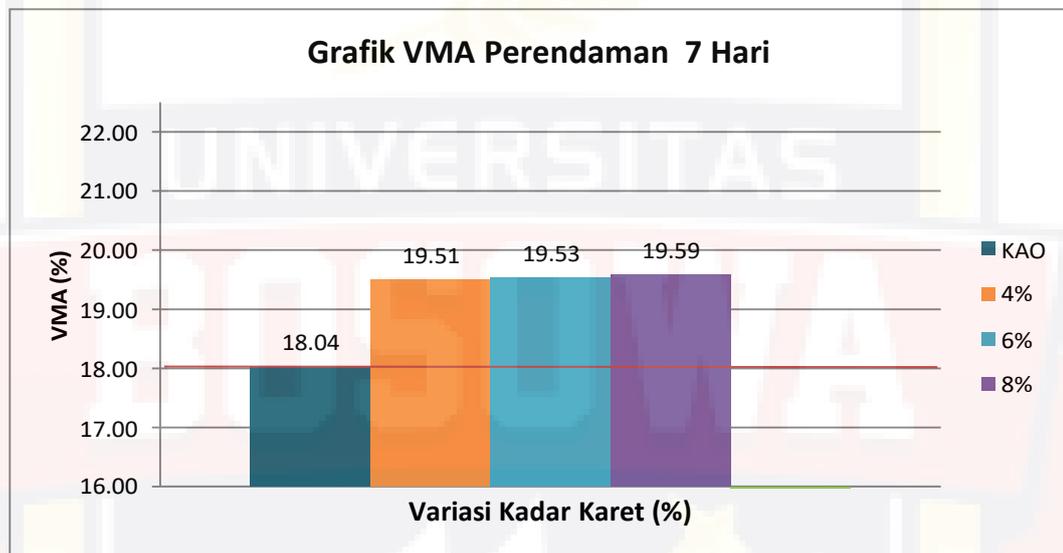
Gambar 4.28 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap *VIM* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.28 menunjukkan bahwa penambahan variasi karet ke dalam campuran yang direndam selama 7 hari mengalami penurunan dibandingkan dengan tanpa menggunakan bahan tambah karet namun masih memenuhi batas spesifikasi nilai *VIM* jadi dapat disimpulkan bahwa penambahan karet membuat nilai *VIM* menurun. Nilai *VIM* tanpa penambahan karet membuat nilai *VIM* menurun. Nilai *VIM* tanpa penambahan kadar limbah karet 5.54%, kemudian mengalami peningkatan pada kadar karet 4% yaitu 4.80%, pada kadar karet 6% nilainya adalah 4.83%, pada kadar karet 8% nilainya adalah 4.90%. Hal ini dikarenakan semakin banyak kadar limbah karet yang ditambahkan maka

akan menghalangi aspal untuk mengisi rongga dalam campuran. Semakin banyak penambahan limbah karet, maka rongga yang terbentuk semakin besar.

e. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 18%

Grafik nilai VMA campuran HRS-WC untuk berbagai variasi karet pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.29

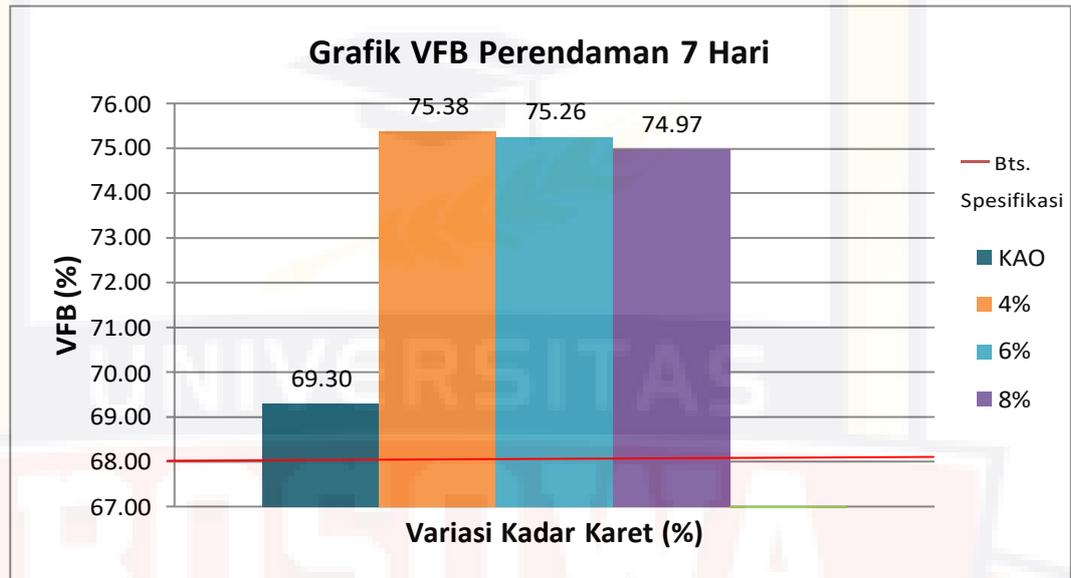


Gambar 4. 29 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Dari gambar 4.29 menunjukkan bahwa penambahan karet ke dalam campuran mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar penambahan karet jadi dapat disimpulkan bahwa penambahan karet dengan lama waktu perendaman membuat nilai dari VMA meningkat. Nilai VMA tanpa penambahan kadar limbah karet yaitu 18.04%, kemudian mengalami peningkatan pada penambahan kadar limbah karet 4% yaitu

19.51%, pada penambahan kadar limbah karet 6% yaitu 19.53%, pada penambahan kadar limbah karet 8% yaitu 19.59%.

f. Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 68 (%)

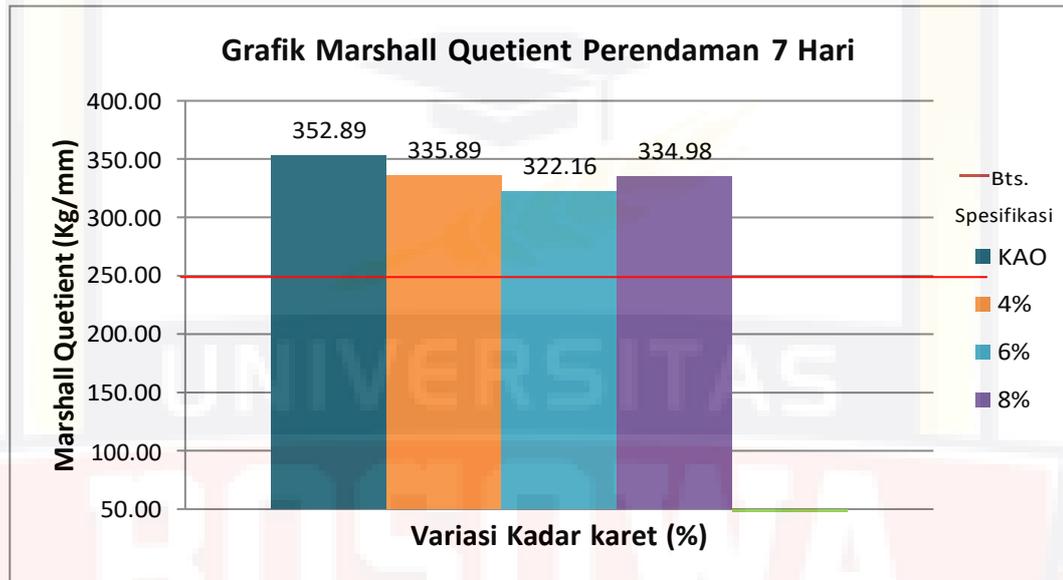


Gambar 4. 30 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.30 menunjukkan bahwa penambahan karet ke dalam campuran yang direndam selama 7 hari menyebabkan nilai VFB meningkat dibandingkan tanpa menggunakan karet namun sekin banyak karet yang ditambahkan juga membuat nilai dari VFB menurun. Nilai VFB tanpa penambahan karet yaitu 69.30%, kemudian mengalami penurunan pada penambahan karet 4% nilainya adalah 75.38%, pada kadar karet 6% nilainya 75.26%, pada kadar karet 8% nilainya adalah 74.97%.

g. Marshall Quotient

Nilai MQ pada kadar aspal optimum yang direndam 7 hari dapat dilihat pada gambar 4.31



Gambar 4.31 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap nilai VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar diatas terlihat bahwa variasi kadar karet menyebabkan nilai Marshall Quotient juga menurun dibandingkan dengan tanpa penambahan karet jadi dapat disimpulkan bahwa penambahan karet pada campuran dapat mengurangi nilai MQ. Nilai MQ tanpa penambahan kadar limbah karet yaitu 352.89 Kg/mm, kemudian mengalami penurunan pada penambahan kadar limbah karet 4% yaitu 335.89 Kg/mm, pada kadar karet 6% nilainya 322.16 Kg/mm, pada kadar karet 8% nilainya adalah 334.98 Kg/mm. Hal ini dikarenakan semakin banyak penambahan karet kohesi atau daya tarik dalam aspal menurun, selain itu juga kemungkinan adhesi atau ikatan antara aspal dan agregat menurun.

Tabel 4.17 Komposisi campuran dengan penambahan karet perendaman 14 hari

No	Pemeriksaan	KAO 8,05 %				Spesifikasi 2018
		Perendaman 14 Hari				
		Kadar karet				
		KAO 8,05 %	4%	6%	8%	
1	Kepadatan	2.20	2.23	2.23	2.23	-
2	Stabilitas (Kg)	1196.97	1151.87	1113.23	1043.00	Min 600
3	VMA (%)	18.04	19.27	19.26	19.30	Min 18
4	MQ (Kg/mm)	352.89	335.88	322.35	286.56	Min 250
5	Flow (mm)	3.40	3.43	3.45	3.64	2 - 4
6	VIM (%)	5.54	4.52	4.52	4.55	4 - 6
7	VFB (%)	69.30	76.54	76.56	78.55	Min 68

4.4.8. Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Karet Pada Campuran Beton Aspal Panas HRS-WC dengan Perendaman 14 Hari

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 *HRS-WC* dengan perendaman 14 hari, dapat dilihat pada gambar 4.32 untuk campuran beton aspal lapis aus *HRS-WC* pada kondisi kadar aspal optimum.

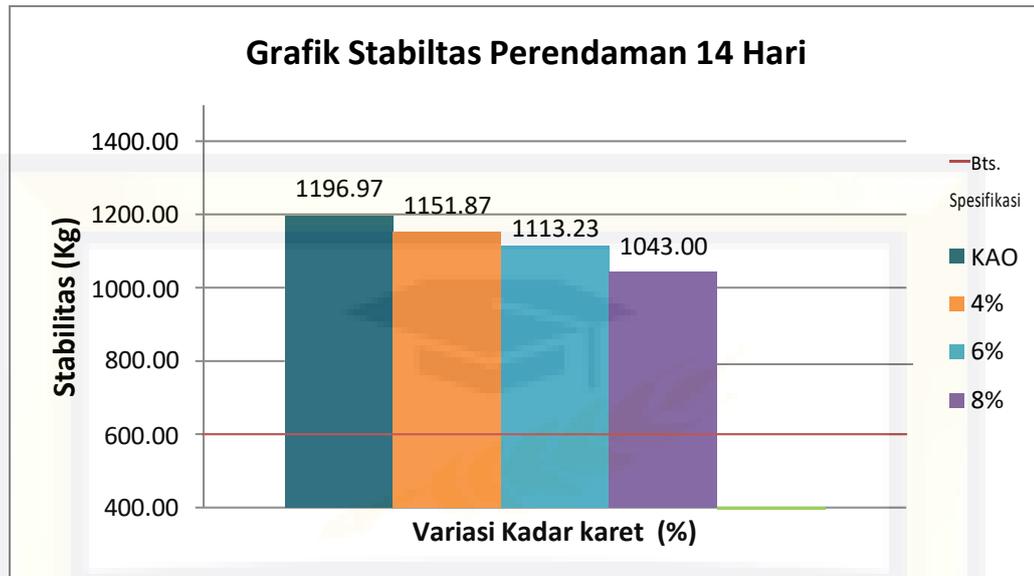


Gambar 4.32 Diagram hubungan variasi Perendaman 14 hari terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.32 dapat dilihat bahwa penambahan karet kedalam campuran yang direndam selama 14 hari nilai kepadatan (*density*) meningkat dibanding tanpa menggunakan penambahan karet hal ini disebabkan oleh penambahan karet yang membuat nilai kepadatan meningkat. Pada Kadar karet 4% nilai kepadatan yang diperoleh 2.23, pada kadar karet 6% nilai kepadatannya adalah 2.23, pada kadar karet 8% nilai kepadatannya 2.23.

b. Stabilitas Minimum 600 (Kg)

Hasil pengujian stabilitas dengan berbagai variasi karet pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.33.



