

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KARET BAN DALAM  
KENDARAAN TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL  
PADA LASTON AC-BC**

(Studi Penelitian)

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**DIMAS DIKO PERDANA**  
**1807210096**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2023**



## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Dimas Diko Perdana  
NPM : 1807210096  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Limbah Karet Ban Dalam  
Kendaraan Terhadap Karakteristik *Marshall* Pada Laston  
AC-BC (Studi Penelitian)  
Bidang ilmu : Transport

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

Medan, 26 Mei 2023

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Asfiati, M.T.

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

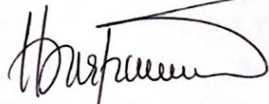
Nama : Dimas Diko Perdana  
NPM : 1807210096  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Limbah Karet Ban Dalam  
Kendaraan Terhadap Karakteristik *Marshall* Pada Laston  
AC – BC (Studi Penelitian)  
Bidang Ilmu : Transportasi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 26 Mei 2023

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing



Ir. Sri Asfiati, M.T.

Dosen Pembanding I



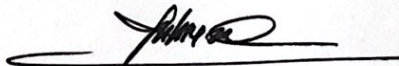
Ir. Zarkiyah, M.T.

Dosen Pembanding II



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc.

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc.

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dimas Diko Perdana  
Tempat/Tanggal Lahir : Medan / 14 Maret 2001  
NPM : 1807210096  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Pengaruh Penambahan Limbah Karet Ban Dalam Kendaraan Terhadap Karakteristik *Marshall* Pada Laston AC-BC (Studi Penelitian) ”.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kerjasama saya.

Demikian surat pernyataan ini saya perbuat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 26 Mei 2023

Saya yang menyatakan,



  
Dimas Diko Perdana

NPM : 1807210096

ABSTRAK  
PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KARET BAN DALAM  
KENDARAAN TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA  
LASTON AC-BC  
(*Studi Penelitian*)

Dimas Diko Perdana  
1807210096  
Ir Sri Asfiati, M.T

Jumlah limbah karet ban dalam bekas jumlahnya terus meningkat seiring dengan bertambah jumlah kendaraan di Indonesia. Masalah ini semakin besar limbah karet ban dalam bekas ini mencemari lingkungan sekitar dan tidak mudah terurai jika dibiarkan begitu saja tanpa penanganan khusus. Limbah karet ban dalam kendaraan mempunyai komposisi karet alam, karet sintentik, bahan kimia, karbon hitam dan minyak tertentu. Banyak penelitian yang sudah dilakukan terhadap aspal untuk mendapatkan viskositas yang baik dan daya tahan lama serta pemanfaatan limbah untuk mengurangi tercemarnya lingkungan. Penelitian ini melakukan perencanaan yaitu dengan penelitian di laboratorium membuat benda uji sebanyak 27 dengan variasi limbah karet ban dalam 1,5%, 2%, dan 2,5% dibuat sebanyak 3 benda uji dengan kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6%. Aspal campuran normal dibuat sebanyak 9 buah benda uji. Hasil Marshall test aspal lapisbeton (LASTON) AC – BC dengan penambahan limbah karet ban dalam kendaraan, nilai tertinggi dalam keadaan aspal optimum dan memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Hasil yang paling baik dengan variasi limbah karet ban dalam 1,5% mendapatkan hasil nilai *Bulk Density* 2,303 gr/cc, *Stability* 1157 kg, *Air Voids* 4,50%, *Void Filled* 70 %, *VMA* 14,60%, *Flow* 3,47 mm, *Marshall Quotient* 340 kg/mm. Penambahan limbah karet ban menghasilkan nilai stabilitas yang lebih tinggi daripada campuran normal. Hal ini disebabkan oleh campuran limbah karet ban yang dicampurkan dengan aspal yang membuat sifat elastis karet ban tercampur dan mempengaruhi sifat stabilitas aspal. VMA hasilnya tidak jauh dengan yang normal, sedangkan untuk VFA mengalami penurunan dari campuran normal ini diakibatkan karena karet ban menghalangi aspal buat mengisi rongga – rongga secara maksimal.

Kata kunci : Limbah Karet Ban Dalam, Laston AC-BC, Karakteristik *Marshall*.

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF ADDITION OF WASTE RUBBER TIRE IN VEHICLES ON MARSHALL CHARACTERISTICS AT LASTON AC-BC (Research Study)**

Dimas Diko Perdana  
1807210096  
Ir Sri Asfiati, M.T

*The amount of waste rubber in used tires continues to increase along with the increasing number of vehicles in Indonesia. This problem is getting bigger because the waste rubber in used tires pollutes the surrounding environment and does not easily decompose if left alone without special handling. Rubber waste in vehicle tires has a composition of natural rubber, synthetic rubber, chemicals, carbon black and certain oils.. So from the composition contained in the tire rubber waste in vehicles can increase the value of stability (resistance) on the marshal on asphalt. %, and 2.5% were made as many as 3 specimens with asphalt content of 5%, 5.5% and 6%. As much as 9 test pieces of normal mixed asphalt are made. The results of the AC-BC asphalt concrete asphalt test (LASTON) with the addition of tire rubber waste in vehicles, the highest value is in optimum asphalt conditions and meets the 2018 Bina Marga specifications. The best results with a variation of 1.5% inner tire rubber waste get the bulk value Density 2.303 gr/cc, Stability 1157 kg, Air Voids 4.50%, Void Filleds 70 %, VMA 14.60%, Flow 3.47 mm, Marshall Quotient 340 kg/mm. The addition of waste tire rubber produces a higher stability value than the normal mixture. This is caused by a mixture of tire rubber waste mixed with asphalt which makes the elastic properties of tire rubber mixed and affects the stability properties of asphalt. The results for the VMA bauta are not far from the normal ones, while for the VFA it has decreased from the normal mix. This is due to the rubber tires blocking the asphalt from filling the cavities to the fullest.*

*Keywords: waste rubber tires in vehiclesl, Laston AC-BC, Marshall Characteristics.*

## KATA PENGANTAR



### **Assalamu'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.**

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "Pengaruh Penambahan Limbah Karet Ban Dalam Kendaraan Terhadap Karakteristik Marshall Pada Laston AC-BC" sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Ir. Sri Asfiati, M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Ir. Zurkiyah, M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II dan Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipilan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

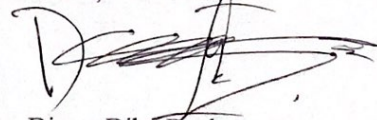
8. Terimakasih yang istimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Eko Prihartono, S.T dan Ibunda tercinta Nurdiana yang telah bersusah payah mendidik dan membiayai saya serta menjadi penyemangat saya serta senantiasa mendoakan saya sehingga penulis dapat menyelesaikan studinya.
9. Sahabat-sahabat penulis yaitu Teknik Sipil 2018, keluarga B1 pagi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, keluarga besar Pimpinan Komisariat Ikatan Mahasiswa Muhammadiyah Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dan seluruh teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Saya menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan.

Akhir kata saya mengucapkan terima kasih dan rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga Tugas Akhir bisa memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman-teman mahasiswa Teknik Sipil khususnya. Aamiin.

Wassalamu'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 26 Mei 2023



Dimas Diko Perdana

NPM : 1807210096



## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Jenis Campuran Aspal	6
2.3 Laston	7
2.4 Aspal	9
2.5 Agregat	10
2.5.1 Agregat Kasar	10
2.5.2 Agregat Halus	11
2.5.3 Bahan Pengisi ( <i>Filler</i> )	12
2.6 Gradasi Agregat Gabungan	12
2.6.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat	14
2.6.2 Berat jenis dan penyerapan agregat kasar	14
2.6.3 Berat jenis dan penyerapan agregat halus	15
2.7 Bahan limbah ban dalam bekas kendaraan bermotor	15

2.8 Metode pengujian Marshall	16
<b>BAB 3 METOLE PENELITIAN</b>	<b>23</b>
3.1 Bagan Alir Metode Penelitian	23
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	24
3.3 Metode Penelitian	24
3.4 Material Untuk Penelitian	24
3.5 Teknik Pengumpulan Data	24
3.5.1 Data Primer	25
3.5.2 Data Sekunder	25
3.6 Prosedur Penelitian	25
3.7 Alat-alat	26
3.8 Pemeriksaan Bahan Campuran	28
3.8.1 Pemeriksaan Agregat	28
3.8.2 Pengujian Aspal	28
3.9 Prosedur Kerja	29
3.9.1 Pembuatan Benda Uji	29
3.9.2 Perencanaan Campuran	30
3.9.3 Pengujian dengan Alat Marshall	30
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>32</b>
4.1 Pemeriksaan Gradasi Agregat	32
4.1.1 Analisa Saringan	32
4.1.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat	37
4.2 Pemeriksaan aspal	40
4.3 Pemeriksaan Benda Uji	41
4.1.3 Pemeriksaan Nilai Karakteristik Uji <i>Marshall</i> Terhadap Benda Uji	41
4.4 Analisa dan pembahasan	44
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>53</b>
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	54
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nominal Minimum Campuran Beraspal	5
Table 2.2	Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC)	7
Tabel 2.3	Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston Modifikasi (AC MOD)	8
Table 2.4	Ketentuan Agregat Kasar	10
Table 2.5	Ketentuan Agregat Halus	12
Table 2.6	Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal	13
Tabel 2.7	Contoh Batas-Batas “Bahan Bergradasi Senjang”	13
Tabel 2.8	Faktor Korelasi Stabilitas	21
Tabel 3.1:	Acuan Pengujian Aspal	28
Tabel 4.1 :	Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar (Ca) <sup>1</sup>	32
Tabel 4.2:	Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat kasar (MA) ½”	33
Tabel 4.3:	Hasil pemeriksaan analisis saringan abu batu (FA)	33
Tabel 4.4:	Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus pasir ( <i>Natural Sand</i> )	34
Tabel 4.5:	Hasil proporsi gradasi agregat campuran normal	35
Tabel 4.6:	Hasil perhitungan berat agregat yang dibutuhkan pada benda uji campuran normal	36
Tabel 4.7:	Hasil perhitungan berat agregat yang dibutuhkan pada benda uji dengancampuran limbah ban dalam bekas variasi 1,5%	36
Tabel 4.8:	Data hasil pengujian berat jenis agregat kasar CA 1”	37
Tabel 4.9:	Data hasil perhitungan berat jenis agregat kasar CA 1”	37
Tabel 4.10:	Data hasil pemeriksaan berat jenis agregat medium MA ½” inch	38
Tabel 4.11:	Data hasil perhitungan berat jenis agregat medium MA ½” inch	38
Tabel 4.12:	Data hasil pengujian berat jenis agregat halus pasir ( <i>sand</i> )	39
Tabel 4.13:	Data hasil perhitungan berat jenis agregat halus pasir ( <i>sand</i> )	39
Tabel 4.14:	Data hasil pengujian berat jenis agregat halus abu batu (FA)	40
Tabel 4.15:	Data hasil perhitungan berat jenis agregat halus abu batu (FA)	40
Tabel 4.16:	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Penetrasi 60/70 (PT. Adhi Karya)	41
Tabel 4.17:	Hasil uji <i>Marshall</i> aspal campuran normal	43
Tabel 4.18:	Hasil uji <i>Marshall</i> pada aspal campuran karet ban dalam bekas denganvariasi 1,5%, 2%, dan 2,5%.	44

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Bagan Alir Penelitian	23
Gambar 4.1:	Grafik hasil proporsi gradasi campuran normal	35
Gambar 4.2:	Grafik kadar aspal optimum aspal campuran normal	43
Gambar 4.3:	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) terhadap <i>bulk density</i> (gr/cc) aspal normal	45
Gambar 4.4:	Grafik hubungan limbah karet ban dalam (%) dengan <i>bulk density</i> (gr/cc)	45
Gambar 4.5:	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan stabilitas (kg) pada aspal normal	46
Gambar 4.6:	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan stabilitas (kg) pada aspal dengan campuran limbah karet ban dalam	46
Gambar 4.7:	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>flow</i> (mm) pada aspal normal	47
Gambar 4.8:	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>flow</i> (mm) pada aspal dengan campuran limbah karet ban dalam	47
Gambar 4.9:	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>air voids</i> (%) pada aspal normal	48
Gambar 4.10:	Grafik hubungan antara limbah karet ban dalam (%) terhadap <i>air voids</i> (%) pada aspal dengan campuran limbah karet ban dalam	48
Gambar 4.11:	Grafik hubungan kadar aspal (%) dengan <i>Voids Filled</i> (%) pada aspal normal	49
Gambar 4.12:	Grafik hubungan kadar limbah karet ban dalam (%) terhadap <i>Void Filled</i> /VFA (%)	49
Gambar 4.13:	Grafik hubungan kadar aspal (%) dengan VMA (%) pada aspal normal	50
Gambar 4.14:	Grafik hubungan limbah karet ban dalam (%) terhadap VMA (%)	50
Gambar 4.15:	Grafik hubungan kadar aspal (%) dengan MQ (kg/mm) pada aspal normal	51
Gambar 4.16:	Grafik hubungan limbah karet ban dalam (%) dengan MQ (kg/mm)	51

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Jalan adalah salah satu prasarana transportasi sangat penting dalam kemajuan pembangunan untuk perkembangan kehidupan manusia. Desain perkerasan jalan yang baik adalah salah satu keharusan yang penting untuk kenyamanan dan keamanan buat menunjang pelayanan yang optimal agar manusia menikmati jalan dengan aman dan cepat menghubungkan satu tempat ke tempat lainnya.

Jalan yang kenyamanan dan keamanan yang tinggi membuat pengguna menjadi aman dan nyaman serta mudah dalam proses pergerakan. Agar terciptanya jalan kondisi yang baik dibutuhkan lapisan perkerasan jalan yang baik.

Namun kebanyakan jalan di Indonesia sendiri memiliki lapisan aspal yang belum baik sering kita dapati jalanan yang rusak yang diakibatkan terlalu padatnya kendaraan sehingga jalan tidak dapat menampung beban kendaraan yang padat. Umur jalan pun juga bisa jadi faktor kerusakan jalan serta air yang tergenang akibat eksisting yang mengelupas.(Wibisono et al., 2021)

Maka jenis perkerasan lentur masih sangat berperan penting dalam konstruksi jalan raya. Karena perkerasan lentur mudah diaplikasikan dan bisa dengan cepat dipakai kendaraan melaju secara aman. Terdapat di jalan Indonesia jenis perkerasan lentur yang di gunakan adalah lapisan aspal beton (LASTON). Lapisan aspal beton sendiri memiliki sifat tahan terhadap keausan, kedap air, mempunyai nilai struktural, stabilitas tinggi, mudah dilaksanakan dan nyaman.(Fitri et al., 2018)

Agar mengetahui pengaruh campuran agregat aspal bisa dilakukan memodifikasi sifat-sifat fisik aspal. Fokusnya penetrasi dan titik lembek dengan memakai bahan tambahan berupa 'limbah karet ban dalam' agar bisa mengurangi temperatur dan keelastisan aspal.

Limbah ban dalam bekas kendaraan adalah karet yang berasal dari pohon karet yang melalui pengolahan yang sudah dicampur dengan campuran tertentu yaitu karet alam, karet sintentik, bahan kimia, karbon hitam dan minyak tertentu. Ban dalam bekas kendaraan ini bisa digunakan untuk penambahan campuran laston.

Sehingga dengan pemanfaatan limbah ban dalam bekas ini bisa menjadi alternatif bahan campuran laston dan juga bisa mengurangi limbah ban dalam yang menjadi sampah di bumi dengan di manfaatkan sebagai bahan campuran.

Dari latar belakang diatas, Maka penulis membuat tugas akhir penlitian berjudul “*Pengaruh penambahan limbah karet ban dalam kendaraan terhadap karakteristik Marshall Pada Laston AC-BC*”

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan maka rumusan masalah penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh dari bahan tambah limbah karet ban dalam terhadap campuran laston AC-BC terhadap karakteristik *Marshall*?
2. Bagaimana pengaruh dari persentase bahan tambah ban dalam bekas kendaraan sebesar 1,5%, 2%, 2,5% dengan kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5% pada laston AC-BC terhadap karakteristik *Marshall*?

## **1.3 Ruang Lingkup**

Agar pembahasan dan penyusunan tugas akhir ini lebih terarah serta tidak menyimpang dari pokok permasalahan maka ruang lingkup penelitian terdiri dari:

1. Penelitian dilakukan di laboratorium PT. Adhi Karya, lantasan baru, patumbak, Deli Serdang, Sumatra Utara.
2. Bahan penelitian akan dilakukan pada lapisan AC-BC
3. Karet ban dalam bekas kendaraan yang dipakai ialah ban dalam sepeda motor yang sudah di potong menjadi berbentuk kecil, yang rata-rata berukuran 1,8mm x 1,8mm.
4. Kadar tambah tambahan ban dalam bekas kendaran sepeda motor yang digunakan adalah 1,5%, 2%, 2,5% dengan kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5% dari berat total campuran.
5. Standart yang digunakan adalah sfesifikasi Bina Marga 2018

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Berkaitan dengan latar belakang dan rumusan masalah yang dikemukakan oleh peneliti, maka dari itu adapun tujuan penelitian tugas akhir ini, sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh dari bahan tambah limbah ban dalam kendaraan pada lapisan AC-BC terhadap karakteristik *Marshall*.
2. Untuk mengetahui pengaruh dari persentase penambahan limbah ban dalam kendaraan sebesar 1,5%, 2%, 2,5% dengan kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5% pada lapisan AC-BC terhadap karakteristik *Marshall*.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi berbagai pihak yang memiliki keterkaitan dalam penelitian lapisan aspal, manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Diharapkan dapat memberi pengetahuan baru yang sesuai dengan bidang ilmu Teknik Sipil khususnya yang berkaitan dengan pekerjaan perkerasan jalan raya dengan bahan tambah yaitu memanfaatkan limbah ban dalam bekas kendaraan pada lapisan AC-BC.
2. Diharapkan menjadi referensi untuk penelitian- penelitian lainnya yang berkaitan dengan perkerasan jalan raya.
3. Hasil dari penelitian ini diharapkan menjadi salah satu solusi untuk menyelesaikan masalah yang terkait dengan inovasi terbaru dalam peningkatan kualitas perkerasan jalan dengan memanfaatkan bahan alternatif.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

##### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Dalam bab ini dibahas secara singkat mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, ruang lingkup, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistematika penulisan dan bagan alir.

##### **BAB 2 TIJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas mengenai dasar-dasar teori yang digunakan dalam menyelesaikan masalah-masalah yang ada.

### BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan tabulasi data yang telah diperoleh, evaluasi data.

### BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil penelitian yang telah dilakukan.

### BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini mengenai kesimpulan hasil penelitian, Sebagai pelengkap laporan disertakan juga beberapa data hasil penelitian sebagai lampiran.



## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Umum

Campuran beraspal merupakan campuran dari agregat dan aspal. Dicampuran beraspal, aspal mempunyai peranan sebagai lem atau pengikat antar agregat dan agregat berperan sebagai tulangan. Sifat-sifat mekanis aspal di campuran beraspal didapat dari kohesi dan friksi dari bahan yang membentuknya. Kohesi didapat dari sifat-sifat aspal. Friksi agregat didapat dari kaitan antar butir agregat, dan kekuatan tergantung oleh tekstur permukaan, ukuran agregat terbesar yang di pakai, bentuk butiran, dan gradasi. Karna hal tersebut kinerja campuran beraspal sangat terpengaruh oleh sifat-sifat aspal, agregat, dan campuran padat yang dihasilkan dari terbentuknya dua bahan yaitu aspal dan agregat.

Campuran beraspal panas melingkup lapisan padat yang bagus ialah lapisan pondasi, lapisan perata, lapisan aus dan lapisan antara. Campuran beraspal panas terdiri dari agregat, bahan aspal, selulosa serta bahan anti penelupas, yang dicampur dengan panas di pusat instalasi campuran, dan juga memadatkan serta menghampar campuran itu diatas permukaan pondasi atau permukaan jalan yang sudah ada disiapkan sesuai memenuhi spesifikasi.

Ada syarat ketebalan total campuran beraspal tidak diperbolehkan apabila kurang dari jumlah rancangan dari masing-masing campuran. Syarat tebal nominal campuran uda di tentukan oleh binmarga tabel 2.1

Tabel 2.1 : Tabel Nominal Minimum Campuran Beraspal (Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jendral Binamarga, 2018)

Jenis campuran	Simbol	Tabel Nominal Minimum (cm)
<i>Split Mastic Asphlat</i> – Tipis	SMA – Tipis	3,0
<i>Split Mastic Asphlat</i> - Halus	SMA – Halus	4,0
<i>Split Mastic Asphlat</i> - Kasar	SMA – Kasar	5,0

Tabel 2.1: *Lanjutan*

Jenis campuran		Simbol	Tabel Nominal Minimum (cm)
Lastaston	Lapisan Aus	HRS – WC	3,0
	Lapisan pondasi	HRS – Base	3,5
Laston	Lapisan Aus	AC – WC	4,0
	Lapisan Antara	AC – BC	6,0
	Lapisan Fondasi	AC – Base	7,5

## 2.2 Jenis Campuran Aspal

Terdapat 3 jenis campuran beraspal yang masing-masing mempunyai ketebalan yang berbeda pada setiap lapisan, yaitu:

### 1. *Stone Matrix Asphalt (SMA)*

*Stone matrix asphalt (SMA)* ialah jenis campuran beraspal panas yang bisa digunakan sebagai lapis permukaan yang mengandung agregat kasar yang besar serta kadar aspal yang tinggi. Kelebihan dari campuran beraspal ini mempunyai ketahanan gelincir yang tinggi, ketahanan terhadap deformasi, dan ketahanan keretakan. Campuran ini juga sangat cocok untuk menahan beban berat kendaraan, seperti dikawasan pabrik, dan perkebunan. Ukuran maksimum agregat adalah 12,5mm, 19mm, 25mm.

