

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BAN KARET PADA
CAMPURAN ASPAL BETON AC-WC DITINJAU DARI
PARAMETER MARSHALL**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Bung Hatta

Oleh :

NUR FITRI ISTIQLAL

NPM : 1810015211265



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS BUNG HATTA**

2022

UNIVERSITAS BUNG HATTA



UNIVERSITAS BUNG HATTA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BAN KARET PADA CAMPURAN
ASPAL BETON AC-WC DITINJAU DARI PARAMETER MARSHALL**

Oleh :

Nama : Nur Fitri Istiqlal

Npm : 1810015211265

Program Studi : Teknik Sipil

Telah di periksa dan di setujui untuk di ajukan dan dipertahankan dalam ujian komprehensif guna mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Bung Hatta – Padang.

Padang, 30 Juli 2022

Menyetujui :

Pembimbing I

Ir. Hendri Warman, MSCE

Pembimbing II

Ir. Indra Farni, M.T

Penguji I

Ir. Mufti Warman Hasan, MSc.RE

Penguji II

Indra Khaidir, S.T., M.Sc



UNIVERSITAS BUNG HATTA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BAN KARET PADA CAMPURAN
ASPAL BETON AC-WC DITINJAU DARI PARAMETER MARSHALL

Oleh :

Nama : Nur Fitri Istiqlal

Npm : 1810015211265

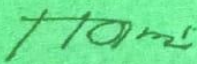
Program Studi : Teknik Sipil

Telah di periksa dan di setujui untuk di ajukan dan dipertahankan dalam ujian komprehensif guna mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Bung Hatta–Padang.

Padang, 30 Juli 2022

Menyetujui:

Pembimbing I

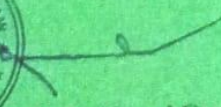

Ir. Hendri Warman, MSCE

Pembimbing II

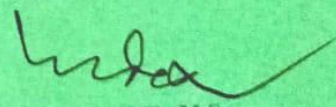

Ir. Indra Farni, M.T



Dekan FTSP


Dr. Ir. Nasfryzal Carlo, M. Sc.,

Ketua Prodi Teknik Sipil


Indra Khaidir, S.T., M.Sc

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mahasiswa di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Universitas Bung Hatta,

Nama Mahasiswa : NUR FITRI ISTIQLAL

Nomor Pokok Mahasiswa : 1810015211265

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis Tugas Akhir yang saya buat dengan
judul **"PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BAN KARET PADA CAMPURAN
ASPAL BETON AC-WC DITINJAU DARI PARAMETER MARSHALL** adalah :

- 1) Dibuat dan disesuaikan sendiri, dengan menggunakan data-data hasil pelaksanaan dan perencanaan sesuai metode kesipilan.
- 2) Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana Universitas lain, kecuali pada bagian-bagian sumber informasi dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.

Kalau terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah dinyatakan di atas, maka Laporan Tugas Akhir ini batal.

Padang, 30 Juli 2022

Yang membuat pernyataan



NUR FITRI ISTIQLAL

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BAN KARET PADA CAMPURAN ASPAL BETON AC-WC DITINJAU DARI PARAMETER MARSHALL

Nur Fitri Istiqlal¹⁾, Ir. Hendri Warman, MSCE²⁾, Ir. Indra Farni, MT³⁾

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Bung Hatta

E-mail: ¹⁾nurfitriistiqlal19@gmail.com, ²⁾warman_hendri@yahoo.com, ³⁾indrafarni@bunghatta.ac.id.

ABSTRAK

Indonesia salah satu negara penyumbang limbah terbesar di dunia, diantaranya berupa limbah ban karet. Inovasi yang dapat dilakukan salah satunya adalah memanfaatkan limbah ban karet sebagai campuran aspal. Metode yang digunakan adalah pengujian marshall untuk mendapatkan nilai *density*, *vma*, *vim*, *vfa*, stabilitas, *flow* dan *MQ* sebagai acuan dari nilai untuk suatu campuran aspal. Variasi kadar limbah ban karet 0%, 2%, 4%, 6% dan 8%, pencampurannya dilakukan dengan mengganti sebagian dari persentase aspal yang digunakan dengan variasi yang akan diuji. Hasil penelitian ini menunjukkan semakin bertambahnya kadar limbah ban karet mempengaruhi nilai-nilai karakteristik marshall yaitu meningkatkan nilai *VMA*, *VIM*, stabilitas dan juga *MQ*. Sedangkan nilai *density*, *VFA* dan *flow* cenderung mengalami penurunan. Diperoleh kesimpulan bahwa kadar limbah ban paling efektif yang memenuhi semua parameter marshall adalah 4% dengan *Density* sebesar 2,313 gr/cc, *VMA* 17,31 %, *VIM* 4,91 %, *VFA* 71,65 %, Stabilitas 1254 kg, *Flow* 2,46 mm, dan *MQ* 250 Kg/mm.

Kata kunci : Limbah Ban Karet, Aspal Beton AC-WC, Marshall

THE EFFECT OF WASTE RUBBER TIRES USAGE ON THE ASPHALT CONCRETE MIXTURE AC-WC OBSERVED WITH MARSHALL PARAMETERS

Nur Fitri Istiqlal¹⁾, Ir. Hendri Warman, MSCE²⁾, Ir. Indra Farni, MT³⁾

Department of Civil Engineering, Faculty Of Civil Engineering and Planning, Bung Hatta University

E-mail: ¹⁾nurfitriistiqlal19@gmail.com, ²⁾warman_hendri@yahoo.com, ³⁾indrafarni@bunghatta.ac.id.

ABSTRACT

Indonesia is one of the largest waste contributor countries in the world, including rubber tire waste. One of the innovations that can be done is utilizing waste rubber tires as a mixture of asphalt. The method used is the Marshall test to get the values of density, VMA, VIM, VFA, stability, flow and MQ as a reference for the value of an asphalt mixture. Variations in the levels of waste rubber tires are 0%, 2%, 4%, 6% and 8%, the mixing is done by replacing some of the percentages of asphalt used with the variation to be tested. The results of this study indicate that increasing levels of waste rubber tires affect the values of Marshall characteristics, namely increasing the value of VMA, VIM, stability and also MQ. While the value of density, VFA and flow tends to decrease. It was concluded that the most effective waste tire content that met all Marshall parameters was 4% with a Density of 2,313 gr/cc, VMA 17.31%, VIM 4.91%, VFA 71.65%, Stability 1254 kg, Flow 2.46 mm, and MQ 250 Kg/mm.

Keywords : Waste Rubber Tires, Asphalt Concrete AC-WC, Marshall

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang mana atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BAN KARET PADA CAMPURAN ASPAL BETON AC-WC DITINJAU DARI PARAMETER MARSHALL” sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata-1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bung Hatta.

Berkat doa dan usaha Laporan Tugas Akhir ini dapat penulis selesaikan. Dengan segala kerendahan hati penulis ingin menyampaikan penghargaan dan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bantuan dan bimbingan yang sangat berharga dari berbagai pihak kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Nasfryzal Carlo, MSc selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
2. Bapak Indra Khaidir, ST, MSc selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah bekerja keras demi terlaksananya kegiatan perkuliahan yang efektif dan efisien di Program Studi Teknik Sipil.
3. Bapak Ir. Hendri Warman, MSCE selaku pembimbing I dan Bapak Ir. Indra Farni, MT, selaku pembimbing II, yang selalu sabar dalam membimbing dan memberikan motivasi sehingga saya dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini dengan baik.
4. Bapak Ir. Mufti Warman Hasan, M.Sc. RE dan Bapak Indra Khaidir, ST, MSc selaku Dosen Penguji yang selalu memberikan kritik dan masukan untuk penyempurnaan tugas akhir ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen yang mengajar di Program Studi Teknik Sipil Universitas Bung Hatta beserta civitas akademika
6. UPTD Balai Pengujian Mutu Bahan dan Pekerjaan, Dinas Prasarana Jalan, Tata Ruang dan Permukiman. Melalui bimbingan Bapak Fuad beserta Staff dan Teknisi Laboratorium yang telah banyak memberikan ilmu, arahan dan

masuk serta kesempatan belajar bagi saya selama melaksanakan penelitian di Laboratorium.

7. Tata Usaha Program Studi Teknik Sipil yang telah membantu kelancaran berlangsungnya kegiatan Sidang Kerja Praktek, Seminar Proposal, Seminar Tugas Akhir dan Sidang Tugas Akhir.
8. Kedua Orang Tua (Ayah Alm. Bursafli, BSc dan Ibu Indah Pertiwi, S.Pd.I) dan segenap keluarga yang sangat saya sayangi, yang tidak pernah lelah membimbing saya dengan ikhlas, sabar dan tabah, yang selalu memanjatkan do'a demi kelancaran dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
9. Irwan, ST dan Riefli Fatmi, S.Si yang memberikan saya dukungan selama melaksanakan penelitian di Laboratorium dan selalu bersedia mendengarkan curhatan saya.
10. Buat sahabat-sahabat ku Annita Syafei, S.Pt, Yulan Febri Handayani, A.Md.R.O, Dona Tri Rahayu, S.IP, Annisa Syafei, A.Md.KG, Azmi Yati, S.Pd, Mega Wanda, S.Tr.Keb yang selalu memberikan semangat agar tidak pernah menyerah dan menemani penulis saat senang, sedih, galau dan saat-saat lainnya. Semoga persahabatan ini selamanya.
11. Last but not least, I wanna thank me. I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off. I wanna thank me for never quitting. I wanna thank me for always being a giver and tryna give more than I receive. I wanna thank me for just being me at all times.

Sebagai manusia biasa saya menyadari penyusunan Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna karna keterbatasan kemampuan dari ilmu pengetahuan yang dimiliki oleh saya. Oleh karenanya atas kesalahan dan kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini, saya memohon maaf dan bersedia meneima kritikkan yang membangun.

Terakhir harapan saya, semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Padang, Juli 2022

Nur Fitri Istiqlal

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PERNYATAAN	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan	3
1.3 Batasan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Metodologi Penelitian	4
1.6 Sistematikan Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Uraian Umum	6
2.1.1Konstruksi Perkerasan Lentur (Flexible Pavement).....	6
2.1.1.1 Kerusakan Pada Perkerasan Lentur	9
2.1.2 Konstruksi Perkerasan Kaku (Rigid Pavement).....	13
2.1.3 Konstruksi Perkerasan Komposit (Composite Pavement)	14

2.2 AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course).....	14
2.3Aspal.....	15
2.3.1 Pengujian Penetrasi	16
2.3.2 Pengujian Titik Lembek	17
2.3.3 Pengujian Titik Nyala.....	17
2.3.4 Pengujian Kehilangan Berat Aspal.....	17
2.3.5 Pengujian Daktilitas Aspal	18
2.3.6 Pengujian Berat Jenis Aspal	18
2.4Agregat	19
2.5 Filler	22
2.6 Karakteristik Serutan Ban Bekas.....	23
2.6.1Sifat Mekanik, Kimia dan Fisika Karet Ban	24
2.6.2Korelasi Aspal dan Limbah Ban	25
2.7 Menentukan Kadar Aspal Rencana Dalam Campuran.....	26
2.8 <i>Marshall</i> Test	27
2.8.1 Stabilitas (Stability).....	28
2.8.2 Kelelehan (Flow).....	28
2.8.3 Kerapatan (Density)	29
2.8.4 Rongga Dalam Campuran (VIM).....	30
2.8.5 Volume Pori Beton Aspal yang Terisi oleh Aspal (VFA).....	31
2.8.6 Rongga Dalam Agregat (VMA).....	32

2.8.7 Marshall Quotient (MQ).....	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	34
3.1 Bagan Alir Penelitian	34
3.2 Metode Penelitian.....	35
3.3 Tahapan Pendahuluan.....	35
3.2.1 Studi Literatur.....	35
3.2.2 Pengambilan Material.....	36
3.4 Tahapan Pengumpulan Data.....	36
3.4.1 Data Primer.....	36
3.4.2 Data Sekunder	37
3.5 Tahapan Penelitian	37
3.6 Bahan dan Peralatan Penelitian	38
3.6.1 Agregat Kasar dan Halus.....	38
3.6.2 Filler	39
3.6.3 Aspal Pen 60/70.....	39
3.7 Pengujian <i>Properties</i>	40
3.7.1 Analisa Saringan SNI ASTM C136-2012.....	40
3.7.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar SNI 1996-2008.....	40
3.7.3 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar SNI 1970-2008.....	41
3.7.4 Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles SNI 2417-2008	42

3.7.5 Pengujian Penyelimutan dan Pengelupasan pada Campuran Agregat Aspal SNI 2439-2011	42
3.7.6 Pengujian Penetrasi Aspal SNI 2456-2011	43
3.7.7 Pengujian Titik Lembek Aspal SNI 2434-2011	43
3.7.8 Pengujian Daktilitas Aspal SNI 2434-2011	44
3.7.9 Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal SNI 2433-2011	45
3.7.10 Pengujian Kehilangan Berat Aspal dengan Metode Thin Film Over Test (TFOT) SNI 06-2440-1991	45
3.8 Pembuatan Benda Uji.....	46
3.9 Pengujian Marshall.....	47
BAB IV ANALISA DATA	48
4.1 Hasil Pengujian Marshall	48
4.2 Pengujian <i>Mix Formula</i>	49
4.2.1 Menentukan Komposisi Campuran AC-WC.....	49
4.2.2 Menentukan Kadar Aspal Rencana (PB).....	50
4.2.3 Menentukan Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO)	51
4.3 Hasil dan Analisa Benda Uji Substitusi Serutan Karet Ban Pada Campuran Aspal Beton (AC-WC).....	53
4.3.1 Density.....	54
4.3.2 Void In Mineral Aggregate (VMA)	56
4.3.3 Void In The Mix (VIM)	58

4.3.4 Void Filled With Asphalt (VFA).....	60
4.3.5 Stabilitas	62
4.3.6 Flow	64
4.3.7 Marshall Quotient (MQ).....	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	69
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Perkerasan Lentur Pada Tanah Asli	7
Gambar 2.2	Struktur Perkerasan Lentur Pada Timbunan.....	7
Gambar 2.3	Struktur Perkerasan Lentur Pada Galian	7
Gambar 2.4	Retak Kulit Buaya	10
Gambar 2.5	Bleeding.....	10
Gambar 2.6	Deduct Value Kegemukan.....	11
Gambar 2.7	Sebab Terjadinya Alur.....	11
Gambar 2.8	Alur Pada Lintasan Roda.....	12
Gambar 2.9	Keriting (<i>Corrugation</i>)	13
Gambar 2.10	Lubang.....	13
Gambar 2.11	Perkerasan Kaku	14
Gambar 2.12	Perkerasan Komposit.....	14
Gambar 3.1	Pengumpulan Material.....	36
Gambar 3.2	Agregat kasar	38
Gambar 3.3	Agregat Halus	38
Gambar 3.4	<i>Filler</i>	39
Gambar 3.5	Aspal Pen 60/70.....	39
Gambar 4.1	Gradasi Campuran AC-WC.....	50
Gambar 4.2	Grafik Pita	52
Gambar 4.3	Grafik <i>Density</i> dengan Variasi Serutan KaretBan.....	55

Gambar 4.4	Grafik VMA (Void In Mineral Agreggate) dengan Variasi Serutan Karet Ban.....	57
Gambar 4.5	Grafik VIM (<i>voidin themix</i>) dengan Variasi Serutan Karet Ban...	59
Gambar 4.6	Grafik VFA (<i>Void FilledWith Asphald</i>) dengan Variasi Serutan Karet Ban.....	61
Gambar 4.7	Grafik Stabilitas dengan Variasi Serutan Karet Ban.....	63
Gambar 4.8	Grafik <i>Flow</i> dengan Penambahan VariasiSerutan Karet Ban	65
Gambar 4.9	Grafik MQ (<i>Marshall Quotient</i>) dengan Variasi Serutan Karet Ban.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Pengujian Sifat Karakteristik Aspal	18
Tabel 2.2	Ketentuan Agregat Kasar	21
Tabel 2.3	Ketentuan Agregat Halus	22
Tabel 2.4	Persyaratan Mineral <i>Filler</i>	23
Tabel 4.1	Hasil Pengujian <i>Properties</i> Pada Agregat	48
Tabel 4.2	Hasil Pengujian <i>Properties</i> aspal.....	49
Tabel 4.3	Resume Hasil Pengujian <i>Marshall</i>	52
Tabel 4.4	Resume Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Variasi Serutan Karet Ban 54	
Tabel 4.5	Pengaruh Penggunaan Variasi Serutan Karet Ban Terhadap <i>Density</i> Campuran AC-WC	54
Tabel 4.6	Pengaruh Penggunaan Variasi Serutan Karet Ban Terhadap VMA (<i>Void in Mineral Aggregate</i>) Campuran AC-WC	56
Tabel 4.7	Pengaruh Penggunaan Variasi Serutan Karet Ban Terhadap VIM (<i>Void In the Mix</i>) Campuran AC-WC	58
Tabel 4.8	Pengaruh Penggunaan Variasi Serutan Karet Ban Terhadap VFA (<i>Void Filled with Asphalt</i>) Campuran AC-WC	60
Tabel 4.9	Pengaruh Penggunaan Variasi Serutan Karet Ban Terhadap Stabilitas Campuran AC-WC	62

Tabel 4.10	Pengaruh Penggunaan Variasi Serutan Karet Ban Terhadap Flow Campuran AC-WC	64
Tabel 4.11	Pengaruh Penggunaan Variasi Serutan Karet Ban Terhadap MQ (<i>MarshallQuotient</i>) Campuran AC-WC	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi merupakan sarana yang sangat penting dalam menunjang keberhasilan pembangunan terutama dalam mendukung kegiatan perekonomian masyarakat tak terkecuali di daerah perdesaan. Secara umum fasilitas transportasi menduduki peringkat utama dalam pembangunan. Ini dapat kita ketahui apabila bidang transportasi tidak diperhatikan maka praktis segala kegiatan akan lumpuh total. Selain itu juga dengan adanya sarana transportasi yang baik, lancar, handal, berkemampuan tinggi akan sekaligus menggerakkan bangsa. Dari ketiga bidang transportasi di Indonesia, transportasi udara, transportasi darat dan transportasi air, transportasi daratlah yang paling banyak diminati karena transportasi darat yang paling banyak digunakan serta paling banyak melayani kebutuhan transportasi manusia.