Gambar 4.33 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.33 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan karet yang direndam 14 hari mengalami penurunan hal ini disebabkan karna penambahan karet yang mengurangi nilai stabilitas. Penambahan kadar karet 4% dari kadar aspal di peroleh nilai stabilitas 1151.87 Kg, pada kadar karet 6% nilainya 1113.23 Kg, pada kadar karet 8% nilainya 1043.00 namun masih berada dalam batas spesifikasi hal ini disebabkan karena semakin banyak kadar karet yang di tambahkan kedalam campuran akan mengurangi daya rekat aspal.

c. Pelelehan (*Flow*)

Nilai *Flow* menyatakan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapis perkerasan akibat beban lalu lintas. Suatu campuran dengan nilai *Flow* tinggi akan cenderung lembek sehingga akan menyebabkan deformasi permanen apabila menerima beban. Sebaliknya jika nilai *Flow*

rendah maka campuran menjadi kaku dan mudah retak jika menerima beban yang mengalami daya dukungnya.

Grafik nilai *Flow* campuran HRS-WC untuk variasi karet pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.34

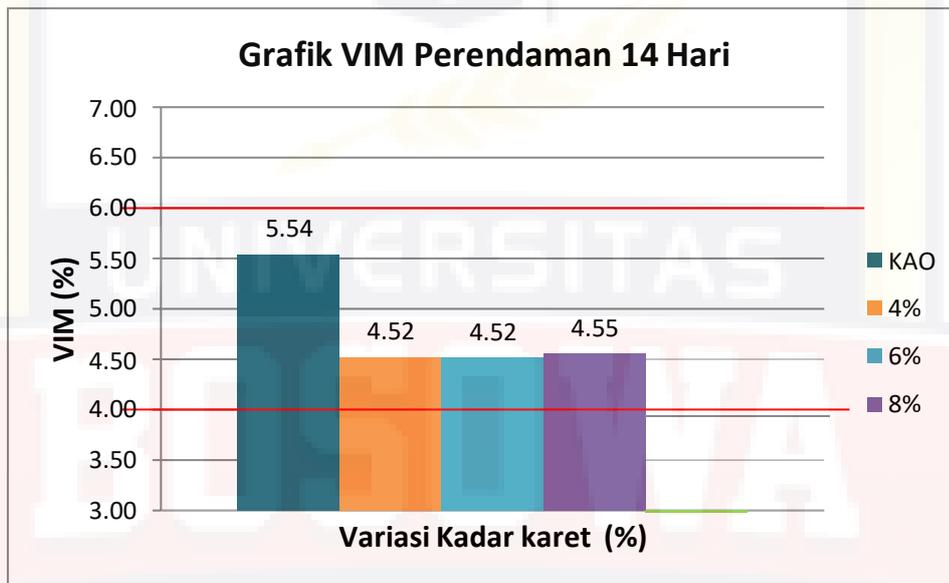


Gambar 4.34 Diagram hubungan Variasi perendaman 14 hari terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.34 menunjukkan bahwa penambahan penambahan karet ke dalam campuran yang direndam 14 hari mengalami peningkatan seiring bertambahnya karet. Nilai *flow* tanpa penambahan karet yaitu 3.40 mm. kemudian mengalami peningkatan pada penambahan karet 4% yaitu 3.43 mm, pada karet 6% adalah 3.45 mm, pada penambahan karet 8% adalah 3.64 mm.

d. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 4.0%– 6.0%

Namun nilai *VIM* yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan. Grafik nilai *VIM* campuran AC-WC untuk berbagai variasi kadar karet pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.35



Gambar 4.35 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

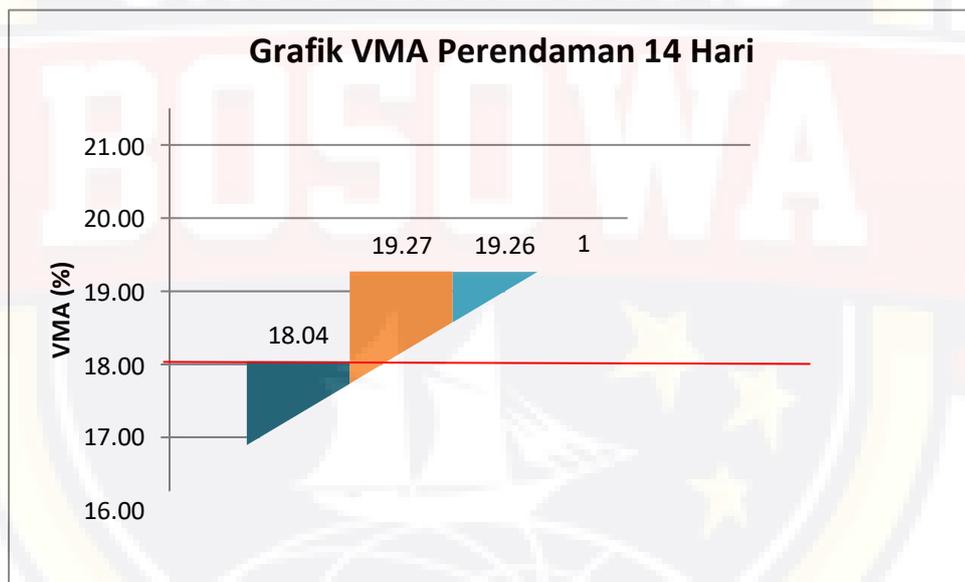
Dari gambar 4.35 menunjukkan bahwa penambahan karet ke dalam campuran yang direndam selama 14 hari menyebabkan nilai *VIM* mengalami penurunan dibanding dengan campuran tanpa menggunakan karet. Nilai *VIM* tanpa penambahan karet yaitu 5.54%, kemudian pada penambahan karet 4% yaitu 4.52%, pada karet 6% nilai *VIM* adalah 4.52%, pada karet 8% nilai yang diperoleh adalah 4.55% semuanya masuk dalam batas spesifikasi. Hal ini disebabkan rongga dalam

campuran tidak mengalami perubahan karena belum dilakukan pembebanan.

e. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 18%

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

Grafik nilai VMA campuran HRS-WC untuk berbagai variasi karet pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.36



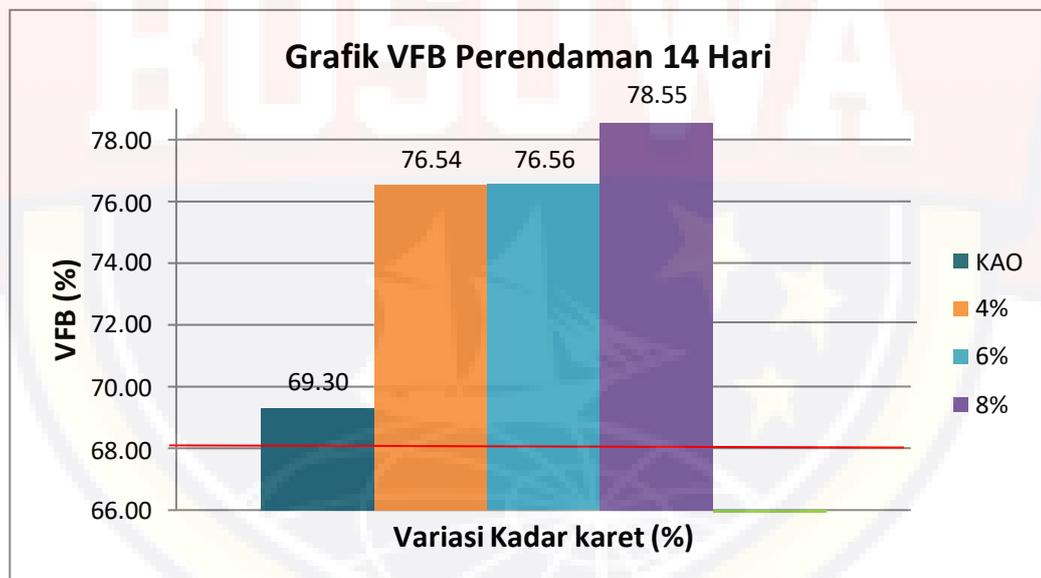
Gambar 4. 36 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai VMA mengalami peningkatan penamambahan karet kedalam campuran membuat nilai VMA semakin meningkat seiring meningkatnya penambahan karet. Pada penambahan karet 4% dari kadar aspal nilai yang diperoleh 19.27%, pada

penambahan karet 6% nilai *VMA* 19.26%, pada penambahan karet 8% nilai *VMA* 19.30%.

f. Rongga Terisi Aspal (*VFB*) Minimum 68 (%)

Nilai *VFB* memperlihatkan presentase 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.



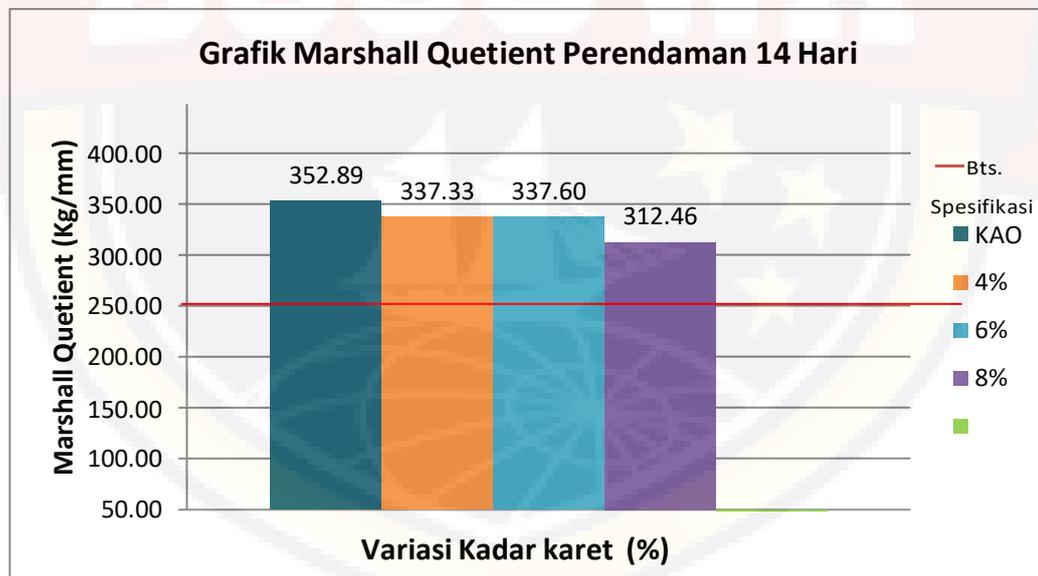
Gambar 4. 37 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap *VFB* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.37 menunjukkan bahwa penambahan karet ke dalam campuran yang direndam selama 14 hari menyebabkan nilai *VFB*

meningkat seiring bertambahnya karet tetapi masih memenuhi syarat spesifikasi. Nilai VFB tanpa penambahan karet yaitu 69.30%, kemudian pada penambahan karet 4% nilainya adalah 76.54%, pada karet 6% nilainya 76.56%, pada karet 8% nilainya adalah 78.55%.

g. Marshall Quotient

Semakin tinggi nilai *MQ* maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Namun nilai *MQ* juga tidak boleh terlalu rendah karena hal tersebut akan menyebabkan campuran rentan terhadap deformasi plastis. Nilai *MQ* pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.38



Gambar 4.38 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap nilai *MQ* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Gambar diatas menunjukkan penurunan nilai *Marshall Quotient* pada campuran aspal dikarenakan nilai *MQ* sebanding dengan nilai stabilitas, dimana nilai stabilitas pada campuran aspal juga menurun dengan semakin banyak penambahan karet. Penurunan nilai *MQ* ini mengindikasikan kemampuan campuran aspal dalam merespon beban yang diberikan menurun. Hal ini disebabkan karena kohesi atau gaya tarik menarik dalam aspal menurun akibat oksidasi selama direndam dalam air, selain itu juga adhesi atau ikatan antara aspal dan agregat menurun.