### 2. Lapis tipis aspal beton (*Hot Roller Sheet, HRS*)

*Hot Roller Sheet (HRS)* atau lastaston ialah jenis campuran lapisan nonstruktural yang mempunyai agregat gradasi senjang, filer dan aspal keras dicampur dengan perbandingan tertentu dalam keadaan panas. Ukuran maksimum agregat dari masing-masing pada campuran ini adalah 19mm

### 3. Lapis Aspal Beton (*Asphalt Concreat, AC*)

Laston atau *Asphalt Concreat (AC)* merupakan lapisan permukaan yang menggunakan agregat bergradasi baik. Laston digunakan untuk lalu lintas berat. Ada dua jenis laston yang digunakan sebagai lapis permukaan, yaitu Laston lapis aus atau AC-WC (*Asphalt Concreat – Wearing Course*) yang menggunakan agregat ukuran maksimum 19 mm, dan Laston Lapis Permukaan Antara atau

AC-BC (Asphalt Concreat – Binder Course) yang menggunakan agregat ukuran maksimum 25 mm.

### 2.3 Laston

Laston adalah salah satu tipe perkerasan aspal yang paling sering digunakan di Indonesia. Terdiri atas 3 lapis, yaitu AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*), AC-BC (*Asphalt Concrete - Binder Course*), dan AC-Base (*Asphalt Concreat – Base*) sebagai pondasi.(Prayogi et al., 2021)

Dalam Bina Marga 2018 fungsi dari laston (AC) mempunyai 3 macam campuran yaitu:

1. Laston sebagai lapisan aus, bersimbolkan dengan AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*), dengan tebal nominal minimum 4cm
2. Laston sebagai lapisan antara, bersimbolkan dengan AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*), dengan tebal nominal minimum 6cm
3. Laston sebagai pondasi, bersimbolkan dengan AC-Base (*Asphalt Concrete – Base*), dengan tebal nominal minimum 7,5cm

Adapun bina marga 2018 juga memberikan persyaratan dalam laston lapisan perkerasan yang bisa dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2: Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC) (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 <sup>(1)</sup>
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks.	1,2		
Rongga dalam campuran (%) <sup>(4)</sup>	Min	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1800 <sup>(3)</sup>
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks.	4		6 <sup>(3)</sup>

Tabel 2.3: *Lanjutan*

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C <sup>(5)</sup>	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal) <sup>(6)</sup>	Min	2		

Tabel 2.3: Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston Modifikasi (AC Mod) (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

Sifat-Sifat Campuran		Laston Modifikasi		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 <sup>(3)</sup>
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks.	1,2		
Rongga dalam campuran (%) <sup>(4)</sup>	Min	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	1000		2250 <sup>(3)</sup>
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks.	4		6 <sup>(3)</sup>
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal) <sup>(6)</sup>	Min	2		
Stabilitas Dinamis, lintasan/mm <sup>(7)</sup>	Min	2500		

## 2.4 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruangan berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan pada temperatur tertentu aspal dapat berubah menjadi lunak (cair) sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam ataupun peleburan.(Sukirman, 2016)

Aspal termaksud produk dari minyak yang merupakan hasil dari penyulingan minyak bumi, dan dikenal dengan aspal keras. Aspal sendiri juga ada yang bersumber dari alam secara ilmiah yang dikenal aspal alam. Banyak juga sekarang aspal dimodifikasi dengan menambahkan bahan tambahan untuk memperbaiki mutu aspal yang dikenal dengan aspal buatan.

Bedasarkan tempat diperolehnya aspal dibedakan menjadi 2, yaitu aspal alam dan aspal buatan.(Sukirman, 2016)

### 1. Aspal alam

Aspal alam adalah aspal yang didapat dari adanya minyak bumi yang melalui retak-retak kulit bumi. Setelah minyak terjadi proses penguapan, maka tinggal aspal yang tertempel pada batuan yang dilalui. Contoh dari aspal ini adalah aspal gunung (*rock asphalt*) dan aspal danau (*lake asphalt*).

### 2. Aspal buatan

Aspal buatan adalah aspal yang diperoleh dari hasil penyulingan bahan-bahan seperti minyak dan batu bara. Contoh dari aspal buatan adalah aspal minyak dan tar. Aspal minyak adalah aspal yang diperoleh dari penyulingan minyak bumi. Aspal minyak sebagai bahan dasar aspal dapat dibedakan atas aspal keras (*asphalt cement, AC*), aspal dingin (*cut back asphalt*), dan aspal emulsi (*emulsion asphalt*). Aspal keras yaitu aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas dan berbentuk padat pada keadaan pentimpanan, sedangkan aspal dingin adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan dingin. Aspal emulsi adalah aspal yang disebabkan dalam bentuk emulsi dan dapat digunakan dalam keadaan dingin maupun panas (Sukirman, 2010).

## 2.5 Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai sesuatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari setruktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat material lainnya.

Agregat sendiri diklasifikasikan berdasarkan ukuran butirannya yaitu:

1. Agregat kasar, agregat yang berukuran butir lebih besar dari saringan No.4 atau tertahan saringan No.4
2. Agregat halus, agregat yang berukuran butir lebih kecil dari saringan No.4 dan maksimum yang lolos ayakan No.200 atau lolos saringan No.4 dan tertahan saringan No.200.
3. Bahan pengisi (*filler*), bagian dari agregat halus yang lolos saringan No.200

### 2.5.1 Agregat Kasar

Agregat kasar agregat yang tidak lolos saringan No.4 (4,75 mm) dan agregat tersebut harus bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki. Fraksi agregat kasar harus berasal dari batuh pecah mesin yang disiapkan dalam ukuran nominam sesuai yang direncanakan. Agregat kasar juga harus mempunyai angularitas adalah sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 4,75 mm dengan muka bidang pecah satu atau lebih.

Tabel 2.4: Ketentuan Agregat Kasar (Spesifikasi Bina Marga, 2018).

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat	Magnesium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	Maks. 6%
		500 putaran	Maks. 30%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8%
		500 putaran	Maks. 40%

Table 2.4: *Lanjutan*

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90 <sup>*)</sup>
	Lainnya		95/90 <sup>**)</sup>
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4791-10	Maks. 5%
	Lainnya	Perbandingan 1 : 5	Maks. 10%
Material Lolos Ayakan No.200		SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

Catatan :

- 100/90 menunjukkan bahwa 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.
- 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

### 2.5.2 Agregat Halus

Agregat halus agregat yang lolos saringan No.4 dan tertahan disaringan No.200. Fraksi agregat halus pecah mesin dan pasir ditempatkan dibedakan dengan agregat kasar. Agregat pecah halus dan pasir harus ditumpuk terpisah dan dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin terpisah sehingga dapat di kendalikan dengan baik. Pasir alam bisa digunakan dalam campuran AC tidak boleh lebih dari 15% terhadap berat total campuran.

Untuk mendapatkan agregat halus yang memenuhi ketentuan adalah dengan cara:

1. Bahan baku buat agregat halus harus dicuci bersih dahulu secara mekanisme sebelum ke mesin pemecah batu, atau.
2. Fraksi agregat halus dari pemecahan pertama tidak boleh langsung dipakai.
3. Agregat dari pemecahan batu pertama harus dipisahkan dengan *vibro scalping screen* yang dipasang diantara *primary crusher* dan *secondary crusher*.
4. Material yang tertahan *vibro scalping screen* dan akan dipecah oleh *secondary crusher*, hasil pengayakannya dapat digunakan menjadi agregat halus.

5. Material lolos *vibro scalping screen* hanya bisa digunakan sebagai komponen material Lapis Fondasi Agregat.

Agregat halus harus memenuhi ketentuan yang terdapat dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.5: Ketentuan Agregat Halus (Spesifikasi Kementerian PUPR; Direktorat Bina Marga, 2018)

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45%
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

### 2.5.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) adalah bahan yang ditambahkan bisa berupa debu batu kapur, debu kapur padam, debu kapur magnesium, dan dolomit yang harus sesuai AASHTO M303-89(2014) atau semen, dan abu terbang tipe C dan F yang asalnya disetujui oleh pengawas pekerjaan. Bahan pengisi tambahan semen hanya dapat digunakan apabila campuran beraspal panas dengan bahan pengikat jenis aspal keras pen 60-70. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan tidak terdapat gumpalan dan akan diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136:2012 bahan yang mengandung harus lolos saringan No.200 (75 Micron) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya. Untuk semen bahan pengisi yang ditambahkan harus dalam rentang 1% hingga 2% terhadap berat total agregat dan untuk bahan pengisi lainnya harus rentang 1% hingga 3% terhadap berat total agregat, tetapi buat SMA tidak dibatasi kadarnya akan tetapi tidak dibolehkan menggunakan semen.

## 2.6 Gradasi Agregat Gabungan

Spesifikasi yang tertera di binamarga 2018 gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal berupa ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengis, harus memenuhi batas – batas yang terdapat pada tabel 2.5. Terdapat juga rancangan dan perbandingan agregat gabungan harus memiliki jarak terhadap



batas-batas yang terdapat pada tabel 2.5. Untuk memperoleh gradasi HRS-WC atau HRS-Base senjang, maka paling sedikit 80% agregat lolos ayakan No.8 (2,36mm) harus lolos ayakan No.300 (0,600mm). Apabila gradasi yang didapat tidak memenuhi kesenjangan yang di syaratkan pada tabel 2.5 dibawah ini maka pengawas pekerjaan bisa menerima gradasi tersebut dengan catatan sifat-sifat campurannya memenuhi ketentuan yang disyaratkan.

Tabel 2.6: Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal ( Spesifikasi Kementerian PUPR; Bina Marga, 2018)

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix Aspal (SMA)			Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5								100
1"	25			100				100	90-100
¾"	19		100	90-100	100	100	100	90-100	76-90
½"	12,5	100	90-100	50-88	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
3/8"	9,5	70-95	50-80	25-60	75-85	65-90	77-90	66-82	52-71
No.4	4,75	30-50	20-35	20-28			53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	20-30	16-24	16-24	50-72	35-55	33-53	30-49	23-41
No.16	1,18	14-21					21-40	18-38	13-30
No.30	0,600	12-18			35-60	15-35	14-30	12-28	10-22
No.50	0,300	10-15					9-22	7-20	6-15
No.100	0,150						6-15	5-13	4-10
No.200	0,075	8-12	8-11	8-11	6-10	2-9	4-9	4-8	3-7

Tabel 2.7: Contoh Batas-batas “Bahan Bergradasi Senjang” (Spesifikasi Kementerian PUPR; Direktorat Bina Marga, 2018)

Ukuran Ayakan	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
% Lolos No.8	40	50	60	70
% Lolos No.30	Paling sedikit 32	Paling sedikit 40	Paling sedikit 48	Paling sedikit 56
% Kesenjangan	8 atau kurang	10 atau kurang	12 atau kurang	14 atau kurang

### 2.6.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Berat jenis diartikan dengan nilai perbandingan antara massa dan volume benda uji. Sedangkan dengan penyerapan adalah kemampuan bahan untuk menyerap air. Agregat dengan kadar pori yang besar membuat penggunaan aspal lebih banyak karena banyak terserap. Nilai penyerapan adalah berubahnya berat agregat diakibatkan pori-pori menyerap air agregat dalam keadaan kering. Pengukuran berat jenis dan penyerapan agregat harus dilakukan agar dapat bisa membuat perencanaan campuran aspal dengan agregat.

Ada terdapat beberapa macam berat jenis, yaitu:

1. Berat jenis curah (*bulk specific gravity*)

Berat jenis yang memperhitungkan terhadap seluruh volume yang ada.

2. Berat jenis kering permukaan (*SSD specific gravity*)

Berat jenis yang memperhitungkan volume pori yang hanya dapat diresap aspal ditambah volume vertikal.

3. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*)

Berat jenis yang memperhitungkan volume vertikal tidak menghitung volume pori yang dilewatkan air.

### 2.6.2 Berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis agregat kasar serta kemampuannya menyerap air. Untuk melakukannya agregat dalam keadaan kering curah, kering curah (jenuh kering permukaan), kering semu. Yang telah tertera di SNI-1996-2008 dengan perhitungan pers. 2.1 – pers.2.4

1. Berat Jenis Curah Kering

$$\text{berat jenis curah kering} = \frac{A}{(B-C)} \quad (2.1)$$

2. Berat jenis curah (jenuh kering permukaan)

$$\text{berat jenis curah (jenuh kering permukaan)} = \frac{B}{(B-C)} \quad (2.2)$$

3. Berat jenis semu

$$\text{berat jenis semu} = \frac{A}{(A-C)} \quad (2.3)$$

4. Penyerapan air

$$\text{penyerapan air} = \left[ \frac{B-A}{A} \right] \times 100\% \quad (2.3)$$

Keterangan :

A = Berat Benda Uji Kering Oven (gram)

B = Berat Benda Uji Kondisi Jenuh Kering Permukaan Diudara (gram)

C = Berat Benda Uji Dalam Air

### 2.6.3 Berat jenis dan penyerapan agregat halus

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis agregat halus serta kemampuan menyerap air. Untuk melakukannya agregat dalam keadaan kering curah, kering curah (jenuh kering permukaan), kering semu. Yang telah tertera di SNI-1970-2008 dengan perhitungan pers

1. Berat jenis curah kering

$$\text{Berat jenis curah kering (S}_d\text{)} = \frac{A}{(B+S-C)} \quad (2.4)$$

2. Berat jenis curah (kondisi jenuh kering permukaan)

$$\text{Berat jenis curah (S}_s\text{)} = \frac{S}{(B+S-C)} \quad (2.5)$$

3. Berat jenis semu

$$\text{Berat jenis semu (S}_a\text{)} = \frac{A}{(B+A-C)} \quad (2.6)$$

4. Penyerapan air

$$\text{Penyerapan air (S}_w\text{)} = \left[ \frac{S-A}{S} \right] \times 100\% \quad (2.7)$$

Keterangan :

A = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat pikrometer yang berisi air (gram)

C = Berat pikrometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram)

S = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram)

## 2.7 Bahan limbah ban dalam bekas kendaraan bermotor

Ban terdiri dari karet padat atau polimer ditambah dengan serat sintentis dan baja. Ban bekas memiliki sifat unik seperti memiliki kekuatan tarik yang tinggi, fleksibilitas dan sifat resistensi pergeseran yang tinggi. Penggunaan ban bekas

merupakan salah satu limbah bahan industri yang dapat digunakan sebagai zat adifitip campuran aspal (Putri et al., 2022).

Karet ban memiliki kandungan karet alam 44.32%, campuran *butadiene* 15,24%, minyak aromatic 1,85%, unsur karbon hitam 30,47%, *stearic acid* 1,07%, antioksidan 0,83%, dan sulfur 1,42% (Balaguru et al., 2011).

## 2.8 Metode pengujian Marshall

Metode Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) yang berkapasitas 2500 kg dan atau 5000 pon. *Marshall test* standardnya diperuntukan untuk perencanaan campuran beton aspal dengan ukuran agregat maksimum 25mm (1inch) dan menggunakan aspal keras.

Untuk pengujian Marshall ini diperlukan dengan persiapan benda uji. Untuk keperluan ini hal yang harus diperhatikan yaitu:

1. Bahan yang digunakan masuk spesifikasi
2. Kombinasi agregat memenuhi gradasi yang disyaratkan

Setelah dilakukan *Marshall test* menurut (Sukirman, 2010), metode Marshall menghasilkan akan diperoleh data-data sebagai berikut:

1. Stabilitas yang dinyatakan dalam bilangan bulat. Stabilitas menunjukkan kekuatan dan ketahanan terhadap terjadinya jalur (*rutting*).
2. Kelelahan plastis (*flow*) yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 inch. *Flow* dapat digunakan sebagai indikator terhadap lentur.
3. VIM yang merupakan persen rongga dalam campuran dan dinyatakan dalam bilangan desimal satu angka belakang koma. VIM merupakan indikator dari durabilitas.
4. VMA yang merupakan persen rongga terhadap agregat yang dinyatakan dalam bilangan bulat. VMA bersama dengan VIM merupakan indikator dari durabilitas.

Berikutnya adalah rumus-rumus yang digunakan untuk mencari nilai dari parameter-parameter Marshall.

- a. Berat jenis *bulk* dari total agregat

Setiap masing-masing fraksi dari agregat (agregat kasar, agregat halus dan *filler*) mempunyai nilai berat jenis bulk sendiri-sendiri. Adapun untuk rumus untuk mencari berat jenis *bulk* dari dari total agregat yaitu:

$$G_{sbtotal} = \frac{P1+P2+P3+\dots Pn}{\frac{P1}{G_{sb1}} + \frac{P2}{G_{sb2}} + \frac{P3}{G_{sb3}} + \dots \frac{Pn}{G_{sbn}}} \quad (2.8)$$

Keterangan:

$G_{sbtotal}$  : Berat jenis *bulk* agregat gabungan (gr/cc)

P1, P2, P3 : Persentase berat dari masing-masing agregat (%)

$G_{sb1}, G_{sb2}, G_{sb3}$  : Berat jenis *bulk* masing-masing agregat (gr/cc)

b. Berat jenis semu dari total agregat

Berikut adalah rumus untuk mencari nilai dari berat jenis semu dari total agregat, yaitu:

$$G_{satotal} = \frac{P1+P2+P3+\dots Pn}{\frac{P1}{G_{sa1}} + \frac{P2}{G_{sa2}} + \frac{P3}{G_{sa3}} + \dots \frac{Pn}{G_{san}}} \quad (2.9)$$

Keterangan:

$G_{abtotal}$  : Berat jenis semu agregat gabungan (gr/cc)

P1, P2, P3 : Persentase berat dari masing-masing agregat (%)

$G_{sa1}, G_{sa2}, G_{sa3}$  : Berat jenis semu masing-masing agregat (gr/cc)

c. Berat jenis efektif agregat

Berat jenis efektif agregat dapat ditentukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$G_{se} = \frac{G_{sb} + G_{sa}}{2} \quad (2.10)$$

Keterangan :

$G_{se}$  : Berat jenis efektif total agregat (gr/cc)

$G_{sb}$  : Berat jenis *bulk* agregat (gr/cc)

$G_{sa}$  : Berat jenis semu agregat (gr/cc)

d. Berat jenis maksimum campuran

Berat jenis maksimum campuran diperlukan untuk mencari atau menghitung kadar rongga udara dalam campuran. Rumus yang digunakan untuk menghitung berat jenis maksimum campuran adalah sebagai berikut:

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \quad (2.11)$$

Keterangan:

$G_{mm}$ : Berat jenis maksimum campuran (gr/cc)

$P_{mm}$  : Persentase berat total campuran (=100)

$P_s$  : Persentase kadar agregat terhadap berat total campuran (%)

$P_b$  : Persentase kadar aspal terhadap berat total campuran (%)

$G_{se}$  : Berat jenis efektif (gr/cc)

$G_b$  : Berat jenis aspal (gr/cc)

e. Berat jenis bulk campuran padat

Berat jenis bulk campuran padat dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$G_{mb} = \frac{W_a}{V_{bulk}} \quad (2.12)$$

Keterangan:

$G_{mb}$  : Berat jenis campuran setelah dipadatkan (gr/cc)

$V_{bulk}$  : Volume campuran setelah dipadatkan (cc)

$W_a$  : Berat di udara (gr)

f. Kepadatan (*density*)

*Density* merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. *Density* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kepadatan} = \frac{W_m}{W_{\text{mssd}} - W_{\text{mpw}}} \quad (2.13)$$

Keterangan:

$W_m$  : Berat benda uji setelah dipadatkan (gr)

$W_{\text{mssd}}$  : Berat benda uji ssd setelah dipadatkan (gr)

$W_{\text{mpw}}$  : Berat benda uji dalam air setelah dipadatkan (gr)

g. VIM (*Void In the Mix*)

VIM merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Syarat nilai VIM adalah sekitar 3% - 5% sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018. Adapun rumus untuk mencari nilai VIM adalah sebagai berikut:

$$\text{VIM} = \frac{G_{\text{mm}} - G_{\text{mb}}}{G_{\text{mm}}} \times 100 \quad (2.14)$$

Keterangan:

VIM : Rongga udara pada campuran (%)

$G_{\text{mm}}$ : Berat jenis campuran maksimum setelah pemadatan (gr/cc)