Tingginya kebutuhan akan pelayanan transportasi darat ini berarti bahwa tuntutan kebutuhan akan prasarana dari transportasi darat juga semakin tinggi pula. Baik kebutuhan dalam prasarana transportasi darat yang baru maupun pada peningkatan dan pemeliharaan dari prasarana transportasi darat yang sudah ada.

Data yang diperoleh dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada tahun 2019, Indonesia diperkirakan menghasilkan 64 juta ton sampah dimana diantaranya 5,5% berupa limbah karet yang termasuk di dalamnya serutan karet ban. Serutan karet ban yang cukup banyak ini belum dikelola dengan maksimal sehingga serutan karet ban semakin menumpuk. Karena produksi ban di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun, seiring dengan semakin banyaknya limbah ban bekas yang tidak terpakai di lingkungan. Masalah ini semakin parah karena ban bekas tidak mudah terurai jika dibiarkan begitu saja dan pemusnahan menggunakan cara pembakaran yang biasa dilakukan ternyata menimbulkan efek polusi yang berbahaya sehingga berpengaruh buruk pada kesehatan manusia.

Upaya yang dapat dilakukan dalam menangani dan mengolah limbah ban bekas agar tidak menimbulkan masalah terhadap lingkungan dengan dua metode utama, yakni mendaur ulang dan menggunakan kembali karet ban bekas. Daur ulang ban bekas membutuhkan teknik khusus karena ban bekas merupakan bahan termoset, yang tidak dapat diolah kembali seperti termoplastik. Untuk itu diperlukan usaha untuk meningkatkan kualitas dengan melakukan modifikasi sifat fisik dan kimia aspal dengan menambahkan bahan tambah demi meningkatkan kualitas aspal namun dengan kualitas yang baik, harga yang murah, dan juga dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan.

Aplikasi umum dari limbah ban bekas adalah sebagai bahan campuran aspal untuk mengurangi keretakan dan menambah daya tahan pada jalan raya. Limbah ban bekas merupakan karet alam yang telah dilakukan pengolahan melalui proses pabrikasi dan telah dilakukan penambahan campuran-campuran tertentu. Karet ban bekas berasal dari berbagai bahan seperti karet alam, karet sintetik, karbon, bahan kimia, dan minyak tertentu. Karet ban memiliki daya tahan yang cukup tinggi terhadap keretakan, terhadap hentakan berkali-kali, dan juga memiliki daya lengket yang cukup tinggi terhadap berbagai macam jenis bahan. Oleh sebab itu serutan karet ban dapat menambah stabilitas pada perkerasan jalan (Zuhra, 2006).

Konstruksi perkerasan jalan akan mengalami kerusakan setelah mengalami masa pelayanan tertentu, bahan yang digunakan harus memenuhi kriteria dan persyaratan tertentu sesuai dengan kebutuhan konstruksi jalan yang akan dibuat. Selain itu beban lalu lintas dan kondisi cuaca merupakan unsur yang sangat berperan dalam mempercepat kerusakan yang dialami.

Darunifah, Nurkhayati (2007) menyatakan bahwa, ikatan antara agregat dengan bahan aspal sebagai bahan pengikat akan semakin kuat sehingga mampu menahan beban lalu lintas yang berat tanpa terjadi bleeding, keawetannya meningkat, elastisitas aspal meningkat dan semakin fleksibel. Metode yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini ialah eksperimen yang dilakukan di Laboratorium, aspal yang digunakan sebagai

pengikat adalah aspal pen. 60/70. Sedangkan standar metode pengujiannya mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI). Penelitian ini dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal dan pengujian terhadap campuran. Pembuatan dan pengujian benda uji dilakukan dengan kadar aspal optimum (KAO) yang selanjutnya digunakan dalam campuran pembuatan benda uji dengan penambahan serutan karet ban. Semua persentase memenuhi nilai spesifikasi yang ditentukan oleh Dinas Bina Marga 2018 revisi 2, yaitu nilai stabilitas, nilai flow, nilai Marshall Quantient, nilai density, nilai VIM, nilai VMA dan nilai VFA.

Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul **“PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BAN KARET PADA CAMPURAN ASPAL BETON AC-WC DITINJAU DARI PARAMETER MARSHALL”**. Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui karakteristik dari penggunaan limbah karet ban pada Kadar Aspal Optimum (KAO) berdasarkan parameter Marshall, sehingga dapat memberikan hasil yang baik untuk perkerasan lentur dimasa yang akan datang.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian tugas akhir ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah karet ban terhadap campuran lapis aspal beton (AC-WC) dengan variasi kadar limbah ban bekas yang berbeda.

Adapun tujuan dari penelitian :

1. Untuk mengetahui pengaruh substitusi limbah karet ban terhadap kinerja campuran beraspal.
2. Untuk mengetahui apakah bisa dijadikan sebagai alternatif bentuk lain dari proses daur ulang limbah karet ban dengan memanfaatkannya pada campuran aspal.

1.3 Batasan Penelitian

Guna mempermudah pembahasan maka penulis memberikan batasan-batasan masalah dalam penelitian ini, diantaranya sebagai berikut:

1. Pengujian dilakukan pada UPTD Laboratorium Bahan dan Konstruksi Dinas PUPR Provinsi Sumatera Barat.
2. Agregat diambil dari *quarry* yang berada di Jl Kp. Kalawi, Ujung Jembatan Kp. Kalawi - Kalumbuk, Kota Padang.
3. Bahan yang digunakan adalah serutan limbah karet ban dalam yang lolos saringan mesh #80.
4. Campuran aspal yang digunakan pada penelitian ini ialah (AC-WC).
5. Kadar limbah ban bekas yang digunakan yaitu dengan kadar 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dari kadar aspal.
6. Metode pengujian yang dilakukan adalah *marshall test*.
7. Pengujian dilakukan dengan mengikuti prosedur pengujian yang ditetapkan SNI

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah dapat mengetahui apakah penggunaan serutan karet ban dapat dimanfaatkan untuk penggantian persentase aspal pada campuran aspal sebagai bentuk alternatif dari pemanfaatan limbah ban bekas.

1.5 Metodologi Penelitian

Mengumpulkan contoh-contoh jurnal dan buku-buku panduan yang akan dijadikan acuan pada penelitian, memperbanyak literatur sehingga dapat mempermudah nantinya dalam melakukan penelitian dan juga pada proses pembuatan laporan. Melakukan penelitian sesuai dengan prosedur yang terdapat didalam Bina Marga Tahun 2018 revisi 2, SNI ataupun buku panduan sehingga langkah-langkah yang akan dilakukan tepat.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika dalam penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini diuraikan secara singkat mengenai latar belakang penulisan, tujuan penelitian, metodologi penelitian, ruang lingkup dan sistematika penulis.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab II ini dijelaskan tentang beberapa referensi yang digunakan seperti aspal, agregat, serta beberapa referensi penelitian yang terkait dengan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini diuraikan mengenai tempat penelitian, data yang digunakan, bahan dan peralatan yang digunakan saat penelitian, dan tahap-tahap penelitian.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan hasil analisis dari penelitian berupa gambar, grafik, serta perhitungan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini dijelaskan mengenai kesimpulan serta saran pada penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uraian Umum

Perkerasan jalan merupakan lapis tambahan yang terletak diantara tanah dan roda kendaraan atau lapis paling atas dari badan jalan. Fungsi utama dari perkerasan sendiri adalah untuk menyebarkan atau mendistribusikan beban roda ke area permukaan tanah dasar (*subgrade*) yang lebih luas dibandingkan luas kontak roda dengan perkerasan, sehingga mereduksi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar.

Perkerasan harus memiliki kekuatan dalam menopang beban lalu-lintas. Permukaan pada perkerasan haruslah rata tetapi harus mempunyai kekesatan atau tahan gelincir di permukaan perkerasan. Perkerasan dibuat dari berbagai pertimbangan, seperti persyaratan struktur, ekonomis, keawetan, kemudahan, dan pengalaman.

Menurut Sukirman (2010), konstruksi perkerasan jalan dilihat dari bahan pengikatnya dibedakan atas :

2.1.1 Konstruksi Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)

Perkerasan lentur merupakan jenis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ketanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya kelapisan dibawahnya.

Menurut Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017, tipikal struktur perkerasan lentur yang digunakan dalam mendesain struktur perkerasan lentur baru adalah sebagai berikut :

1. Struktur perkerasan lentur pada permukaan tanah asli.
2. Struktur perkerasan lentur pada timbunan.
3. Struktur perkerasan lentur pada galian.



Gambar 2.1 Struktur perkerasan lentur pada tanah asli

Sumber : MDP No. 02/M/BM/2017



Gambar 2.2 Struktur perkerasan lentur pada timbunan

Sumber : MDP No. 02/M/BM/2017



Gambar 2.3 Struktur perkerasan lentur pada galian

Sumber : MDP No. 02/M/BM/2017

Adapun susunan lapis konstruksi perkerasan lentur terdiri dari (*Silvia Sukirman, 1999*):

a. Lapisan permukaan (*Surface Course*)

Lapisan yang terletak paling atas disebut lapisan permukaan, dan berfungsi sebagai :

1. Lapis perkerasan penahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
 2. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
 3. Lapis aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menerima gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
 4. Lapis yang menyebarkan beban ke lapis bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih baik.
- b. Lapisan pondasi atas (*Base Course*)
- Lapisan perkerasan yang telah terletak pada diantara lapis pondasi atas. Fungsi lapisan pondasi atas ini antara sebagai berikut :
- 1) Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapis dibawahnya.
 - 2) Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
 - 3) Bantalan terhadap lapisan permukaan.
- c. Lapisan pondasi bawah (*Subbase Course*)
- Lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar dinamakan lapis pondasi bawah (*subbase*). Lapis pondasi bawah berfungsi untuk :
1. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
 2. Lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
 3. Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.
- d. Lapisan tanah dasar (*Subgrade*)
- Lapisan tanah setebal 50-100 cm diatas mana akan diletakan lapisan pondasi bawah dinamakan lapisan tanah dasar. Ditinjau dari muka tanah

asli, maka lapisan tanah dasar dapat dibedakan terdiri dari tanah galian, tanah timbunan dan tanah asli.

2.1.1.1 Kerusakan Pada Perkerasan Lentur

Kerusakan yang terjadi pada perkerasan lentur pada umumnya terjadi pada lapisan permukaan. Kerusakan tersebut bisa berupa retak atau perubahan bentuk pada permukaan aspal.

a. Kerusakan pada Retak Permukaan

Kerusakan pada retak permukaan lentur mempunyai berbagai macam bentuk, pola keretakan yang pada umumnya berbentuk sama. Jenis retak permukaan yang sering terjadi adalah sebagai berikut :

1) Retak Kulit Buaya (*Alligator Crack*)

Kerusakan Retak Kulit Buaya (*Alligator Crack*) ini merupakan perkembangan dari kerusakan retak halus. Bentuk kerusakan retak kulit buaya ini biasanya berupa retakan dengan lebar ≥ 3 mm, keretakan saling berhubungan dan membentuk kotak-kotak besar dan kecil menyerupai kuli buaya. Kerusakan ini disebabkan oleh :

- a) Kondisi lapisan pondasi atas dan lapis pondasi bawah serta lapisan bawah tanah yang kurang stabil.
- b) Adanya air tanah yang masuk ke lapisan pondasi atau air permukaan yang masuk melalui celah-celah retakan.

Kerusakan ini dapat berkembang menjadi lubang karena terjadinya pelepasan butir dari perkerasan lentur. Cara menanggulangnya dapat dilakukan pembongkaran dan penambalan dengan bahan yang sama.



Gambar 2.4 Retak Kulit Buaya

Sumber : (Ziantono, 2016)

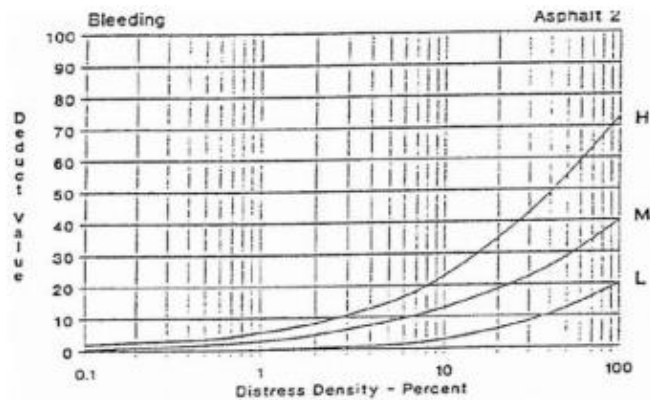
2) Bleeding

Kerusakan jenis kegemukan (bleeding) merupakan jenis kerusakan yang disebabkan sebagian atau seluruh agregat dalam campuran terselimuti aspal terlalu tebal, salah satunya akibat dari kelebihan prosentase aspal di dalam campuran. Hal ini dikarenakan semakin besar nilai VFA, maka semakin banyak aspal yang terisi di dalam rongga, sehingga kedapapan campuran terhadap air dan udara semakin besar juga dan menyebabkan bleeding.



Gambar 2.5 Bleeding

Sumber : Bina marga no.03/MN/B/1983



Gambar 2.6 Deduct Value Kegemukan

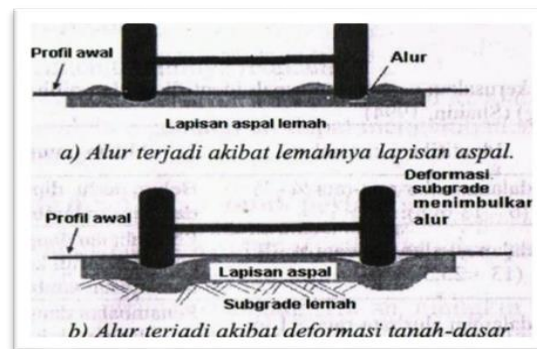
Sumber : ASTM internasional, 2007

b. Kerusakan pada Perubahan Permukaan

Kerusakan pada perubahan permukaan merupakan kerusakan berupa perubahan bentuk permukaan aspal. Jenis kerusakan ini diantaranya adalah :

1) Alur (Channeling)

Mempunyai bentuk seperti alur yang sejajar dengan sumbu jalan, diakibatkan oleh roda kendaraan dan pemadatan lapisan campuran aspal yang kurang sempurna sehingga stabilitas menjadi rendah dan terjadi deformasi plastis. Kerusakan dapat ditangani dengan overlay memakai material baru.



Gambar 2.7 Sebab Terjadinya Alur

Sumber : (Hardiyatmo, 2015)



Gambar 2.8 Alur Pada Lintasan Roda

Sumber : (Ziantono, 2016)

2) Keriting (*corrugation*)

Kerusakan ini dikenal juga dengan istilah lain yaitu, *ripples*. Bentuk kerusakan ini berupa gelombang pada lapis permukaan, atau dapat dikatakan alur yang arahnya melintang jalan dan sering disebut juga dengan Plastic Movement. Kerusakan ini umumnya terjadi pada tempat berhentinya kendaraan, akibat pengereman kendaraan.

Adapun penyebab dari keriting (*corrugation*) juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu :

- a. Stabilitas lapis permukaan yang rendah.
- b. Penggunaan material atau agregat yang tidak tepat, seperti digunakannya agregat yang berbentuk bulat licin.
- c. Terlalu banyak menggunakan agregat halus.
- d. Lapis pondasi yang memang sudah bergelombang.
- e. Lalu lintas dibuka sebelum perkerasan mantap (untuk perkerasan yang menggunakan aspal cair).