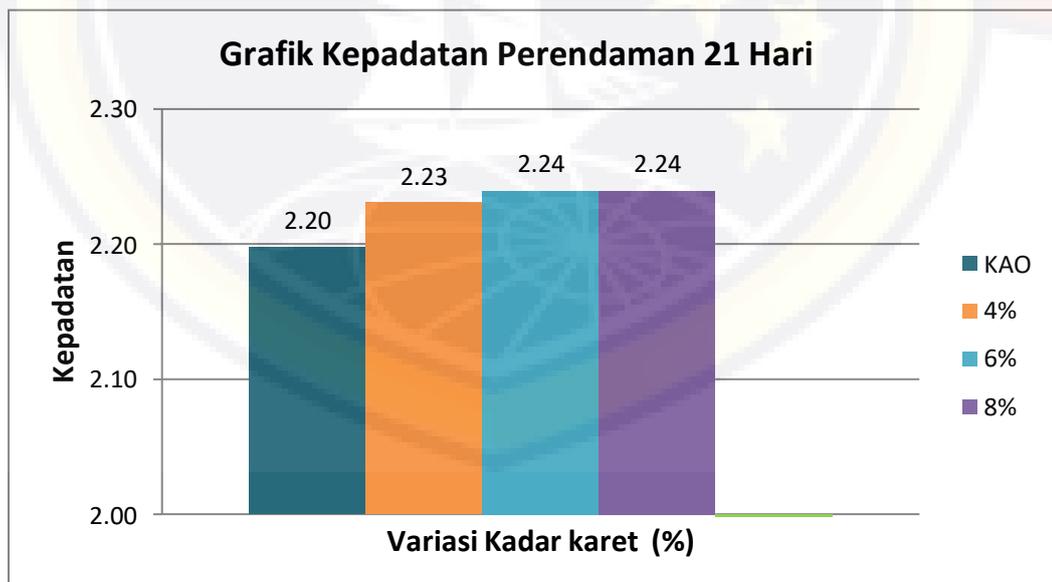
Tabel 4.18 Komposisi campuran dengan penambahan karet perendaman 7 hari

4.4.9. Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Karet Tambal Ban Pada Campuran Beton Aspal Panas HRS-WC dengan Perendaman 21 Hari

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

a. Kepadatan

Nilai *density* (kepadatan) menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Campuran dengan *density* tinggi dalam batas tertentu akan lebih mampu menahan beban yang lebih berat dibandingkan dengan campuran yang mempunyai *density* yang rendah. Nilai *density* suatu campuran dipengaruhi oleh kualitas dan komposisi bahan susun serta cara pemadatan, suatu campuran akan memiliki *density* yang tinggi apabila mempunyai bentuk butir yang tidak seragam dan porositas butiran rendah. Nilai kepadatan campuran beton aspal lapis aus HRS-WC dengan perendaman 21 hari, dapat dilihat pada gambar 4.39 untuk campuran beton aspal lapis aus HRS-WC pada kondisi kadar aspal optimum.

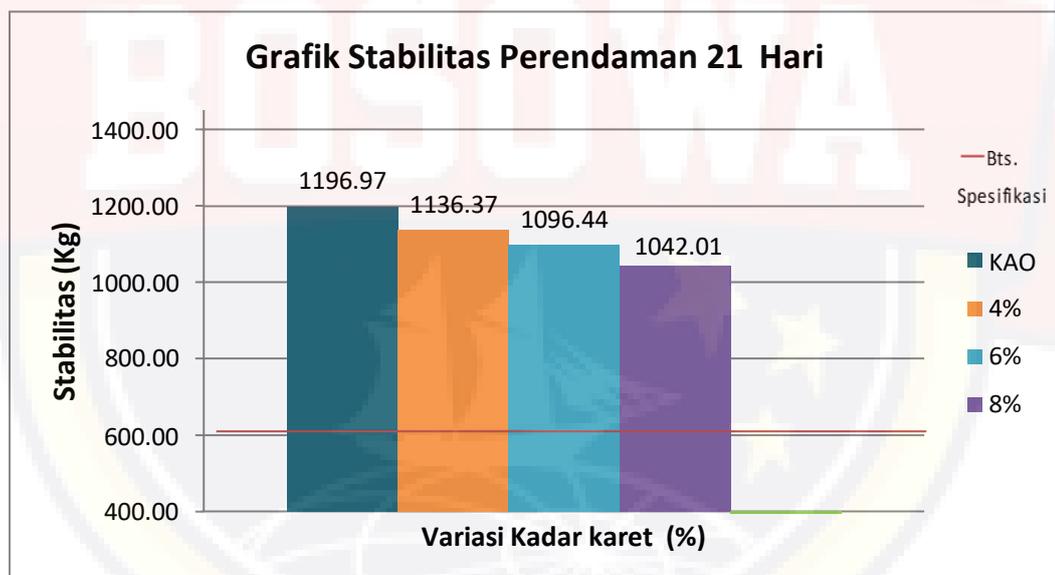


Gambar 4.39 Diagram hubungan variasi Perendaman 21 hari terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.39 dapat dilihat bahwa penambahan karet kedalam campuran yang direndam selama 21 membuat nilai kepadatan (*density*) semaki meningkat seiring bertambahnya karet.

b. Stabilitas Minimum 600 (Kg)

Hasil pengujian stabilitas dengan berbagai variasi karet pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.40



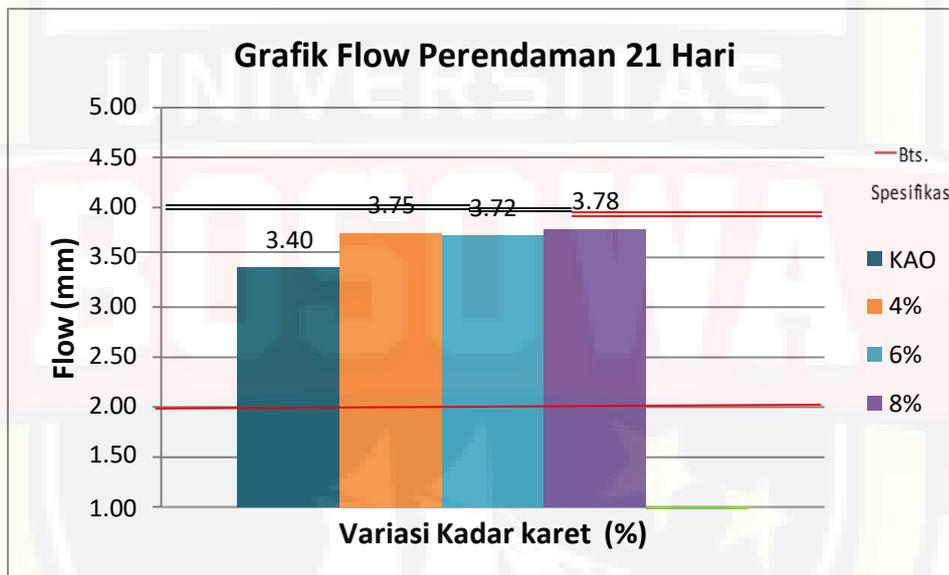
Gambar 4.40 Diagram hubungan variasi perendaman 21 hari terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.40 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran penambahan karet kedalam campuran mengalami penurunan dibanding campuran yang tidak menggunakan karet dan semakin banyak

penambahan karet nilai stabilitas juga menurun. Nilai stabilitas yang didapatkan pada penambahan karet 4% yaitu 1136.37 Kg, pada karet 6% nilai stabilitas yang di peroleh 1096.44 Kg, pada karet 8% nilai stabilitasnya 1042.01Kg. Semuanya berada dalam batas spesifikasi.

c. Pelelehan (*Flow*)

Grafik nilai *Flow* campuran HRS-WC pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.41



Gambar 4.41 Diagram hubungan Variasi perendaman 21 hari terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

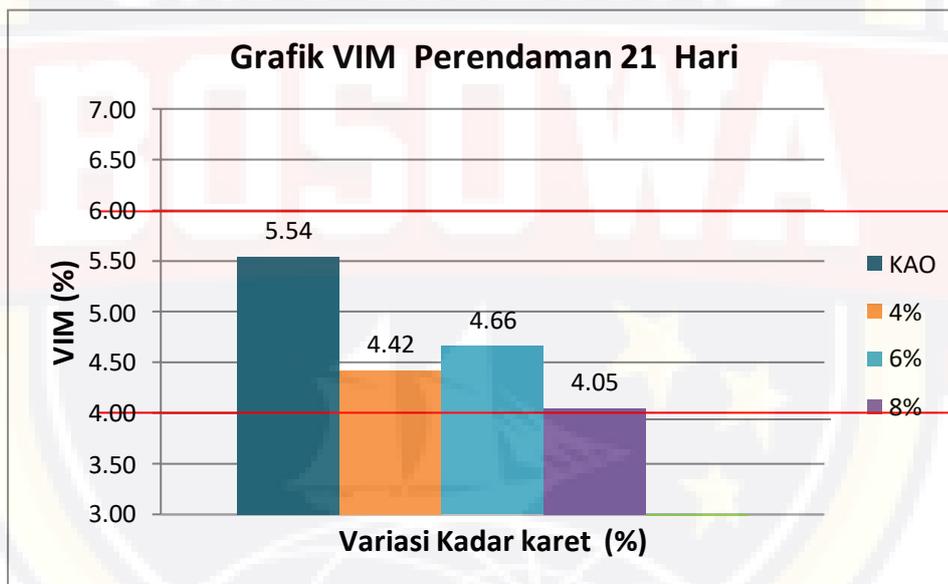
Dari gambar 4.41 menunjukkan bahwa penambahan variasi karet ke dalam campuran yang direndam 21 hari menyebabkan nilai *Flow* meningkat dibandingkan campuran yang tidak menggunakan karet namun tidak terlalu signifikan. Pada penambahan kadar karet 4% nilai flow 3.75 mm, pada kadar karet 6% nilai flow 3.72 mm, pada kadar karet 8% nilai flow yang diperoleh 3.78 mm.

d. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 4.0%– 6.0%

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

Semakin kecil nilai *VIM*, maka akan bersifat kedap air. Namun nilai *VIM* yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan.

Grafik nilai *VIM* campuran *HRS-WC* untuk berbagai variasi kadar karet pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.42



Gambar 4.42 Diagram hubungan variasi perendaman 21 hari terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.42 menunjukkan bahwa penambahan variasi karet ke dalam campuran yang direndam selama 21 hari menyebabkan nilai *VIM* menurun dibanding dengan campuran yang tanpa menggunakan bahan tamba karet. Pada penambahan karet 4% dari kadar aspal nilai yang

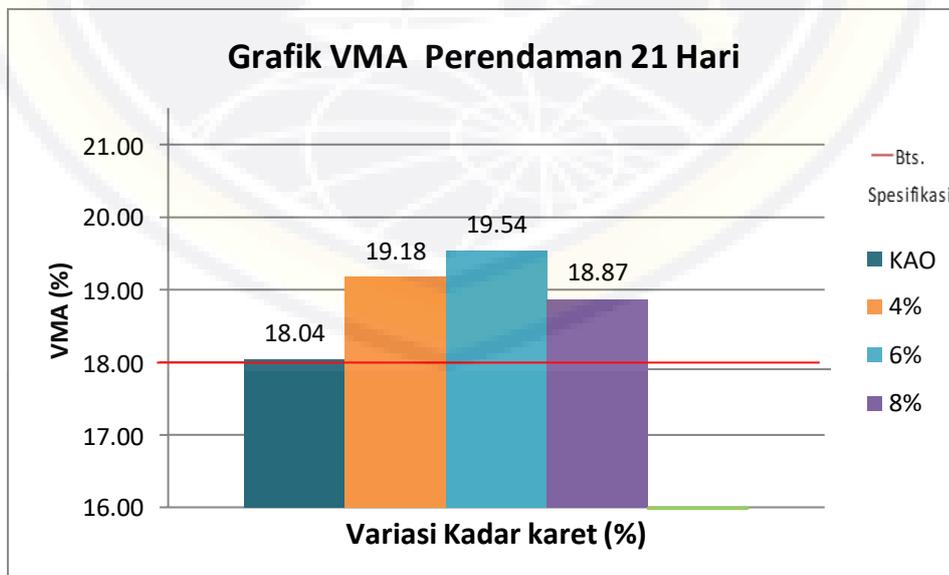
diperoleh adalah 4.42%, pada penambahan karet 6% nilai *VIM* 4.66%, pada karet 8% nilai *VIM* yang diperoleh 4.05%. Hal ini disebabkan karena penambahan karet dari kadar aspal.