$G_{\text{mb}}$  : Berat jenis *bulk* campuran setelah pemadatan (gr/cc)

h. VMA (*Void In Mineral Aggregate*)

Nilai VMA yang disyaratkan adalah 14%, nilai itu sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2018. VMA dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{VMA} = \frac{100 (G_{\text{sb}} - G_{\text{mb}}) + (G_{\text{mb}} \cdot P_s)}{G_{\text{sb}}} \quad (2.15)$$

Keterangan:

- VMA : Rongga udara mineral agregat (%)  
G<sub>sb</sub> : Berat jenis *bulk* dari total agregat (gr/cc)  
G<sub>mb</sub> : Berat jenis *bulk* campuran setelah pemadatan (gr/cc)  
P<sub>s</sub> : Persentase kadar agregat terhadap berat total campuran

i. VFA (*Void Filled With Asphalt*)

Nilai VFA yang disyaratkan adalah minimal 65%. Nilai VFA dapat dihitung sebagai berikut:

$$VFA = \frac{VMA - VIM}{VMA} \times 100 \quad (2.16)$$

Keterangan:

- VFA : Persentase rongga yang terisi aspal (%)  
VMA : Persentase rongga udara mineral agregat (%)  
VIM : Persentase rongga udara pada campuran (%)

j. Kelelehan (*Flow*)

Perhitungan *flow* dilakukan adalah dengan cara membaca arloji pengukur alir yang ada pada alat uji. Hasil nilai *flow* ditulis dalam satuan millimeter (mm) dengan dua angka dibelakang koma.

k. Stabilitas

Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian dengan alat Marshall. Selanjutnya dicocokkan dengan angka kalibrasi *proving ring* dengan satuan lbs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi tebal benda uji. Berikut adalah rumus stabilitas, yaitu:

$$S = p \times q \quad (2.17)$$

Keterangan:

- S : Nilai stabilitas (kg)  
p : Pembacaan arloji stabilitas  $\times$  kalibrasi alat



q : Angka koreksi tebal benda uji

Tabel 2.8: Faktor korelasi stabilitas SNI 06-2489-1991

Isi benda uji	Tebal benda uji (mm)	Angka korelasi
200 – 213	25,4	5,56
214 – 225	27,0	5,00
226 – 237	28,6	4,55
238 – 250	30,2	4,17
251 – 264	31,8	3,85
265 – 276	33,3	3,57
277 – 289	34,9	3,33
290 – 301	36,5	3,03
302 – 316	38,1	2,78
317 – 328	39,7	2,50
329 – 340	41,3	2,27
341 – 353	42,9	2,08
354 – 367	44,4	1,92
368 – 379	46,0	1,79
380 – 392	47,6	1,67
393 – 405	49,2	1,56
406 – 420	50,8	1,47
421 – 431	52,4	1,39
432 – 443	54,0	1,32
444 – 456	55,6	1,25
457 – 470	57,2	1,19
471 – 482	58,7	1,14
483 – 495	60,3	1,09
496 – 508	61,9	1,04
509 – 522	63,5	1,00
523 – 535	65,1	0,96
536 – 546	66,7	0,93
547 – 559	68,3	0,89
560 – 573	69,9	0,86
574 – 585	71,4	0,83
586 – 598	73,0	0,81
599 – 610	74,6	0,78
611 – 625	76,2	0,76

### 1. *Marshall Quotient* (MQ)

Nilai *Marshall quotient* yang disyaratkan sesuai dengan Bina Marga 2018 adalah lebih besar dari 250kg/mm. *Marshall quotient* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$MQ = S / F \quad (2.18)$$

Keterangan:

MQ : Nilai *Marshall quotient* (kg/mm)

S : Nilai stabilitas (kg)

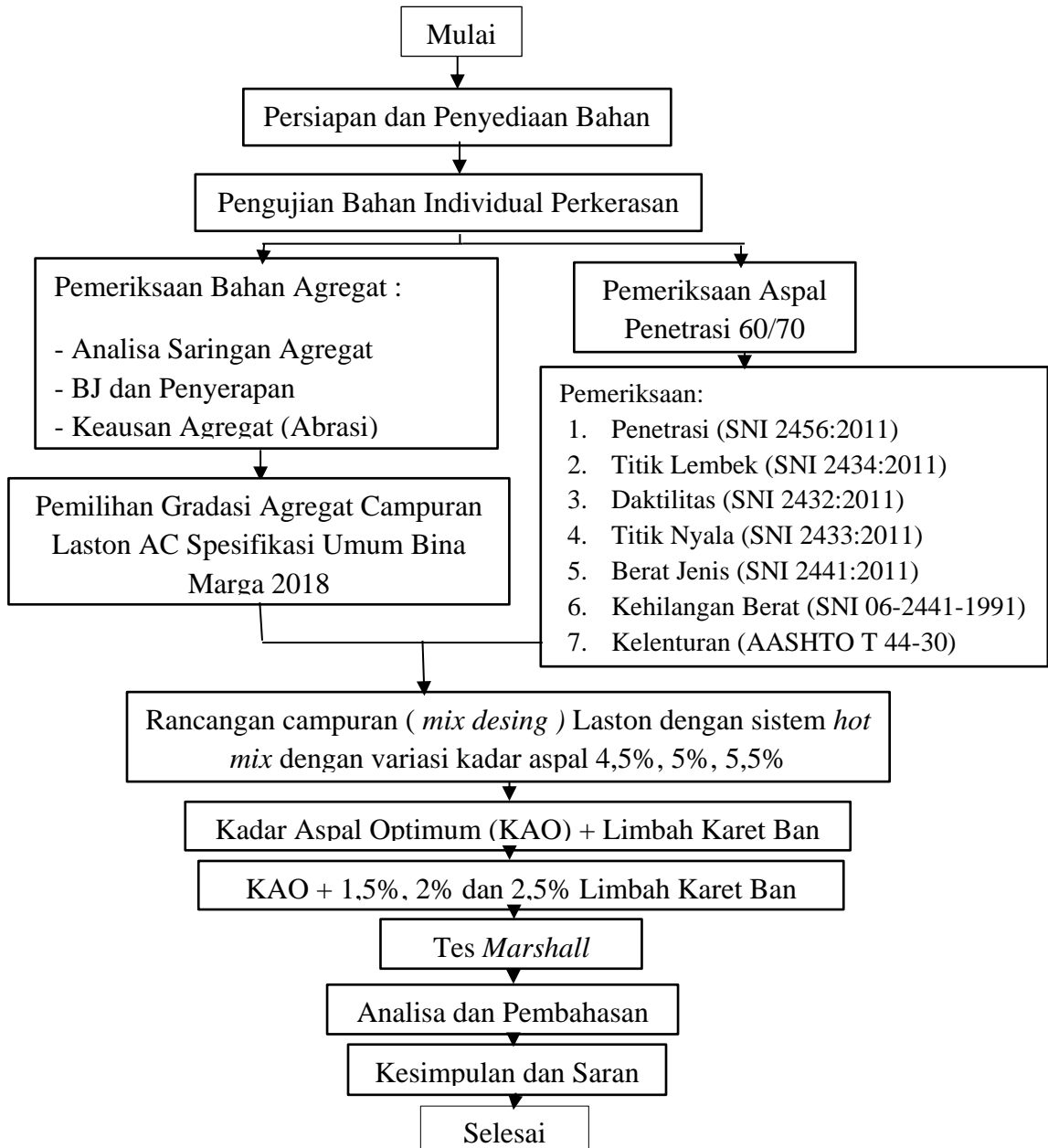
F : Nilai *flow* (mm)

### BAB 3

## METODE PENELITIAN

### 3.1 Bagan Alir Metode Penelitian

Kegiatan penelitian yang akan dilakukan secara garis besar dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian yang dilaksanakan

### **3.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

Tempat dan waktu penelitian dilakukan, sebagai berikut:

1. Tempat penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium PT. Adhi Karya, Lantasan baru, Patumbak, Deli serdang, Sumatra Utara

2. Waktu penelitian dilaksanakan pada 18 Juli 2022 – 8 Agustus 2022.

### **3.3 Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan membuat percobaan untuk menghasilkan data. Eksperimen ini akan dilaksanakan di laboratorium PT. Adhi Karya Provinsi Sumatera Utara untuk pengambilan data sekunder mutu bahan aspal dan memeriksa mutu agregat yang akan digunakan pada percobaan campuran.

### **3.4 Material Untuk Penelitian**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Aspal Keras

Penelitian ini menggunakan aspal penetrasi 60/70.

2. Agregat Kasar dan Halus

Agregat kasar dan halus yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari PT. Adhi Karya.

3. Limbah Ban Dalam Bekas

Penelitian ini menggunakan limbah ban dalam bekas sebagai bahan campuran laston AC-BC yang didapat dari bengkel di daerah Jl. Setia Budi Medan Sumatra Utara.

### **3.5 Teknik Pengumpulan Data**

Teknik yang dipakai dalam pengumpulan data dilakukan dengan metode eksperimen terhadap beberapa benda uji dari berbagai kondisi perlakuan yang diuji di laboratorium. Data yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

### **3.5.1 Data Primer**

Data primer dari penelitian ini yaitu:

- a. Analisa saringan agregat
- b. Berat jenis dan penyerapan
- c. Pemeriksaan kadar lumpur
- d. Pemeriksaan keausan agregat
- e. Variasi penggunaan limbah ban dalam bekas pada campuran aspal (*Job Mix Formula*)
- f. Tes penetrasi aspal
- g. Tes daktilitas
- h. Tes titik lembek aspal
- i. Tes berat jenis aspal
- j. Tes kehilangan berat
- k. Uji *Marshall*.

### **3.5.2 Data Sekunder**

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku dan kumpulan jurnal yang berhubungan dengan penelitian ini (literatur) dan konsultasi secara langsung dengan dosen pembimbing dan asisten laboratorium selama proses penelitian. Data teknis mengenai Standar Nasional Indonesia serta spesifikasi Bina Marga merupakan penunjang guna memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

### **3.6 Prosedur Penelitian**

Terdapat langkah-langkah untuk melakukan perencanaan yaitu dengan penelitian laboratorium membuat benda uji sebanyak 27 dengan variasi limbah karet ban dalam 1,5%, 2%, dan 2,5% dibuat sebanyak 3 benda uji dengan kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6%. Aspal campuran normal dibuat sebanyak 9 buah benda uji adalah, sebagai berikut:

1. Pengadaan alat dan penyediaan bahan yang untuk digunakan saat melakukan penelitian.

2. Pemeriksaan terhadap bahan material yang akan digunakan untuk melakukan penelitian.
3. Merencanakan contoh campuran laston AC, dan campuran dengan pembuatan sempel benda uji.
4. Melakukan pengujian dengan alat *Marshall*.
5. Analisa hasil pengujian untuk dapat hasil dari pengujian.

### **3.7 Alat-alat**

Alat penelitian adalah semua benda yang akan dipakai untuk menunjang pelaksanaan proses penelitian. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Alat Pengujian Aspal

Alat yang digunakan dalam pengujian aspal meliputi satu set alat pengujian berat jenis, pengujian titik lembek, pengujian titik nyala dan bakar serta satu alat pengujian penetrasi.

Berikut adalah alat-alat yang digunakan untuk pengujian:

- a. Alat-alat pengujian berat jenis aspal

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian berat jenis aspal antara lain sebagai berikut:

- 1) Neraca *Ohaus*
- 2) *Picnometer* labu

- b. Alat-alat pengujian titik lembek

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian titik lembek aspal antara lain sebagai berikut:

- 1) Cincin penguji
- 2) Bola baja
- 3) Termometer
- 4) Dudukan benda uji
- 5) Gelas ukur
- 6) Kompor listrik
- 7) Plat penghantar/kawat kassa
- 8) Penjepit termometer

9) *Stopwatch*

c. Alat-alat pengujian penetrasi aspal

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian penetrasi aspal antara lain sebagai berikut:

- 1) Penetrometer
- 2) Jarum penetrasi
- 3) *Stopwatch*
- 4) Cawan
- 5) Termometer

2. Alat-Alat Pengujian Agregat

a. Satu set alat pengujian analisa saringan

Satu set saringan adalah saringan yang digunakan dengan ukuran 37,5 mm (3"); 50,8 mm (2"); 19,1 mm(3/4"); 12,5 mm (1/2"); 9,5 mm (3/8"); 4,75 mm (No.4); 2,36 mm (No.8); 1,18 mm (No.16); 0,600 mm (No.30); 0,300 mm (No.50); 0,150 mm (No.100); 0,075 mm (No.200). Semua saringan disusun berurutan dimulai dari ukuran saringan yang terkecil di posisi paling bawah sampai ukuran terbesar di posisi paling atas.

b. Satu set alat pengujian berat jenis dan penyerapan

Satu set alat pengujian berat jenis dan penyerapan meliputi timbangan, oven, piring seng, alat uji SSD (*Saturated Surface Dry*) dan gelas ukur.

3. Alat-Alat Pembuat Benda Uji

Untuk membuat benda uji alat-alat yang digunakan berupa cetakan benda uji (*mould*), penumbuk benda uji dan landasannya, dongkrak (pengeluar benda uji), termometer, kompor listrik, wadah pencampur, piring, kertas penyaring, sarung tangan dan spatula.

a. Alat cetak benda uji (*Mould*)

b. Alat penumbuk benda uji beserta landasan penumbuk

c. Dongkrak (alat pengeluar benda uji)

d. Bak pengaduk (*Hopper*)

e. Alat pengujian benda uji dengan metode *Marshall*

Alat yang digunakan dalam pengujian *Marshall* terhadap benda uji berupa *Marshall test*, bak perendam, termometer, sarung tangan, kompor listrik dan lain-lain.

### 3.8 Pemeriksaan Bahan Campuran

Agar dapat memperoleh campuran *Laston AC* yang baik ditentukan dari penyusunan campuran agregat. Bahan harus terlebih dahulu diperiksa sifat dan karakteristiknya.

#### 3.8.1 Pemeriksaan Agregat

Agregat halus dan kasar yang berasal dari Binjai tentunya juga dilakukan pemeriksaan yang dibuat untuk memenuhi standar agregat sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan. Pemeriksaan agregat ini antara lain sebagai berikut:

1. Pemeriksaan gradasi agregat
2. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969:2016)
3. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970:2016)
4. Pemeriksaan keausan agregat dengan mesin *Los Angeles* (SNI 2417:2008).

#### 3.8.2 Pengujian Aspal

Pengujian aspal meliputi pengujian penetrasi, pengujian titik leleh, pengujian titik nyala dan bakar serta pengujian berat jenis aspal. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan ketentuan SNI.

Tabel 3.1: Acuan Pengujian Aspal

No	Jenis Pengujian	Acuan	Persyaratan		Satuan
			Min.	Maks.	
1	Penetrasi	SNI 06-2456-1991	50	-	mm
2	Titik leleh	SNI 06-2434-1991	53	-	°C
3	Titik nyala dan titik bakar	SNI 06-2433-1991	232	-	°C
4	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	1,0	-	gr/cc



### **3.9 Prosedur Kerja**

#### **3.9.1 Pembuatan Benda Uji**

Adapun langkah-langkah dalam pembuatan benda uji pada penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Menyiapkan semua bahan benda uji seperti aspal, agregat kasar, agregat halus dan bahan tambah limbah karet ban dalam bekas yang sudah tersusun rapi dalam bungkus plastik sesuai dengan komposisi yang telah direncanakan.
2. Menyiapkan peralatan yang dibutuhkan untuk pembuatan benda uji di laboratorium.
3. Memanaskan aspal dan bahan tambah limbah karet ban dalam bekas sampai suhu aspal mencapai 110 °C sebelum dicampur dengan agregat.
4. Memanaskan agregat sambil diaduk-aduk sampai suhu agregat mencapai 120 °C.
5. Setelah semua bahan mencapai suhu yang telah ditentukan, kemudia dilakukan pencampuran antara aspal dan agregat. Semua bahan diaduk-aduk sampai tercampur secara merata. Suhu maksimal pencampuran bahan ditetapkan sekitar 160 °C.
6. Menyiapkan cetakan benda uji (*mould*) lengkap dengan alas cetakan yang sudah diolesi minyak pelumas dan dipanaskan. Selanjutnya yaitu memberi kertas penyaring atau lakmus di bagian dasar cetakan atau di atas alas cetakan.
7. Memasukkan semua bahan yang sudah dicampur pada suhu pencampuran ke dalam cetakan sembari ditusuk-tusuk dengan spatula yang sudah dipanaskan sebelumnya. Penusukan dengan spatula ini dilakukan dengan prosedur menusuk bagian pinggir dan bagian tengah sebanyak 10 kali.
8. Selanjutnya yaitu melakukan penumbukan benda uji dengan alat penumbuk sebanyak 2 x 75 kali.
9. Setelah dilakukan penumbukan, benda uji dikeluarkan dari cetakan menggunakan alat pengeluar benda uji.
10. Memberi kode pengenal pada benda uji sesuai dengan kebutuhan agar tidak tertukar-tukar dengan benda uji yang lain.
11. Benda uji kemudian didiamkan sampai agak mengeras, kemudia benda uji ditimbang untuk mendapatkan nilai berat benda uji kering.

12. Selanjutnya benda uji direndam selama  $\pm 24$  jam.
13. Setelah benda uji direndam selama  $\pm 24$  jam, kemudian benda uji dikeluarkan dari bak perendaman lalu dibersihkan menggunakan kain lap sampai benda uji dalam keadaan SSD atau dalam keadaan jenuh kering permukaan
14. Benda uji kemudian ditimbang untuk mendapatkan nilai berat benda uji SSD (*saturated surface dry*)
15. Setelah itu, benda uji ditimbang di dalam air untuk mendapatkan nilai berat benda uji dalam air.
16. Kemudian dilakukan pengujian dengan alat Marshall terhadap masing-masing benda uji.

### **3.9.2 Perencanaan Campuran**

Tahapan dalam menentukan campuran benda uji adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kadar bahan tambah limbah karet ban dalam kendaraan masing-masing benda uji yaitu sebanyak
2. Menentukan kadar aspal masing-masing benda uji sebanyak
3. Menentukan jenis gradasi agregat gabungan untuk campuran, yang digunakan dalam penelitian ini adalah gradasi agregat gabungan jenis AC-WC dan memakai batas-batas tengah dari tiap-tiap persentase lolos saringan.
4. Menghitung kebutuhan berat bahan untuk masing-masing benda uji sesuai dengan variasi yang sudah direncanakan.

### **3.9.3 Pengujian dengan Alat Marshall**

Pengujian dengan alat Marshall melewati beberapa langkah-langkah yaitu sebagai berikut:

- a. Benda uji diukur diameter dan tebal sebelum pengujian.
- b. Benda uji lalu direndam dalam bak perendaman dan dipanaskan selama  $\pm 30$  menit dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}$
- c. Bagian dalam permukaan kepala penekan alat Marshall dibersihkan dan diberi pelumas agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.
- d. Mengeluarkan benda uji dari bak perendaman lalu meletakkannya tepat di tengah pada bagian bawah kepala penekan pada alat Marshall. Selanjutnya

meletakkan bagian atas kepala penekan dan kemudian meletakkan pemasangan yang sudah lengkap tersebut tepat di tengah alat pembebanan.

- e. Kemudian menaikkan kepala penekan hingga menyentuh alas cincin penguji. Selanjutnya diatur kedudukan jarum arloji penekan.
- f. Proses pembebanan dilakukan dengan kecepatan tetap 51 mm per menit, kemudian dibaca pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun.
- g. Setelah pengujian selesai, benda uji dikeluarkan dari alat *Marshall*.
- h. Benda uji lalu diukur diameter dan tebal setelah pengujian.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pemeriksaan Gradasi Agregat

##### 4.1.1 Analisa Saringan

Untuk mendapatkan aspal yang bermutu baik diperlukan komponen utama aspal dan agregat yang bermutu baik. Maka diperlukan uji gradis pada agregat yang akan digunakan sebagai bahan campuran pembuatan aspal beton. Pada lapisan AC-BC (*Asphalt Concreat – Binder Corse*) terdapat agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dengan ukuran maksimal  $\frac{3}{4}$ " , agregat halus adalah campuran batu pecah dan pasir, untuk bahan pengisi adalah abu batu dan. Pemeriksaan harus memakai dan memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 ditetapkan sesuai acuan (SNI-ASTM-C136-2012). Dari percobaan Analisa saringan yang telah dilakukan hasil gradasi bisa dilihat pada table 4.1 - 4.4.

Tabel 4.1 : Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar (Ca)1 “.

Nomor Saringan	Ukuran (mm)	% lolos saringan
1 ½”	37,5	100,00
1	25,4	100,00
¾”	19,1	67,10
½”	12,7	24,34
3/8"	9,5	6,39
No. 4	4,76	0,41
No. 8	2,88	0,00
No. 16	1,19	0,00
No. 30	0,595	0,00
No. 50	0,297	0,00
No. 100	0,150	0,00
No. 200	0,074	0,00

Tabel 4.2: Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat kasar (MA) ½”.