Gambar 2.9 Keriting (*corrugation*)

Sumber : Bina marga no.03/MN/B/1983

3) Lubang (Pathole)

Disebabkan oleh drainase yang kurang baik serta penanganan yang terlambat dari retakan. Kerusakan ini dapat diperbaiki dengan *patching*

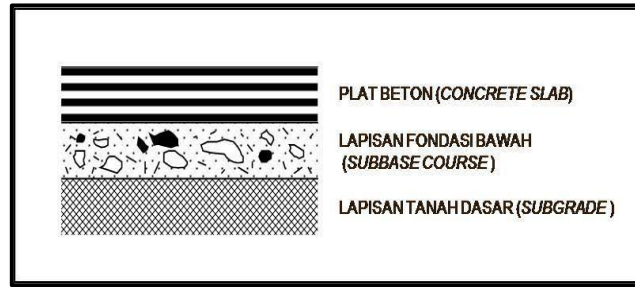


Gambar 2.10 Lubang

Sumber : Dokumentasi

2.1.2 Konstruksi Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)

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

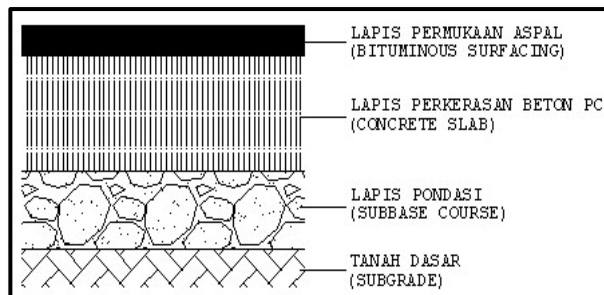


Gambar 2.11 Perkerasan Kaku

(Sumber : Harist Febrie Ramadhan Zamzam, Macam-macam Kontruksi Jalan)

2.1.3 Konstruksi Perkerasan Komposit (Composite Pavement)

Perkerasan komposit yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau sebaliknya perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.



Gambar 2.12 Perkerasan Komposit

(Sumber : Harist Febrie Ramadhan Zamzam, Macam-macam Kontruksi Jalan)

2.2 AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)

Lapisan aspal beton AC-WC adalah lapis perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus. AC-WC merupakan lapisan permukaan atau jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran aspal, agregat dengan atau tanpa bahan tambahan. Walaupun bersifat non struktural, AC-WC dapat menahan daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan. Mateial-material pembentuk beton aspal

pencampuran pada suhu tertentu kemudian diangkut ke lokasi, kemudian dihamparkan dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan, pencampuran pada umumnya diantara 150 - 155°C, sehingga disebut beton aspal campuran panas atau biasa disebut hotmix (Sukirman, 2003).

Penggunaan lapisan AC-WC biasanya digunakan pada lapisan permukaan paling atas dalam perkerasan dan memiliki tekstur yang paling halus jika dibandingkan dengan jenis lapisan beton aspal lainnya. Pada campuran lapisan beton aspal yang bergradasi menerus tersebut mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan campuran bergradasi senjang. Hal itulah yang menyebabkan campuran AC-WC lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran.

2.3 Aspal

Aspal merupakan mineral yang banyak digunakan pada konstruksi jalan. Aspal merupakan senyawa *hydrocarbon* yang dapat diperoleh langsung pada alam maupun melalui proses pembuatan. Pada perkerasan jalan, aspal memiliki peran sebagai medi perekat, pengisi rongga dan lapisan kedap air. Pada umumnya aspal terbagi atas bentuk cair, semipadat dan pada suhu ruang (25°C). Pengaplikasian aspal cukup beragam mulai dari lapis permukaan, lapis pondasi, lapis aus dan lapis penutup. Aspal juga sering disebut bitumen yang merupakan bahan pengikat pada campuran beraspal yang dimanfaatkan sebagai lapis permukaan (Sulaksono, 2001).

Dalam campuran lapis aspal beton (laston) yang banyak memakai agregat kasar, penggunaan kadar aspal menjadi sangat tinggi karena aspal disini berfungsi untuk mengisi rongga-rongga antar agregat dalam campuran. Kadar aspal yang tinggi menyebabkan campuran aspal beton memerlukan kadar aspal yang tinggi pula. Untuk mengantisipasi kadar aspal yang tinggi digunakan aspal dengan mutu baik, dengan tujuan memperbaiki kondisi campuran.

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk agak padat sampai padat, aspal akan mencair jika dipanaskan pada suhu tertentu dan kembali memadat jika

temperatur turun. Karena dicampur dalam keadaan panas maka sering kali disebut sebagai *hot mix*. Aspal yang sering digunakan dalam pelaksanaan di lapangan khususnya di Indonesia adalah aspal keras hasil destilasi minyak bumi dengan jenis AC 60-70 dan AC 80-100, dengan pertimbangan karena penetrasi aspal relatif rendah, sehingga aspal tersebut dapat di pakai pada perkerasan dengan lalu lintas tinggi dan tahan terhadap cuaca panas. Aspal ini adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas serta akan membentuk padat pada keadaan temperatur raang. (Sukirman, S, 1992)

Alasan penggunaan AC 60/70 adalah karena Aspal yang sering digunakan dalam pelaksanaan di lapangan adalah aspal keras hasil destilasi minyak bumi dengan jenis AC 60/70, dengan pertimbangan karena penetrasi aspal relatif rendah, sehingga aspal tersebut dapat dipakai pada perkerasan dengan lalu lintas tinggi dan tahan terhadap cuaca panas. Aspal ini adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas serta akan membentuk padat pada keadaan temperatur raang (Sukirman, S, 1992)

Aspal yang digunakan dalam campuran beraspal adalah aspal dengan penetrasi 60/70 yang memenuhi persyaratan spesifikasi umum Bina Marga 2018 revisi 2.

Aspal mempunyai sifat Thixotropy, yaitu jika dibiarkan tanpa mengalami tegangan regangan akan berakibat aspal menjadi mengeras sesuai dengan jalannya waktu. Aspal adalah bahan pengikat yang memberikan ikatan yang kuat antara aspal, agregat, dan filler, sebagai bahan pengisi merupakan pengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada pada campuran aspal. Aspal dapat dikatakan baik apabila memenuhi persyaratan dasar maupun tes khusus yang dilakukan sesuai dengan spesifikasi pekerjaan aspal.

2.3.1 Pengujian Penetrasi

Pengujian penetrasi aspal bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Pemeriksaan dilakukan dengan memasukkan jarum penetrasi berdiameter 1 mm dengan menggunakan beban seberat 100 gram selama 5 detik pada temperatur 25°C. Besarnya penetrasi diukur dan dinyatakan dalam angka yang merupakan kelipatan 0.1 mm.

2.3.2 Pengujian Titik Lembek

Temperatur pada saat dimana aspal mulai menjadi lunak tidaklah sama pada setiap hasil produksi aspal walaupun mempunyai nilai penetrasi yang sama. Pemeriksaan menggunakan cincin yang terbuat dari kuningan dan bola baja.

Titik lembek adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan horizontal didalam larutan air yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek karena beban bola baja yang diletakkan diatasnya sehingga lapisan aspal tersebut jatuh. Titik lembek aspal bervariasi antara 30°C sampai 200°C. dua aspal yang mempunyai penetrasi yang sama belum tentu mempunyai titik lembek yang sama. Aspal dengan titik lembek yang lebih tinggi kurang peka terhadap perubahan temperatur dan lebih baik untuk bahan pengikat konstruksi perkerasan (Sukirman, 1999).

2.3.3 Pengujian Titik Nyala

Pengujian titik nyala berguna untuk menentukan suhu dimana aspal terlihat menyala singkat di permukaan aspal. Aspal disiapkan dalam *Cleveland open cup* yang berbentuk cawan dari kuningan dan diletakkan pada pelat pemanas. Titik nyala perlu diketahui untuk memperkirakan temperatur maksimum pemanasan aspal sehingga aspal tidak terbakar. Pemeriksaan harus dilakukan dalam ruang gelap sehingga dapat segera diketahui timbulnya nyala pertama.

2.3.4 Pengujian Kehilangan Berat Aspal

Pengujian kehilangan berat aspal dilakukan untuk mengetahui pengurangan berat akibat penguapan bahan-bahan yang mudah menguap dalam aspal. Aspal setebal 3 mm dipanaskan sampai 163°C selama 5 jam didalam oven yang dilengkapi dengan piring berdiameter 25 cm tergantung melalui poros vertikal dan dapat berputar dengan kecepatan 5-6 putaran/menit. Penurunan berat yang besar menunjukkan banyaknya bahan-bahan yang hilang karena penguapan. Pemeriksaan dapat dilanjutkan dengan menentukan penetrasi aspal dari contoh aspal yang telah mengalami pemanasan.

2.3.5 Pengujian Daktilitas Aspal

Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Aspal dengan daktilitas yang lebih besar mengikat butir-butir agregat lebih baik tetapi lebih peka terhadap perubahan temperatur (Sukirman, 1999).

2.3.6 Pengujian Berat Jenis Aspal

Pengujian berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Berat jenis aspal diperlukan untuk perhitungan dalam analisa campuran.

Pada penelitian ini aspal yang digunakan adalah aspal dengan penetrasi 60/70, bahan aspal harus memenuhi persyaratan sebagaimana disajikan pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Pengujian Sifat Karakteristik Aspal

No	Jenis pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				PG70	PG76
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70	Dilaporkan ⁽¹⁾	
2	Viskositas Dinamis 60° (Pa.s)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
3	Viskositas Kinematis 135° (cSt) ⁽³⁾	ASTM D2170-10	≥ 300	≤ 3000	
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	Dilaporkan	
5	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2434:2011	≥ 100	-	
6	Titik Nyala (°C)	SNI 2434:2011	≥ 232	≥ 230	
7	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASTHO T44-14	≥ 99	≥ 99	
8	Berat Jenis	SNI 2434:2011	≥ 1,0	-	
9	Stabilitas penyimpanan : Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-	≤ 2,2	
10	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	≤ 2		
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002)					
11	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8	≤ 0,8	
12	Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 06-6442-2000	-	70	76

Tabel 2.1 Pengujian Sifat Karakteristik Aspal (Lanjutan)

13	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2434:2011	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2434:2011	≥ 50	≥ 50	≥ 50

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2 Tahun 2018)

2.4 Agregat

Agregat adalah bahan pengisi atau yang dicampurkan dalam proses pembuatan aspal yang berasal dari batu yang dipecahkan dan mempunyai peranan penting terhadap kualitas aspal. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain (Sukirman, 1992).

Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi tiga (sukirman, 2003) :

- a. Menambah kekuatan dan keawetan (Strength and durability).
- b. Kemampuan dilapisi aspal yang baik.
- c. Kemampuan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman.

Menurut Bina Marga 2018 Revisi 2 ukuran butiran agregat dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu :

- a. Agregat kasar (*Course Aggregate*), yaitu agregat dengan ukuran butiran lebih besar atau tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm).
- b. Agregat halus (*Fine Aggregate*), yaitu agregat dengan ukuran butiran lebih kecil atau lolos saringan No. 4 (4,75 mm) dan tertahan saringan No. 200 (0,075 mm).
- c. Fraksi bahan pengisi (*filler*), agregat yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm).
- d. Ketentuan-ketentuan dalam penggunaan agregat kasar dan halus dapat dilihat pada tabel 2.1 dan 2.2.

Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan mencakup gradasi, kebersihan, kekerasan, ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan,

porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis dan daya kelekatan terhadap aspal. Sifat-sifat agregat tersebut sangat dipengaruhi oleh jenis batuanannya.

Salah satu faktor utama yang mempengaruhi kualitas material perkerasan bahan konstruksi pada perkerasan jalan adalah gradasi. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dalam proses pelaksanaan. Gradasi agregat adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisa saringan. Gradasi ini dibedakan menjadi tiga macam (Sukirman, 2003) :

a. Gradasi Seragam (*uniform graded*)/Gradasi Terbuka (*open graded*)

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

b. Gradasi Senjang,

Gradasi Senjang adalah gradasi agregat yang ukuran butirnya sengaja dihilangkan atau dikosongkan. Bagian- bagian yang dikosongkan atau rongga akan diisi dengan aspal. Jika salah satu atau lebih dari ukuran butir atau fraksi pada satu set ayakan tidak ada, maka gradasi ini akan menunjukkan satu garis horizontal dalam grafiknya. Keistimewaan dari gradasi ini antara lain:

- 1) Pada nilai Faktor Air Semen tertentu , kemudahan pengerjaan akan lebih tinggi bila kandungan pasir lebih sedikit.
- 2) Pada kondisi kelacakan yang tinggi, lebih cenderung mengalami segregasi, oleh karena itu gradasi sela disarankan dipakai pada tingkat kemudahan pekerjaan yang rendah, yang pematatannya dengan penggetaran (*vibration*).
- 3) Gradasi ini tidak berpengaruh buruk terhadap kekuatan beton.

c. Gradasi Menerus

Gradasi Menerus adalah gradasi agregat yang sebaran butirannya selalu ada dan semua ukurannya yang bervariasi saling mengisi. Didefinisikan jika agregat yang semua ukuran butirannya ada dan terdistribusi dengan baik. Agregat ini lebih sering dipakai dalam campuran beton. Untuk mendapatkan angka pori yang kecil dan kemampuan yang tinggi sehingga terjadi interlocking yang baik, campuran beton membutuhkan variasi ukuran butir agregat. Dibandingkan dengan gradasi sela atau seragam, gradasi menerus yang paling baik.

Tabel 2.2 Ketentuan agregat kasar

Pengujian			Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	<i>Natrium sulfat</i>		SNI 3407:2008	Maks. 12%
	<i>Magnesium sulfat</i>			Maks. 18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC modifikasi dan SMA	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6%
		500 putaran		Maks. 30%
	Semua jenis campuran raspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8%
		500 putaran		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir pecah pada agregat kasar	SMA		SNI 7619:2012	100/90 ^{*)}
	Lainnya			95/90 ^{**)}
Partikel pipih dan lonjong	SMA		SNI 8287:2016 Perbandingan 1:5	Maks. 5%
	Lainnya			Maks. 10%
Material lolos ayakan No.200			SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

Catatan :

*) 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

**) 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

Sumber: Spesifikasi umum Bina Marga revisi 2 Tahun 2018

Tabel 2.3 Ketentuan agregat halus

Pengujian	Standar	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%

Sumber: Spesifikasi umum Bina Marga revisi 2 Tahun 2018

2.5 Filler

Filler adalah sekumpulan mineral agregat yang umumnya lolos saringan no 200. Menurut spesifikasi Bina Marga 2018, bahan pengisi (*filler*) adalah bahan yang harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan mempunyai sifat non plastis. *Filler* harus mengandung bahan yang lolos saringan No. 200 (0,075) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya. Semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi (*filler added*) minimal 1% dari berat total.

Bahan pengisi (*filler*) berfungsi untuk mengurangi kepekaan terhadap temperatur serta untuk mengurangi jumlah rongga udara dalam campuran aspal. Terlampaui tinggi kadar *filler* cenderung menyebabkan campuran menjadi rapuh dan berakibat mudah retak akibat beban lalu lintas. Jika kadar *filler* terlampaui rendah menyebabkan campuran menjadi lembek pada temperatur yang tinggi. Bahan pengisi juga memodifikasi gradasi agregat halus sehingga kepadatan campuran meningkat dan jumlah aspal yang dibutuhkan untuk mengisi rongga berkurang. Jumlah dan tipe bahan pengisi yang digunakan pada suatu campuran sangat mempengaruhi kualitas campuran, suatu jumlah yang pasti dari bahan yang dibutuhkan campuran beraspal untuk memenuhi kepadatan dan kekuatan perkerasan. Bahan pengisi yang ditambahkan terdiri dari debu batu kapur, kapur padam, semen atau abu terbang yang sumbernya disetujui oleh direksi pekerjaan.

Tabel 2.4 Persyaratan Mineral *Filler*

Sifat Umum	Kadar Air	Max 1%
	Gumpalan Partikel	Tidak Ada
	Bukaan Saringan	% Lolos Saringan
Gradasi	0,6 mm	100
	0,15 mm	90-100
	0,74 mm	70-100

Sumber: Spesifikasi umum Bina Marga revisi 2 Tahun 2018

2.6 Karakteristik Serutan Ban Bekas

Serutan ban adalah ban bekas yang diolah melalui proses pencacahan yang kemudian menghasilkan bentuk dan ukuran tertentu sesuai dengan kebutuhan. Karet ban memiliki kandungan karet alam 44.32%, campuran butadiene 15.24%, minyak aromatik 1.85%, unsur karbon hitam 30.47%, stearic acid 1.07%, antioksidan 0.83%, dan sulfur 1.42% (Balaguru,2011). Warith (2006) menyatakan bahwa ban terdiri dari bahan karet atau polimer yang sangat kuat diperkuat dengan serat-serat sintetik dan baja yang sangat kuat yang dapat menghasilkan suatu bahan yang mempunyai sifat-sifat unik seperti kekuatan tarik yang sangat kuat, fleksibel, ketahanan pergeseran yang tinggi. Material pendukung yang berperan dalam menambah kekuatan dari ban terdiri dari : karbon, silika, sulfur, akselerator, activator, antioksidan, dan tekstil (Balaguru, 2011).

Untuk proses pencampuran serutan ban bekas pada campuran beraspal menurut *ARRB Transport Public*, ada dua proses yang digunakan dalam penambahan serutan ban karet ke dalam aspal yaitu :

1. Proses kering (*dry process*) : pada proses ini material serutan ban bekas dicampur dengan sebagian agregat sebelum ditambahkan bahan pengikat aspal ke dalam campuran. Menurut *Woodhead Publishing in Materials* bahwa dalam proses pembuatan aspal karet sebagai bahan pengikat, proses modifikasi dilakukan pada suhu 170°C sampai 220°C (Way, 2006)
2. Proses basah (*wet process*) : Pada proses ini serutan ban bekas dan bahan pengikat aspal dicampur dengan temperatur yang tinggi, sebelum

pencampurannya dengan agregat.