e. Rongga Dalam Agregat (*VMA*) Min 18%

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

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

Grafik nilai *VMA* campuran *HRS-WC* untuk variasi karet pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.43

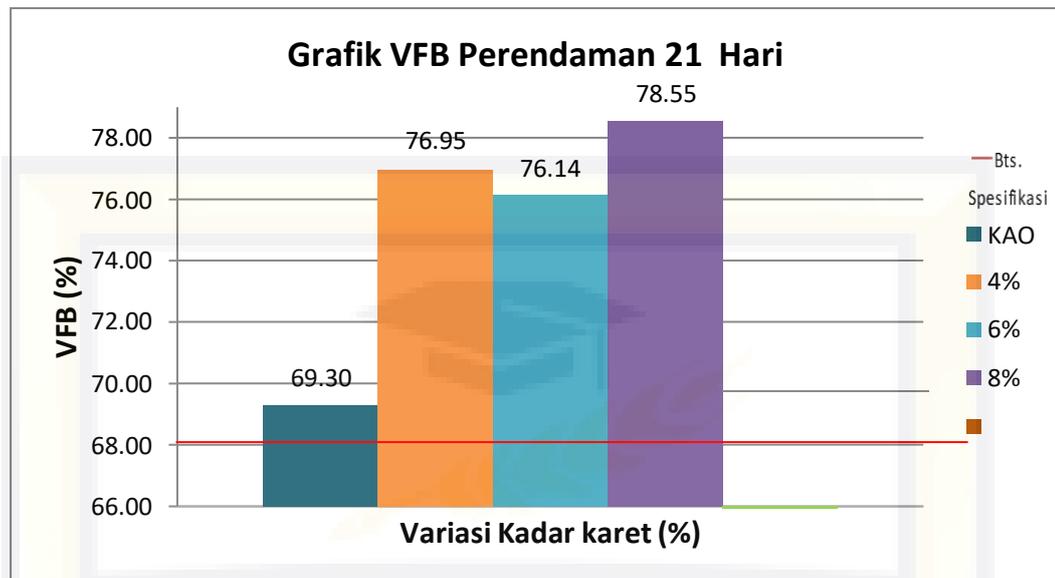


Gambar 4.43 Diagram hubungan variasi perendaman 21 hari terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Dari gambar 4.43 terlihat bahwa nilai VMA meningkat pada campuran penambahan karet meningkat dibandingkan dengan campuran yang tanpa menggunakan bahan tamba karet . Penambahan kadar kadar karet 4% dari kadar aspal nilai VMA yang diperoleh yaitu 19.18%, pada penambahan kadar karet 6% nilai VMA 19.54%, pada penambahan kadar karet% nilai VMA yaitu 18.87%.

f. Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 68 (%)

Nilai *VFB* memperlihatkan presentase rongga terisi aspal. Apabila *VFB* besar maka banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedap 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.



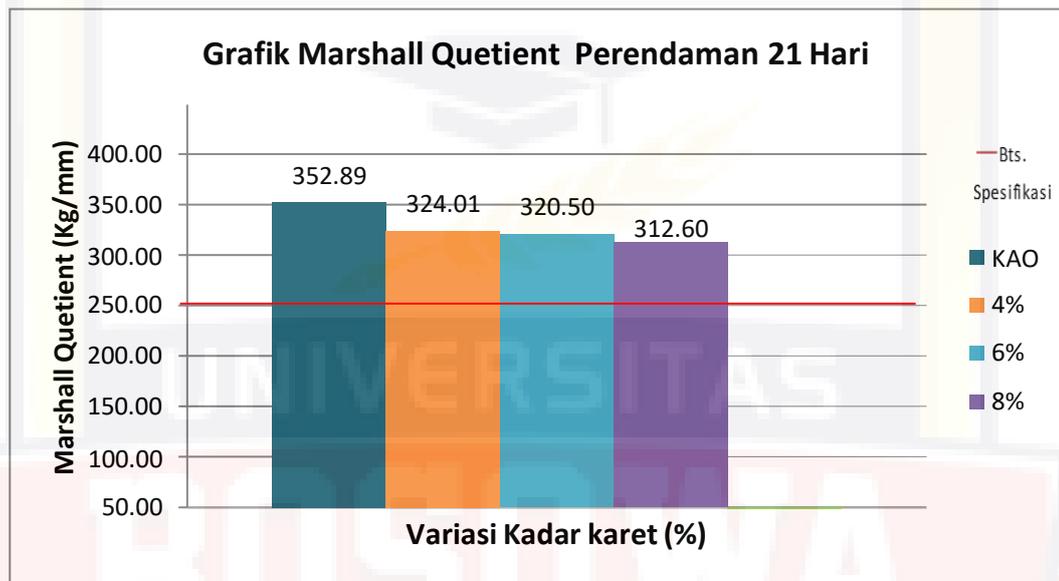
Gambar 4. 44 Diagram hubungan variasi perendaman 21 hari terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.44 menunjukkan bahwa penambahan karet ke dalam campuran yang direndam selama 21 hari mengalami peningkatan pada nilai VFB dibandingkan dengan campuran yang tanpa menggunakan bahan tamba karet. Pada penambahan kadar karet 4% dari kadar aspal nilai VFB 76.95%, pada penambahan kadar karet 6% nilai VFB adalah 76.14%, pada penambahan kadar karet 8% nilai VFB 78.55%.

g. *Marshall Quesient*

Marshall Quesient adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelahan yang juga merupakan indikator terhadap kekuatan campuran secara empiris. Semakin tinggi nilai MQ maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Namun nilai MQ juga tidak boleh terlalu rendah

karena hal tersebut akan menyebabkan campuran rentan terhadap deformasi plastis. Nilai MQ pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.45



Gambar 4.45 Diagram hubungan variasi perendaman 21 hari terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar diatas terlihat bahwa variasi penambahan karet mengakibatkan nilai *Marshall Quotient* mengalami penurunan seiring bertambahnya karet. Pada penambahan kadar karet 4% dari kadar aspal diperoleh nilai *MQ* 324.01 Kg/mm, pada penambahan kadar karet 6% nilai *MQ* 320.50 Kg/mm, pada penambahan kadar karet 8% nilai *MQ* 312.60 Kg/mm. Hal ini disebabkan karena adhesi atau ikatan antara aspal dan agregat menurun.

4.5. Hubungan KAO dengan Persentase Nilai IKS

Marshall sisa dilakukan setelah direndam selama 24 jam pada suhu 60° pada kondisi kadar aspal optimum. Jumlah tumbukan pada kondisi standar yaitu 50 tumbukan per sisi. Selanjutnya dibuat benda uji rendaman 30 menit pada kondisi kao tersebut. Kemudian dilakukan uji marshal sisa. Nilai marshall sisa diperoleh dari hasil stabilitas rendaman 24 jam dibagi dengan hasil stabilitas rendaman 30 menit kemudian dikalikan 100%.

Hubungan antara kadar aspal optimum dengan persentase nilai indeks kekuatan sisa tabel 4.19

Tabel 4.19 Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS Beton Aspal HRS– WC

KAO	Waktu Perendaman Suhu 60°C		IKS	Spek. %
	30 Menit	24 Jam		
	1196.97	1126.04	94.07	90

Sumber : Hasil penelitian Laboratorium

Dari tabel 4.19 menunjukkan menunjukkan bahwa nilai stabilitas untuk campuran HRS-WC pada kadar aspal optimum terhadap perendaman 30 menit dan 24 jam pada suhu 60°C menunjukkan bahwa nilai stabilitas yang diperoleh untuk perendaman 24 jam mengalami penurunan terhadap nilai stabilitas yang diperoleh untuk perendaman 30 menit pada suhu yang sama.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan karet dan lamanya waktu perendaman mempengaruhi menurunnya nilai sifat campuran aspal
2. Hasil pengujian Marshall Test variasi bahan tambah karet nilai yang terbaik untuk sifat campuran aspal yaitu pada kadar karet 4% pada perendaman 7 hari tapi pada penambahan karet 6 % dan 8 % juga masih dalam batas spesifikasi

5.2 Saran

Beberapa hal yang disarankan sehubungan dengan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang “Dampak Substitusi Bahan Karet Sebagai Pengganti Aspal Terhadap Sifat campuran aspal.
2. Agar dilakukan penelitian selanjutnya tentang variasi dari penambahan Karet dan agar didapatkan hasil uji yang lebih baik dengan pengujian lapangan.
3. Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar menggunakan penumbuk listrik (Electric Compaction) agar beban yang diterima benda uji tetap sama dan juga lebih aman.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2014. Penuntun Praktikum Laboratorium Jalan dan Aspal. Jurusan sipil fakultas Teknik "45" Makassar.
- Anonim, 2014. Bahan kuliah rekayasa tanah dan perkerasan jalan raya. Jurusan sipil fakultas Teknik universitas "45" Makassar.
- BALITBANG-PU dan Direktorat Jendral Bina Marga. 2007. Modul, *Training of trainer (TOT)*. Jakarta.
- Didik purwadi, universitas diponegoro 15, 2008 tentang buku ajar rekayasa jalan raya 2 (perkerasan jalan)*
- Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. Undang-Undang Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004 tentang *Jalan*.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2018. *Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat : Jakarta.
- Direktorat jendral bina marga. 2018. Petunjuk pelaksanaan lapisan aspal beton untuk jalan raya kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat. Jakarta.
- Nurdin Rahim. *Bahan ajar perkerasan jalan raya*. Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa
- Silvian Sukman, 2012. *Beton aspal campuran panas*. Institute Teknologi Bandung.
- Sukirman, Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Grafika Yuana : Bandung.
- Sukirman, Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung, Nova.
- Fatmawati, L. 2013. Kinerja Aspal Pertamina Pen 60/70 dan Aspal BNA Blend 75/25 pada campuran Aspal Panas
- Yamali, Fakhrol Rozi. 2010. *Pengaruh Penambahan Limbah Karet Ban Luar Pada Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir) Terhadap Karakteristik Marshall*



Lampiran

DOKUMENTASI



Pengujian Analisa Saringan



Pengujian Berat Jenis



Pengujian SSD Agregat Kasar



Proses Penimbangan Agregat



Pengujian Berat jenis Agregat Halus



Proses Hot Mix



Proses Perendaman Briket Dalam Water Bath



Proses Penimbangan Briket Dalam Air



Proses Perendaman Agregat



Proses Penimbangan Briket



Proses Pengujian Marshall Test





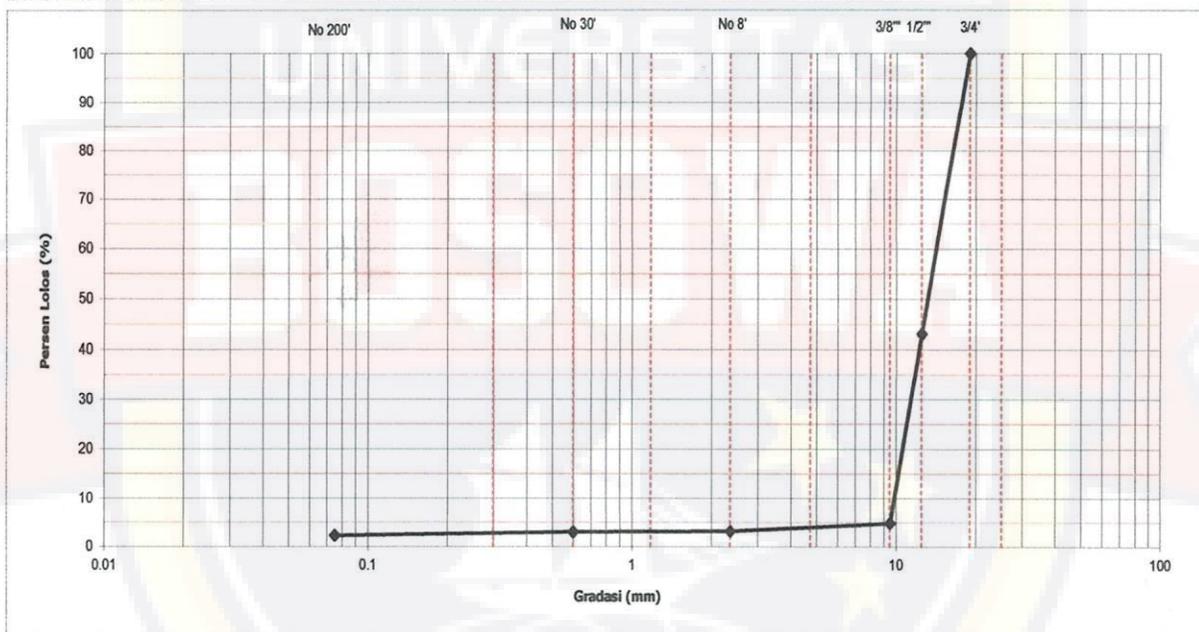
LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