Nomor Saringan	Ukuran (mm)	% lolos saringan
1”	25,4	100,00
¾”	19,1	100,00
½”	12,7	100,00
3/8”	9,5	83,57
No. 4	4,76	35,46
No. 8	2,88	18,33
No. 16	1,19	14,33
No. 30	0,595	12,27
No. 50	0,297	9,27
No. 100	0,15	1,19
No. 200	0,074	0,22

Tabel 4.3: Hasil pemeriksaan analisis saringan abu batu (FA).

Nomor saringan	Ukuran (mm)	% lolos saringan
1”	25,4	100,00
¾”	19,1	100,00
½”	12,7	100,00
3/8”	9,5	100,00
No. 4	4,76	100,00
No. 8	2,88	79,71
No. 16	1,19	48,90
No. 30	0,595	31,53
No. 50	0,297	22,35
No. 100	0,15	15,56
No. 200	0,074	10,22

Tabel 4.4: Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus pasir (*Natural Sand*).

Nomor saringan	Ukuran (mm)	% lolos saringan
1	25,4	100,00
¾"	19,1	100,00
½"	12,7	100,00
3/8"	9,5	100,00
No. 4	4,76	99,17
No. 8	2,88	96,52
No. 16	1,19	84,96
No. 30	0,595	48,27
No. 50	0,297	16,35
No. 100	0,15	2,51
No. 200	0,074	1,07

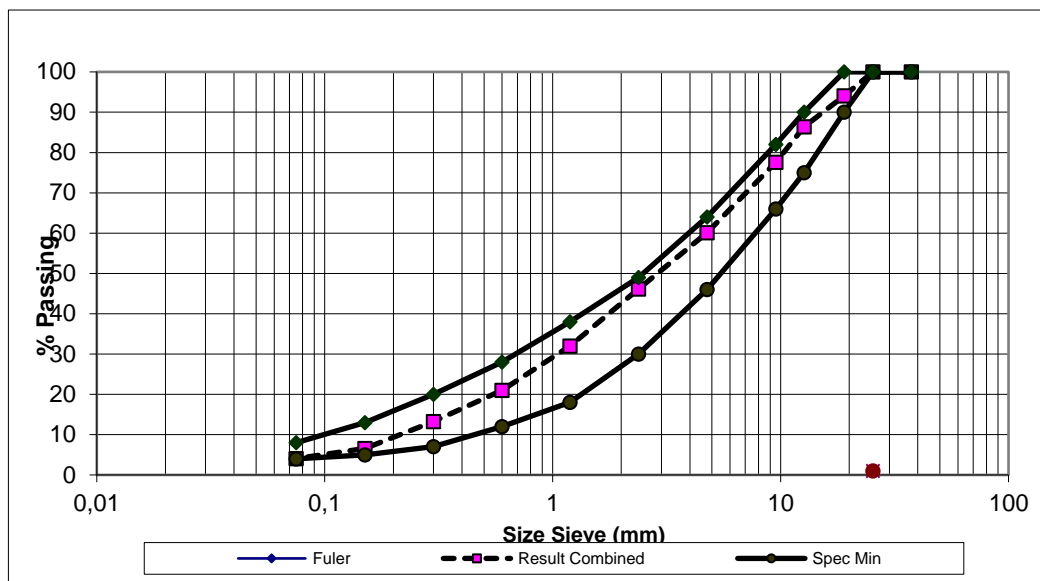
Gradasi agregat untuk campuran aspal, yang ditunjukkan sebagai persen berat melalui agregat total harus terpenuhi jarak dari batas – batas campuran laston AC – BC sesuai dengan spesifikasi umum Bina Marga 2018. Berdasarkan dari hasil pemeriksaan analisa saringan diatas maka gradasi agregat normal dan dengan bahan tambah karet ban dalam bekas sepeda motor diperoleh seperti pada table 4.5.

Tabel 4.5: Hasil proporsi gradasi agregat campuran normal.

No.Saringan	Batas Spesifikasi		Kombinasi Agregat				AVG
			CA 1"	MA 1/2"	FA	Sand	
			18%	34%	38%	10%	
1 ½ "	100,00	100,00	18,00	34,00	38,00	10,00	100,00
1"	100,00	100,00	18,00	34,00	38,00	10,00	100,00
¾"	90,00	100,00	12,08	34,00	38,00	10,00	94,08
½"	75,00	90,00	4,38	34,00	38,00	10,00	86,38
3/8"	66,00	82,00	1,15	28,41	38,00	10,00	77,56

Tabel 4.5 lanjutan

No.4"	46,00	64,00	0,07	12,06	38,00	10,00	60,13
No.8"	30,00	49,00	0,00	6,23	30,29	9,65	46,18
No.16"	18,00	38,00	0,00	4,87	18,58	8,50	31,95
No.30"	12,00	28,00	0,00	4,17	11,98	4,83	20,98
No.50"	7,00	20,00	0,00	3,15	8,49	1,64	13,28
No.100"	5,00	13,00	0,00	0,40	5,91	0,25	6,57
No.200"	4,00	8,00	0,00	0,08	3,88	0,11	4,06



Gambar 4.1: Grafik hasil proporsi gradasi campuran normal.

Dari hasil pengujian Analisa saringan didapat hasil proporsi kombinasi agregat sesuai spesifikasi umum Bina Marga 2018.

Data persen agregat yang diperoleh normal dan dengan bahan tambah karet ban dalam bekas sepeda motor adalah:

1. Agregat kasar Ca 1 = 18%
2. Agregat medium Ma  $\frac{1}{2}$  = 34%
3. Agregat halus Fa = 38%
4. Agregat halus pasir (*sand*) = 10%

Setiap benda uji dibutuhkan campuran agregat dan aspal sebanyak  $\pm 1300$  gram sehingga menghasilkan benda uji berdiameter  $\pm 10,6$  cm dan tebal  $\pm 7,4$  cm. Dari

hasil analisa saringan di atas dapat perhitungan berat agregat untuk variasi aspal normal 4,5%, 5%, dan 5,5% yang dibutuhkan terdapat pada table 4.6.

Tabel 4.6: Hasil perhitungan berat agregat yang dibutuhkan pada benda uji campuran normal.

Kadar Aspal (%)	Aspal (gram)	CA ¾” (gram)	MA ½” (gram)	FA (gram)	Sand (gram)
4,5 %	58,5	223,47	422,11	471,77	124,15
5 %	65	222,3	419,9	469,3	123,5
5,5 %	71,5	221,13	417,69	466,83	122,85

Variasi aspal dengan campuran bahan tambah karet ban dalam bekas sepeda motor variasi aspal 4,5%, 5%, dan 5,5% dapat dilihat pada table 4.7.

Tabel 4.7: Hasil perhitungan berat agregat yang dibutuhkan pada benda uji dengancampuran limbah ban dalam bekas variasi 1,5%.

Kadar Aspal (%)	Aspal (gram)	Karet ban bekas (gram)	CA ¾” (gram)	MA ½” (gram)	FA (gram)	Sand (gram)
4,5 %	39	19,5	223,47	422,11	471,77	124,15
5 %	45,5	19,5	222,3	419,9	469,3	123,5
5,5 %	52	19,5	221,13	417,69	466,83	122,85

Proporsi gradasi agregat campuran aspal dengan bahan tambah karet ban dalam bekas sepeda motor variasi 2%, dan 2,5% grafik lengkap tercantum di lampiran 13.



#### 4.1.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui jumlah berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan halus. Terdapat 3 jenis pemeriksaan berat jenis yaitu berat jenis *bulk*, berat jenis SSD, dan berat jenis semu.

Dalam pengujian berat jenis agregat kasar memakai prosedur SNI 1969 : 2016 sedangkan untuk agregat halus memakai SNI 1970 : 2016.

##### 1. Berat jenis agregat kasar CA 1”.

Pemeriksaan menggunakan dua sampel, hasil bisa dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8: Data hasil pengujian berat jenis agregat kasar CA 1”.

Pengujian	Notasi	Sampel 1	Sampel 2
Berat benda uji kering	A	2600 gr	2586 gr
Berat benda uji jenuh kering permukaan	B	2619 gr	2606 gr
Berat benda uji dalam air	C	1614 gr	1600 gr

Tabel 4.9: Data hasil perhitungan berat jenis agregat kasar CA 1”.

Perhitungan	Notasi	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat jenis curah kering (Sd)	$\frac{A}{B - C}$	2,587	2,571	2,579
Berat jenis semu (SS)	$\frac{B}{B - C}$	2,606	2,590	2,598
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	$\frac{A}{A - C}$	2,637	2,623	2,630
Penyerapan (Sw)	$\frac{(B - A)}{A} \times 100\%$	0,731	0,773	0,752

Dari data pemeriksaan berat jenis agregat kasar CA 1” pada tabel 4.9 bahwa berat jenis curah kering, berat jenis semu, dan berat jenis curah kering permukaan memenuhi syarat. Nilai minimum persyaratan setiap berat jenis adalah 2,5 gr/cc.

2. Berat jenis agregat medium MA ½” inch

Pemeriksaan menggunakan dua sampel, untuk hasil tersebut terdapat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10: Data hasil pemeriksaan berat jenis agregat medium MA ½” inch.

Pengujian	Notasi	Sampel 1	Sampel 2
Berat benda uji kering	A	2330 gr	2318 gr
Berat benda uji jenuh kering permukaan	B	2352 gr	2342 gr
Berat benda uji dalam air	C	1445 gr	1442 gr

Tabel 4.11: Data hasil perhitungan berat jenis agregat medium MA ½” inch.

Perhitungan	Notasi	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat jenis curah kering (Sd)	$\frac{A}{B - C}$	2,569	2,576	2,572
Berat jenis semu (SS)	$\frac{B}{B - C}$	2,633	2,646	2,639
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	$\frac{A}{A - C}$	2,593	2,602	2,598
Penyerapan (Sw)	$\frac{(B - A)}{A} \times 100\%$	0,944	1,035	0,990

Dari data pemeriksaan berat jenis agregat kasar CA 1” pata tabel 4.9 bahwa berat jenis curah kering, berat jenis semu, dan berat jenis curah kering permukaan memenuhi syarat. Nilai minimum persyaratan setiap berat jenis adalah 2,5 gr/cc.

3. Berat jenis agregat halus pasir (*sand*)

Pengujian berat jenis agregat halus juga menggunakan dua sampel, untuk hasil tersebut terdapat pada tabel 4.1

Tabel 4.12: Data hasil pengujian berat jenis agregat halus pasir (*sand*).

Pengujian	Notasi	Sampel 1	Sampel 2
Berat benda uji jenuh kering permukaan	S	500 gr	500 gr
Berat benda uji kering	A	492,5 gr	493,2 gr
Berat piknometer yang berisi air	B	1226 gr	1224 gr
Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	1577,1 gr	1530,3 gr

Tabel 4.13: Data hasil perhitungan berat jenis agregat halus pasir (*sand*).

Perhitungan	Notasi	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat jenis curah kering (Sd)	$\frac{A}{(B + S - C)}$	2,508	2,546	2,527
Berat jenis semu (SS)	$\frac{S}{(B + S - C)}$	2,507	2,639	2,623
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	$\frac{A}{(B + A - C)}$	2,546	2,581	2,564
Penyerapan (Sw)	$\frac{(S - A)}{A} \times 100\%$	1,523	1,379	1,451

Dari data pemeriksaan berat jenis agregat kasar CA 1” pata tabel 4.9 bahwa berat jenis curah kering, berat jenis semu, dan berat jenis curah kering permukaan memenuhi syarat. Nilai minimum persyaratan setiap berat jenis adalah 2,5 gr/cc.

#### 4. Berat jenis agregat halus abu batu (FA)

Pengujian menggunakan dua sampel, untuk hasil tersebut terdapat pada tabel 4.14.

Tabel 4.14: Data hasil pengujian berat jenis agregat halus abu batu (FA).

Pengujian	Notasi	Sampel 1	Sampel 2
Berat benda uji jenuh kering permukaan	S	500 gr	500 gr
Berat benda uji kering	A	490,7 gr	490,8 gr
Berat piknometer yang berisi air	B	1224 gr	1270,4 gr
Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	1532,6 gr	1577,1 gr

Tabel 4.15: Data hasil perhitungan berat jenis agregat halus abu batu (FA).

Perhitungan	Notasi	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat jenis curah kering (Sd)	$\frac{A}{(B + S - C)}$	2,564	2,539	2,551
Berat jenis semu (SS)	$\frac{S}{(B + S - C)}$	2,695	2,666	2,680
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	$\frac{A}{(B + A - C)}$	2,612	2,587	2,599
Penyerapan (Sw)	$\frac{(S - A)}{A} \times 100\%$	1,895	1,874	1,885

Dari data pemeriksaan berat jenis agregat kasar CA 1” pata tabel 4.9 bahwa berat jenis curah kering, berat jenis semu, dan berat jenis curah kering permukaan memenuhi syarat. Nilai minimum persyaratan setiap berat jenis adalah 2,5 gr/cc.

## 4.2 Pemeriksaan aspal

Penelitian ini menggunakan aspal keras pertanian penetrasi 60/70 yang bepungsi untuk pengikat. Pemeriksaan aspal mencakup pemeriksaan pemeriksaan penetrasi, pemeriksaan titik lembek, pengujian daktilitas, pengujian kehilangan berat, dan pengujian berat jenis aspal. Data yang didapat merupakan data sekunder. Pemeriksaan aspal ini dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Konstruksi Jalan Dan Jembatan BPJN – Sumatera Utara oleh perusahaan. Acuan pada pengujian aspal ini adalah SNI. Data propertis dari hasil penguian aspal ini dalam bentuk tabel terdapat pada tabel 4.16.

Tabel 4.16: Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Penetrasi 60/70 (PT. Adhi Karya).

Propertis Aspal					
No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil Uji	Spesifikasi	Satuan
1.	Penetrasi Pada 25°C	SNI 2456:2011	64,1	60-70	0,1 mm
2.	Titik Lembek	SNI 2434:2011	48	≥ 48	°C
3.	Daktilitas Pada 25°C, 5 cm/menit	SNI 2432:2011	≥ 140	≥ 100	cm
4.	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	310	≥ 232	°C
5.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	1,204	≥ 1,0	gr/cc
6.	Kehilangan Berat(RTFOT)	SNI 06-2441-1991	0,0002	≤ 0,8	%
7.	Kelarutan	AASHTO T 44-03	99,35%	≥ 99	%

Dari data pemeriksaan karakteristik aspal ini pada tabel 4.16. Bahwa jenis aspal ini kategori aspal penetrasi 60/70 dan semua hasil pemeriksaan sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018.

### 4.3 Pemeriksaan Benda Uji

#### 4.1.3 Pemeriksaan Nilai Karakteristik Uji *Marshall* Terhadap Benda Uji

Nilai karakteristik *Marshall* didapat dari melakukan perhitungan terhadap hasil percobaan di laboratorium. Berikut contoh perhitungan yang digunakan untuk menghitung karakteristik *Marshall* pada campuran normal dengan variasi kadar aspal 4,5% .

- a. Persentase terhadap batuan (a) = 95,5%
- b. Persentase aspal terhadap campuran (b) = 4,5%
- c. Berat sampel kering (c) = 129,2 gr
- d. Berat sampel jenuh (SSD) = 1298,8 gr
- e. Berat sampel dalam air = 734,7 gr
- f. Volume sampel = Berat SSD – Berat dalam air

$$\begin{aligned}
&= 1298,8 - 734,7 = 564,1 \text{ cc} \\
\text{g. Berat isi sampel (g)} &= \text{Berat awal} / \text{Volme sample} \\
&= 1298,8 / 564,1 = 2,294 \text{ gr/cc} \\
\text{h. Berat jenis maksimum (h)} &= \frac{100}{\frac{\%agregat}{bj.agregat} + \frac{\%aspal}{bj.aspal}} \\
&= \frac{100}{\frac{95,5}{2,609} + \frac{4,5}{1,023}} = 2,439 \% \\
\text{i. Persentase volume aspal} &= \frac{b \cdot g}{bj \text{ aspal}} \\
&= \frac{4,5 \cdot 2,294}{1,023} = 10,09\% \\
\text{j. Persentase volume agregat} &= \frac{((100-b) \cdot g)}{bj \text{ agregat}} \\
&= \frac{((100-4,5) \cdot 2,294)}{2,609} = 83,969 \% \\
\text{k. Persentase rongga terhadap campuran (VIM)} &= 100 - \frac{(100 \cdot g)}{h} \\
&= 100 - \frac{(100 \cdot 2,294)}{2,439} = 5,945 \% \\
\text{l. Persentase rongga terhadap agregat (VMA)} &= 100 - \frac{(100-b) \cdot g}{bj \text{ agregat}} \\
&= 100 - \frac{(100-4,5) \cdot 2,294}{2,609} = 16,030 \% \\
\text{m. Persentase rongga terisi aspal (VFA)} &= 100 \times \frac{(i-k)}{i} \\
&= 100 \times \frac{(10,09-5,945)}{10,09} = 41,08 \% \\
\text{n. Pembacaan arloji stabilitas} &= 40 \\
\text{o. Stabilitas kalibrasi proving ring} &= 40 \times 24,19 = 967,7 \text{ kg} \\
\text{p. Stabilitas akhir} &= 967,7 \times 0,89 = 861 \text{ kg} \\
\text{q. Kelelehan} &= 2,52 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Untuk rekapitulasi hasil perhitungan campuran normal serta penambahan karet ban dalam bekas sepeda motor dapat dilihat pada lampiran.

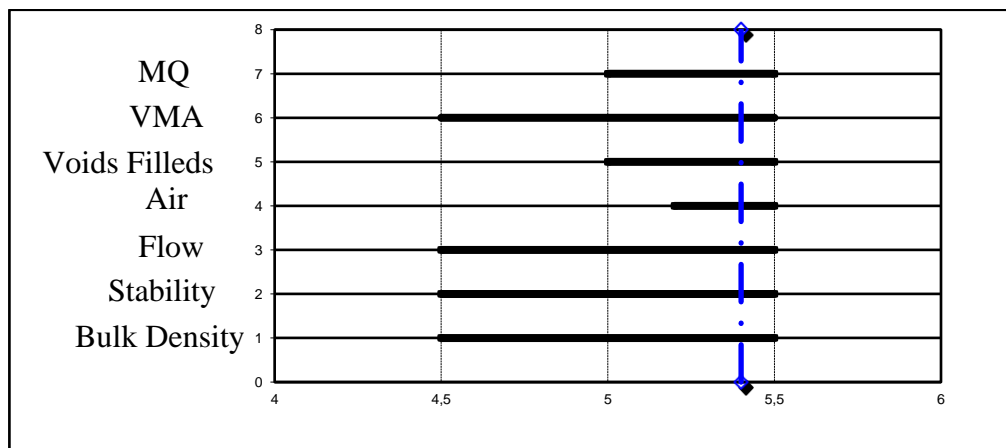
Dari hasil pengujian *Marshall* yang telah dilakukan di Laboratorium PT. Adhi Karya diperoleh nilai Berat Isi (*Bulk Density*), Kelelehan (*Flow*), Stabilitas (*Stability*), Persentase rongga terhadap agregat (VMA), Persentase rongga terhadap campuran (VIM), Persentase rongga terisi aspal (VFA), dan *Marshall quotient* MQ. Untuk hasil pengujian *Marshall* campuran normal dengan kadar aspal 4,5%, 5%,

dan 5,5% dan hasil campuran karet ban dalam bekas variasi 1,5%, 2%, dan 2,5% dapat dilihat pada tabel 4.17 – 4.18.

Tabel 4.17: Hasil uji *Marshall* aspal campuran normal

Karakteristik	Satuan	% Kadar Aspal			Batas Spesifikasi Bina Marga 2018
		4,5%	5%	5,5%	
Bulk Density	gr/cc	2,292	2,305	2,315	-
Stability	Kg	926	1091	1181	Min 800
Flow	mm	2,36	3,27	3,40	2 - 4
Air Voids (VIM)	%	6	4,81	3,71	3 - 5
Void Filleds (VFA)	%	58,03	66,35	74,17	Min 65
VMA	%	14,30	14,28	14,37	Min 15
Marshall Quotient	kg/mm	393	334	347	Min 250

Dari hasil pengujian diatas maka diperoleh kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,40% dapat dilihat pada gambar 4.3 aspal campuran normal.



Gambar 4.2: Grafik kadar aspal optimum aspal campuran normal.

Tabel 4.18: Hasil uji *Marshall* pada aspal campuran karet ban dalam bekas dengan variasi 1,5%, 2%, dan 2,5%.

Karakteristik	Satuan	% Karet Ban Dalam Bekas			Batas Spesifikasi Bina Marga 2018
		1,5%	2%	2,5%	
Bulk Density	gr/cc	2,303	2,308	2,312	-
Stability	Kg	1157	1157	1220	Min 800
Flow	mm	3,60	3,60	3,60	2 - 4
Air Voids (VIM)	%	4,50	4,40	4,10	3 - 5
Void Filled (VFA)	%	70	70,30	70,30	Min 65
VMA	%	14,60	14,30	14,30	Min 15
Marshall Quotient	kg/mm	320	325	335	Min 250

Dari hasil pengujian *Marshall* diatas akan disajikan dalam bentuk grafik untuk dapat menentukan perbandingan antar variasi dan dengan aspal yang campuran normal.