2.6.1 Sifat Mekanik, Kimia, dan Fisika Karet Ban

1. Sifat Mekanik

Karet memiliki beberapa sifat mekanik, yaitu :

- a. Pada suhu ruangan, karet tidak berbentuk kristal padat tidak berbentuk cairan.
- b. Karet alam dapat berubah menjadi kristal pada temperature rendah.
- c. Karet dapat dibentuk menjadi kaku tetapi tidak mengorbankan ketahanan kikis, ketahanan retak, dan fleksibilitasnya.
- d. Karet memiliki karakteristik seperti kulit binatang sehingga harus dilakukan mastikasi guna memutuskan rantai molekulnya agar menjadi lebih pendek (Teuku Rihayat, 2007)

2. Sifat Kimia

Karet memiliki beberapa sifat kimia, yaitu :

- a. Karet adalah bahan semi cairan atau dapat didefinisikan suatu cairan dengan kekentalan (viskositas) yang tinggi.
- b. Memiliki rantai molekul yang Panjang.
- c. Karet alam sangat mudah dilengketkan satu sama lain.
- d. Karet alam tidak memiliki daya tahan yang tinggi terhadap panas.
- e. Karet alam tidak cukup kuat terhadap paparan cahaya matahari dan ozon.
- f. Karet alam tidak tahan terhadap pelarut hidrokarbon dan minyak.
- g. Protein yang terdapat pada karet alam dapat mempercepat proses vulkanisasi atau menarik air dalam vulkanisat, meningkatkan heat build up tetapi dapat juga meningkatkan ketahanan sobek.
- h. Karet alam dapat mengalami peningkatan viskositas atau menjadi keras. (Maryanti, 2018)

3. Sifat Fisika

Karet memiliki beberapa sifat Fisika, yaitu :

- a. Karet dapat dengan mudah digulung dalam roll dengan menggunakan penggiling terbuka (open mill).
- b. Karet memiliki warna yang kecoklatan, tembus pandang atau setengah tembus pandang.
- c. Karet dapat dengan mudah tercampur dengan bahan-bahan dalam pembuatan compound.
- d. Lembut serta elastis.
- e. Memiliki fleksibilitas yang tinggi dalam suhu rendah.
- f. Heat build up rendah.
- g. Vulkanisat karet alam kuat dan tahan lama. (Maryanti, 2018)

2.6.2 Korelasi Aspal dan Limbah Ban

Aspal sendiri memiliki beberapa kelemahan diantaranya seperti mengalami deformasi (perubahan bentuk) permanen disebabkan adanya tekanan terlalu berat oleh muatan kendaraan yang berlebihan dan tingginya frekuensi lalu lintas kendaraan di jalan raya, keretakan-keretakan maupun kerusakan dapat juga disebabkan karena tererosi akibat kikisan air, ini semua terjadi pada campuran aspal. Alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah-masalah tersebut yaitu dengan meningkatkan sifat fisik dan mekanik aspal, salah satunya dengan aspal karet. Belakangan ini penelitian aspal yang dikombinasikan dengan bahan karet telah banyak dipublikasikan dan pola ini sangat memungkinkan untuk membuat aspal khususnya untuk jalan raya di Indonesia. Iriansyah, AS (1992), melakukan percobaan lapangan Campuran Aspal Karet (Parutan Ban Bekas) Di jalan Percobaan Skala Penuh Cileunyi (Seksi 50-55). Penelitian ini merupakan aplikasi dari hasil percobaan di laboratorium dimana akan dinilai keunggulan campuran aspal karet bila dibandingkan dengan campuran yang tidak menggunakan aspal karet. Penelitian menunjukkan hasil stabilitas campuran aspal karet menunjukkan lebih tinggi dari stabilitas campuran dengan aspal biasa. Secara umum karakteristik campuran aspal karet lebih baik dibandingkan dengan campuran menggunakan aspal biasa. Pada percobaan di lapangan ini campuran aspal karet menggunakan aspal penetrasi

60/70 dan parutan ban bekas fraksi #50 - #200 ditambahkan kedalam aspal sebesar 3% terhadap berat aspal optimum. Secara umum hasil pengujian skala laboratorium menunjukkan campuran aspal karet tersebut dapat meningkatkan kualitas campuran beraspal bila dibandingkan dengan campuran yang tidak menggunakan tambahan parutan ban bekas. Laporan percobaan dilapangan ini hanya membahas proses pencampuran menggunakan alat pencampur (*asphalt mixing plant*). Pelaksanaan penghamparan dan pengendalian mutu selama pelaksanaan. Pengamatan secara periodik terhadap hasil percobaan akan terus dilaksanakan. Pada hasil pengamatan ini kesimpulannya pencampuran aspal dengan karet menggunakan alat pencampur yang dibuat khusus dengan putaran mesin 350 rpm dan diaduk selama 20 menit dapat menghasilkan aspal karet cukup homogen. Namun memasukkan aspal karet kedalam alat pencampur secara manual belum dapat menjamin kadar aspal yang sesuai dengan rencana, meskipun berdasarkan hasil pemeriksaan contoh simpangannya relatif kecil. Suhu campuran rata-rata hasil produksi alat pencampur (AMP) mencapai 155°C. Secara visual campuran baik dan homogen. Stabilitas campuran aspal karet menunjukkan lebih tinggi dari stabilitas campuran aspal biasa. Secara umum karakteristik campuran aspal karet lebih baik dibandingkan dengan campuran menggunakan aspal biasa.

Suhu campuran pada saat dihampar umumnya 150°C. Penghamparan campuran yang dilaksanakan dilapangan dengan menggunakan alat penghampar (*finisher*) dapat dilakukan dengan baik dan secara visual hamparan baik dan homogen. Pemadatan awal dilaksanakan pada saat suhu hamparan mencapai 140°C, hasil pemadatan secara visual cukup baik. Kepadatan lapangan umumnya mencapai 99% kepadatan laboratorium.

Hasil pemeriksaan kerataan, kelicinan dan kedalaman tekstur dari permukaan hamparan, menunjukkan masih memenuhi persyaratan.

2.7 Menentukan Kadar Aspal Rencana Dalam Campuran

Kadar aspal total dalam campuran adalah kadar aspal efektif yang membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi pori antara agregat, ditambah dengan kadar aspal yang akan terserap masuk kedalam pori masing-masing butir agregat.

Untuk rancangan campuran campuran dilaboratorium dipergunakan kadar aspal tengah/ideal. Kadar aspal tengah yaitu nilai tengah dari rentang kadar aspal dalam spesifikasi campuran. Kadar aspal tengah atau ideal dapat ditentukan dengan mempergunakan rumus dibawah ini (*RSNI M-01-2003*) :

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%Filler) + K$$

- Dimana :
- P_b = Perkiraan kadar aspal rencana awal
 - CA = Agregat kasar tertahan saringan No.8
 - FA = Agregat halus lolos saringan No.8
 - Filler = Bahan pengisi lolos saringan No.200
 - K = konstanta
= 0,5 - 1,0 untuk AC dan HRS

2.8 *Marshall Test*

Marshall Test adalah pengujian wajib untuk beton aspal, untuk mengetahui dan memenuhi sifat beton aspal sesuai dengan yang diharapkan. Dari tes Marshall akan diketahui berapa persen kandungan aspal yang diperlukan untuk gradasi batuan yang telah direncanakan, yang akan menghasilkan kuat tekan optimum disebut sebagai stabilitas Marshall atau juga disebut sebagai *static stability test*, dinyatakan dalam Kg dari silinder beton aspal benda uji yang telah direndam satu jam pada suhu 60°C. Dari tes Marshall didapat angka lelehan (*flow*) dalam mm yang menunjukkan tingkat kelenturan atau kegetasan campuran beton aspal.

Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22.2 KN (=5000 lbf) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelehan plastis atau *flow*. Menurut Sukirman (2003), pengujian Marshall berguna untuk menguji kinerja beton aspal padat yang meliputi :

2.8.1 Stabilitas

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

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

Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian Marshall. Hasil tersebut dicocokkan dengan angka kalibrasi proving ring dengan satuan lbs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi yang dipengaruhi oleh tebal benda uji. Nilai stabilitas sesungguhnya diperoleh dengan rumus (1) dibawah ini :

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

Keterangan :

- S = angka stabilitas sesungguhnya
- P = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat
- q = angka koreksi benda uji

3.8.2 Kelelahan (Flow)

Flow adalah besarnya penurunan atau deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi

yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterima. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat Marshall yang lain seperti stabilitas. VIM dan VFA, Nilai VIM yang besar menyebabkan berkurangnya interlocking resistance campuran dan dapat berakibat timbulnya deformasi. Nilai VFA yang berlebihan juga menyebabkan aspal dalam campuran berubah konsistensinya menjadi pelicin antar batuan. Nilai flow dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan. Akan tetapi campuran yang memiliki angka kelelahan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka kelelahan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai flow. Syarat nilai flow adalah minimal 3 mm. Nilai flow yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai flow tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang dan alur.

3.8.3 Kerapatan (Density)

Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Semakin tinggi nilai density suatu campuran menunjukkan bahwa kerapatannya semakin baik. Nilai density dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti : gradasi campuran, jenis dan kualitas bahan susun, faktor pemadatan dan jumlah pemadatan maupun temperature pemadatan, penggunaan kadar aspal dan penambahan bahan additive dalam campuran. Campuran dengan nilai density yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibanding dengan campuran yang dimiliki nilai density yang rendah, karena butiran agregat mempunyai bidang kotak yang luas sehingga gaya gesek antara butiran agregat menjadi besar. Selain itu density juga mempengaruhi kedekatan campuran, semakin besar nilai density campuran, maka campuran tersebut akan semakin kedap

terhadap air dan udara. Nilai kepadatan/density dihitung dengan rumus (2) dan (3) dibawah ini :

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

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

Keterangan :

- g = Nilai kepadatan (gr/cc)
- c = Berat kering / sebelum direndam (gr)
- d = Berat benda uji jenuh air (gr)
- e = Berat benda uji dalam air (gr)
- f = Volume benda uji (cc)

3.8.4 Rongga dalam campuran (VIM)

Void In Mix (VIM) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat pourous. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi. Air akan melarutkan komponen-komponen yang akan teroksidasi sehingga mengakibatkan terus berkurangnya kadar aspal dalam campuran. Penurunan kadar aspal dalam campuran menyebabkan lekatan antara butiran agregat berkurang sehingga terjadi pelepasan butiran (revelling) dan pengelupasan permukaan (stripping) pada lapis perkerasan. Syarat dari nilai VIM adalah 3% - 5%. Nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan bleeding karena pada suhu yang tinggi viskositas aspal menurun sesuai sifat termoplastisnya. Pada saat itu apabila lapis perkerasan menerima beban lalu lintas maka aspal akan terdesak keluar permukaan karena tidak cukupnya rongga bagi aspal untuk melakukan penetrasi dalam lapis perkerasan. Nilai VIM yang lebih dari 5% akan mengakibatkan berkurangnya keawetan lapis perkerasan, karena rongga yang terlalu

besar akan mudah terjadi oksidasi. VIM adalah persentase antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan.

Nilai VIM akan semakin kecil apabila kadar kadar aspal semakin besar. VIM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak.

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

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

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

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

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

Keterangan :

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

g = Persen rongga terisi aspal

i dan j = rumus substitusi

3.8.5 Volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal (VFA)

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

Nilai VFA yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan film aspal akan menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima penambahan beban sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama. Nilai VFA yang disyaratkan adalah minimal 65 %. Nilai ini menunjukkan persentase rongga campuran yang berisi aspal, nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, dimana rongga telah penuh. Artinya rongga dalam campuran telah terisi penuh oleh aspal, maka persen kadar aspal yang mengisi rongga adalah persen kadar aspal maksimum.

Nilai VFA dihitung dengan rumus dibawah ini :

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

$$b = \frac{a}{100+a} \times 10 \dots \dots \dots (9)$$

$$i = \frac{b \times g}{Bj.Agregat} \dots \dots \dots (10)$$

$$j = \frac{(100-b) \times g}{Bj.Agregat} \dots \dots \dots (11)$$

$$l = 100 - j \dots \dots \dots (12)$$

Keterangan :

- a = Persentase aspal terhadap batuan
- b = Persentase aspal terhadap campuran
- g = Persen rongga terisi aspal
- i dan j = rumus substitusi

3.8.6 Rongga dalam agregat (VMA)

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

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

Nilai VMA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat, dan kadar aspal. Nilai VMA ini berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran. Dapat juga dikatakan bahwa nilai VMA menentukan nilai stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Nilai VMA yang disyaratkan adalah 15%.

3.8.7 Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient adalah hasil bagi antara stabilitas dengan flow. Nilai Marshall Quotient akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai Marshall Quotient berarti campuran semakin kaku, sebaliknya bila semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur. Nilai Marshall Quotient dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan flow. Nilai Marshall Quotient yang disyaratkan adalah lebih besar dari 250 kg/mm.

Nilai dari Marshall Quotient (MQ) diperoleh dengan rumus (10) dibawah ini :

$$MQ = S / F \dots \dots \dots (13)$$

Keterangan :

S = Nilai stabilitas

F = Nilai flow

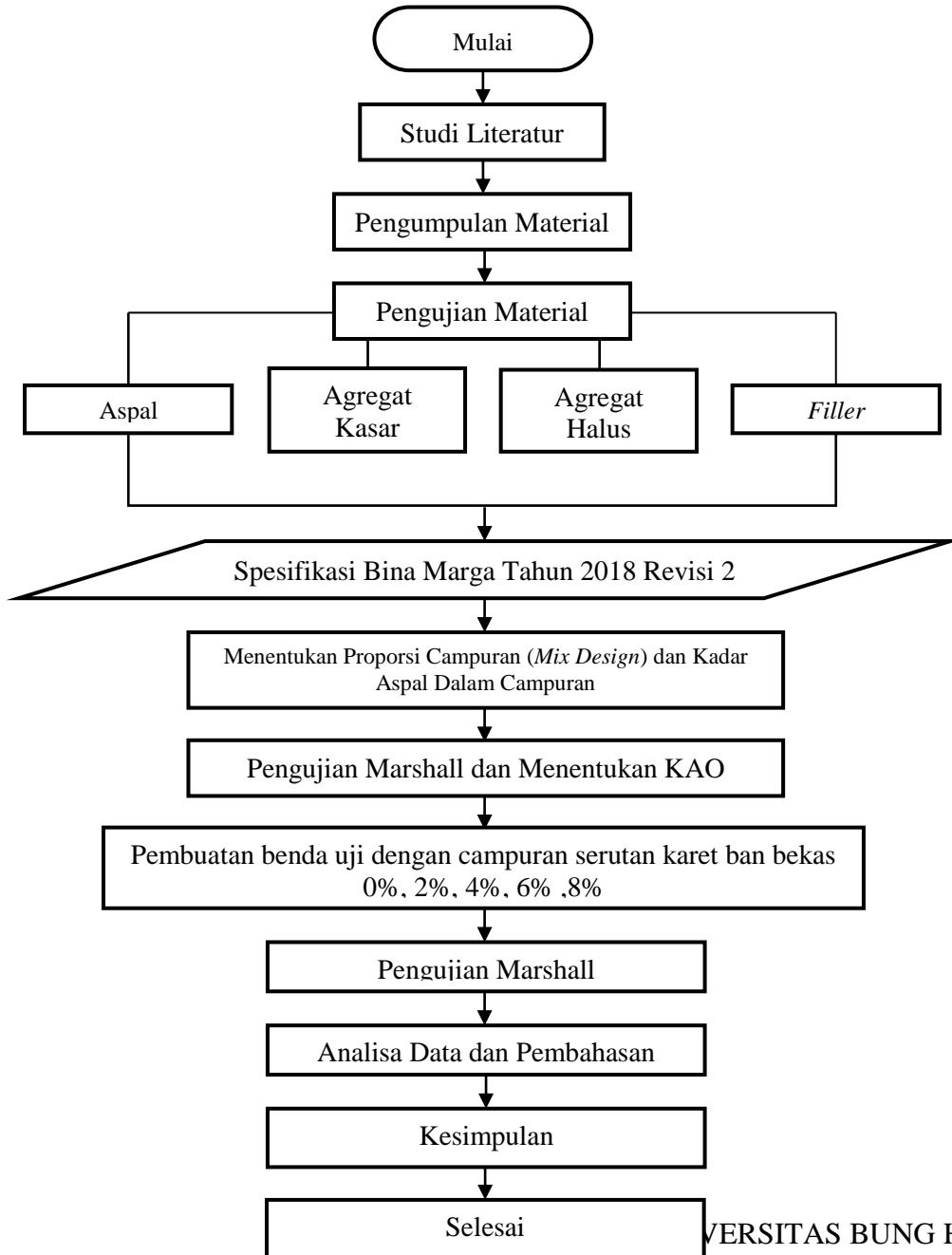
MQ = Nilai Marshall Quotient (kg/mm)

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

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

Pada proses pelaksanaan penelitian ini adapun yang akan dilakukan dapat dilihat melalui bagan alir sebagai berikut ini :



3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen yang dilakukan di UPTD Balai Pengujian Mutu Bahan dan Pekerjaan, Dinas Prasarana Jalan serta di Laboratorium Jalan Universitas Bung Hatta.