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

Material : Batu Pecah 1-2
Tanggal : 18 Maret 2022

Sumber : Bili - bili

Saringan No	Total :	2500.0		Total :	2500.1		Rata - rata
	Sampel	1		Sampel	2		%
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Los	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Los	Lolos
3/4"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	1432.10	57.28	42.72	1261.80	50.47	49.53	46.12
3/8"	2370.50	94.82	5.18	2345.90	93.83	6.17	5.67
No. 8	2426.50	97.06	2.94	2433.70	97.34	2.66	2.80
No. 30	2428.70	97.15	2.85	2443.10	97.72	2.28	2.57
No. 200	2443.20	97.73	2.27	2453.20	98.12	1.88	2.07



Makassar, 2022

Mengetahui

Diperiksa Oleh

Kepala Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Ir. H. Abd Rahim Nurdin, M.T

Marlina Alwi, ST

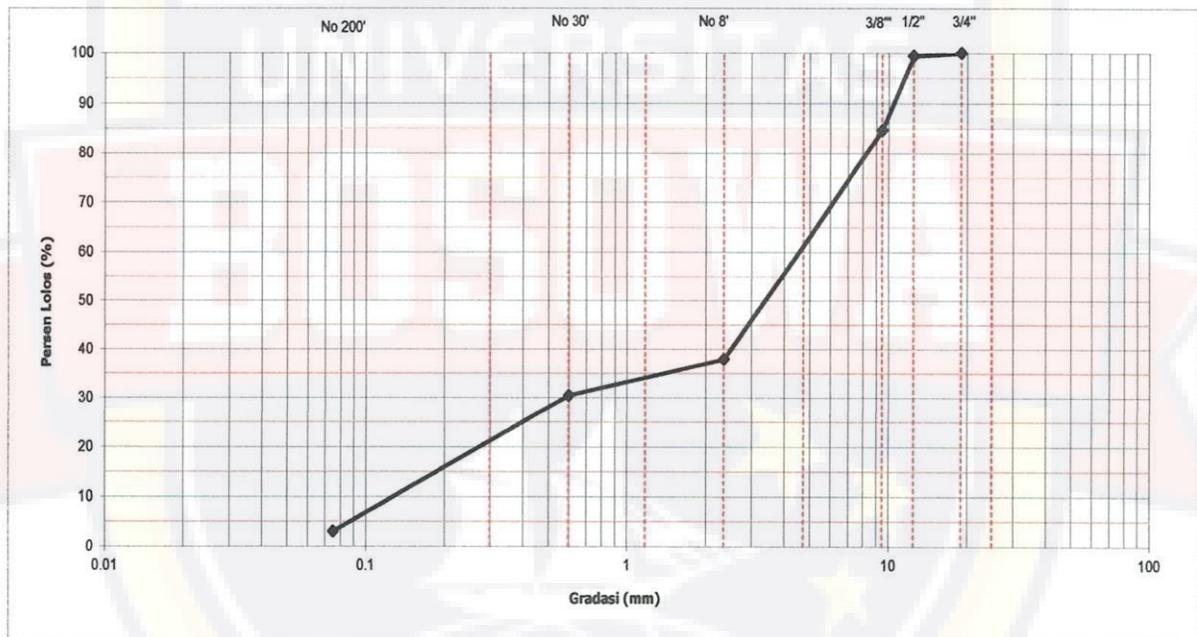


LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

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

Material : Batu Pecah 0,5-1
Tanggal : 18 Maret 2022
Sumber : Bili -bili

Saringan No	Total : 2500.0			Total : 2500			Rata - rata
	Sampel 1			Sampel 2			%
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos
3/4"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	6.10	0.24	99.76	8.40	0.34	99.66	99.71
3/8"	665.10	26.60	73.40	682.60	27.30	72.70	73.05
No. 8	1722.70	68.91	31.09	1708.90	68.36	31.64	31.37
No. 30	1752.90	70.12	29.88	1736.20	69.45	30.55	30.22
No. 200	2346.20	93.85	6.15	2326.80	93.07	6.93	6.54



Makassar, 2022

Mengetahui

Diperiksa Oleh

Kepala Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Ir. H. Abd Rahim Nurdin, M.T

Marlina Alwi, ST

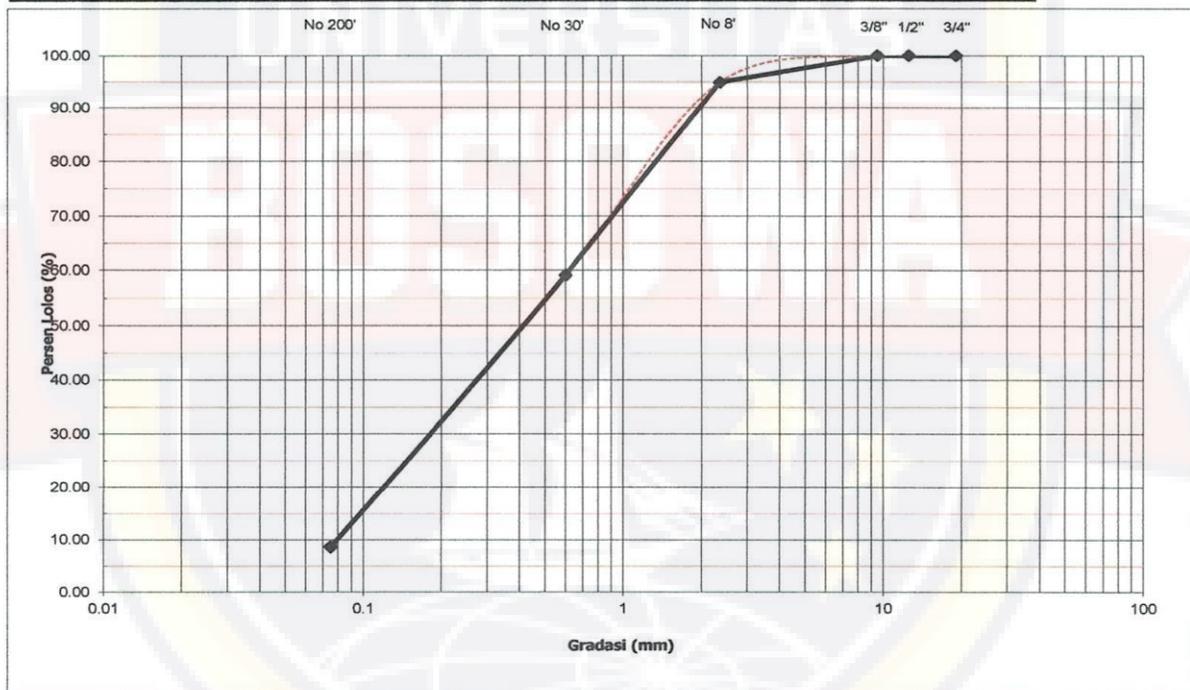


LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

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

Material : Abu Batu
Tanggal : 18 Maret 2022
Sumber : Bili -bili

Saringan No	Total : 2500.20			Total : 2500.00			Rata - rata
	Sampel 1			Sampel 2			%
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos
3/4"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
No. 8	130.20	5.21	94.79	123.10	4.92	95.08	94.93
No. 30	1036.60	41.46	58.54	1006.60	40.26	59.74	59.14
No. 200	2266.40	90.65	9.35	2303.10	92.12	7.88	8.61



Makassar, 2022

Mengetahui

Diperiksa Oleh

Kepala Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Ir. H. Abd Rahim Nurdin, M.T

Marlina Alwi, ST

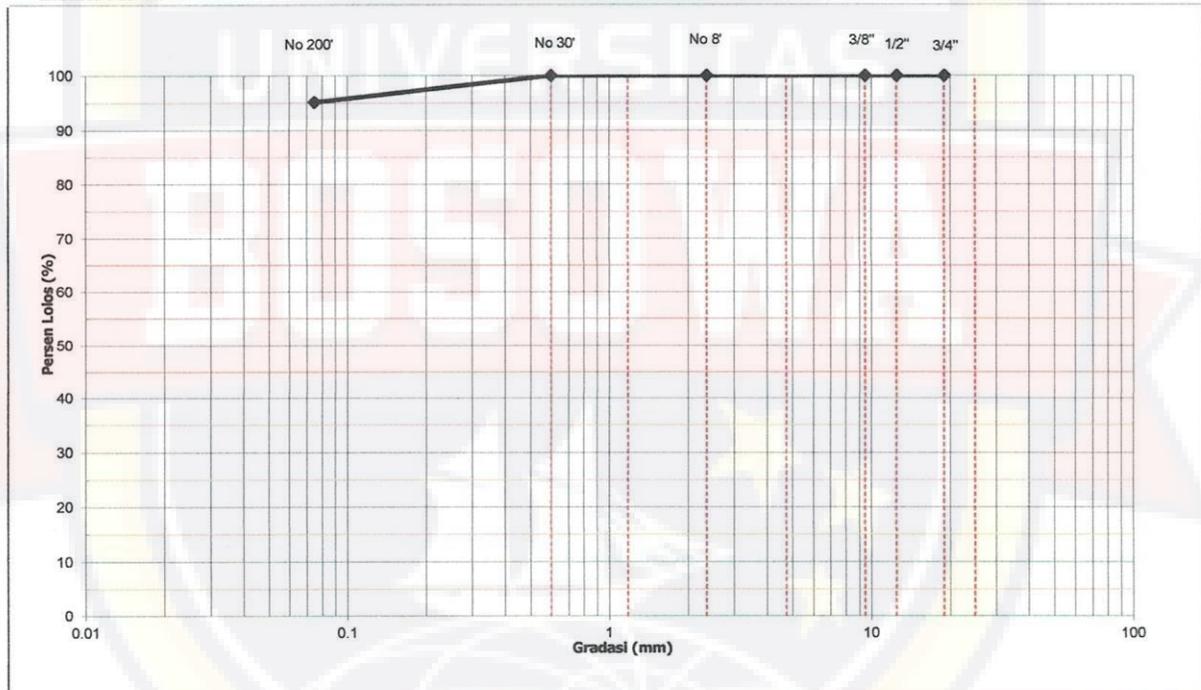


LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

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

Material : Filler
Sumber : Tonasa

Saringan No	Total :	2000.0		Total :	2000		Rata - rata % Lolos
	Sampel	1		Sampel	2		
		Kumulatif	%		%	Kumulatif	
3/4"	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
1/2"	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
3/8"	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
No. 8	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
No. 30	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
No. 200	96.5	4.83	95.18	97.2	4.86	95.14	95.16
Pan	2000	100.00	0.00	2000.0	100.00	0.00	0.00



Makassar, 2022

Mengetahui

Diperiksa Oleh

Kepala Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Ir. H. Abd Rahim Nurdin, M.T

Marlina Alwi, ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

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

Tanggal : 18 Maret 2022

Material : Aspal Penetrasi 60/70

URAIAN		I	II
Berat Piknometer (gram)	A	53.50	54.10
Berat Piknometer + Air (gram)	B	116.20	118.70
BERAT AIR / ISI PIKNOMETER (gram)	$(B - A)$	62.70	64.60
Berat Piknometer + Aspal (gram)	C	90.90	94.30
BERAT ASPAL (gram)	$(C - A)$	37.40	40.20
Berat Piknometer + Air + Aspal (gram)	D	116.70	119.70
BERAT AIR (gram)	$(D - C)$	25.80	25.40
Berat Jenis Aspal	$\frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)}$	1.014	1.026
Rata-rata		1.020	

Makassar, 2022

Mengetahui

Diperiksa Oleh

Kepala Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Ir. H. Abd Rahim Nurdin, M.T

Marlina Alwi, ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

(PB - 0202 - 76 / SNI 1970 : 2016)