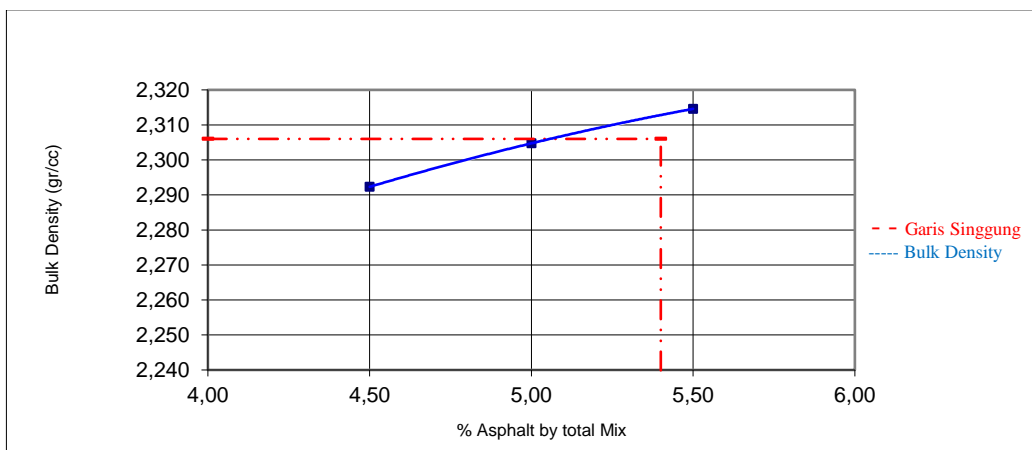
#### 4.4 Analisa dan pembahasan

Dari hasil yang telah dilakukan pengujian karakteristik *Marshall* untuk nilai berat isi (*Bulk Density*), stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), persentase rongga terhadap campuran (VIM), persentase rongga terisi aspal (VFA), persentase rongga terhadap agregat (VMA), dan *Marshall quotient* (MQ) campuran normal dan dengan aspal campuran karet ban dalam bekas sepeda motor bisa dilihat perbandingannya sebagai berikut .

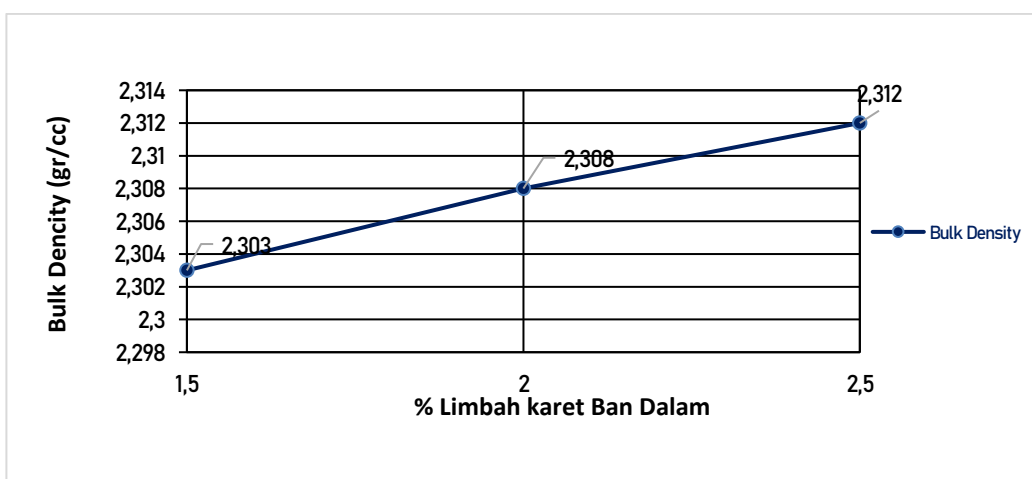
##### a. Berat isi (*Bulk Density*)

Hasil berat isi (*bulk density*) aspal normal dan aspal dengan campuran limbah karet ban dalam variasi penambahan 1,5%, 2%, dan 2,5% bisa dilihat pada gambar 4.3 dan 4.4.





Gambar 4.3: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) terhadap *bulk density* (gr/cc) aspal normal.



b

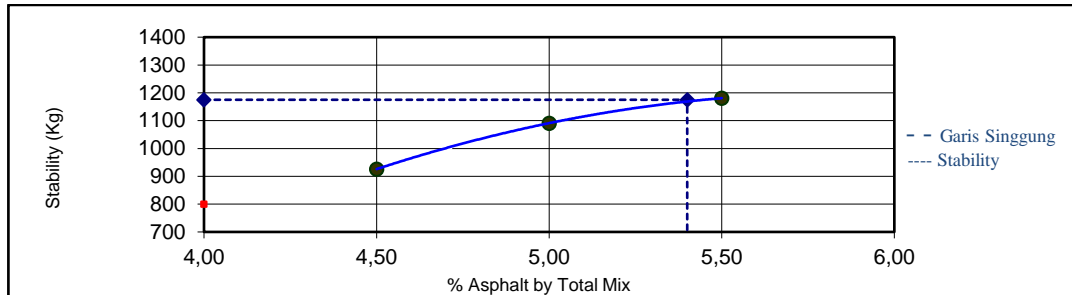
Gambar 4.4: Grafik hubungan limbah karet ban dalam (%) dengan *bulk density* (gr/cc).

Berdasarkan gambar 4.3 dan 4.4 di atas menunjukkan dalam penambahan limbah karet ban dalam mempengaruhi kepadatan (*bulk density*). Kepadatan yang dengan campuran limbah karet ban dalam lebih rendah dibandingkan dengan yang normal.

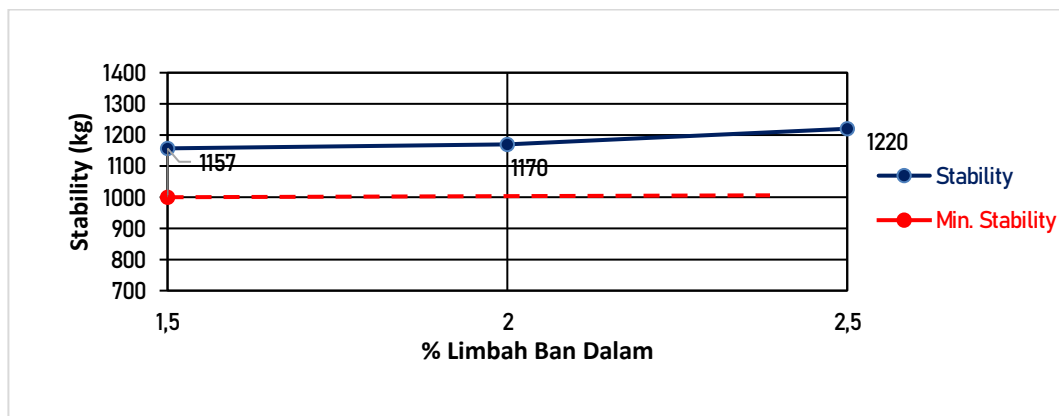
Nilai tertinggi kepadatan (*bulk density*) pada aspal normal yaitu sebesar 2,315 gr/cc dengan kadar aspal 5,5%, sedangkan nilai yang tertinggi pada aspal yang menggunakan campuran limbah karet ban dalam dengan variasi 2,5% yaitu sebesar 2,312 gr/cc.

b. Stabilitas (*Stability*)

Hasil nilai stabilitas pada pengujian untuk aspal normal dan aspal dengan campuran limbah karet ban dalam variasi 1,5%, 2%, dan 2,5% dapat dilihat pada gambar 4.5 dan 4.6.



Gambar 4.5: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan stabilitas (kg) pada aspal normal.



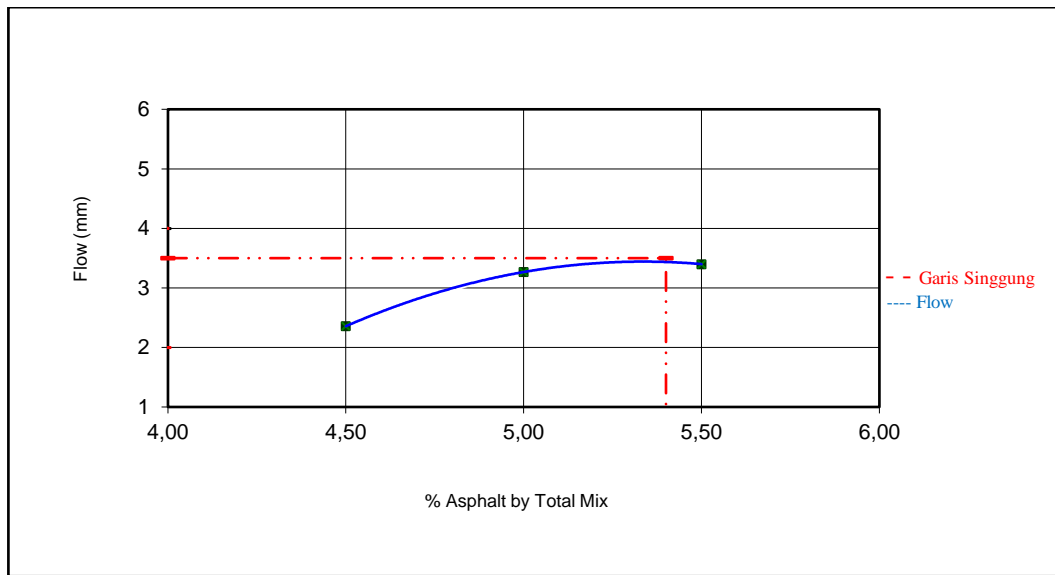
Gambar 4.6: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan stabilitas (kg) pada aspal dengan campuran limbah karet ban dalam.

Berdasarkan gambar 4.5 dan 4.6 diatas menunjukkan bahwa penambahan limbah karet ban dalam berpengaruh terhadap stabilitas aspal. Stabilitas aspal dengan campuran limbah karet ban dalam lebih tinggi dari pada aspal murni. Stabilitas tertinggi dari aspal campuran limbah karet ban dalam sebesar 1220 (kg) variasi 2,5% dan yang aspal murni sebesar 1181 (kg) kadar aspal 5,5%. Hasil tersebut sudah masuk dalam spesifikasi Bina Marga 2018 yang mempunyai syarat stabilitas minimal 1000 (kg) . Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar tambah limbah karet ban maka semakin tinggi stabilitas

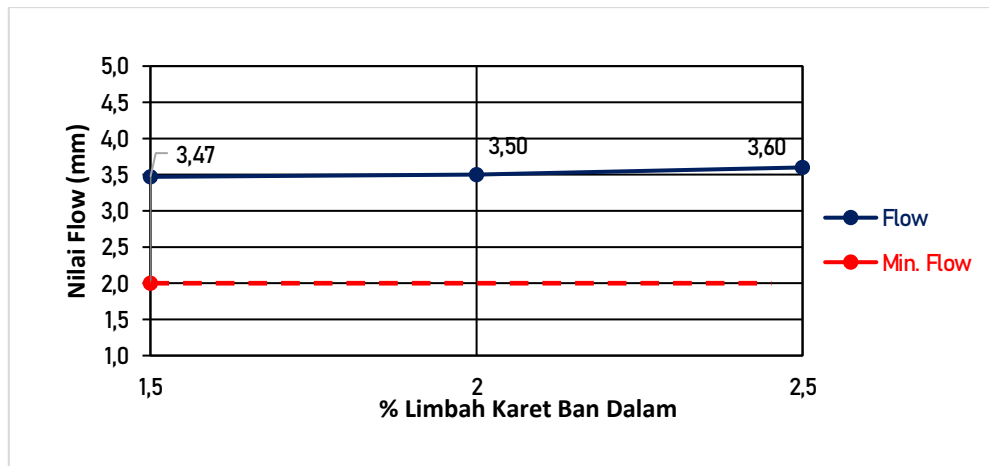
aspal hal ini sesuai teori yang telah ada pada penelitian sebelumnya bahwa kandungan pada limbah karet ban dalam dapat meningkatkan stabilitas.

c. Klelehan (*Flow*)

Hasil nilai *flow* pengujian untuk aspal normal dan aspal dengan campuran limbah karet ban dalam variasi 1,5%, 2%, dan 2,5% dapat dilihat pada gambar 4.7 dan 4.8.



Gambar 4.7: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *flow* (mm) pada aspal normal.

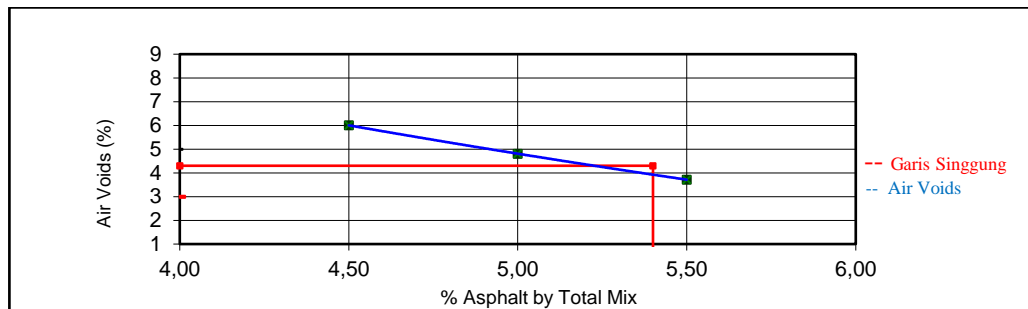


Gambar 4.8: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *flow* (mm) pada aspal dengan campuran limbah karet ban dalam.

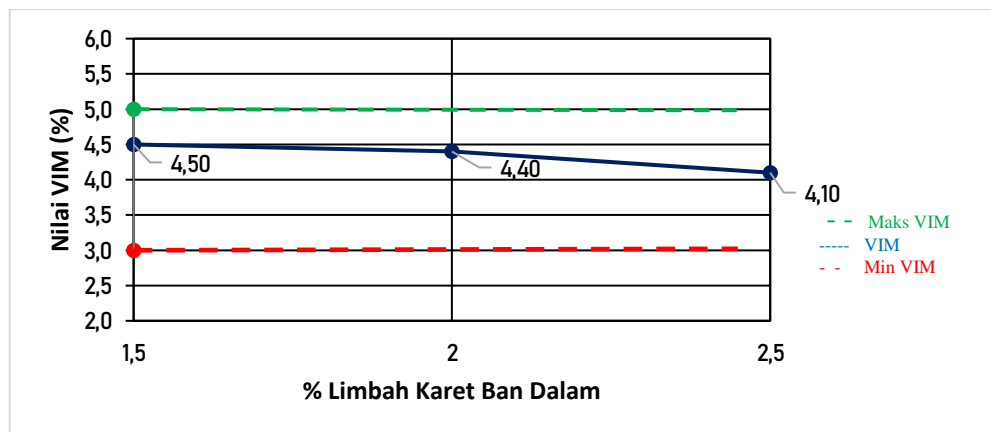
Spesifikasi Bina Marga 2018 memiliki syarat ketentuan *flow* minimal nilai sebesar 2mm. Dari hasil pengujian *flow* diatas bahwa penambahan limbah karet ban dalam berpengaruh atas *flow*, Semakin banyak kadar limbah karet ban dalam maka *flow* semakin tinggi, *Flow* tertinggi sebesar 3,60 mm dengan aspal campuran limbah karet ban dalam variasu 2,5% yang aspal murni sebesar 3,40 mm dengan kadar aspal 5,5%. Maka dapat disimpulkan juga dari hasil pengujian diatas aspal normal maupun dengan tambahan limbah karet ban dalam memenuhi syarat Bina Marga 2018.

d. Persentase rongga terhadap campuran (VIM)

Hasil nilai *void in mix* (VIM) pada pengujian aspal normal dengan penambahan limbah karet ban dalam bekas bisa dilihat pada gambar 4.9 dan 4.10.



Gambar 4.9: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *air voids* (%) pada aspal normal.

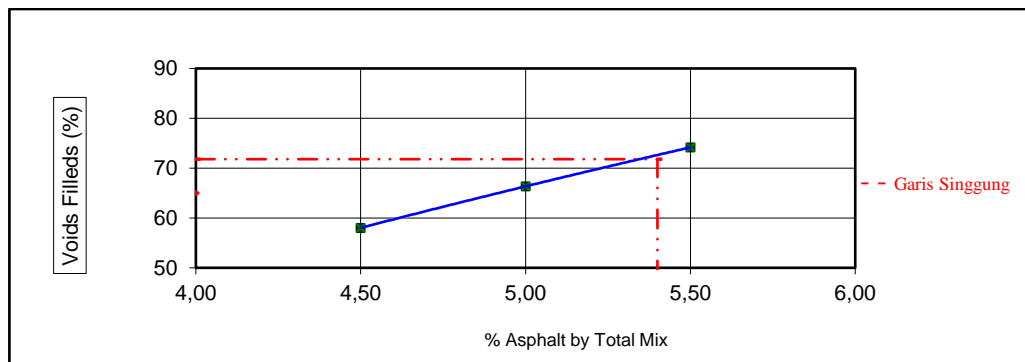


Gambar 4.10: Grafik hubungan antara limbah karet ban dalam (%) terhadap *air voids* (%) pada aspal dengan campuran limbah karet ban dalam.

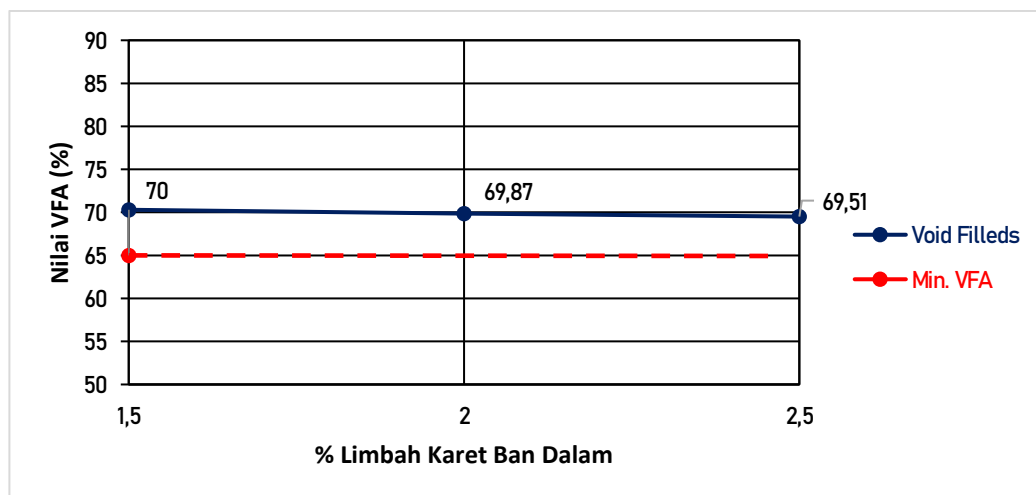
Spesifikasi Bina Marga 2018 memiliki batasan terhadap nilai *air voids* sebesar 3% - 5% maka dari itu berdasarkan dari hasil pengujian diatas pada aspal normal yang ditunjukkan pada gambar 4.9 yang memenuhi kadar aspal dengan 5%, dan 5,5% sedangkan dari aspal dengan campuran limbah karet ban dalam yang masuk sepesifikasi semua variasi, Tapi semua mendekati batas maksimal sepesifikasi Bina Marga 2018.

e. Persentase rongg terisi aspal (VFA)

Hasil nilai *Void Filled Asphalt* (VFA) pada pengujian aspal normal dan yang dengan aspal campuran limbah karet ban dalam bekas dilihat pada gambar 4.11 dan 4.12.



Gambar 4.11: Grafik hubungan kadar aspal (%) dengan *Voids Filled* (%) pada aspal normal.

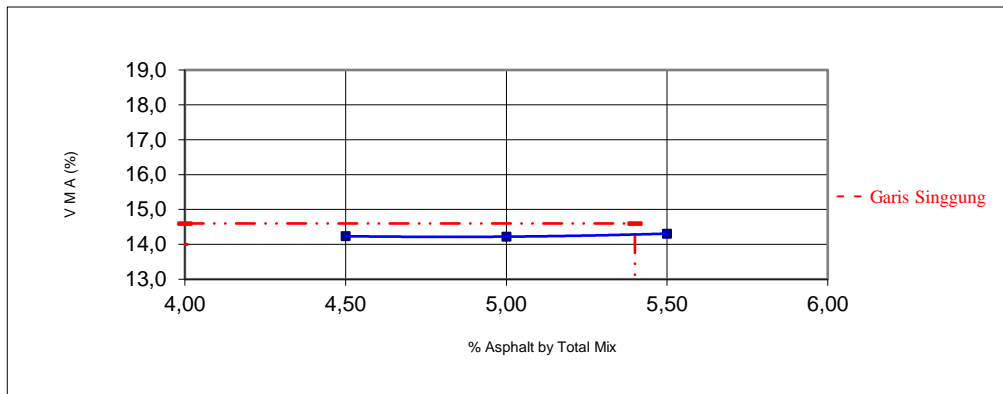


Gambar 4.12: Grafik hubungan kadar limbah karet ban dalam (%) terhadap *Void Filled/VFA* (%).