Dalam penelitian ini digunakan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 sebagai acuan untuk menentukan campuran aspal beton. Sedangkan untuk standar pelaksanaan pengujiannya digunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berkaitan dengan pengujian.

Sebelum rancangan campuran ini diperoleh, ada beberapa tahapan penelitian yang harus dilakukan seperti : tahapan pendahuluan, tahapan pengumpulan data, tahapan analisa dan pembahasan, tahapan kesimpulan dan saran dan tahapan akhir. Berikut akan dijelaskan tahapan penelitian tersebut yang terkait terhadap rancangan campuran laston hingga diperoleh nilai parameter pengujian *Marshall*.

3.3 Tahapan Pendahuluan

Dalam tahapan ini yang dilakukan penulis adalah melakukan studi literatur dan melakukan pengumpulan material. Adapun pada sub bab ini akan dijelaskan tahapan pendahuluan yang dilakukan penulis.

3.3.1 Studi literatur

Dalam penelitian ini literatur yang digunakan adalah Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 sebagai acuan untuk menentukan persyaratan campuran. Sedangkan untuk literatur standar pelaksanaan pengujiannya digunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) serta menggunakan penelitian – penelitian terdahulu terkait penggunaan limbah karet ban pada campuran AC-WC.

3.3.2 Pengambilan Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar dan medium (agregat tertahan saringan no.4), agregat halus (abu batu), aspal (Pen. 60/70), *filler* atau bahan pengisi (semen).

Agregat berasal dari *quarry* yang berada di Jl Kp. Kalawi, Ujung Jembatan Kp. Kalawi - Kalumbuk, Kota Padang. Serutan limbah karet ban diperoleh dari PT. Warda Asastra Graha di Pekanbaru dan aspal (Pen. 60/70) diperoleh dari PT. Statika Mitra Sarana. Pengumpulan material dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Pengumpulan Material

3.4 Tahapan Pengumpulan Data

Dalam tahapan pengumpulan data ini, penulis berikut tipe data yang dikumpulkan, Adapun data-data tersebut yaitu :

3.4.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dengan cara melakukan pengujian material, rancangan proporsi agregat, perkiraan kadar aspal rencana, perkiraan kebutuhan material, pembuatan benda uji, pengukuran berat jenis benda uji dan pengujian *Marshall*.

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung. Data ini diperoleh dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya atau sumber lain.

3.5 Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini, pengujian pertama yang dilakukan adalah pemeriksaan bahan campuran aspal, seperti pemeriksaan agregat yang meliputi pengujian abrasi dengan mesin *Los Angeles*, pengujian berat jenis dan penyerapan agregat dan analisa saringan. Selanjutnya pemeriksaan aspal yang meliputi pengujian penetrasi, pengujian daktilitas, pengujian titik lembek aspal, pengujian titik nyala, pengujian berat jenis aspal dan pengujian kehilangan berat aspal.

Setelah pengujian ketiga bahan tersebut memenuhi persyaratan , dilanjutkan dengan pembuatan *Job Mix Design* dimana campuran aspal telah dihitung proposi agregat dan kadar aspalnya. Pada *Job Mix Design* belum menggunakan penggantian persentase kadar aspal dengan serutan karet ban. Setelah benda uji dibuat lalu dilakukan tes Marshall untuk mengetahui karakteristik dari aspal tersebut. Setelah melakukan tes Marshall, selanjutnya pembuatan *Job Mix Formula* dimana campuran sudah melakukan penggantian persentase kadar aspal dengan serutan karet ban dengan masing-masing variasi kadar limbah nya. Setelah selesai pembuatan benda uji dengan masing-masing variasi kadar serutan karet ban, selanjutnya dilakukan tes Marshall untuk melihat karakteristik aspal yang telah dimodifikasi tersebut. Selanjutnya dianalisa perubahan antara campuran dengan komposisi standar dengan campuran yang sudah dimodifikasi dengan penggantian persentase kadar aspal dengan serutan karet ban. Lalu lihat apakah terjadi kenaikan atau penurunan saat setelah dimodifikasi tersebut.

3.6 Bahan dan Peralatan Penelitian

Penyediaan dan kelengkapan bahan dan peralatan merupakan menjadi faktor utama dalam kelancaran penelitian, agar tidak terjadi gangguan dalam proses pelaksanaan. Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu :

3.6.1 Agregat Kasar dan Halus

Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butiran yang tertahan saringan no. 4 (4.75 mm). Agregat halus yaitu agregat dengan ukuran butiran yang lolos saringan no. 4 (4.75 mm) dan tertahan saringan no. 200 (0.075 mm).



Gambar 3.2 Agregat Kasar



Gambar 3.3 Agregat Halus

3.6.2 Filler

Filler adalah material yang berfungsi sebagai pengisi rongga-rongga dalam campuran beraspal sehingga rongga didalam aspal menjadi lebih kecil dan menghasilkan tahanan gesek serta penguncian antar agregat yang tinggi. *Filler* yang digunakan pada penelitian ini adalah *cement portland* yang berasal dari PT. Semen Padang, Padang, Sumatera Barat.



Gambar 3.4 Filler

3.6.3 Aspal Pen 60/70

Aspal merupakan material perekat yang berwarna coklat gelap sampai hitam yang berfungsi sebagai bahan pengikat. Aspal yang digunakan berasal dari Laboratorium Jalan Universitas Bung Hatta.



Gambar 3.5 Aspal Pen 60/70

3.7 Pengujian *Properties*

3.7.1 Analisa Saringan SNI ASTM C136-2012

1. Maksud dan Tujuan

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan. Tujuan pengujian ini ialah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran baik agregat halus maupun agregat kasar.

2. Cara Pengujian

Benda uji ditimbang lalu dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap, masukkan benda uji kedalam saringan sesuai dengan distribusi butir yang disyaratkan, getarkan saringan selama 15 menit kemudian timbang berat butir yang tertahan pada masing-masing saringan.

3.7.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar SNI 1969-2008

1. Maksud dan Tujuan

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dan acuan dalam pengujian untuk menentukan berat jenis kering, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis semu dan angka penyerapan daripada agregat kasar. Tujuan pengujian ini untuk mendapatkan angka untuk berat jenis kering, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis semu dan angka penyerapan daripada agregat kasar.

2. Cara Pengujian

Rendam agregat tersebut didalam air pada temperatur ruang selama 24 jam. Pindahkan benda uji dari dalam air ke lembaran penyerap air dan digulung bolak balik menggunakan sampai semua lapisan air permukaan yang terlihat hilang kemudian catat beratnya. Setelah berat ditentukan, tempatkan contoh uji yang berada dalam kondisi kering permukaan tersebut didalam wadah lalu tentukan beratnya didalam air. Keringkan contoh benda uji pada suhu $110 \pm 5 ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap,

dinginkan pada temperatur ruang selama 1-3 jam, kemudian catat beratnya. Hitung nilai berat jenis kering, berat jenis kering permukaan, berat jenis semu dan angka penyerapan daripada agregrat kasar.

3.7.3 Berat Jenis dan Penyerapan Agregrat Halus SNI 1970-2008

1. Maksud dan Tujuan

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dan acuan dalam pengujian untuk menentukan berat jenis kering, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis semu dan angka penyerapan dari agregrat halus. Tujuan pengujian ini untuk mendapatkan angka untuk berat jenis kering, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis semu dan angka penyerapan daripada agregrat halus.

2. Cara Pengujian

Rendam agregrat di dalam air selama (24 ± 4) jam. Buang air perendam, lakukan pengeringan sampai terjadi keadaan kering permukaan jenuh. Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji kedalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk selama 25 kali angkat kerucut terpancung. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda penguji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak. Setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh, masukan 500 gram benda uji kedalam piknometer. Masukkan air suling sampai mencapai 90% isi piknometer, rendam piknometer dalam air dan ukur suhu air. Tambahkan air sampai tanda batas. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5) °C sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji dalam desikator. Setelah benda uji dingin kemudian timbang. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur air guna penyesuaian dengan suhu standar 25 °C. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu (110 ± 5) °C sampai berat tetap. Hitung nilai berat jenis kering, berat jenis kering permukaan, berat jenis semu dan angka penyerapan daripada agregrat halus.

3.7.4 Cara Uji Keausan Agregrat dengan Mesin Los Angeles SNI 2417-2008

1. Maksud dan Tujuan

Menguji keausan agregrat dengan menggunakan mesin Abrasi Los Angeles. Tujuan pengujian ini untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus terhadap berat semula dalam persen.

2. Cara Pengujian

Benda uji dan bola baja dimasukkan kedalam mesin Abrasi Los Angeles, putar mesin Abrasi Los Angeles dengan kecepatan 33 rpm sebanyak 500 putaran, keluarkan benda uji, kemudian saring dengan saringan No. 12, butiran yang tertahan kemudian dicuci bersih, selanjutnya dikeringkan dalam oven dengan temperature 110 ± 5 °C sampai berat tetap. Hitung nilai keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus terhadap berat semula dalam persen.

3.7.5 Pengujian Penyelimutan dan Pengelupasan pada Campuran Agregat Aspal SNI 2439-2011

1. Maksud dan Tujuan

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dan acuan dalam menguji penyelimutan dan pengelupasan pada campuran agregrat dan aspal. Penyelimutan agregrat terhadap aspal adalah presentase luas permukaan agregrat yang diselimuti aspal terhadap permukaan agregrat.

2. Cara Pengujian

Timbang 100 ± 1 gram agregrat kering oven pada temperature ruang kedalam wadah, tambahkan $5,5 \pm 0,2$ gram aspal cair yang telah dipanaskan, aduk sampai merata dengan spatula selama 2 menit, masukkan campuran beserta wadahnya kedalam oven selama 2 jam dengan suhu 60°, setelah mengikat, aduk kembali campura sampai benar benar melekat sempurna kemudian dinginkan pada temperature ruang, pindahkan campuran ke wadah gelas 600 ml. Penuhi wadah dengan air sampai 400 ml, rendam campuran selama 16-18 jam, hitung luas

permukaan agregrat yang diselimuti aspal secara teliti, baik lebih dari 95% maupun kurang dari 95%.

3.7.6 Pengujian Penetrasi Aspal SNI 2456-2011

1. Maksud dan Tujuan

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dan acuan dalam menguji penetrasi aspal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui angka penetrasi atau nilai kekerasan aspal keras atau aspal lembek.

2. Cara Pengujian

Periksa pemegang jarum agar dapat dipasang dengan baik dan bersihkan jarum penetrasi dengan toluene atau pelarut lain yang sesuai kemudian keringkan dengan lap bersih dan pasangkan pada pemegang jarum, letakkan pemberat 50 gram pada pemegang jarum untuk memperoleh berat total $100 \pm 0,1$ gram, pastikan kerataan posisi alat penetrometer dengan memeriksa waterpass pada alat, turunkan jarum perlahan-lahan sampai jarum menyentuh permukaan benda uji. Kemudian aturlah angka 0 pada arloji penetrometer sehingga jarum penunjuk berada pada posisi angka 0 pada jarum penetrometer, lepaskan pemegang jarum selama waktu yang disyaratkan $5 \pm 0,1$ detik, atur arloji penetrometer untuk mengukur nilai penetrasi dan bacalah angka penetrasi yang ditunjukkan jarum penunjuk pada angka 0,1 mm terdekat, lakukan paling sedikit tiga kali pengujian untuk benda uji yang sama, dengan ketentuan setiap titik pemeriksaan berjarak tidak kurang 10 mm dari dinding cawan dan tidak kurang 10 mm dari satu titik pengujian dengan titik pengujian lainnya. Laporkan dalam bilangan bulat nilai penetrasi rata-rata sekurang-kurangnya dari tiga kali pengujian yang nilainya tidak berbeda lebih dari yang disyaratkan.

3.7.7 Pengujian Titik Lembek Aspal SNI 2434-2011

1. Maksud dan Tujuan

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dan acuan dalam menguji titik lembek aspal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan angka titik lembek aspal

yang berkisar dari 30°C sampai dengan 157°C dengan cara Ring and Ball. Pengujian ini penting karena mengindikasikan aspal akan cenderung melunak pada kenaikan temperature pada perkerasan jalan.

2. Cara Pengujian

Tempatkan dua buah bola baja pada dasar bak perendam dengan menggunakan penjepit, agar benda uji memiliki temperature yang merata, tempatkan bejana perendam dan peralatan didalamnya pada air es didalam bak perendam, pertahankan temperature perendaman selama 15 menit, letakkan bola baja yang telah dikondisikan dalam bak perendam menggunakan penjepit diatas alat pengarah bola, panaskan bejana perendaman dengan kecepatan kenaikan temperature 5°/ menit, catat temperature pada saat aspal menyentuh pelat dasar. Hasil akhir dari pengujian ini adalah temperature ketika aspal menyentuh pelat dasar, hitung dan rata ratakan dari sampel yang telah diuji.

3.7.8 Pengujian Daktilitas Aspal SNI 2432-2011

1. Maksud dan Tujuan

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dan acuan dalam menguji daktilitas aspal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan angka pemuluran aspal baik itu aspal keras, residu aspal emusi, residu aspal cair dan bitumen aspal alam. Pengujian ini dilakukan pada temperature $25 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dengan cara menentukan jarak pemuluran aspal dalam cetakan pada saat putus setelah ditarik dengan kecepatan 50 mm per menit $\pm 2,5$ mm.

2. Cara Pengujian

Masukkan benda uji kedalam bak perendam dengan suhu $25 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ selama 85 sampai dengan 95 menit, lepaskan benda uji dari pelat dasar dari sisi cetakannya dan langsung pasang benda uji ke mesin uji dengan cara memasukkan lubang cetakan ke pemegang di mesin uji, jalankan mesin uji sehingga menarik benda uji dengan

kecepatan 50 mm per menit \pm 2,5 mm, baca pemuluran benda uji pada saat putus dalam satuan mm maupun cm. Hasil akhir dari pengujian ini adalah nilai dari pemuluran benda uji ketika putus, laporkan hasil rata rata dari 3 benda uji sebagai nilai daktilitas.

3.7.9 Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal SNI 2433-2011

1. Maksud dan Tujuan

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dan acuan dalam menguji titik nyala dan titik bakar aspal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur kecenderungan aspal dapat terbakar akibat panas dan api pada kondisi terkontrol di laboratorium. Hasil yang didapat dapat digunakan sebagai peringatan bahaya di lapangan.

2. Cara Pengujian

Panaskan benda uji berupa aspal sampai cair, dimana suhu pemansan benda uji tidak boleh lebih dari 150°C, isi cawan Cleaveland dengan contoh uji sampai garis batas pengisian, dan tempatkan cawan diatas pelat pemanas, nyalakan api penguji dan atur diameter api pengujian antara 3,2 mm sampai 4,8 mm atau api pengujian seukuran dengan pipa api pengujian, catat hasil pengujian titik nyala yang diperoleh dari pembacaan thermometer pada saat benda uji mulai menyala, untuk menentukan titik bakar, lanjutkan pemanasan pada benda uji setelah titik nyala dicatat dengan kenaikan suhu 5°C samapi 6°C per menit. Teruskan pemansan sampai benda uji menyala dan terbaakar minimal selama 5 detik, hitung dan catat sebagai nilai dari titik bakar. Laporkan hasil pengujian titik nyala dan titik terbakar terkoreksi dengan membulatkan nilainya ke 1°C terdekat.

3.7.10 Pengujian Kehilangan Berat Aspal dengan Metode Thin Film Over Test (TFOT) SNI 06-2440-1991

1. Maksud dan Tujuan

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dan acuan dalam menguji kehilangan berat aspal dengan metode Thin Film Over Test (TFOT). Tujuan dari penelitian ini

adalah untuk mengetahui kehilangan minyak pada aspal akibat pemanasan berulang dan untuk mengukur perubahan kinerja aspal akibat kehilangan berat.

2. Cara Pengujian

Panaskan aspal perlahan-lahan dan diaduk terus- menerus hingga cair merata, dengan ketentuan pemanasan dan pengadukan dilakukan secara perlahan dan merata sehingga gelembung-gelembung udara tidak masuk, setelah aspal mencair, tuangkan aspal ke dalam cawan aluminium dan diamkan hingga dingin pada suhu ruang selama 1 sampai 2 jam, setelah aspal dingin, masukkan aspal kedalam oven dan diletakkan pada pinggan logam dengan catatan suhu oven harus mencapai $163 \pm 1^{\circ}\text{C}$ terlebih dahulu, set alat TFOT untuk berputar selama 6 jam, setelah itu ambil benda uji dan dinginkan pada suhu ruang. Hitung berat benda uji sebelum dan sesudah dilakukannya pengujian kehilangan titik berat dengan metode Thin Film Over Test (TFOT).