Material : Abu Batu

Asisten : Marlina Alwi, S.T

Tanggal : 18 Maret 2022

	A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering - permukaan jenuh (SSD)	500,00	500,40	500,20
Berat benda uji kering oven B_k	486,30	489,20	487,75
Berat Piknometer diisi air (25°C) B	663,20	670,50	666,85
Berat piknometer + benda uji (SSD) + air(25°C) B_t	969,00	971,40	970,20

	A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk) $\frac{B_k}{(B + 500 - B_t)}$	2,50	2,46	2,48
Berat jenis kering - permukaan jenuh $\frac{500}{(B + 500 - B_t)}$	2,57	2,51	2,54
Berat jenis semu (Apparent) $\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2,69	2,60	2,65
Penyerapan (Absorption) $\frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100\%$	2,84	2,23	2,53

Makassar, 2022

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT

Marlina Alwi, ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR
(PB - 0202 - 76 / SNI 1969 : 2016)

Material : Batu Pecah 0.5 - 1

Tanggal : 18 Maret 2022

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven	B_k	2491,20	2496,20	2493,70
Berat benda uji kering - permukaan jenuh	B_j	2562,30	2568,20	2565,25
Berat benda uji didalam air	B_a	1577,40	1589,10	1583,25

		A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2,53	2,55	2,54
Berat jenis kering - permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2,60	2,62	2,61
Berat jenis semu (Apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2,73	2,75	2,74
Penyerapan (Absorption)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	2,85	2,88	2,87

Makassar, 2022

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT

Marlina Alwi, ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR
(PB - 0202 - 76 / SNI 1969 : 2016)

Material : Batu Pecah 1 - 2

Tanggal : 18 Maret 2022

Asisten : Marlina Alwi, S.T

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven	B_k	2488,90	2497,20	2493,05
Berat benda uji kering - permukaan jenuh	B_j	2559,80	2561,30	2560,55
Berat benda uji didalam air	B_a	1590,40	1595,50	1592,95

		A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2,57	2,59	2,58
Berat jenis kering - permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2,64	2,65	2,65
Berat jenis semu (Apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2,77	2,77	2,77
Penyerapan (Absorption)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	2,85	2,57	2,71

Makassar, 2022

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT


Marlina Alwi, ST



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

**PENGUJIAN JUMLAH BAHAN DALAM AGREGAT YANG LOLOS SARINGAN NO. 200
(SNI ASTM C117:2012)**

Material : Batu Pecah 1 - 2

Tanggal : 18 Maret 2022

Asisten : Marlina Alwi, ST

No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	1500,3	1500,2
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	1485,5	1489,9
3	Persentase material lolos No. 200 (A-B/A) x 100%	0,99	0,69
4	Hasil Rata - rata	0,84	

Makassar, 2022

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT

Marlina Alwi, ST



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

**PENGUJIAN JUMLAH BAHAN DALAM AGREGAT YANG LOLOS SARINGAN NO. 200
(SNI ASTM C117:2012)**

Material : Batu Pecah 0.5 - 1

Tanggal : 18 Maret 2022

Asisten : Marlina Alwi, ST

No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	1500,1	1500,2
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	1489,5	1481
3	Persentase material lolos No. 200 (A-B/A) x 100%	0,71	1,28
4	Hasil Rata - rata	0,99	

Makassar, 2022

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT

Marlina Alwi, ST



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

**PENGUJIAN JUMLAH BAHAN DALAM AGREGAT YANG LOLOS SARINGAN NO. 200
(SNI ASTM C117:2012)**

Material : Abu Batu

Tanggal : 18 Maret 2022

Asisten : Marlina Alwi, ST

No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	1500,3	1500,1
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	1350,5	1363,4
3	Persentase material lolos No. 200 (A-B/A) x 100%	9,98	9,11
4	Hasil Rata - rata	9,55	

Makassar, 2022

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT

Marlina Alwi, ST

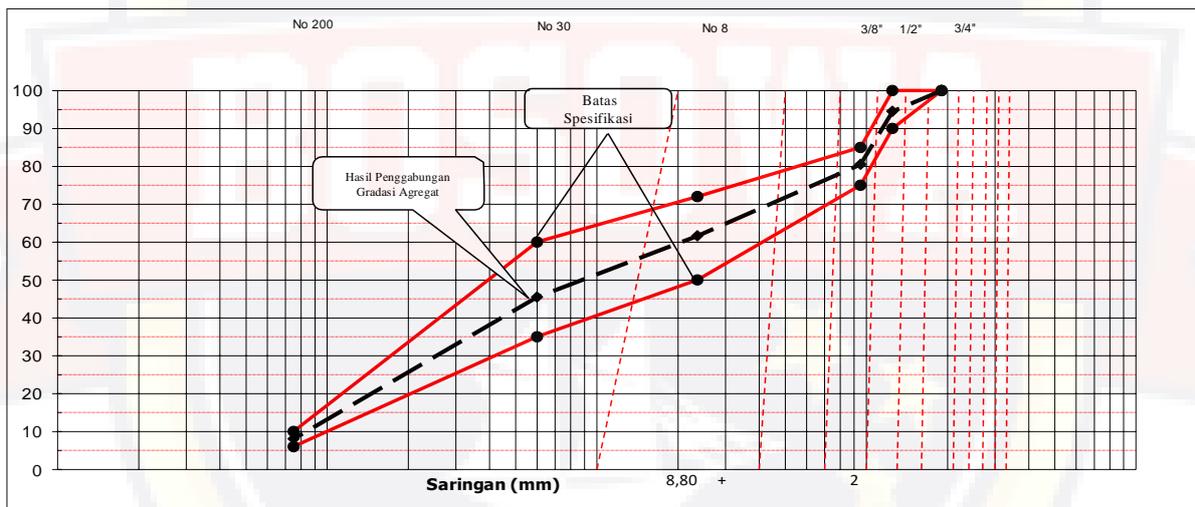


LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BOSOWA

GRADASI PENGGABUNGAN AGREGAT (COMBINE)

No Saringan	Gradasi Agregat (Rata-rata)				Gradasi Penggabungan Agregat Combine (HRS- WC)				Spesifikasi 2018	Faktor Luas Permukaan Agregat
	a	b	c	d	I	II	III	IV		
	3/4"	100	100	100	100	100,0	100,0	100,0		
1/2"	46,12	99,71	100	100	94,50	99,92	97,20	97,84	90-100	0,41
3/8"	5,67	73,5	100	100	80,50	97,15	90,03	91,04	75-85	0,41
# 8	2,8	31,37	94,93	100	61,61	90,83	79,82	80,53	50-72	0,82
# 30	2,57	30,22	59,14	100	42,90	76,92	66,56	66,20	35-60	2,87
# 200	2,07	6,54	8,61	95,16	8,03	52,54	41,64	39,78	6-10	32,77

a, Batu Pecah 1 - 2	10
b, Batu Pecah 0,5 - 1	38
c, Abu Batu	51
d, Filler	1
Total Luas Permukaan Agregat (M ² / KG)	5,06



$$\begin{aligned}
 P_b &= 0,035 \times (\text{Agregat Kasar}) + 0,045 \times (\text{Agregat Halus}) + 0,18 \times \#200 && \text{Nilai Konstanta (K) = (2 - 3)} \\
 &= 0,035 \times 38,39 + 0,045 \times 53,60 + 0,18 \times 8,03 && 2,5 \\
 &= 1,34 + 2,30 + 1,58 + 2,5 \\
 &= 7,33
 \end{aligned}$$

Mengetahui

Kepala Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Ir. H. Abd Rahim Nurdin, M.T

Makassar,

2022

Diperiksa Oleh

Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Marlina Alwi, ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PERHITUNGAN KOMPOSISI CAMPURAN

Kadar Aspal		=	6,5 %		100 %	-	6,5 %	=	93,5		
Hasil Combine											
BP 1-2	10	%	x	93,5	%	=	0,0935	x	1200	= 112,2	112,2
BP 0,5 -	38	%	x	93,5	%	=	0,3553	x	1200	= 426,36	538,56
Abu Batu	51	%	x	93,5	%	=	0,47685	x	1200	= 572,22	1110,78
Filler	1	%	x	93,5	%	=	0,00935	x	1200	= 11,22	1122
Aspal	6,5	%			X				1200	= 78	1200
										1200	

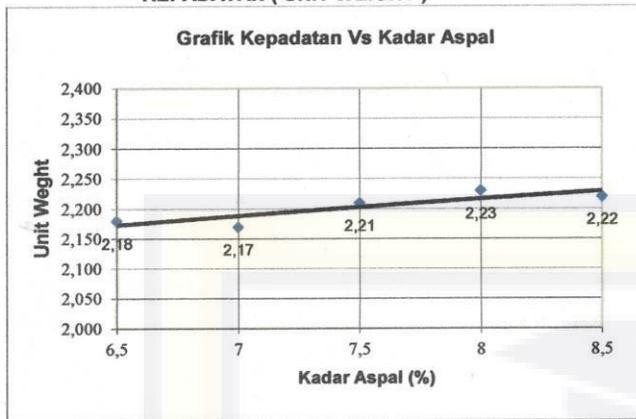
Kadar Aspal		=	7,0 %		100 %	-	7 %	=	93,5		
Hasil Combine											
BP 1-2	10	%	x	93,5	%	=	0,0935	x	1200	= 112,2	112,2
BP 0,5 -	38	%	x	93,5	%	=	0,3553	x	1200	= 426,36	538,56
Abu Batu	51	%	x	93,5	%	=	0,47685	x	1200	= 572,22	1110,78
Filler	1	%	x	93,5	%	=	0,00935	x	1200	= 11,22	1122
Aspal	7	%			X				1200	= 84	1206
										1206	

Kadar Aspal		=	7,5 %		100 %	-	7,5 %	=	92,5		
Hasil Combine											
BP 1-2	10	%	x	92,5	%	=	0,0925	x	1200	= 111	111
BP 0,5 -	38	%	x	92,5	%	=	0,3515	x	1200	= 421,8	532,8
Abu Batu	51	%	x	92,5	%	=	0,47175	x	1200	= 566,1	1098,9
Filler	1	%	x	92,5	%	=	0,00925	x	1200	= 11,1	1110
Aspal	7,5	%			X				1200	= 90	1200
										1200	

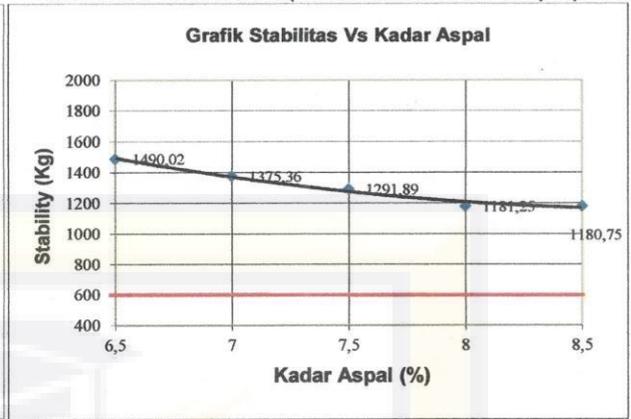
GRAFIK KARAKTERISTIK MARSHALL TEST

Jenis Campuran HRS

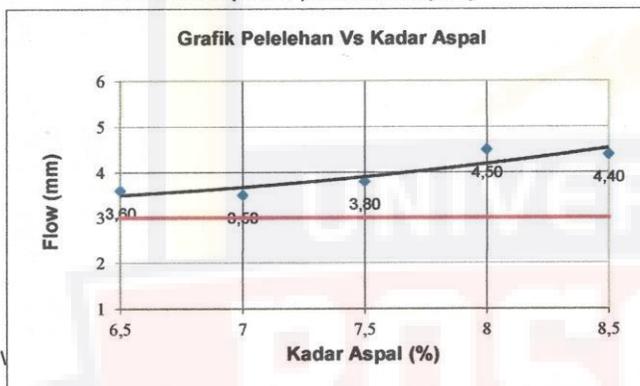
KEPADATAN (UNIT WEIGHT)