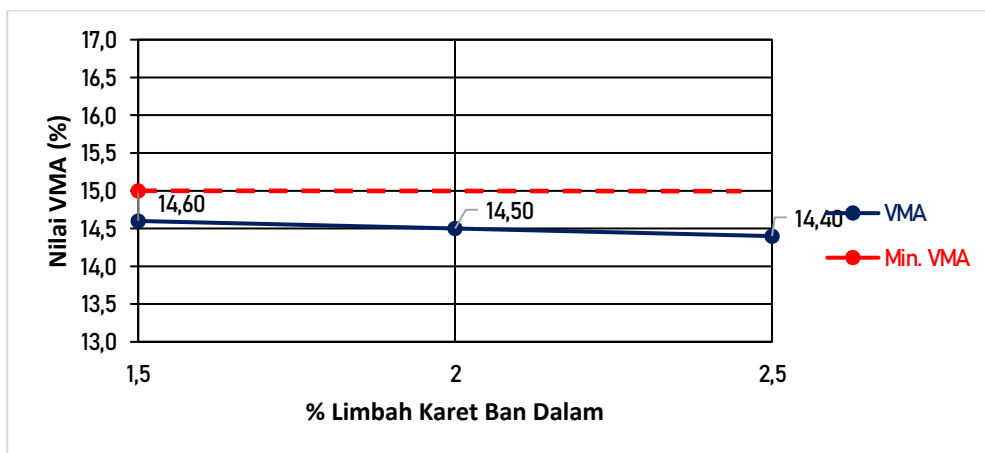
Spesifikasi Bina Marga 2018 memiliki nilai minimal VFA yaitu sebesar  $> 65\%$ . Maka dari itu dari hasil pengujian VFA diatas aspal yang normal pada kadar aspal 4,5% tidak memenuhi spesifikasi dan untuk kadar aspal 5% dan 5,5% memenuhi spesifikasi, dan untuk aspal dengan campuran limbah karet ban dalam semua variasi memenuhi spesifikasi, Namun apa bila semakin besar % kadar limbah karet ban dalam maka semakin menurun nilai VFA.

f. Persentase rongga terhadap agregat (VMA)

Hasil nilai dari *Void in Mineral Agregat* (VMA) pada pengujian aspal normal dan dengan penambahan limbah karet ban dalam bekas dilihat pada gambar 4.13 dan 4.14.



Gambar 4.13: Grafik hubungan kadar aspal (%) dengan VMA (%) pada aspal normal.

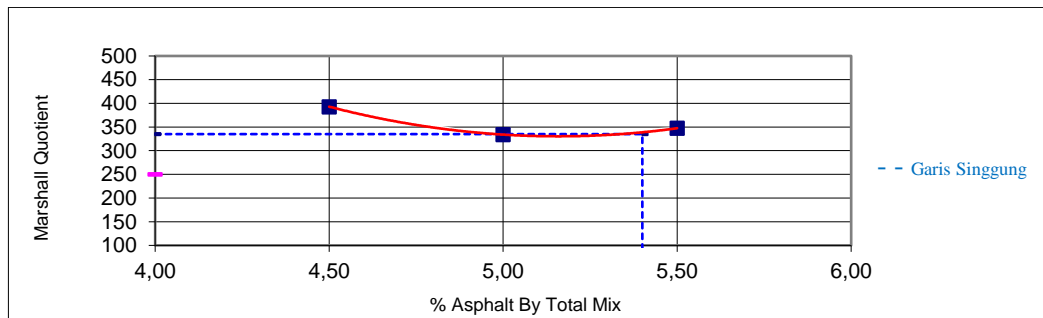


Gambar 4.14: Grafik hubungan limbah karet ban dalam (%) terhadap VMA (%).

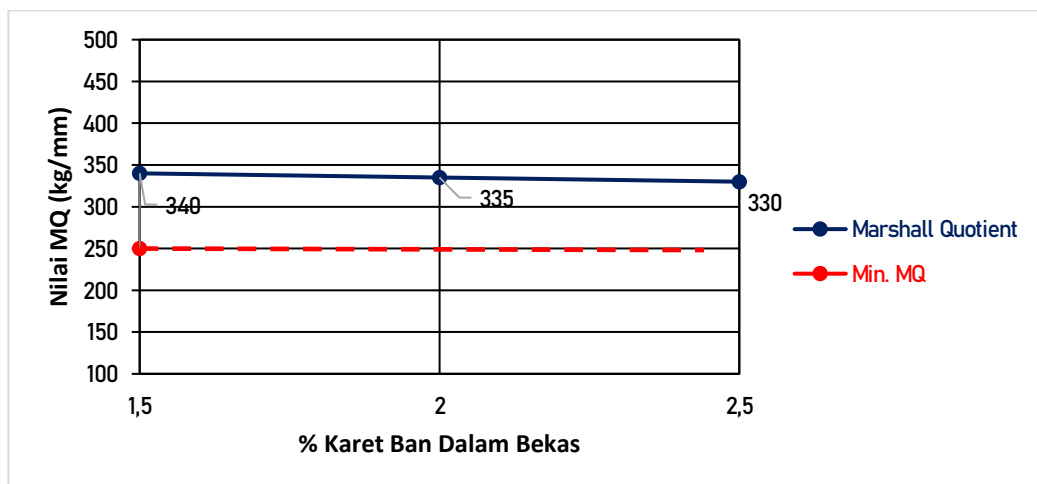
Berdasarkan gambar 4.13 dan 4.14 diatas menunjukkan bahwa campuran normal seluruhnya memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu >14%. Nilai terbesar campuran normal dengan kadar aspal 5,50% dengan nilai VMA 14,374%. Untuk aspal dengan bahan tambah limbah karet ban dalam semua juga memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga. Tetapi bisa kita lihat limbah karet ban dalam berpengaruh terhadap rongga agregat semangkin banyak limbah karet ban dalam maka semangkin kecil.

g. *Marshall Quotient (MQ)*

Hasil nilai dari *Marshall quotient* (MQ) pada pengujian aspal normal dan dengan penambahan limbah ban karet dalam bekas dilihat pada gambar 4.15 dan 4.16.



Gambar 4.15: Grafik hubungan kadar aspal (%) dengan MQ (kg/mm) pada aspal normal.



Gambar 4.16: Grafik hubungan limbah karet ban dalam (%) dengan MQ (kg/mm).

Berdasarkan gambar 4.15 dan 4.16 diatas menunjukkan pada aspal dengan campuran limbah karet ban dalam memenuhi spesifikasi Bina marga 2018 dengan nilai  $>250$  kg/mm. Nilai yang MQ yang didapat pada aspal dengan campuran limbah karet ban dalam variasi 1,5% mendapatkan hasil 340 kg/mm, untuk variasi 2% mendapatkan hasil 335 kg/mm dan variasi 2,5% mendapatkan hasil 330 kg/mm. Nilai MQ dapat kita lihat mengalami penurunan ketika limbah karet ban dalam lebih banyak kadarnya. Hal itu dipengaruhi oleh stabilitas dan *flow* karena nilai MQ didapat dari perbandingan stabilitas dan *flow*.



## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang membahas campuran AC - BC (Asphalt Concrete – Binder Course) Dengan tambahan limbah karet ban dalam dengan kadar 1,5%, 2%, 2,4% yang dilakukan di Laboratorium PT Adhi Karya, Diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil penelitian di laboratorium terhadap karakteristik *Marshall* untuk campuran AC-BC dengan bahan tambah limbah karet dalam yang di lelehkan dengan aspal memenuhi standart spesifikasi Bina Marga 2018 dari pengujian *Bulk Density*, *Stability*, *Air Voids*, *Void Filleds*, *VMA*, *Flow* dan *Marshall Quotient*. Variasi limbah karet ban dalam mempengaruhi hasil dari analisa *Marshall*. Penambahan limbah karet ban menghasilkan nilai stabilitas yang lebih tinggi daripada campuran normal. Hal ini disebabkan oleh campuran limbah karet ban yang dicampurkan dengan aspal yang membuat sifat elastis karet ban tercampur dan mempengaruhi sifat stabilitas aspal. *VMA* hasilnya tidak jauh dengan yang normal, sedangkan untuk *VFA* mengalami penurunan dari campuran normal ini diakibatkan karena karet ban menghalangi aspal buat mengisi rongga – rongga secara maksimal.
2. Hasil *Marshall test* aspal lapisbeton (LASTON) AC – BC dengan penambahan limbah karet ban dalam kendaraan, nilai tertinggi dalam keadaan aspal optimum dan memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 terdapat pada campuran aspal dengan:
  - a. Limbah karet ban dengan variasi 1,5% ini memiliki nilai *Bulk Density* 2,303 gr/cc, *Stability* 1157 kg, *Air Voids* 4,50%, *Void Filleds* 70 %, *VMA* 14,60%, *Flow* 3,47 mm, *Marshall Quotient* 340 kg/mm.
  - b. Limbah karet ban dengan variasi 2% ini memiliki nilai *Bulk Density* 2,308 gr/cc, *Stability* 1170 kg, *Air Voids* 4,40%, *Void Filleds* 69,87%, *VMA* 14,50%, *Flow* 3,50 mm, *Marshall Quotient* 335 kg/mm.

- c. Limbah karet ban dengan variasi 2,5% ini memiliki nilai Bulk Density 2,312 gr/cc, Stability 1220 kg, Air Voids 4,10%, Void Filleds 69,51%, VMA 14,40%, Flow 3,60 mm, Marshall Quotient 330 kg/mm.
3. Hasil penelitian pada lapisan AC-WC seluruh hasil pengujian *Marshall* pada aspal dengan bahan tambah limbah ban dalam bekas memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Namun pada nilai VIM mengalami kenaikan setiap penambahan karet ban dalam bekas hingga mendekati batas maksimal yang disyaratkan oleh Bina Marga. Hal ini karena karet ban dalam bekas yang ditambahkan menghalangi aspal untuk mengisi rongga pada campuran. Nilai VMA yang dihasilkan juga selalu lebih besar seiring besarnya penambahan karet ban dalam bekas karena kadar aspal pada campuran semakin sedikit sehingga persentase terhadap agregat akan semakin banyak, karena rongga-rongga pada benda uji tidak terisi secara menyeluruh oleh aspal

## **5.2 Saran**

1. Saat melakukan penelitian diharapkan memahami dan menguasai langkah kerja pembuatan campuran aspal yang sudah ditetapkan oleh spesifikasi Bina Marga 2018 untuk mendapatkan hasil yang baik dan memperkecil kesalahan selama melakukan penelitian.
2. Ketika melakukan penelitian diharapkan melakukannya dengan sangat teliti pada melakukan pemeriksaan berat jenis dan gradasi karena hasil gradasi sangat mempengaruhi untuk penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Balaguru, P., Mohan, N. K., & Sat, A. P. (2011). *Neural Network Based Analysis of Thermal Properties Rubber Composite Material - Pneumatic Tire. III*, 5–9.
- Fitri, S., Saleh, S. M., & Isya, M. (2018). Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Kresek Sebagai Substitusi Aspal Pen 60/70 Terhadap Karakteristik Campuran Laston Ac – Bc. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), 737–748. <https://doi.org/10.24815/jts.v1i3.10034>
- Jenderal, D., & Marga, B. (2018). *Spesifikasi umum 2018. September*.
- Lhokseumawe, P. N., Pengantar, K., Alwie, rahayu deny danar dan alvi furwanti, Prasetio, A. B., & Andespa, R. (2020). Tugas Akhir Tugas Akhir. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret201*, 2(1), 41–49.
- Nasional, S., Ics, I., & Nasional, B. S. (2008a). *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*.
- Nasional, S., Ics, I., & Nasional, B. S. (2008b). *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*.
- Prayogi, I. S., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Raya, U. P., Dalam, B., Kendaraan, B., & Empat, R. (2021). *Karakteristik pemanfaatan penggunaan ban dalam kendaraan bekas roda empat terhadap campuran laston 123. 1(1)*, 172–179.
- Putri, E. E., Yosritzal, Y., Agusyaini, A.-A., & Budiawan, W. (2022). Evaluating the effect of using shredded waste tire in the asphalt concrete-binder coarse on Marshall parameters. *SINERGI*, 26(1), 107. <https://doi.org/10.22441/sinergi.2022.1.014>
- Sukirman, S. (2010). *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*.
- Sukirman, S. (2016). *Beton Aspal Campuran Panas*.
- Wendy, S. (2020). *Universitas bung hatta padang. IV(3)*, 1–11.
- Wibisono, R. E., Yuana, B. W., & Susanti, A. (2021). *Analisa Komponen Bina Marga Untuk Perhitungan Tebal Perkerasan Jalan Kepatihan-Warujayeng Kabupaten Nganjuk. 04(September)*, 53–59.

# LAMPIRAN

## **BAHAN – BAHAN PENELITIAN**

---



Gambar L1 : Agregat Kasar 1/2 Inchi



Gambar L2 : Agregat Kasar 3/4 Inchi



Gambar L3 : Abu Batu



Gambar L4 : Pasir (Sand)



Gambar L5 : Aspal Penetrasi 60/70



Gambar L6 : Limbah Karet Ban Dalam Kendaraan

## ALAT – ALAT PENELITIAN

---



Gambar L7 : Saringan Agregat



Gambar L8 : Timbangan





Gambar L9 : Tempat Cetak Aspal Beserta Penumbuk Aspal



Gambar L10 : Water Bath



Gambar L11 : Test Marshall

## Proses Pembuatan Benda Uji

---



Gambar L12 : Pengambilan Agregat di PT. Adhi Karya



Gambar L13 : Pengerjaan Gradasi Agregat



Gambar L14 : Pengerjaan Pemanasan Benda Uji



Gambar L15 : Pengerjaan Penumbukan Benda Uji



Gambar L16 : Benda Uji Yang Sudah Jadi




Gambar L17 : Proses Perendaman Benda Uji




Gambar L18 : Pengerjaan Perendaman Benda Uji Dalam *Waterbath*



Gambar L19 : Pengerjaan Pengujian *Marshall*

Pengaruh Penambahan Limbah Ban Dalam Kendaraan Terhadap Karakteristik Marsal Pada Laston AC-BC			SIEVE ANALYSIS TEST							
SUMBER MATERIAL : COLD BIN										
<b>FINE AGGREGATE</b>										
Sieve Size		Sample 1				Sample 2				Average Passing (%)
		Individual Wt	Weight Cumulative			Individual Wt	Weight Cumulative			
Inch	mm	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retaind (%)	Passing (%)	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retaind (%)	Passing (%)	
1	25,4	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00
3/4	19,1	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00
1/2	12,7	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00
3/8	9,5	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00
No. 4	4,76	0,0	0,0	0,00	100,00	0,0	0,0	0,00	100,00	100,00
No. 8	2,88	201,8	201,8	20,18	79,82	199,0	199,0	20,40	79,60	79,71
No. 16	1,19	300,5	502,3	50,23	49,77	308,0	507,0	51,96	48,04	48,90
No. 30	0,595	170,0	672,3	67,23	32,77	173,2	680,2	69,71	30,29	31,53
No. 50	0,297	93,5	765,8	76,58	23,42	87,8	768,0	78,71	21,29	22,35
No. 100	0,15	71,8	837,6	83,76	16,24	62,6	830,6	85,13	14,87	15,56
No. 200	0,074	133,1	898,9	89,89	10,11	107,0	875,0	89,68	10,32	10,22
Total Weight		1000,0				975,7				
<b>NATURAL SAND</b>										
Sieve Size		Sample 1				Sample 2				Average Passing (%)
		Individual Wt	Weight Cumulative			Individual Wt	Weight Cumulative			
Inch	mm	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retaind (%)	Passing (%)	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retaind (%)	Passing (%)	
1	25,4	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00
3/4	19,1	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00
1/2	12,7	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00
3/8	9,5	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00
No. 4	4,76	8,0	8,0	0,80	99,20	7,0	7,0	0,85	99,15	99,17
No. 8	2,88	20,0	28,0	3,43	96,57	22,0	29,0	3,53	96,47	96,52
No. 16	1,19	94,0	122,0	14,96	85,04	95,0	124,0	15,11	84,89	84,96
No. 30	0,595	301,0	423,0	51,87	48,13	299,3	423,3	51,59	48,41	48,27
No. 50	0,297	258,5	681,5	83,57	16,43	263,7	687,0	83,73	16,27	16,35
No. 100	0,15	111,0	792,5	97,18	2,82	115,4	802,4	97,79	2,21	2,51
No. 200	0,074	125,0	806,5	98,90	1,10	125,0	812,0	98,96	1,04	1,07
Total Weight		815,5				820,5				
<b>Disetujui Oleh : Quality Control</b>										
<b>Abdi Safitri</b>										

Lampiran 1 : Data analisis saringan agregat halus

Pengaruh Penambahan Limbah Ban Dalam Kendaraan Terhadap Karakteristik Marsall Pada Laston AC-BC				SIEVE ANALYSIS TEST							
SUMBER MATERIAL : COLD BIN											
Coarse Aggregate 1"											
Sieve Size		Sample 1				Sample 2				Average Passing (%)	
		Individual Wt Retained (Gr)	Weight Cumulative			Individual Wt Retained (Gr)	Weight Cumulative				
Inch	mm		Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retaind (%)		Passing (%)	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retaind (%)	Passing (%)
11/2"	37,5		0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00	
1	25,4		0	0,00	100,00		0	0,00	100,00	100,00	
3/4	19,1	1071	1071	33,26	66,74	1009	1009	32,55	67,45	67,10	
1/2	12,7	1401	2472	76,77	23,23	1302	2311	74,55	25,45	24,34	
3/8	9,5	572	3044	94,53	5,47	562	2873	92,68	7,32	6,39	
No. 4	4,76	164	3208	99,63	0,37	213	3086	99,55	0,45	0,41	
No. 8	2,88										
No. 16	1,19										
No. 30	0,595										
No. 50	0,297										
No. 100	0,150										
No. 200	0,074										
Total Weight		3220				3100					
MEDIUM AGGREGATE/ MA 1/2											
Sieve Size		Sample 1				Sample 2				Average Passing (%)	
		Individual Wt Retained (Gr)	Weight Cumulative			Individual Wt Retained (Gr)	Weight Cumulative				
Inch	mm		Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retaind (%)		Passing (%)	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retaind (%)	Passing (%)
1	25,4	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00	
3/4	19,1	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00	
1/2	12,7	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00	
3/8	9,5	394	394	17,67	82,33	340	340	15,20	84,80	83,57	
No. 4	4,76	1066	1460	65,47	34,53	1083	1423	63,61	36,39	35,46	
No. 8	2,88	357	1817	81,48	18,52	408	1831	81,85	18,15	18,33	
No. 16	1,19	95	1912	85,74	14,26	84	1915	85,61	14,39	14,33	
No. 30	0,595	51	1963	88,03	11,97	41	1956	87,44	12,56	12,27	
No. 50	0,297	62	2025	90,81	9,19	72	2028	90,66	9,34	9,27	
No. 100	0,15	178	2203	98,79	1,21	183	2211	98,84	1,16	1,19	
No. 200	0,074	200	2225	99,78	0,22	204	2232	99,78	0,22	0,22	
Total Weight		2230				2237					

Lampiran 2 : Data analisis saringan agregat kasar





SUMBER MATERIAL : COLD BIN

**UKURAN SARINGAN**

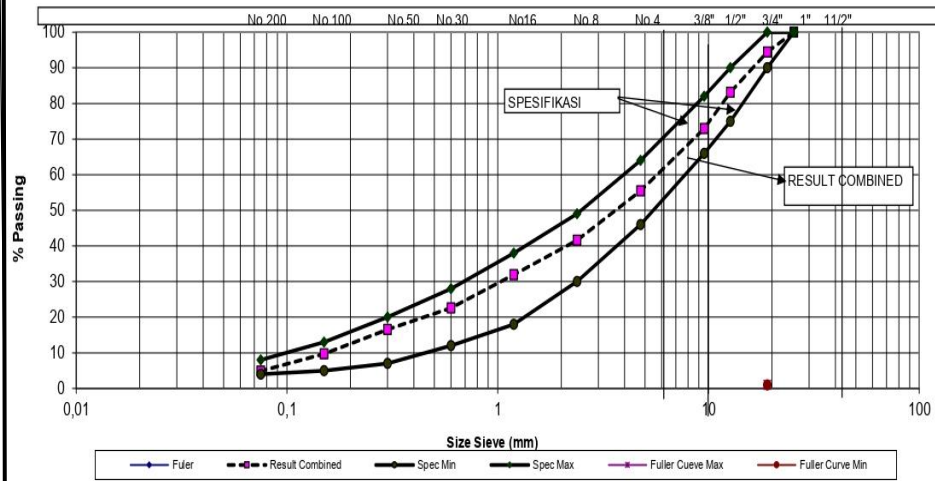
Inch	1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	#100	# 200
mm	25,4	19	12,7	9,53	4,76	2,38	1,19	0,6	0,3	0,15	0,075