3.8 Pembuatan Benda Uji

Proses pembuatan benda uji dilakukan saat pemeriksaan terhadap bahan agregat dan bahan aspal sudah memenuhi syarat spesifikasi umum bina marga 2018. Setelah itu, dibuat komposisi campuran atau *mix design* yang meliputi gradasi agregat kasar dan halus, aspal pen 60/70 dan limbah karet ban yang telah halus dan lolos saringan *mesh* #80. Berat total dari sebuah benda uji berkisar antar 1100 – 1200 gram dengan diameter 10,2 cm dan tinggi $6,4 \pm 1$ cm sesuai dengan tinggi syarat benda uji lapisan AC-WC. Agregat dipanaskan menggunakan wajan dengan suhu 150 – 160°C, kemudian tambahkan serutan karet ban dengan kadar limbah 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dicampurkan pada aspal panas yang sebelumnya telah dipanaskan sampai dengan suhu 170°C. Kemudian benda uji tersebut dicampur dengan rata dan diamkan hingga mencapai suhu pemadatan. Selanjutnya campuran dimasukkan kedalam cetakan yang berbentuk silinder, lalu lakukan pemadatan dengan alat pemadat sebanyak 75 kali masing-masing sisinya. Benda uji didinginkan pada suhu ruang ± 2 jam setelah itu,

benda uji dikeluarkan dari cetakan dan diberi kode. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel dan diukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm dan ditimbang beratnya diudara. Benda uji direndam dalam air selama 24 jam supaya jenuh. Setelah jenuh benda uji ditimbang dalam air lalu dikeluarkan dari bak perendam dan dikeringkan dengan kain pada permukaan agar kondisi kering permukaan jenuh (*saturated surface dry, SSD*), lalu ditimbang. Dari *mix design* ini, benda uji yang dibuat berjumlah 3 buah.

3.9 Pengujian Marshall

Setelah benda uji dibuat tahapan berikutnya adalah pengujian *marshall*. Sebelum dilakukan pengujian benda uji direndam terlebih dahulu dalam bak perendam (*waterbath*) pada suhu $60^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 30 sampai 40 menit. Selanjutnya benda uji dikeluarkan dari bak perendam kemudian diletakkan pada alat uji *marshall* untuk dilakukan pengujian. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai ketahanan (*stability*) dan kelelahan plastis (*flow*). *Stability* merupakan kemampuan untuk menerima beban hingga terjadi kelelahan plastis, sedangkan *flow* merupakan kondisi saat campuran aspal berubah bentuk akibat beban sampai batas waktu tertentu.

BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Material

Pengujian material dalam penelitian ini terbagi kedalam dua kelompok yaitu pengujian properties agregat (agregat kasar, agregat halus) dan pengujian properties aspal. Pengujian properties agregat dan properties aspal mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Pengujian untuk properties agregat berupa pengujian penyerapan air, berat jenis dan pengujian abrasi menggunakan alat Los Angeles. Hasil pengujian untuk agregat dapat dilihat pada Tabel 4.1 tentang Hasil Pengujian Properties Agregat.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Properties Pada Agregat

No	Pengujian	Standarisasi	Syarat	Hasil	Keterangan
Agregat Kasar					
1	Penyerapan Air	SNI 03-1969-2008	$\leq 3 \%$	0,60	Memenuhi
2	Berat Jenis Bulk	SNI 03-1969-2008	-	2,67	Memenuhi
3	Berat Jenis SSD	SNI 03-1969-2008	-	2,69	Memenuhi
4	Berat Jenis Apparent	SNI 03-1969-2008	-	2,72	Memenuhi
5	Keausan	SNI 03-2417-2008	Maks 30%	19,12	Memenuhi
6	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	SNI 06-2439-1991	-	≥ 95	Memenuhi
Agregat Halus					
1	Penyerapan Air	SNI 03-1970-2008	$\leq 3 \%$	0,25	Memenuhi
2	Berat Jenis Bulk	SNI 03-1970-2008	≥ 2.5 gr/cc	2,59	Memenuhi
3	Berat Jenis SSD	SNI 03-1970-2008	-	2,60	Memenuhi
4	Berat Jenis Apparent	SNI 03-1970-2008	-	2,61	Memenuhi

Sumber : Penelitian Laboratorium 2021

Dari keseluruhan hasil-hasil pengujian *properties* agregat dapat diambil kesimpulan bahwa agregat yang telah diuji dapat memenuhi persyaratan yang ada sehingga dapat digunakan sebagai bahan campuran aspal panas untuk lapisan aus AC-WC.

Pengujian pada *properties* aspal berupa pengujian penetrasi, berat jenis, titik lembek, titik nyala, kehilangan berat dan pengujian daktilitas aspal. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada table 4.2 yaitu hasil pengujian *properties* aspal.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian *Properties* aspal

No	Pengujian	Standarisasi	Satuan	Aspal		Hasil	keterangan
				Min	Max		
1	Penetrasi	SNI 2456-2011	mm	60	70	64,6	Memenuhi
2	Berat Jenis	SNI 2441-2011	gr/cm ³	1	-	1,025	Memenuhi
3	Titik Lembek	SNI 2434-2011	°C	48		64	Memenuhi
4	Daktilitas	SNI 2432-2011	cm	100	-	150	Memenuhi
5	Titik Nyala	SNI 2434-2011	°C	100		323	Memenuhi

Sumber : Penelitian Laboratorium 2021

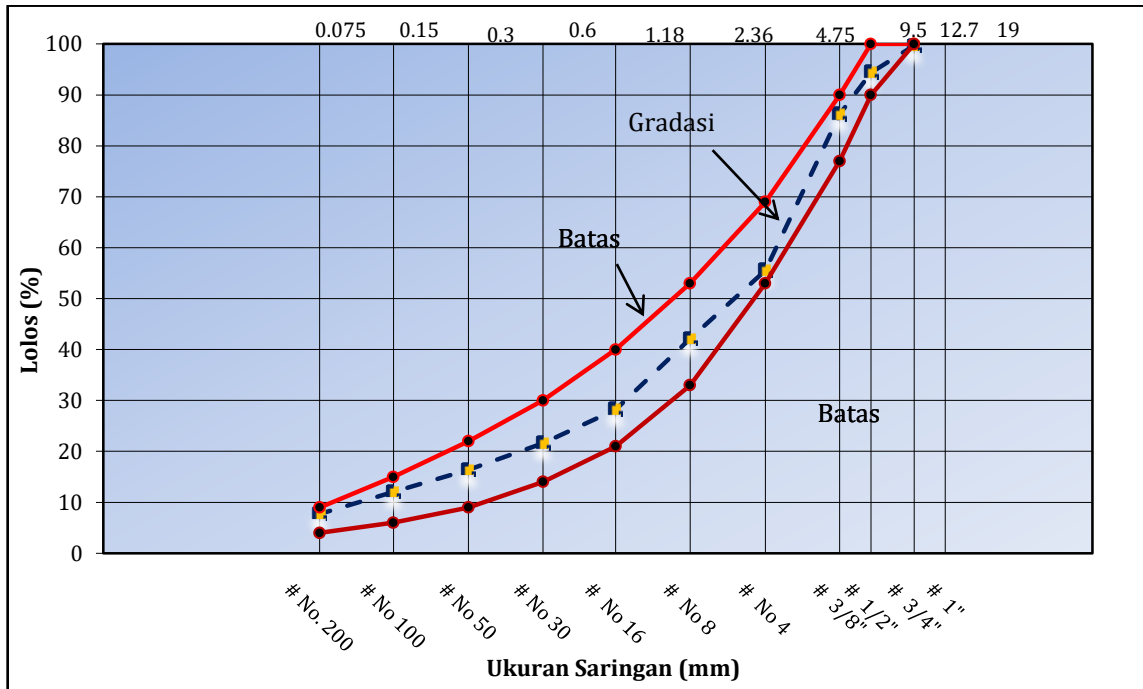
Berdasarkan pada Tabel 4.2 hasil pengujian *properties* aspal dapat diambil kesimpulan bahwa aspal yang telah diuji dapat memenuhi persyaratan yang ada sehingga dapat digunakan sebagai campuran aspal panas untuk lapisan AC-WC.

4.2 Pengujian Mix Formula

Setelah semua pengujian *properties* telah selesai dilakukan dan memberikan hasil yang sesuai dengan standarisasi bahwa material dan aspal dapat digunakan untuk campuran aspal panas, maka dibuatlah campuran aspal rencana sesuai spesifikasi untuk campuran AC-WC yang disebut dengan *Mix Formula*. Untuk merencanakan campuran aspal rencana ada beberapa tahap yang harus dilalui, diantaranya :

4.2.1 Menentukan Komposisi Campuran AC-WC

Komposisi campuran didapatkan dari hasil uji gradasi campuran dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Gradasi Campuran AC-WC

Berdasarkan hasil pengujian gradasi yang diperoleh, penulis mendapatkan hasil komposisi campuran yaitu :

1. Split 1-2 = 8% dari total campuran
2. Medium = 48% dari total campuran
3. Abu Batu = 43% dari total campuran
4. *Filler* = 1% dari total campuran

4.2.2 Menentukan Kadar Aspal Rencana (PB)

Pengujian yang dilakukan bertujuan supaya penulis dapat menentukan nilai kadar aspal rencana (PB) dengan cara empiris agar menghasilkan campuran aspal panas yang memenuhi persyaratan.

Penentuan kadar aspal rencana (PB) digunakan rumus :

$$Pb = 0.035 (\%CA) + 0.045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K \quad (4.1)$$

Keterangan:

Pb = Perkiraan kadar aspal terhadap campuran, persentase berat terhadap campuran.

CA = Agregat kasar tertahan saringan No. 8

FA = Agregat halus lolos saringan No. 8

FF = Bahan pengisi lolos saringan No. 200

Nilai K= Konstanta 1.0

$$\begin{aligned}\% \text{ Agregat Kasar (CA)} &= 100\% - \text{Agregat kasar tertahan saringan no. 8} \\ &= 100\% - 42,13\% \\ &= 57,87\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \text{ Agregat Halus (FA)} &= 42,13\% - \text{Bahan pengisi lolos saringan 200} \\ &= 42,13\% - 7,72\% \\ &= 34,41\%\end{aligned}$$

$$\% \text{ Filler} = 7,72\%$$

$$\begin{aligned}\text{Pb} &= 0,035 (\% \text{CA}) + 0,045 (\% \text{FA}) + 0,18 (\% \text{FF}) + K \\ &= 0,035(57,87\%) + 0,045(34,41\%) + 0,18(7,72\%) + 1 \\ &= 2,025 + 1,548 + 1,390 + 1 \\ &= 5,963 \rightarrow 6\%\end{aligned}$$

4.2.3 Menentukan Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO)

Berdasarkan nilai aspal rencana yang telah didapatkan, maka dibuatlah benda uji dengan variasi kadar aspal dua diatas nilai PB dan dua dibawah nilai PB: (5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%), dimana masing-masing variasi kadar aspal dibuat 3 benda uji.

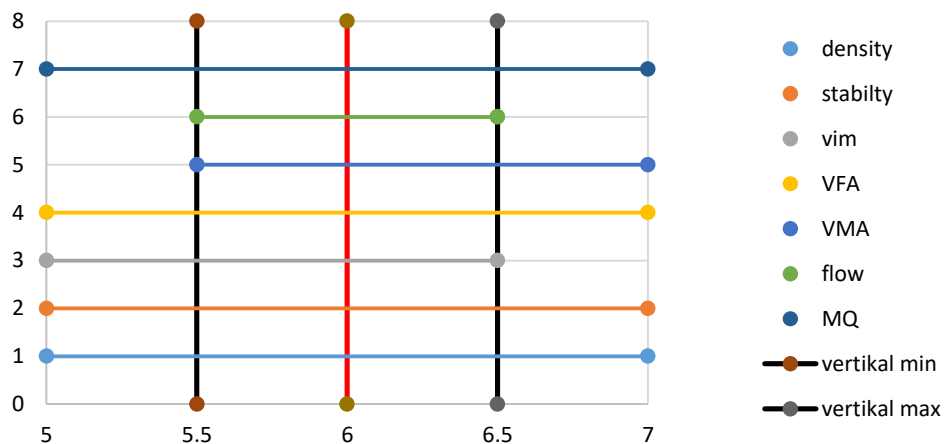
Agar mendapatkan kadar aspal optimum yang diinginkan, campuran aspal harus memenuhi beberapa syarat karakteristik *Marshall* berupa *Density*, *VMA*, *VIM*, *VFA*, *Stability*, *Flow*, dan *Marshall Quotient* yang memenuhi syarat campuran aspal panas untuk lapis AC-WC. Untuk melihat hasil dari pengujian *Marshall* dapat dilihat pada tabel 4.3 tentang resume hasil pengujian *marshall*.

Tabel 4.3 Resume Hasil Pengujian *Marshall*

No	Karakteristik	Spesifikasi	Pengujian Marshall				
			Variasi Kadar Aspal (%)				
			5	5,5	6	6,5	7
1	Density (gr/cc)		2,374	2,359	2,348	2,331	2,337
2	VMA (%)	Min15	14,44	15,42	16,24	17,32	18,6
3	VIM (%)	3-5	3,5	3,4	3,1	3,1	2,2
4	VFA (%)	Min 65	75,94	78,14	80,92	81,87	87,57
5	Stability (kg)	Min 800	1139	1140	1145	1298	1365
6	FLOW (mm)	2-4	1,94	2,24	3,28	3,08	4,11
7	MQ (kg/mm)	Min 250	588	509	350	349	332

Sumber : Penelitian Laboratorium 2021

Berdasarkan hasil penelitian dilaboratorium yang dapat dilihat pada tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa kadar aspal yang memenuhi syarat karakteristik *Marshall* berupa *Density*, *VMA*, *VIM*, *VFA*, *Stability*, *Flow*, dan *Marshall Quotient* berada pada rentang 5,5% - 6,5%. Maka untuk menentukan nilai KAO pada campuran AC-WC ini digunakan grafik pita sesuai dengan Gambar 4.2 tentang grafik pita seperti dibawah ini :



Gambar 4.2 Grafik Pita

Berdasarkan Grafik Pita maka diperoleh nilai kadar aspal optimum untuk campuran aspal rencana sebesar $KAO = ((5,5\% + 6,5\%) : 2) = 6\%$

Dalam 1 campuran jumlah aspal adalah 72 gr, ini didapat dari 6% kadar aspal rencana dikalikan dengan berat total seluruh campuran yaitu 1200 gr. Jadi dalam 1 campuran untuk variasi serutan karet ban 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dikalikan 72 gr maka didapat jumlah serutan karet ban yang digunakan untuk campuran aspal, dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini :

1) 0% kadar serutan karet ban

Berat aspal yang digunakan 72 gram

2) Berat serutan karet ban : $72 \times (2/100) = 1,44$ gram

Berat aspal yang digunakan adalah : $72 \text{ gram} - 1,44 \text{ gram} = 70,56$ gram

3) Berat serutan karet ban : $72 \times (4/100) = 2,88$ gram

Berat aspal yang digunakan adalah : $72 \text{ gram} - 0,288 \text{ gram} = 69,12$ gram

4) Berat serutan karet ban : $72 \times (6/100) = 4,32$ gram

Berat aspal yang digunakan adalah : $72 \text{ gram} - 4,32 \text{ gram} = 67,68$ gram

5) Berat serutan karet ban : $72 \times (8/100) = 5,76$ gram

Berat aspal yang digunakan adalah : $72 \text{ gram} - 5,76 \text{ gram} = 66,24$ gram

4.3 Hasil Dan Analisa Benda Uji Substitusi Serutan Karet Ban Pada Campuran Aspal Beton (AC-WC)

Setelah mendapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6%, selanjutnya dibuat benda uji dengan substitusi kadar serutan karet ban 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dari berat total aspal campuran, kemudian dilakukan pengujian marshall.

Berikut ini merupakan tabel 4.4 hasil pengujian *marshall* dengan variasi kadar serutan karet ban menggunakan kadar aspal optimum (KAO) yaitu 6%.

Serutan Karet Ban

No	Karakteristik	Spesifikasi (Binamarga revisi 2 Tahun 2018)	Pengujian <i>Marshall</i>				
			Variasi kadar Serutan karet ban				
			0%	2%	4%	6%	8%
1	Density	-	2,348	2,332	2,313	2,296	2,283
2	VMA (%)	Min 15	16,24	16,73	17,31	17,81	18,18
3	VIM (%)	3-5	3,10	3,95	4,91	5,77	6,47
4	VFA (%)	Min 65	80,92	76,47	71,65	67,60	64,40
5	<i>Stability</i> (kg)	Min 800	1145	1198	1254	1298	1327
6	<i>Flow</i> (mm)	2-4	3,28	2,70	2,46	2,24	1,94
7	MQ (kg/mm)	Min 250	350	444	511	579	685

(Sumber: Resume Hasil Penelitian 2021)

4.3.1 Density

Density merupakan besarnya kerapatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Campuran yang memiliki kepadatan yang tinggi akan lebih mampu menahan beban yang lebih berat dibandingkan dengan campuran yang mempunyai kepadatan yang rendah.