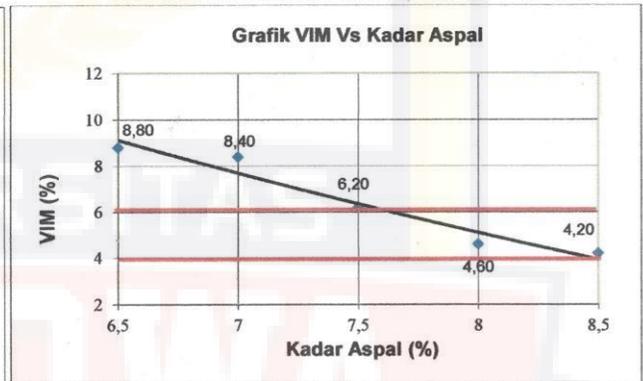
STABILITAS MARSHALL (STABILITY Minimum 600 (KG))



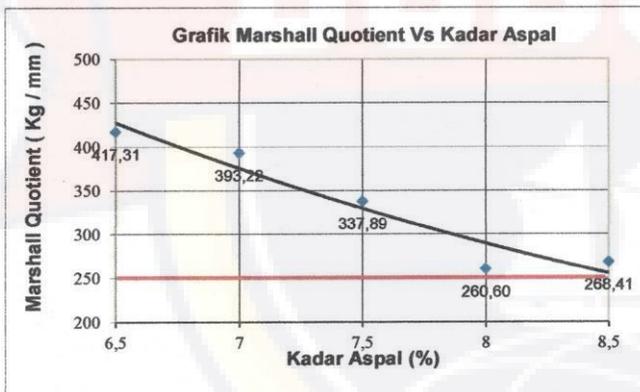
PELELEHAN (FLOW) MINIMUM 3 (mm)



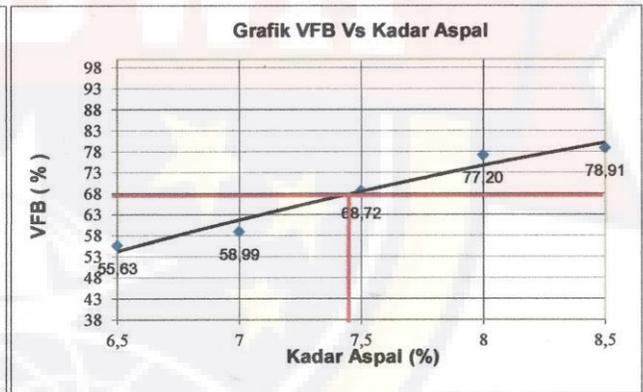
RONGGA DALAM CAMPURAN (VIM) 4,0 - 6,0 (%)



MARSHALL QUOTIENT MINIMUM 250 (Kg/MM)



RONGGA TERISI ASPAL (VFB) MINIMUM 68 (%)



RONGGA DALAM AGREGAT (VMA) Minimum 18 (%)

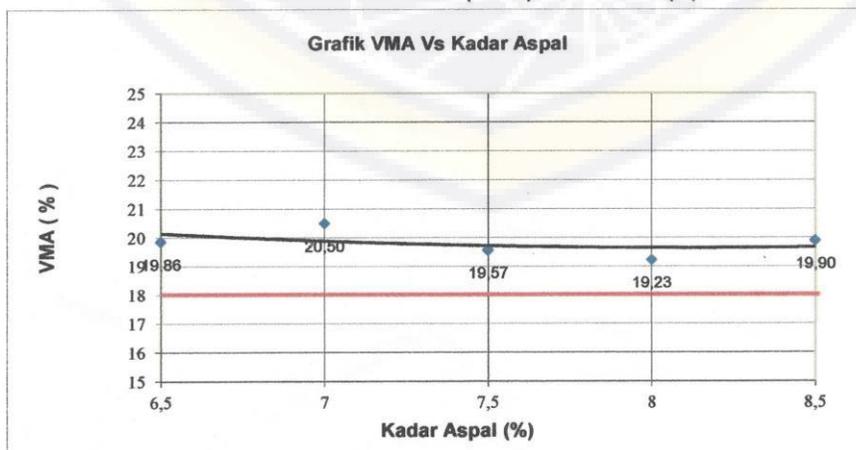
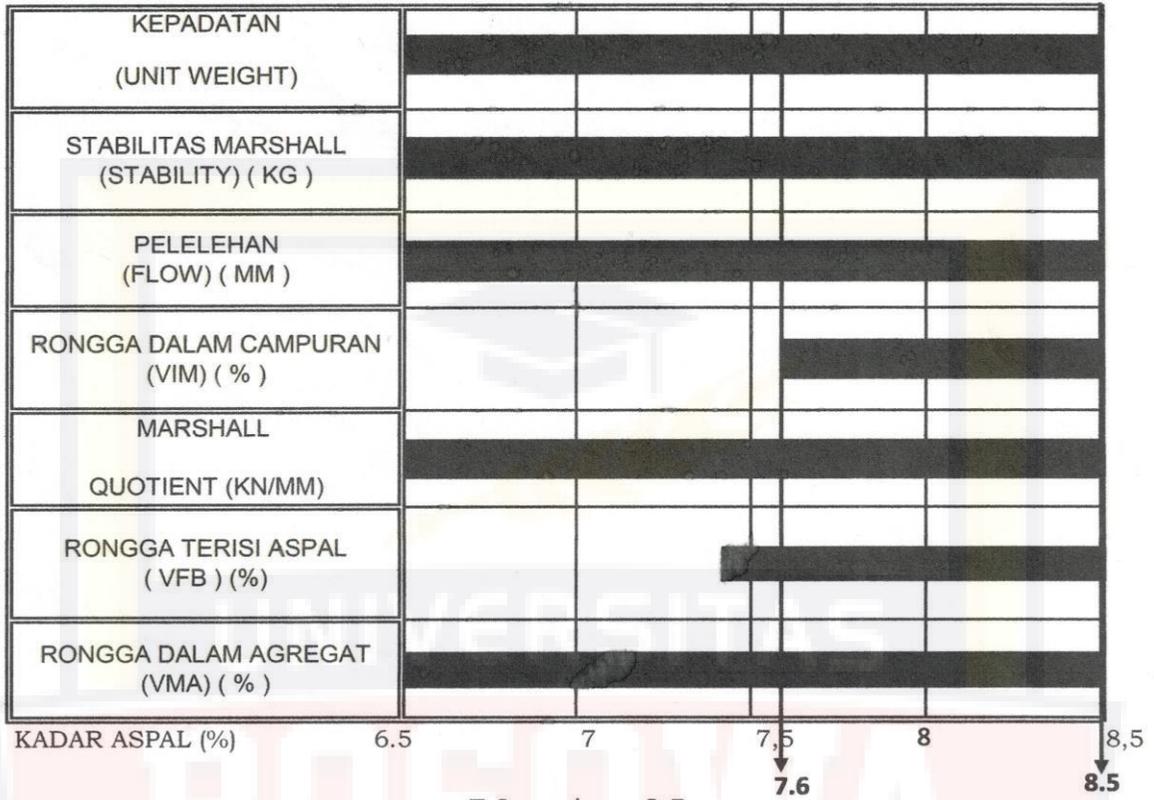