**DATA MATERIAL**

COARSE AGREGATE 1"	100,00	75,67	26,62	5,19	0,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEDIUM AGREGATE 1/2"	100,00	100,00	100,00	82,48	35,64	23,47	15,48	9,56	6,44	3,36	2,88
FINE AGGREGATE	100,00	100,00	100,00	100,00	93,68	69,72	53,65	43,54	32,40	21,55	10,05
NATURAL SAND	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	89,56	76,98	35,52	25,51	5,63	2,20

**KOMPOSISI CAMPURAN**

COARSE AGREGATE 1"	23	23,00	17,40	6,12	1,19	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEDIUM AGREGATE 1/2	30	30,00	30,00	30,00	24,74	10,69	7,04	4,64	2,87	1,93	1,01	0,86
FINE AGGREGATE	38	38,00	38,00	38,00	38,00	35,60	26,49	20,39	16,54	12,31	8,19	3,82
NATURAL SAND	9	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	8,06	6,93	3,20	2,30	0,51	0,20
<b>Total Campuran</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>94,40</b>	<b>83,12</b>	<b>72,94</b>	<b>55,45</b>	<b>41,59</b>	<b>31,96</b>	<b>22,61</b>	<b>16,54</b>	<b>9,70</b>	<b>4,88</b>
Spec Max		100,00	100,00	90,00	82,00	64,00	49,00	38,00	28,00	20,00	13,00	8,00
Spec Min		100,00	90,00	75,00	66,00	46,00	30,00	18,00	12,00	7,00	5,00	4,00



$P_b = 0.035(\%CA) + 0.045(\%FA) + 0.18(\%FF) + K$   
 $P_b = 5,57 \%$   
 DIBULATKAN  $P_b = 5.5 \%$

ca 58,41  
 fa 36,71  
 FF 4,88  
 total 100,00

Disetujui Oleh  
 Quality Control

Abdi Safitri

Lampiran 3 : Kombinasi campuran aspal

## SPECIFIC GRAVITY TEST



SUMBER MATERIAL : COLD BIN

### 1. COARSE AGGREGATE (RETAINED NO 4 SIEVE)

	CA 1"		MA 1/2		FA + Filler		SAND				
	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Average
Weight of oven dry sample in air	2600	2586	2330	2318	1820	1560					
Weight of saturated surface dry sample in air	2619	2606	2352	2342	1839	1575					
Weight of saturated sample in air	1614	1600	1445	1442	1128	962,3					
Bulk Specific Gravity (Gr/cc)	A / (B-C)		2,569		2,572		2,560		2,553		0,000
App Specific Gravity (Gr/cc)	A / (A-C)		2,633		2,639		2,630		2,610		0,000
Ssd Specific Gravity (Gr/cc)	B / (B-C)		2,593		2,598		2,586		2,571		0,000
Absortion (%)	(B-A)/A x 100		0,944		0,990		1,044		1,003		0,000

### 2. FINE AGGREGATE (PASSING NO 4 SIEVE)

	CA 1"		MA 1/2		FA + Filler		SAND				
	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Average
Weight of saturated surface dry sample in air			500	500	500	500	500	500			
Weight of oven dry sample in air			489,2	489,6	490,5	490,3	492,3	493,5			
Weight of picnometer filled with water			1270,1	1225	1225	1270,1	1225	1225			
Weight of picnometer filled with saturated water			1577,1	1533	1532,4	1577,1	1529,5	1530,2			
Weight of saturated sample investor											
Bulk Specific Gravity (Gr/cc)	A / (B+500-C)		2,535		2,542		2,547		2,544		2,518
App Specific Gravity (Gr/cc)	A / (B+A-C)		2,685		2,690		2,679		2,675		2,621
Ssd Specific Gravity (Gr/cc)	500/(B+500-C)		2,591		2,604		2,596		2,591		2,558
Absortion (%)	(500-A)/Ax100		2,208		2,124		2,166		1,978		1,564

### 3. AVERAGE SPESIFIC GRAVITY OF AGGREGAT

	CA 1	MA 1/2	FA + F	SAND
Percentage of aggregate retained No 4 sieve (%)	100,00	64,54	0,83	0,00
Percentage of aggregate passing No 4 sieve (%)	0,00	35,46	99,17	100,00

### 4. RESULT TEST

	CA 1	MA 1/2	FA+F	SAND
Bulk Specific Gravity (Gr/cc)	2,579	2,562	2,544	2,526
App Specific Gravity (Gr/cc)	2,630	2,658	2,676	2,621
Ssd Specific Gravity (Gr/cc)	2,598	2,598	2,593	2,562
Absortion (%)	0,752	1,407	1,950	1,441

TANGGAL	KONTRAKTOR	TANGGAL	KONSULTAN	TANGGAL	BINA MARGA

Lampiran 4 : Data Berat jenis agregat

<b>PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KARET BAN DALAM KENDARAAN TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA LASTON AC - BC</b>					<b>PERCOBAAN MARSHALL ( SNI 06-2489-1991 )</b>												
										SOURCE : COLD BIN ( AC - BC ) DATE :							
	Aggregate (%)	A.C mixes (%)	Berat (gram)			Volume cc	Berat Jenis ( grm/cc)		VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)	Bacaan arloji	Stability		Kelelahan mm	Marshall Quotient Kg/mm	K.Asphalt Efektif (%)
			Kering	Dalam Air	Jenuh		Aktual	Teoritis					Kalibrasi Kg	Correlation Kg			
	a	b	c	d	e	f=d-e	g=c/f	h	i	j	k	l	m	n=m*scr	o	p=n/o	q
1	95,5	4,5	1294,2	734,7	1298,8	564,1	2,294					40	967,7	861	2,52		
2			1284,3	727,2	1290,8	563,6	2,279					47	1137,1	1012	2,35		
3			1278,9	726,5	1281,6	555,1	2,304					42	1016,1	904	2,20		
<b>Rata - rata</b>						<b>2,292</b>	<b>2,439</b>	<b>14,301</b>	<b>6,00</b>	<b>58,03</b>		<b>Rata - rata</b>	<b>926</b>	<b>2,36</b>	<b>393</b>	<b>3,70</b>	
1	95,0	5,0	1280,1	743,0	1283,3	540,3	2,369					53	1282,3	1141	3,30		
2			1274,5	738,4	1278,2	539,8	2,361					47	1137,1	1012	3,40		
3			1286,1	701,0	1289,9	588,9	2,184					52	1258,1	1120	3,10		
<b>Rata - rata</b>						<b>2,305</b>	<b>2,421</b>	<b>14,287</b>	<b>4,81</b>	<b>66,35</b>		<b>Rata - rata</b>	<b>1091</b>	<b>3,27</b>	<b>334</b>	<b>4,21</b>	
1	94,5	5,5	1271,0	733,2	1277,0	543,8	2,337					56	1354,8	1260	3,45		
2			1287,6	747,0	1291,5	544,5	2,365					52	1258,1	1120	3,35		
3			1284,3	716,2	1289,1	572,9	2,242					54	1306,5	1163	3,40		
<b>Rata - rata</b>						<b>2,315</b>	<b>2,404</b>	<b>14,374</b>	<b>3,71</b>	<b>74,17</b>		<b>Rata - rata</b>	<b>1181</b>	<b>3,40</b>	<b>347</b>	<b>4,71</b>	
			K.Aggregate 94,5		K.Asphalt 5,5												
Bj Bulk 2,554		Bj.Asphalt 1,023	Gmm 2,404		Bj.Eff Agg 2,609		Absp Aspl 0,83										
<b>Keterangan</b> a = % Asphalt terhadap batuan b = % Asphalt terhadap campuran c = Berat contoh Kering ( gr ) d = Berat contoh dalam keadan jenuh e = Berat contoh dalam Air f = Isi Contoh ( d - e ) g = Berat Isi ( c - f ) * GMM ditentukan dengan cara AASTHO T 209 pada kadar asphalt optimum perkiraan $P_b = 0.035 ( \%CA ) + 0.045 ( \%FA ) + 0.18 ( \%FF ) + K$ $K = 0.5 - 1$ Untuk laston, 2.0 - 3.0 Untuk lastonan ** Bj. Eff Agg 5 $\frac{100 - KA}{Gmm} \cdot \frac{Bj.Asphalt}{Bj.Asphalt}$ 5,33773292 35,8484285 2,63609882 h = Bj.Maksimum campuran ( teoritis ) $Gmm = \frac{100}{\frac{\% Agg}{Bj.Effagg} + \frac{\% Asphalt}{Bj.Asphalt}}$ I = % Rongga diantara Agg $100 - \frac{(100 - b)g}{Bj.Bulk \ aggregate}$ j = Persen rongga terhadap campuran 100 - (100 g/h) k = Persen rongga terisi Asphalt 100 - (1 - j) / i l = Pembacaan arloji stability m = Stabilitas ( l x kalibrasi proving ring ), ( Kg ) n = Stabilitas ( ml x koreksi benda uji ), ( Kg ) o = Kelelahan ( mm ) p = Hasil bagi marshall ( Kg/m ) *** Absorpsi Asphalt terhadap aggregate $100 \times \frac{Bj. eff - Bj. bulk}{Bj. eff \times Bj. bulk} \times Bj. Asphalt$ q = Kadar Asphalt Efektif $b - \frac{Abs.Asphalt ( 100 - b )}{100}$  <b>Disetujui Oleh</b> <b>Quality Control</b>  <b>Abdi Safitri</b>																	

Lampiran 5 : Data Marshall campuran normal

Pengaruh Penembahan Limbah Ban Dalam Kendaraan Terhadap Karakteristik Marsall Pada Laston AC-BC

## PROPERTIES OF HIGH DURABILITY ASPHALT MIXES BY THE MARSHALL METHOD



SOUSESE MATERIAL : COLD BIN

Penetration Grade of Bitumen AC 60/70  
Specific Gravity of Bitumen, T 1,024  
Calibration Ring, Ring = 24,18 kg

**Specific Gravity Aggregate**

No	Aggregate	oven dry	app
a	CA 1	2,579	2,630
b	MA	2,562	2,658
c	FA	2,544	2,676
d	SAND	2,526	2,621

Spec No	Bitument Content	Bulk Sp Gg Of Total Agg	Eff Sp Gg Of Total Agg	Max Sp Gr Combined Mix	Weight (Gram)			Volume Of Specimen	Bulk Density (Gr/cc)	Absorption Bit Of Tot Mix	% eff AC BY Mix	Volume % of Total			VMA (%)	% Voids Filled	Stability		Flow (mm)	Marshall Quontient (Kg/mm)			
					In Air	In Water	SSD					Eff AC	Agg	Air Void			Measure	Adjust (Kg)					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T			
	% Bit By Wt Of Mix	Refer Note 1	Refer Note 2	Refer Note 3	From Lab	From Lab	From Lab	G - F	E / H	Refer Note 4	Refer Note 5	I x K / T	(100-A)/E	100(D - I) / D	L + N	(L / O) x 10	From Lab		From Lab	R/T			
1	4,50	2,554	2,605	2,436	1297,0	733,4	1302,4	569,0	2,279								37	832	2,50				
					1287,5	728,3	1294,5	566,2	2,274										41	952	2,30		
					1297,8	726,3	1287,3	561,0	2,313										42	975	2,40		
									<b>2,289</b>			<b>0,75</b>	<b>3,78</b>	<b>8,45</b>	<b>85,59</b>	<b>6,03</b>	<b>14,49</b>	<b>58,35</b>		<b>919</b>	<b>2,40</b>	<b>383</b>	
2	5,00	2,554	2,605	2,418	1286,0	737,2	1295,6	558,4	2,303								48	1114	3,30				
					1284,4	742,0	1294,3	562,3	2,326									52	1169	3,40			
					1282,5	738,3	1299,2	560,9	2,287									48	1079	3,50			
									<b>2,305</b>			<b>0,75</b>	<b>4,29</b>	<b>9,66</b>	<b>85,74</b>	<b>4,69</b>	<b>14,35</b>	<b>67,31</b>		<b>1121</b>	<b>3,40</b>	<b>330</b>	
3	5,50	2,554	2,605	2,401	1286,3	738,7	1294,3	555,6	2,315								52	1207	3,60				
					1280,5	749,0	1299,2	550,2	2,327									50	1160	3,50			
					1290,0	736,0	1298,5	562,5	2,293									51	1184	3,40			
									<b>2,312</b>			<b>0,74</b>	<b>4,80</b>	<b>10,83</b>	<b>85,54</b>	<b>3,72</b>	<b>14,55</b>	<b>74,44</b>		<b>1184</b>	<b>3,50</b>	<b>338</b>	

- $B = (a+b+c+d+e) / (a/oven_a + b/oven_b + c/oven_c + d/oven_d)$
  - $C = \{ (a+b+c+d+e) / (a/app_a + b/app_b + c/app_c + d/app_d) + B \} / 2$
  - $D = 100 / \{ (100-A)/C + A/T \}$
  - $J = 100(C-B)/(B^2) \cdot T$
  - $K = A - (100 - A) \cdot J / 100 \cdot X$
  - $R = 1000(A-J) / UT(100-A)$
- If  $Q > 0,8$  then formula shown for D shall not be used and shall be obtained instead ASSTHO T 209 - 74

MIX PROPORTION (% BY WT OF COMB AGGREGATE)				
a	b	c	d	e
18	34	38,5	10	1,5

REMARK

Disetujui Oleh :  
Quality Control

Abdi Safitri

Lampiran 6 : Data Marshall limbah ban dalam kendaraan 1,5%

Pengaruh Penambahan Limbah karet Ban dalam kendaraan terhadap karetristik Marsall Pada Laston AC-BC	<h2 style="margin: 0;">PROPERTIES OF HIGH DURABILITY ASPHALT MIXES</h2> <h3 style="margin: 0;">BY THE MARSHALL METHOD</h3>	
---	--	--

SOUSE MATERIAL : COLD BIN

Penetration Grade of Bitumen AC 60/70  
 Specific Gravity of Bitument, T 1,024  
 Calibration Ring, Ring = 24,18 kg

Specific Gravity Aggregate			
No	Aggregate	oven dry	app
a	CA 1	2,579	2,630
b	MA	2,562	2,658
c	FA	2,544	2,676
d	SAND	2,526	2,621

Spec No	Bitument Content	Bulk Sp Gg Of Total Agg	Eff Sp Gg Of Total Agg	Max Sp Gr Combined Mix	Weight (Gram)			Volume Of Specimen	Bulk Density (Gr/cc)	Absorbtion Bit (% By Wt) Of Tot Mix	% eff AC BY Mix	Volume % of Total			VMA (%)	% Voids Filled	Stability		Flow (mm)	Marshall Qountient (Kg/mm)
					In Air	In Water	SSD					Eff AC	Agg	Air Void			Measure	Adjust (Kg)		
					E	F	G					H	I	J			K	L		
	% Bit By Wt Of Mix	Refer Note 1	Refer Note 2	Refer Note 3	From Lab	From Lab	From Lab	G - F	E / H	Refer Note 4	Refer Note 5	I x K / T	(100-A) / B	100(D - I) / D	L + N	(L / O) x 10	From Lab		From Lab	R/T
1	4,50	2,554	2,605	2,436	1295,7 1289,8 1302,3	736,0 736,0 745,0	1302,4 1294,5 1309,6	566,4 558,5 564,6	2,288 2,309 2,307								38 42 45	854 975 1044	2,60 2,70 2,40	
								<b>2,301</b>	<b>0,75</b>	<b>3,78</b>	<b>8,50</b>	<b>86,05</b>	<b>5,53</b>	<b>14,03</b>	<b>60,58</b>		52 54 50	1207 1214 1124	<b>2,57</b> 3,30 3,50	<b>373</b>
2	5,00	2,554	2,605	2,418	1287,4 1292,1 1279,9	737,2 742,0 738,3	1295,6 1294,3 1299,2	558,4 552,3 560,9	2,306 2,339 2,282								53 58 52	1230 1346 1207	3,60 3,50 3,70	
								<b>2,309</b>	<b>0,75</b>	<b>4,29</b>	<b>9,67</b>	<b>85,89</b>	<b>4,53</b>	<b>14,20</b>	<b>68,12</b>		53 58 52	1230 1346 1207	<b>3,47</b> 3,60 3,50	<b>341</b>
3	5,50	2,554	2,605	2,401	1299,0 1289,7 1298,3	735,8 742,0 738,0	1294,3 1299,2 1298,5	558,5 557,2 560,5	2,326 2,315 2,316								53 58 52	1230 1346 1207	3,60 3,50 3,70	
								<b>2,319</b>	<b>0,74</b>	<b>4,80</b>	<b>10,86</b>	<b>85,80</b>	<b>3,43</b>	<b>14,29</b>	<b>76,02</b>		53 58 52	1230 1346 1207	<b>3,60</b> 3,50 3,70	<b>350</b>

1.  $B = (a+b+c+d+e) / (a/oven_a + b/oven_b + c/oven_c + d/oven_d)$
2.  $C = \{ (a+b+c+d+e) / (a/app_a + b/app_b + c/app_c + d/app_d) + B \} / 2$
3.  $D = 100 / \{ (100-A)/C + A/T \}$
4.  $J = 100(C-B)/(B \cdot C) \cdot T$
5.  $K = A - (100 - A) / 100 \cdot X \cdot J$
6.  $R = 1000(A-J) / UT(100-A)$   
 If  $Q > 0,8$  then formula shown for D shall not be used and shall de optained instead ASSTHO T 209 - 74

MIX PROPORTION				
(% BY WT OF COMB AGGREGATE)				
a	b	c	d	e
18	34	38,5	10	1,5

REMARK \_\_\_\_\_

Disetujui Oleh : \_\_\_\_\_  
 Quality Control

Abdi Safitri

Lampiran 7 : Data Marshall limbah ban dalam kendaraan 2%

Pengaruh Penambahan Limbah karet Ban dalam kendaraan terhadap karetristik Marsall Pada Laston AC-BC

## PROPERTIES OF HIGH DURABILITY ASPHALT MIXES BY THE MARSHALL METHOD



SOUSE MATERIAL : COLD BIT

Penetration Grade of Bitumen AC 60/70  
Specific Gravity of Bitument, T 1,024  
Calibration Ring, Ring = 24,18 kg

**Specific Gravity Aggregate**

No	Aggregate	oven dry	app
a	CA 1	2,579	2,630
b	MA	2,562	2,658
c	FA	2,544	2,676
d	SAND	2,526	2,621

Spec No	Bitumen Content	Bulk Sp Gg Of Total Agg	Eff Sp Gg Of Total Agg	Max Sp Gr Combined Mix	Weight (Gram)			Volume Of Specimen	Bulk Density (Gr/cc)	Absorption Bit (% By Wt) Of Tot Mix	% eff AC BY Mix	Volume % of Total			VMA (%)	% Voids Filled	Stability		Flow (mm)	Marshall Qountint (Kg/mm)		
					In Air	In Water	SSD					Eff AC	Agg	Air Void			Measure	Adjust (Kg)				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T		
	% Bit By Wt Of Mix	Refer Note 1	Refer Note 2	Refer Note 3	From Lab	From Lab	From Lab	G - F	E / H	Refer Note 4	Refer Note 5	I x K / T	(100-A)/B	100(D - I) / D	L + N	L / O ) x 10	From Lab		From Lab	R/T		
1	4,50	2,554	2,605	2,436	1293,0	736,6	1302,4	565,8	2,285								37	832	2,60			
					1285,0	731,6	1294,5	562,9	2,283										41	952	2,30	
					1280,6	736,0	1287,3	551,3	2,323										42	975	2,40	
								<b>2,297</b>	<b>0,75</b>	<b>3,78</b>		<b>8,48</b>	<b>85,89</b>	<b>5,70</b>	<b>14,19</b>	<b>59,80</b>		<b>919</b>	<b>2,43</b>	<b>378</b>		
2	5,00	2,554	2,605	2,418	1285,3	736,5	1295,6	559,1	2,299								48	1114	3,30			
					1285,2	740,1	1294,3	554,2	2,319									52	1169	3,10		
					1285,0	737,0	1299,2	562,2	2,286									48	1079	3,20		
								<b>2,301</b>	<b>0,75</b>	<b>4,29</b>		<b>9,64</b>	<b>85,60</b>	<b>4,85</b>	<b>14,49</b>	<b>66,53</b>		<b>1121</b>	<b>3,20</b>	<b>350</b>		
3	5,50	2,554	2,605	2,401	1281,5	739,4	1294,3	554,9	2,309								52	1207	3,50			
					1283,5	741,2	1299,2	558,0	2,300									50	1160	3,50		
					1294,0	738,2	1298,5	560,3	2,309									51	1184	3,40		
								<b>2,306</b>	<b>0,74</b>	<b>4,80</b>		<b>10,80</b>	<b>85,34</b>	<b>3,95</b>	<b>14,76</b>	<b>73,22</b>		<b>1184</b>	<b>3,47</b>	<b>341</b>		