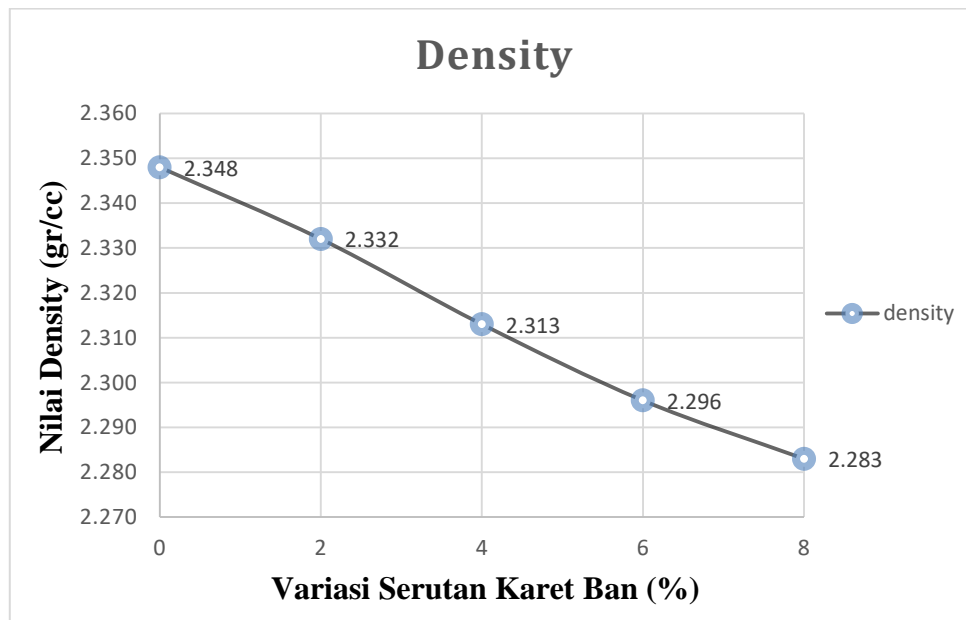
Berikut merupakan hasil pengujian *density* pada campuran aspal panas untuk lapisan AC-WC dengan penggunaan kadar serutan karet ban pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Pengaruh Penggunaan Variasi Serutan Karet Ban Terhadap *Density*
Campuran AC-WC.

No	Variasi Serutan Karet Ban (%)	Density (gr/cc)
1	Serutan Karet Ban 0%	2,348
2	Serutan Karet Ban 2%	2,332
3	Serutan Karet Ban 4%	2,313
4	Serutan Karet Ban 6%	2,296
5	Serutan Karet Ban 8%	2,283

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2021

Berdasarkan tabel 4.5 pengaruh penggunaan variasi serutan karet ban Terhadap *density* campuran AC-WC dapat diperoleh grafik hubungan antara variasi penambahan limbah dengan nilai kapadatan (*density*) seperti pada Gambar 4.3 tentang grafik stabilitas dengan variasi serutan karet ban.



Gambar 4.3 Grafik *Density* dengan variasi serutan karet ban

Berdasarkan grafik pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa nilai *density* tidak mengalami perubahan yang signifikan tetapi tetap mengalami penurunan. Penurunan tersebut seiring dengan bertambahnya kadar serutan karet ban. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan adanya penambahan serutan karet ban kedalam campuran dapat mengakibatkan penurunan nilai kepadatan suatu campuran beraspal panas. Nilai *density* tertinggi terdapat pada campuran aspal tanpa penambahan kadar serutan karet ban dengan nilai *density* 2,348 gr/cc dan nilai *density* terendah terdapat pada penambahan 8% kadar serutan karet ban dengan nilai *density* 2,283 gr/cc.

Hal utama yang menyebabkan kepadatan menjadi rendah (nilai *density* menurun) adalah campuran aspal dan serutan karet ban yang membuat kerapatan dengan agregat menjadi rendah sehingga sifat *interlocking* dari partikel agregat dengan aspal campur

serutan karet ban berkurang, maka dengan seiring penambahan jumlah kadar serutan karet ban dan kadar aspal dikurangi maka sifat *interlocking* dari partikel agregat dengan aspal campur serutan karet ban juga semakin berkurang.

4.3.2 Void In Mineral Agreggate (VMA)

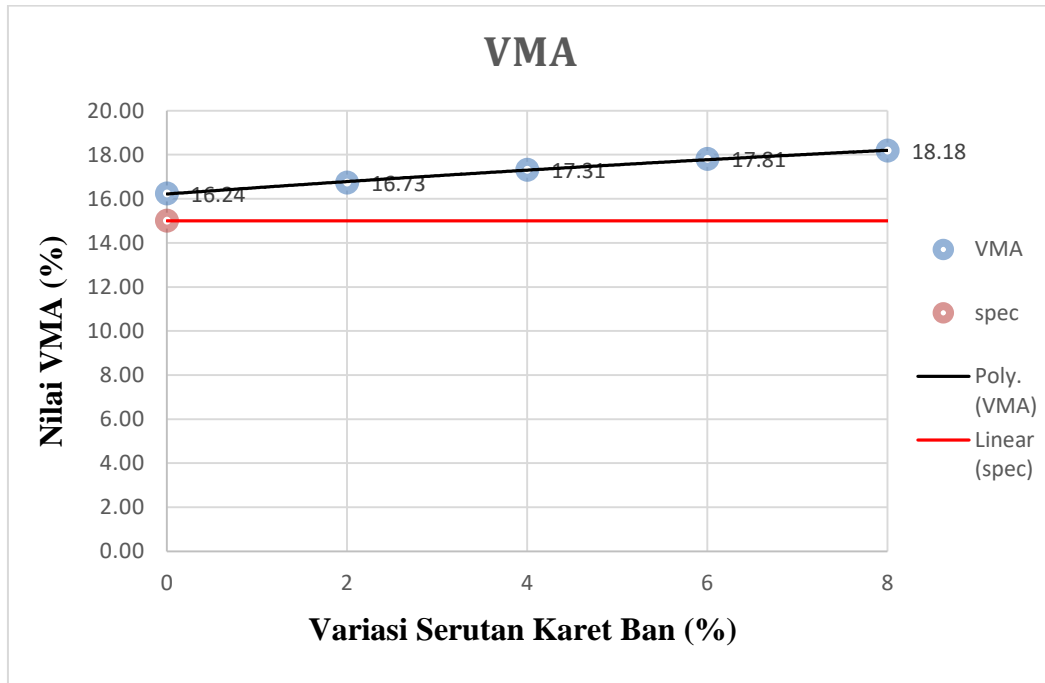
Void in Mineral Agreggate (VMA) adalah rongga udara yang ada diantara mineral agregat di dalam campuran beraspal panas yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal. VMA dinyatakan dalam persentase dari campuran beraspal panas. VMA digunakan sebagai ruang untuk menampung aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran beraspal panas. Besarnya nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi bahan susun, jumlah tumbukan dan temperature pemadatan.

Tabel 4.6 Pengaruh Penggunaan Variasi Serutan Karet Ban Terhadap VMA
(Void in Mineral Agreggate) Campuran AC-WC

No	Variasi Serutan Karet Ban (%)	Spesifikasi (Bina Marga 2018 Revisi 2)	VMA (%)
1	Serutan Karet Ban 0%	Min 15	16,24
2	Serutan Karet Ban 2%	Min 15	16,73
3	Serutan Karet Ban 4%	Min 15	17,31
4	Serutan Karet Ban 6%	Min 15	17,81
5	Serutan Karet Ban 8%	Min 15	18,18

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2021

Berdasarkan tabel 4.6 tentang pengaruh penggunaan variasi serutan karet ban terhadap VMA (Void in Mineral Agreggate) campuran AC-WC dapat diperoleh grafik hubungan antara variasi penggantian persentase aspal dengan serutan karet ban dengan nilai VMA seperti pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik *Void In Mineral Agreggate (VMA)*
Dengan Variasi Serutan Karet Ban

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.4 cenderung mengalami kenaikan. Dengan adanya penambahan pada serutan karet ban tentu saja berpengaruh terhadap nilai VMA. Agregat bergradasi baik atau bergradasi rapat memberikan rongga antar butiran agregat (VMA) yang kecil. Sehingga campuran aspal tambah serutan karet ban menyelimuti agregat dan menutup sebagian rongga antara butiran, sehingga lapisan kedap air tidak mudah mengalami kerusakan pada lapisan aspal. Diperoleh nilai VMA maksimum pada campuran dengan serutan karet ban 8% yaitu sebesar 18,18% sedangkan nilai VMA minimum terdapat pada campuran aspal murni (penambahan 0% serutan karet ban) yaitu 16,24%. Sedangkan untuk VMA dengan aspal standar didapat hasil 16,24 %. Hasil dari nilai VMA yang didapat untuk semua sampel memenuhi syarat yang ditentukan yaitu minimum 15%.

4.3.3 Void In The Mix (VIM)

Void In The Mix (VIM) menyatakan banyaknya persentase rongga dalam campuran total. Nilai rongga dalam campuran dipengaruhi oleh kadar aspal pada campuran beraspal panas dengan bertambahnya kadar aspal maka jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butiran agregat semakin bertambah, sehingga volume rongga dalam campuran semakin berkurang. Nilai VIM terlalu tinggi mengakibatkan berkurangnya keawetan dari lapis keras karena rongga yang terlalu besar akan memudahkan masuknya air dan udara kedalam lapisan perkerasan. Nilai VIM yang terlalu rendah mengakibatkan mudah mengalami retak (cracking).

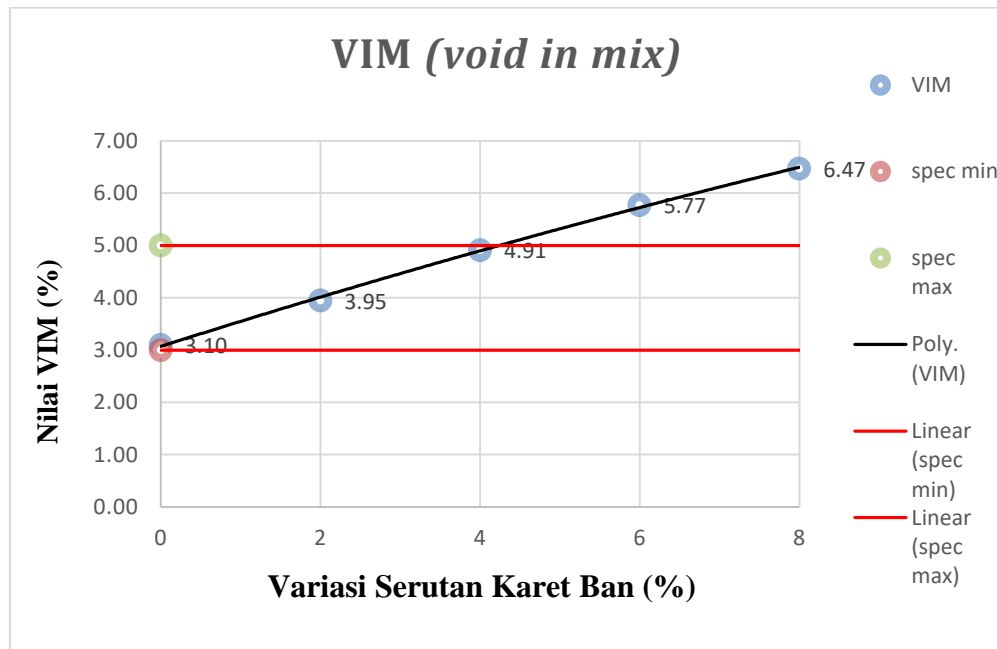
Dibawah ini merupakan hasil pengujian *void in mix* (VIM) pada campuran aspal panas untuk lapisan AC-WC dengan penggunaan variasi serutan karet ban pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Pengaruh Variasi Serutan Karet Ban Terhadap VIM (*Void In the Mix*)
Campuran AC-WC

No	Variasi Serutan Karet Ban (%)	Spesifikasi (Bina Marga 2018 Revisi 2)	VIM (%)
1	Serutan Karet Ban 0%	3-5	3,10
2	Serutan Karet Ban 2%	3-5	3,95
3	Serutan Karet Ban 4%	3-5	4,91
4	Serutan Karet Ban 6%	3-5	5,77
5	Serutan Karet Ban 8%	3-5	6,47

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2021

Berdasarkan tabel 4.7 tentang pengaruh penggunaan variasi serutan karet ban terhadap VIM (*void in the mix*) campuran AC-WC dapat diperoleh grafik hubungan antara variasi penggantian serutan karet ban dengan nilai *void in the mix* (VIM) seperti pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik VIM (*void in the mix*) dengan variasi serutan karet ban

Berdasarkan gambar 4.5 nilai VIM berpengaruh terhadap campuran aspal (AC-WC). Nilai VIM cenderung mengalami kenaikan setiap penambahan kadar serutan karet ban dari 0%, 2%, 4%, 6%, 8%. Nilai VIM terendah dapat dilihat pada kadar campuran aspal murni (0% campuran serutan karet ban) yaitu 3,10% dan nilai VIM tertinggi terdapat pada penambahan kadar serutan karet ban 8% yaitu 6,47%. Pada penambahan serutan karet ban dari 0%, 2% dan 4% nilai VIM memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan yaitu 3-5% sedangkan pada penambahan serutan karet ban 6% dan 8% dengan nilai VIM 5,77% dan 6,47%, sehingga melewati batas maksimum VIM yaitu 5%. Apabila nilai VIM terlalu tinggi maka campuran akan cenderung rapuh, mempunyai kecenderungan retak terlalu dini dan kemungkinan akan terjadi pengelupasan partikel. Hal ini karena terlalu banyaknya rongga-rongga yang terdapat pada sampel uji yang disebabkan oleh penambahan persentase jumlah serutan karet ban yang banyak sedangkan jumlah aspal semakin berkurang dengan besarnya persentase penggantian kadar aspal dengan serutan karet ban sehingga menutup jalannya agregat dan filler untuk menyatu.

4.3.4 Void Filled With Asphalt (VFA)

Void Filled With Asphalt (VFA) menunjukkan persentase besarnya rongga yang dapat terisi oleh aspal. Besarnya nilai VFA menentukan keawetan suatu campuran beraspal panas, semakin besar nilai VFA akan menunjukkan semakin kecil nilai VIM yang berarti rongga yang terisi aspal semakin banyak. Begitu sebaliknya apabila VFA terlalu kecil maka rongga yang terisi aspal akan semakin sedikit sehingga agregat yang terselimuti aspal dan akan semakin tipis yang menyebabkan campuran beraspal panas tidak awet.

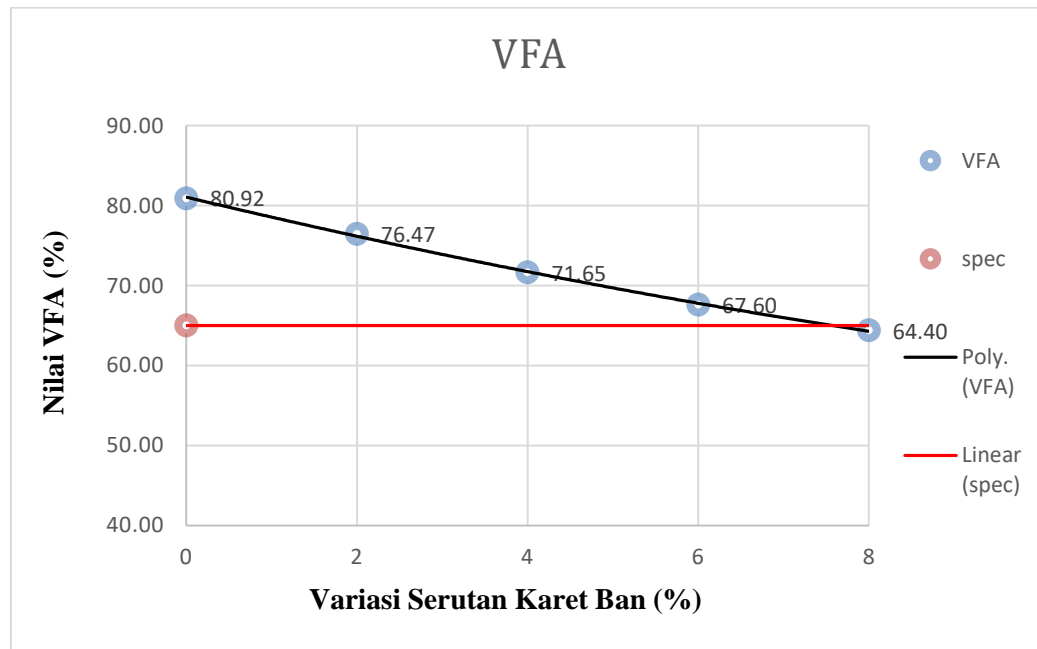
Berikut merupakan hasil pengujian *void filled with asphalt* (VFA) pada campuran aspal panas untuk lapisan AC-WC dengan penggunaan variasi variasi serutan karet ban pada tabel 4.8

Tabel 4.8 Pengaruh Penggunaan Variasi Serutan Karet Ban Terhadap VFA (*Void Filled with Asphalt*) Campuran AC-WC

No	Variasi Serutan Karet Ban (%)	Spesifikasi (Bina Marga 2018 Revisi 2)	VFA (%)
1	Serutan Karet Ban 0%	Min 65	80,92
2	Serutan Karet Ban 2%	Min 65	76,47
3	Serutan Karet Ban 4%	Min 65	71,65
4	Serutan Karet Ban 6%	Min 65	67,60
5	Serutan Karet Ban 8%	Min 65	64,40

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2021

Berdasarkan Tabel 4.8 tentang pengaruh penggunaan variasi serutan karet ban terhadap VFA campuran AC-WC dapat diperoleh grafik hubungan antara variasi penggantian serutan karet ban dengan nilai VFA seperti pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik *Void Filled With Asphald (VFA)*
 Dengan Variasi Serutan Karet Ban

Berdasarkan gambar 4.6 nilai VFA dapat dikatakan dengan penambahan jumlah variasi kadar serutan karet ban, nilai VFA cenderung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh penambahan jumlah kadar serutan karet ban yang secara langsung juga mengurangi jumlah kadar aspal yang digunakan sehingga menyebabkan rongga dalam campuran yang dapat diisi aspal juga semakin menurun. Pada saat pengujian diperoleh nilai VFA maksimum pada variasi penggantian aspal dengan serutan karet ban dengan campuran aspal murni (penambahan 0% serutan karet ban) yaitu sebesar 80,92% sedangkan nilai VFA minimum terdapat pada variasi serutan karet ban 8% yaitu 64.40%. Dari semua sampel yang diuji hanya aspal dengan variasi serutan karet ban 8% saja yang tidak memenuhi persyaratan untuk nilai VFA dimana nilai VFA yang diizinkan adalah minimal 65%. Sehingga dapat dikatakan pada penelitian ini, dengan penambahan serutan karet ban berpengaruh terhadap nilai VFA pada campuran aspal (AC-WC). Ini disebabkan karena penambahan persentase kadar serutan karet ban pada aspal mengakibatkan rongga yang berada dalam campuran (VIM) yang terisi akan semakin

berkurang dan tentu mengakibatkan rongga yang terisi aspal campuran serutan karet ban berkurang juga sehingga menyebabkan campuran beraspal panas tidak awet.