DIAGRAM PENENTUAN KADAR ASPAL OPTIMUM



$$\text{KADAR ASPAL OPTIMUM} = \frac{7,6 + 8,5}{2}$$

$$= 8,05$$

$$\text{KAO} = 8,05\%$$

Makassar,
2022

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

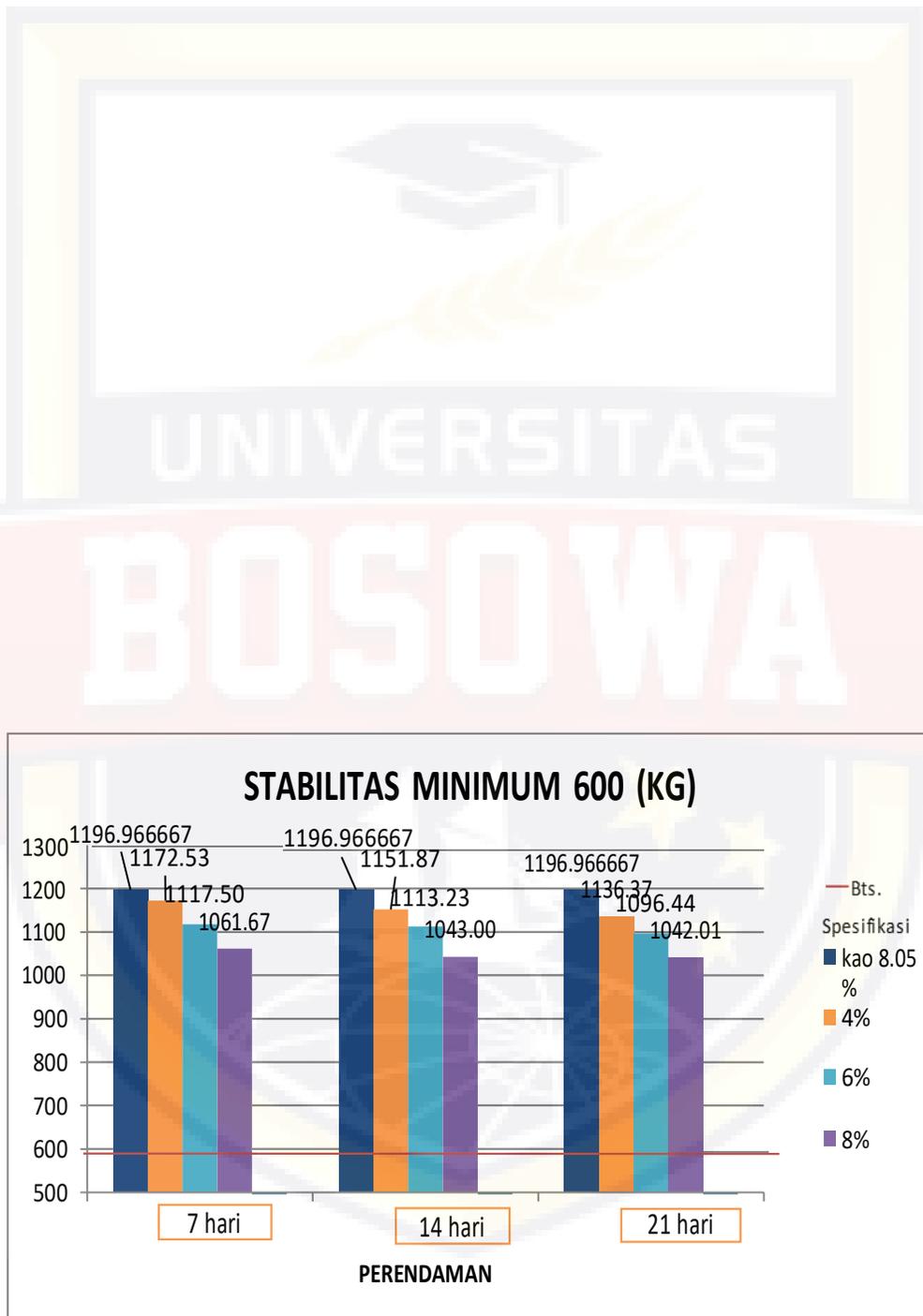


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT

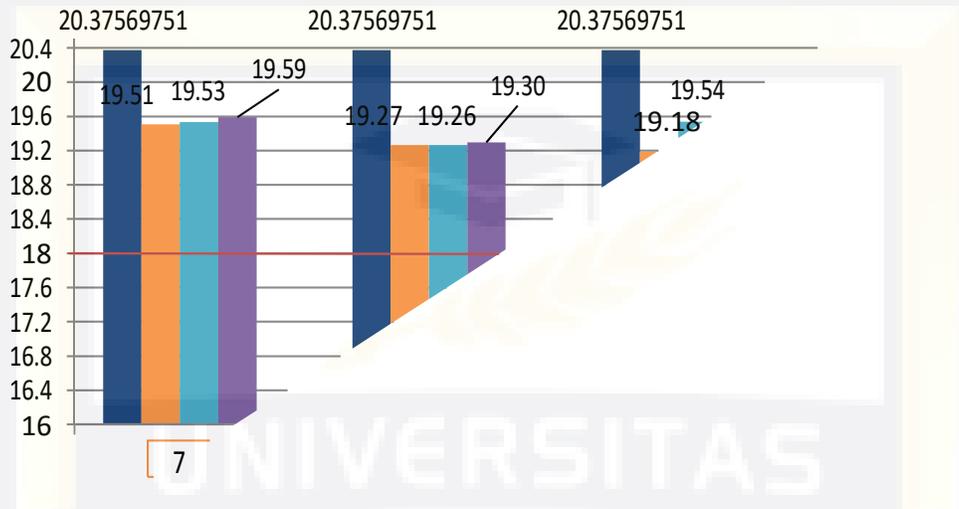


Marlina Alwi, ST

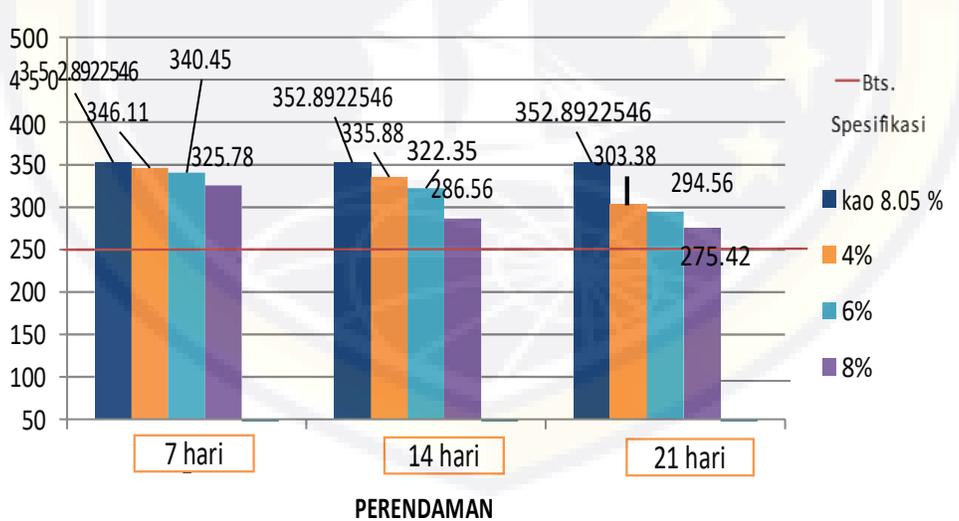
Grafik Gabungan KAO Dengan Kadar Karet

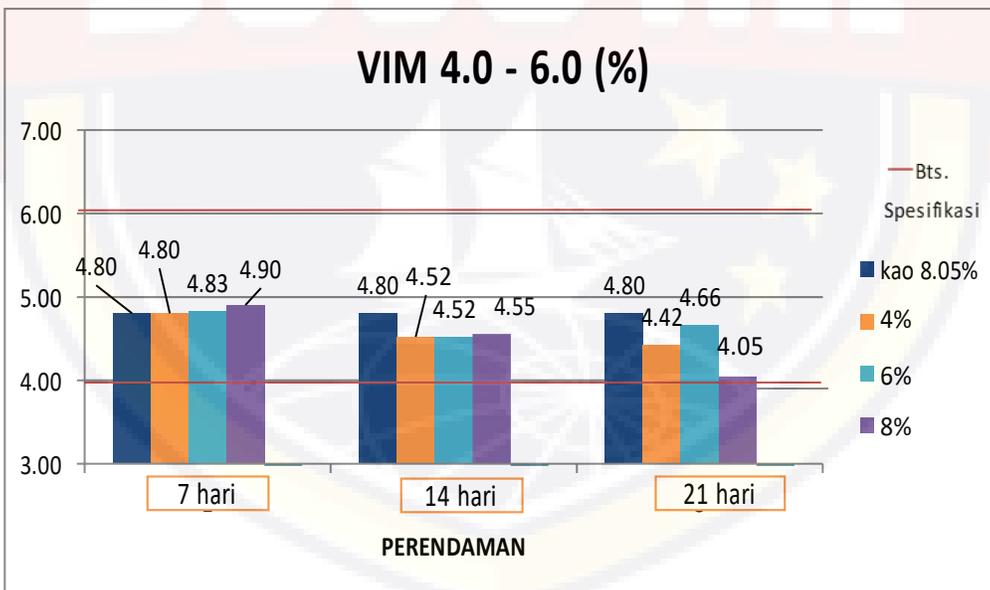
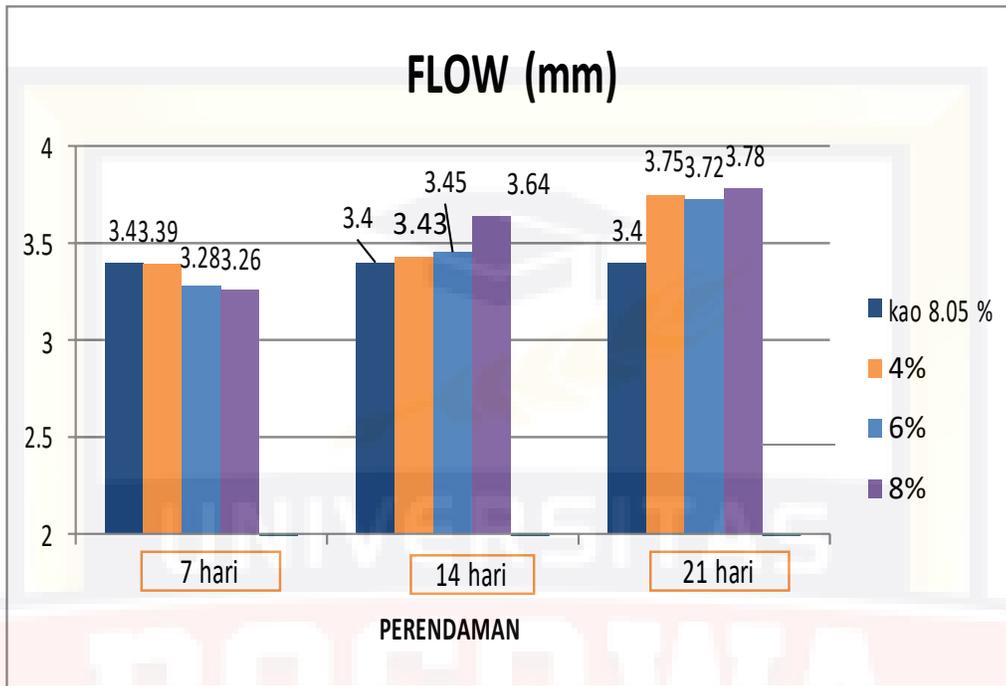


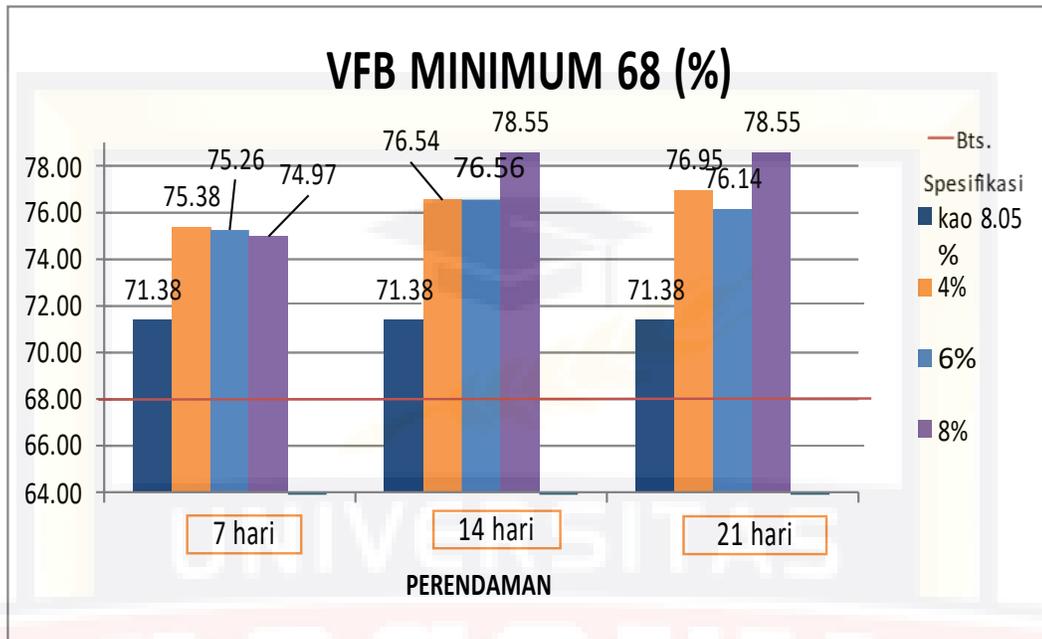
VMA MINIMUM 18 (%)



MQ MINIMUM 250 (KG/MM)









LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

KAO SISA

Kadar Aspal	=	8,05	%		100	%	-	8,05	%	=	91,95
Hasil Combine											
BP 1-2	10	%	x	91,95	%	=	0,09195	x	1200	=	110,34
BP 0,5 - 1	38	%	x	91,95	%	=	0,34941	x	1200	=	419,29
Abu Batu	51	%	x	91,95	%	=	0,46895	x	1200	=	562,73
Filler	1	%	x	91,95	%	=	0,0092	x	1200	=	11,034
Aspal	8,05	%			X				1200	=	96,6
											1200

UNIVERSITAS
BOSOWA

Makassar, 2022

Mengetahui

Diperiksa Oleh

Kepala Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Ir. H. Abd Rahim Nurdin, M.T

Marlina Alwi, ST



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

MARSHALL TEST
 (AASHTO T. 246 - 97 (2003))

Penetrasi Aspal : 6070
 Berat Jenis Aspal : 1,020 gr/cc
 Id. Tes Oleh : Jusat Simon Linus

Campuran : H/S - WC
 Test : Kadar Aspal Optimum
 Filler : Semen
 Tanggal Tes :

No	Bi Bulk Agregat	Bi Bulk	Bi Senu
a	Batu Pecah 1 - 2	2,66	2,77
b	Batu Pecah 0,5 - 1	2,84	2,74
c	abu batu	2,48	2,66
d	Filler	3,14	3,14

No.	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				Kadar Aspal Efektif (%)	Kadar Aspal (%)	Bi Bulk Gabungan	Bi Elektif Gabungan	Bi Maksimum Campuran (GMM)	Berat (Gram)			Kering Permukaan (SSD)	Volume Uj /	Bi Bulk Campuran (Keplastan)	% Rongga Dalam Campuran (VM)	Stabilitas (Kg)	Dissualian (Kalibrasi Alat & Angka Korelasi)	Pelelehan (mm)	(kg/mm)	Marshall Quisient	Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)
	a	b	c	d						D	E	F														
I	10	38	51	1	6,86	8,05	2,54	2,63	2,334	1172,1	661,6	1194,6	533,00	2,199	5,78	83	1236,7	3,25	380,5	5,06	1,30	14,23	20,33	71,59		
II	10	38	51	1	6,86	8,05	2,54	2,63	2,334	1170,0	662,1	1195,1	533,00	2,199	5,94	77	1147,3	3,55	323,2	5,06	1,30	14,23	20,33	70,96		
III	10	38	51	1	6,86	8,05	2,54	2,63	2,334	1171,5	661,7	1194,4	532,70	2,199	6,77	81	1206,9	3,40	355,0	5,06	1,30	14,23	20,33	71,61		
									2,334			1194,7	532,90	2,20	6,63	80,33	1196,97	3,40	362,9	5,06	1,30	14,23	20,38	71,58		
I	10	38	51	1	6,86	8,05	2,54	2,63	2,334	1170,5	661,8	1190,9	528,1	2,21	5,21	74	1146,7	3,52	325,8	5,06	1,30	14,23	19,85	73,75		
II	10	38	51	1	6,86	8,05	2,54	2,63	2,334	1172,6	662,6	1192,5	529,9	2,21	5,18	71	1100,2	3,80	289,5	5,06	1,30	14,23	19,83	73,86		
III	10	38	51	1	6,86	8,05	2,54	2,63	2,334	1171,3	662,2	1192,1	529,9	2,21	5,29	73	1131,2	3,72	304,1	5,06	1,30	14,23	19,92	73,44		
									2,334	1171,5	662,2	1191,8	529,6	2,21	5,23	72,7	1126,0	3,66	305,6	5,06	1,30	14,23	19,87	73,68		
SPESIFIKASI																										

Stabilitas Sisa = $\frac{\text{Perendaman 24 Jam}}{\text{Perendaman 30 menit}} = \frac{1126,0}{1197,0} \times 100\% = 94,07\%$

Mengetahui
 Kepala Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

(Signature)

IR. H. ABD. RAHIM NURDIN, MT

Makassar, 2022

Diperiksa Oleh

Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

(Signature)

MARLINA ALWI, ST