1.  $B = (a+b+c+d+e) / (a/oven_a + b/oven_b + c/oven_c + d/oven_d)$
  2.  $C = \{ (a+b+c+d+e) / (a/app_a + b/app_b + c/app_c + d/app_d) + B \} / 2$
  3.  $D = 100 / \{ (100-A)/C + A/T \}$
  4.  $J = 100(C-B)/(B \cdot C) \cdot T$
  5.  $K = A - (100 - A) / 100 \cdot X \cdot J$
  6.  $R = 1000(A-J) / UT(100-A)$
- If Q > 0,8 then formula shown for D shall not be used and shall be obtained instead ASSTHO T 209 - 74

MIX PROPORTION (% BY WT OF COMB AGGREGATE)					
a	b	c	d	e	
18	34	38,5	10	1,5	

REMARK

Disetujui Oleh :  
Quality Control

Abdi Safitri

Lampiran 8 : Data Marshall limbah ban dalam kendaraan 2,5%

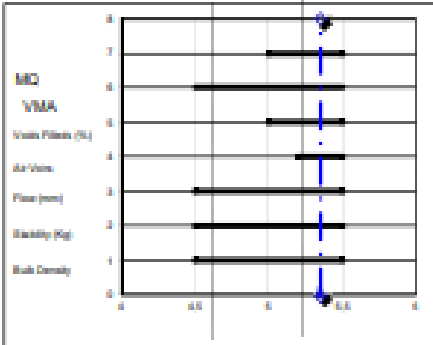
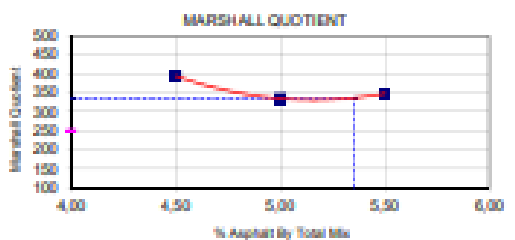
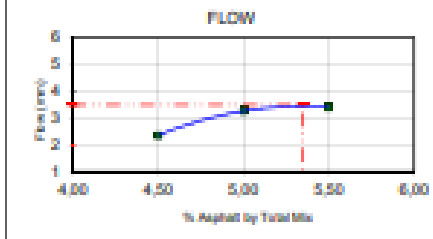
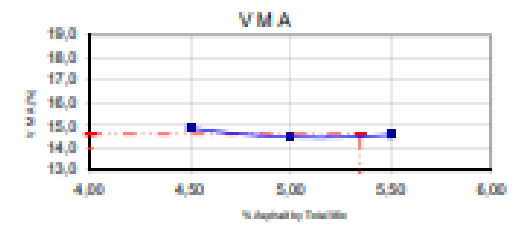
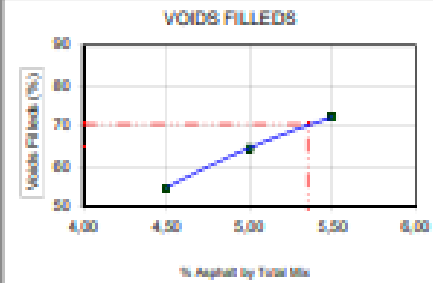
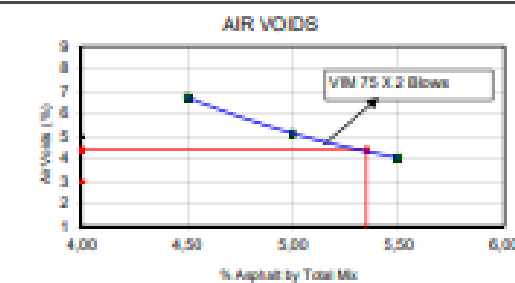
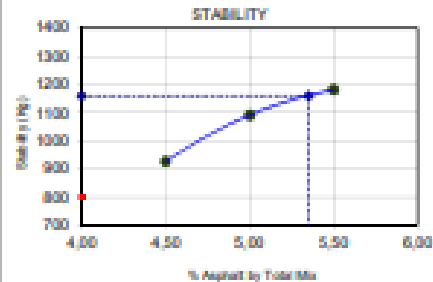
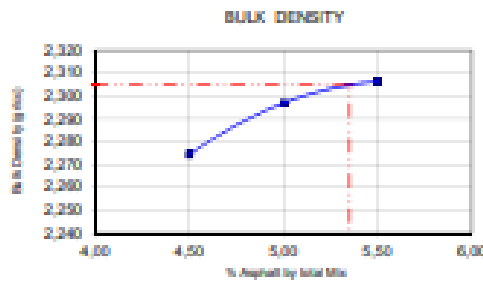
**Analisa Pengaruh Penggunaan Limbah Cangkang Kerang Lohan Sebagai Filler Pada Perkerasan Asphalt Beton Lapisan Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) Terhadap Nilai Marshall**



**HOT MIX DESIGN BY MARSHALL METHOD**

**TEST PROPERTY CURVES**

SUMBER MATERIAL : COLD BIN



1 Bulk Density	2.305	g/cm <sup>3</sup>
2 Stability	1180	Kg
3 Flow	3.50	mm
4 Air Voids	4.40	%
5 Voids Filled	70.50	%
6 VMA	14.80	%
7 M <sub>Q</sub>	335	kg/cm <sup>2</sup>
8 VIM PRD	2.90	%
9 Asphalt	5.35	%

Disetujui Oleh  
Quality Control

Abdi Safitri

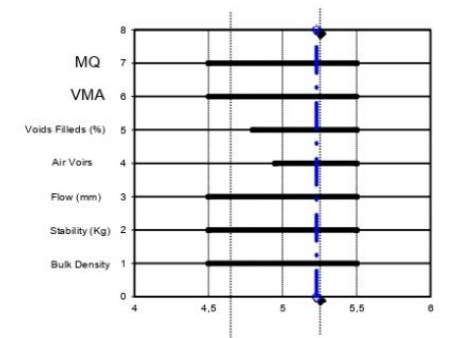
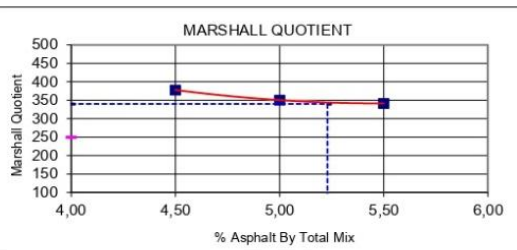
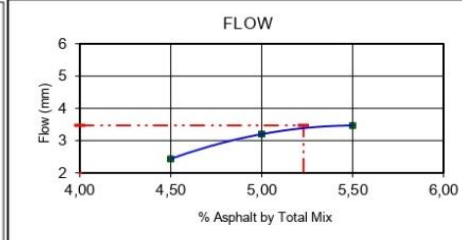
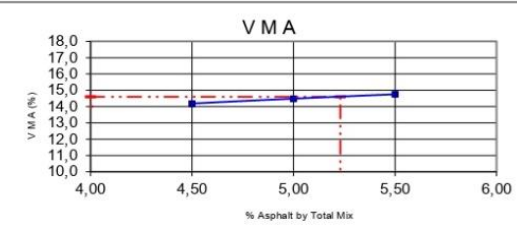
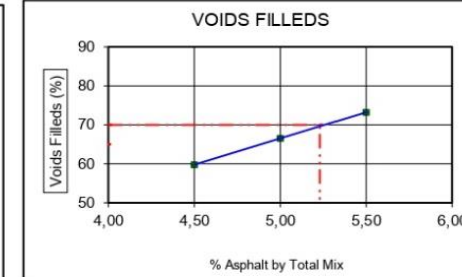
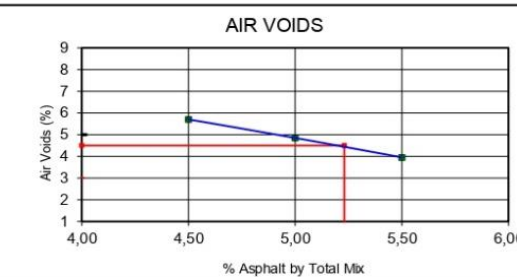
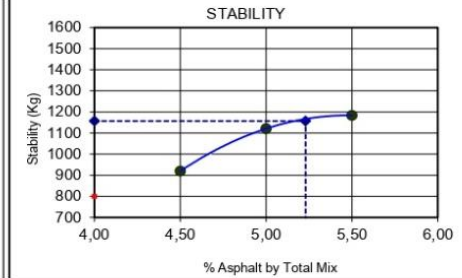
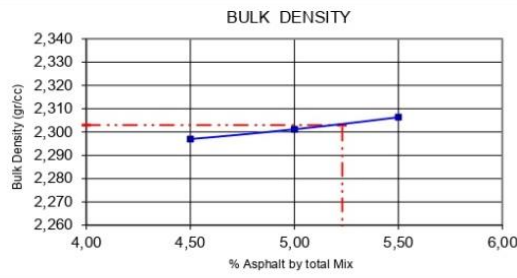
Lampiran 9 : Grafik Marshall campuran murni

Pengaruh Penambahan Limbah karet Ban dalam kendaraan terhadap karetristik Marsall Pada Laston AC-BC



**HOT MIX DESIGN BY MARSHALL METHOD  
TEST PROPERTY CURVES**

SUMBER MATERIAL : COLD BIN



1 Bulk Density	2,303	Gr/cc
2 Stability	1157	Kg
3 Flow	3,47	mm
4 Air Voids	4,50	%
5 Void Filleds	70,00	%
6 VMA	14,60	%
7 M <sub>v</sub> Q	340	KG/mm
8 Asphalt	5,23	%

Disetujui Oleh :  
Quality Control

Abdi Safitri

Lampiran 10 : Grafik Marshall limbah ban dalam kendaraan 1,5%

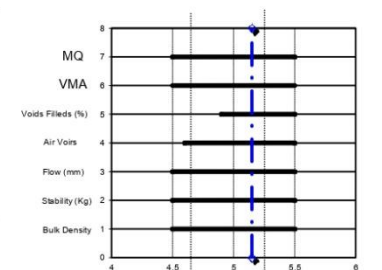
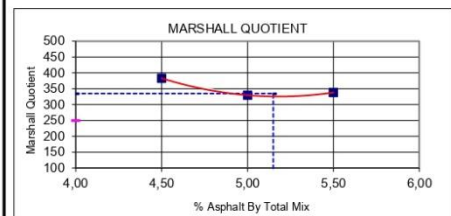
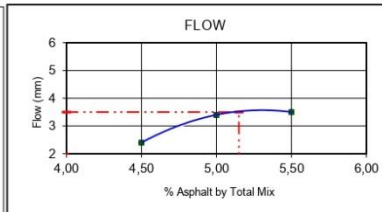
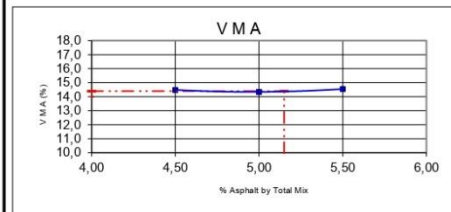
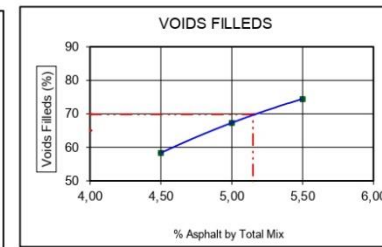
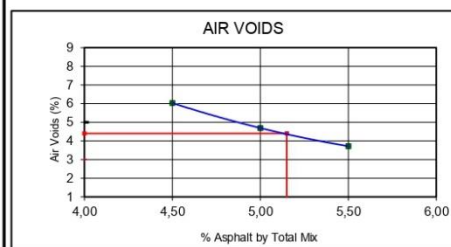
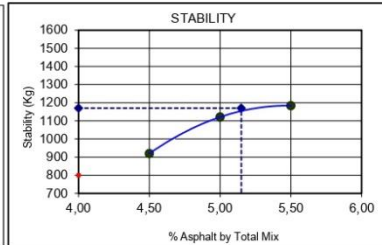
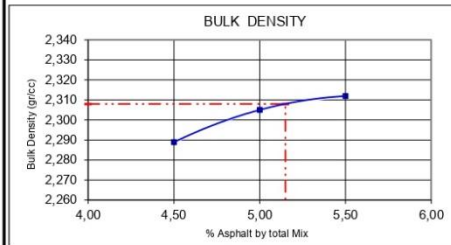


Pengaruh Penambahan Limbah karet Ban dalam kendaraan terhadap karetristik Marsall Pada Laston AC-BC



**HOT MIX DESIGN BY MARSHALL METHOD  
TEST PROPERTY CURVES**

SUMBER MATERIAL : COLD BIN



1 Bulk Density	2,308	Gr/cc
2 Stability	1170	Kg
3 Flow	3,50	mm
4 Air Voids	4,40	%
5 Void Filled	69,87	%
6 VMA	14,40	%
7 M, Q	335	KG/mm
8 Asphalt	5,15	%

Disetujui Oleh :  
Quality Control

Abdi Safitri

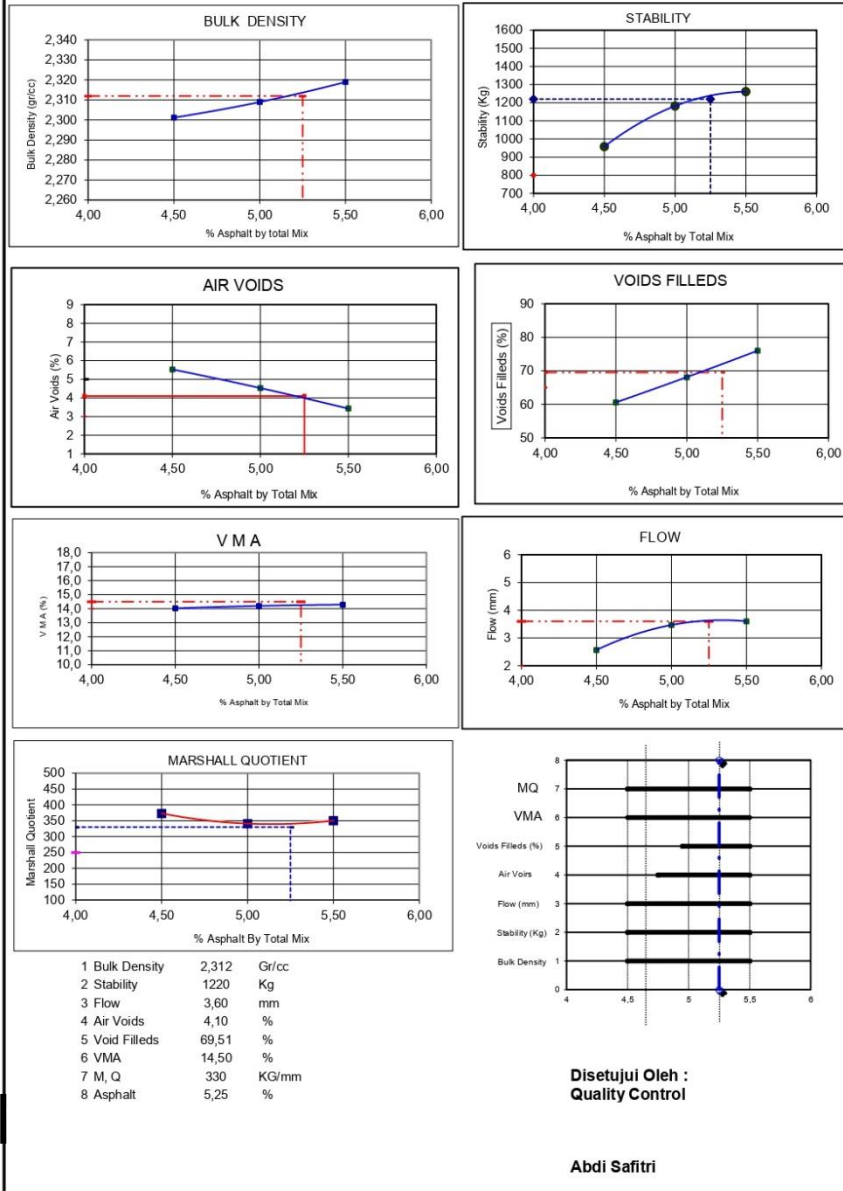
Lampiran 11 : Grafik Marshall climbah ban dalam kendaraan 2%

Pengaruh Penambahan Limbah karet Ban dalam kendaraan terhadap karetristik Marsall Pada Laston AC-BC



**HOT MIX DESIGN BY MARSHALL METHOD  
TEST PROPERTY CURVES**

SUMBER MATERIAL : COLD BIN



Lampiran 11 : Grafik Marshall limbah ban dalam kendaraan 2,5%

<b>Proportion</b>	<b>Percentage</b>	<b>Decimal</b>	<b>Weight Mix (gr)</b>	<b>gr</b>
Sand	10%	0,1	1242	124,15
FA	38%	0,38	1242	471,770
MA 1/2	34%	0,34	1242	422,110
CA 1	18%	0,18	1242	223,470
Asphalt	3,0%	0,03	1300	39
Ban Dalam	1,5%	0,015	1300	19,5
Total	105%	1,045		1300

<b>Proportion</b>	<b>Percentage</b>	<b>Decimal</b>	<b>Weight Mix (gr)</b>	<b>gr</b>
Sand	10%	0,1	1242	124,15
FA	38%	0,38	1242	471,77
MA 1/2	34%	0,34	1242	422,11
CA 1	18%	0,18	1242	223,47
Asphalt	2,5%	0,025	1300	32,5
Ban Dalam	2%	0,02	1300	26
Total	105%	1,045		1300

<b>Proportion</b>	<b>Percentage</b>	<b>Decimal</b>	<b>Weight Mix (gr)</b>	<b>gr</b>
Sand	10%	0,1	1242	124,15
FA	38%	0,38	1242	471,77
MA 1/2	34%	0,34	1242	422,11
CA 1	18%	0,18	1242	223,47
Asphalt	2%	0,02	1300	26
Ban Dalam	2,5%	0,025	1300	32,5
Total	105%	1,045		1300

Lampiran 12 : Proporsi Campuran Dengan Bahan Tambah Limbah Ban Dalam Kendaraan Kadar Aspal 4,5 %

<b>Proportion</b>	<b>Percentage</b>	<b>Decimal</b>	<b>Weight Mix (gr)</b>	<b>gr</b>
Sand	10%	0,1	1235	123,5
FA	38%	0,38	1235	469,3
MA 1/2	34%	0,34	1235	419,9
CA 1	18%	0,18	1235	222,3
Asphalt	3,5%	0,035	1300	45,5
Ban Dalam	1,5%	0,015	1300	19,5
Total	105,0%	1,05		1300

<b>Proportion</b>	<b>Percentage</b>	<b>Decimal</b>	<b>Weight Mix (gr)</b>	<b>gr</b>
Sand	10%	0,1	1235	123,5
FA	38%	0,38	1235	469,3
MA 1/2	34%	0,34	1235	419,9
CA 1	18%	0,18	1235	222,3
Asphalt	3%	0,03	1300	39
Ban Dalam	2%	0,02	1300	26
Total	105,0%	1,05		1300

<b>Proportion</b>	<b>Percentage</b>	<b>Decimal</b>	<b>Weight Mix (gr)</b>	<b>gr</b>
Sand	10%	0,1	1235	123,5
FA	38%	0,38	1235	469,3
MA 1/2	34%	0,34	1235	419,9
CA 1	18%	0,18	1235	222,3
Asphalt	3%	0,025	1300	32,5
Ban Dalam	2,5%	0,025	1300	32,5
Total	105,0%	1,05		1300

Lampiran 13 : Proporsi Campuran Dengan Bahan Limbah Ban Dalam Kendaraan Kadar Aspal 5 %

<b>Proportion</b>	<b>Percentage</b>	<b>Decimal</b>	<b>Weight Mix (gr)</b>	<b>gr</b>
Sand	10%	0,1	1229	122,85
FA	38%	0,38	1229	466,83
MA 1/2	34%	0,34	1229	417,69
CA 1	18%	0,18	1229	221,13
Asphalt	4%	0,04	1300	52
Ban Dalam	1,5%	0,015	1300	19,5
Total	105,5%	1,055		1300

<b>Proportion</b>	<b>Percentage</b>	<b>Decimal</b>	<b>Weight Mix (gr)</b>	<b>gr</b>
Sand	10%	0,1	1229	122,85
FA	38%	0,38	1229	466,83
MA 1/2	34%	0,34	1229	417,69
CA 1	18%	0,18	1229	221,13
Asphalt	3,5%	0,035	1300	45,5
Ban Dalam	2%	0,02	1300	26
Total	105,5%	1,055		1300

<b>Proportion</b>	<b>Percentage</b>	<b>Decimal</b>	<b>Weight Mix (gr)</b>	<b>gr</b>
Sand	10%	0,1	1229	122,85
FA	38%	0,38	1229	466,83
MA 1/2	34%	0,34	1229	417,69
CA 1	18%	0,18	1229	221,13
Asphalt	3,0%	0,03	1300	39
Ban Dalam	2,5%	0,025	1300	32,5
Total	105,5%	1,055		1300

Lampiran 14 : Proporsi Campuran Dengan Bahan Limbah Ban Dalam Kendaraan  
Kadar Aspal 5,5 %