4.3.5 Stabilitas

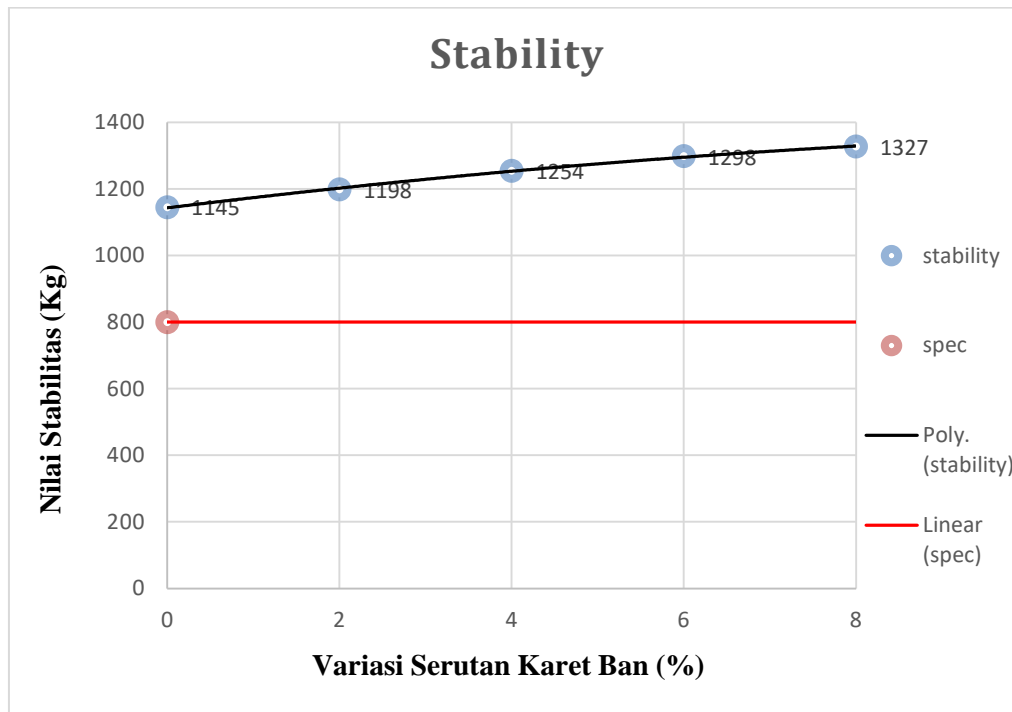
Stabilitas adalah besarnya beban maksimum yang dapat dicapai oleh bahan penyusun campuran beraspal panas yang dinyatakan dalam satuan beban. Stabilitas merupakan indikator kekuatan lapis perkerasan dalam memikul beban lalu lintas. Campuran yang memiliki nilai kepadatan yang tinggi akan mampu meningkatkan nilai stabilitas dan kekuatan campuran serta mengurangi tendensi terjadinya bekas roda kendaraan pada lalu lintas. Berikut merupakan hasil pengujian stabilitas pada campuran aspal panas untuk lapisan AC-WC dengan penambahan serutan karet ban.

Tabel 4.9 Pengaruh Penggunaan Variasi Serutan Karet Ban Terhadap Stabilitas Campuran AC-WC

No	Variasi Serutan Karet Ban (%)	Spesifikasi (Bina Marga 2018 Revisi 2)	Stabilitas (Kg)
1	Serutan Karet Ban 0%	Min 800	1145
2	Serutan Karet Ban 2%	Min 800	1198
3	Serutan Karet Ban 4%	Min 800	1254
4	Serutan Karet Ban 6%	Min 800	1298
5	Serutan Karet Ban 8%	Min 800	1327

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2021

Berdasarkan Tabel 4.9 tentang pengaruh penggunaan variasi serutan karet ban terhadap stabilitas Campuran AC-WC dapat diperoleh grafik hubungan antara variasi penambahan serutan karet ban dengan nilai stabilitas terlihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik Stabilitas Dengan Variasi Kadar Limbah Ban Bekas

Pada pengujian ini nilai stabilitas maksimum yang didapat untuk penggantian persentase aspal dengan serutan karet ban dengan kadar aspal 8% yaitu 1327, kadar 6% adalah 1298, kadar 4% adalah 1254, kadar 2% adalah 1198 dan campuran aspal murni (penambahan 0% serutan karet ban) adalah 1145. Pada penelitian ini nilai stabilitas yang paling rendah ada pada campuran aspal murni (penambahan 0% serutan karet ban) yaitu dengan nilai 1145 kg, sehingga dapat disimpulkan nilai stabilitas mengalami kenaikan karena pengaruh dari serutan karet ban. Nilai yang didapat masih diatas nilai minimum yang diperbolehkan untuk nilai stabilitas yang diizinkan yaitu 800 kg. Apabila nilai stabilitas terlalu tinggi maka lapisan akan menjadi kaku dan cepat untuk mengalami retak (cracking) sedangkan apabila nilai stabilitas terlalu rendah maka lapisan akan lunak dan mudah berdeformasi. Pada Gambar 4.7 menjelaskan bahwa terjadi kenaikan terhadap nilai stabilitas campuran seiring dengan penambahan serutan karet ban, maka aspal dengan bahan tambah serutan karet ban lebih kuat menahan beban yang diberikan.

4.3.6 Flow

Kelelehan (Flow) menunjukkan deformasi benda uji akibat pembebanan atau kelelehan merupakan keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh, yang dinyatakan dalam mm atau inch. Nilai *flow* menyatakan besarnya deformasi bahan susun benda uji, campuran yang mempunyai angka *flow* rendah dengan stabilitas tinggi akan cenderung menghasilkan campuran beraspal panas yang kaku dan getas sehingga akan mudah retak apabila terkena beban lalu lintas yang tinggi dan berat. Sebaliknya apabila campuran beraspal panas mempunyai *flow* terlalu tinggi maka akan bersifat plastis sehingga mudah berubah bentuk (deformasi plastis) akibat beban lalu lintas yang tinggi dan berat.

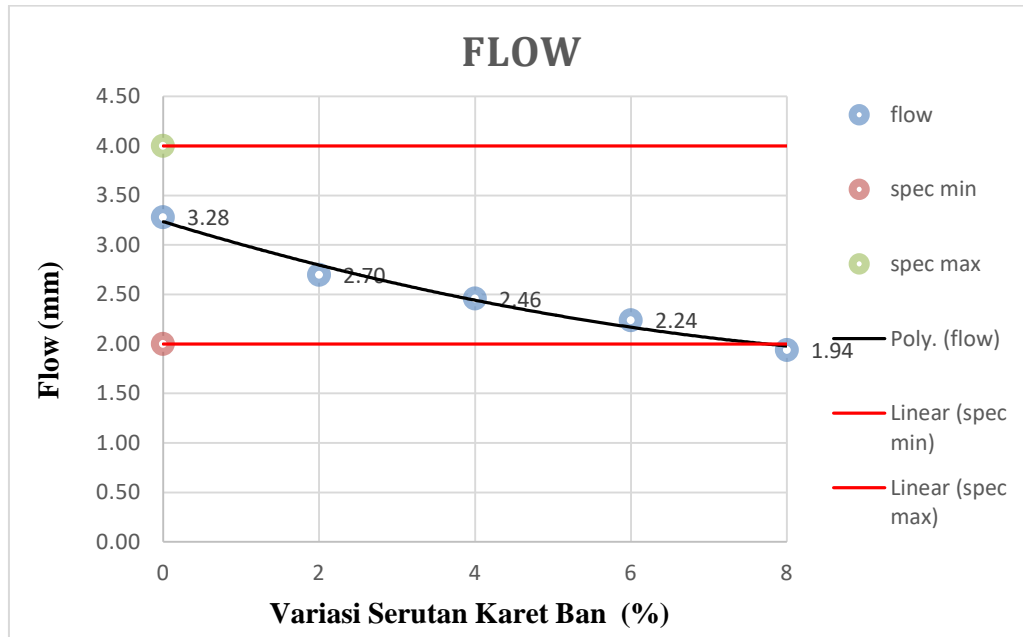
Berikut ini merupakan hasil pengujian *flow* pada campuran aspal panas untuk lapisan AC-WC dengan penggunaan variasi serutan karet ban pada tabel 4.10 tentang pengaruh dengan penggunaan variasi serutan karet ban terhadap *flow* campuran AC-WC.

Tabel 4.10 Pengaruh Penggunaan Variasi Serutan Karet Ban Terhadap Flow Campuran AC-WC

No	Variasi Serutan Karet Ban (%)	Spesifikasi (Bina Marga 2018 Revisi 2)	Flow (mm)
1	Serutan Karet Ban 0%	2-4	3,28
2	Serutan Karet Ban 2%	2-4	2,70
3	Serutan Karet Ban 4%	2-4	2,46
4	Serutan Karet Ban 6%	2-4	2,24
5	Serutan Karet Ban 8%	2-4	1,94

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2021

Berdasarkan tabel 4.10 tentang pengaruh penggunaan variasi serutan karet ban terhadap flow campuran AC-WC dapat diperoleh grafik hubungan antara variasi penambahan serutan karet ban dengan nilai flow seperti pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik *Flow* Dengan Penambahan Variasi Serutan Karet Ban

Berdasarkan gambar 4.8 grafik *flow* dengan penambahan variasi kadar serutan karet ban berpengaruh terhadap nilai *flow* karena dengan penambahan serutan karet ban nilai *flow* mengalami penurunan. Pada variasi campuran aspal murni (penambahan 0% serutan karet ban) adalah 3,28 mm, untuk variasi 2% adalah 2,70 mm, untuk variasi 4% adalah 2,46 mm dan untuk variasi 8% adalah 1,94 mm. Maka dapat dilihat untuk nilai *flow* maksimum yang didapat adalah pada variasi campuran aspal murni (penambahan 0% serutan karet ban) yaitu 3,28 mm. Dari hal tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan penambahan serutan karet ban dapat membuat campuran aspal beton (AC-WC) tidak mudah untuk mengalami perubahan bentuk (deformasi) akibat beban lalu lintas yang tinggi dan berat. Apabila nilai *flow* terlalu tinggi maka campuran akan menjadi plastis sehingga mudah untuk berubah bentuk (deformasi) sedangkan apabila nilai *flow* terlalu rendah maka campuran akan terlalu kaku dan rentan untuk mengalami retak (cracking). Nilai *flow* yang diizinkan dan memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan dengan batas maksimum 4 (empat) mm dan batas minimum 2 (dua) mm sedangkan untuk variasi 8% tidak memenuhi spesifikasi yang diizinkan.

4.3.7 Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient (MQ) adalah hasil bagi antara stabilitas dengan flow yang dinyatakan dalam Kg/mm. Campuran dengan stabilitas yang tinggi dan kelelahan plastis yang rendah menghasilkan nilai MQ yang tinggi dan menunjukkan campuran tersebut kaku, sehingga perkerasan mudah mengalami perubahan bentuk jika mengalami beban lalu lintas, seperti potensial terhadap retak. Sebaliknya campuran dengan stabilitas yang rendah dengan kelelahan plastis yang tinggi menghasilkan MQ rendah, sehingga cenderung plastis dan tidak stabil. Besarnya nilai *Marshall Quotient* juga tergantung dari besarnya nilai stabilitas yang dipengaruhi oleh gesekan antar butiran (*fictional resistance*) dan saling mengunci antar butiran (*interlocking*) yang terjadi antara partikel agregat dan kohesi campuran bahan susun serta nilai flow yang dipengaruhi oleh viskositas, kadar aspal, gradasi bahan susun, dan jumlah tumbukan.

Dibawah ini adalah hasil pengujian *marshall quotient* (MQ) pada campuran aspal panas untuk lapisan AC-WC dengan penggunaan variasi kadar serutan karet ban pada tabel 4.10 tentang pengaruh dengan penggunaan variasi serutan karet ban terhadap *marshall quotient* (MQ) campuran AC-WC.

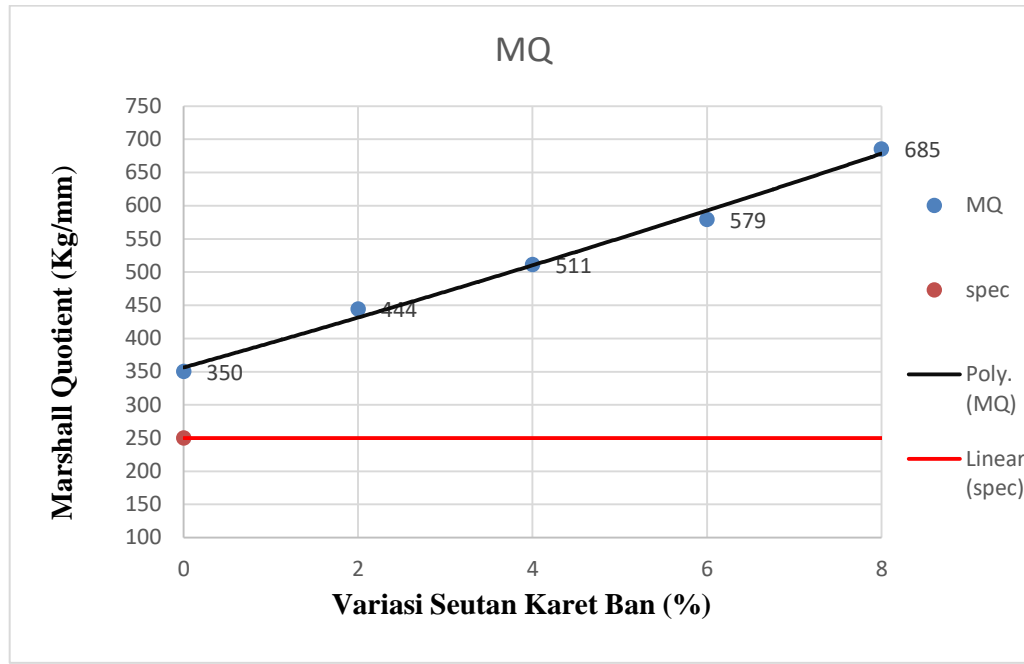
Tabel 4.11 Pengaruh Penggunaan Variasi Serutan Karet Ban Terhadap MQ (*Marshall Quotient*) Campuran AC-WC

No	Variasi Serutan Karet Ban (%)	Spesifikasi (Bina Marga 2018 Revisi 2)	MQ (Kg/mm)
1	Serutan Karet Ban 0%	250	350
2	Serutan Karet Ban 2%	250	444
3	Serutan Karet Ban 4%	250	511
4	Serutan Karet Ban 6%	250	579
5	Serutan Karet Ban 8%	250	685

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2021

Dari tabel 4.11 tentang pengaruh dengan penggunaan variasi serutan karet ban terhadap *marshall quotient* (MQ) campuran AC-WC dapat diperoleh grafik hubungan antara

variasi penambahan kadar serutan karet ban dengan nilai *marshall quotient* (MQ) seperti pada Gambar 4.9 tentang grafik *flow* dengan variasi serutan karet ban.



Gambar 4.9 Grafik *Marshall Quotient* (MQ) dengan variasi serutan karet ban

Berdasarkan gambar 4.9 grafik *marshall Quotient* dengan variasi kadar serutan karet ban menunjukkan nilai MQ menggunakan variasi kadar serutan karet ban pada campuran (AC-WC) mengalami kenaikan pada pengujian yang dilakukan seiring dengan penambahan kadar serutan karet ban dari 0%, 2%, 4%, 6% dan 8%. Penambahan dengan variasi kadar serutan karet ban pada campuran aspal (AC-WC) berpengaruh terhadap nilai MQ. Hal ini dapat dilihat pada kadar campuran serutan karet ban 0% (aspal murni) dengan nilai MQ 350 kg/mm, kemudian ditambah dengan campuran kadar serutan karet ban 2% dengan nilai MQ 444 kg/mm tentu ini mengalami kenaikan nilai MQ hingga dengan dengan penambahan kadar serutan karet ban 4%, 6% dan 8%. Nilai *Marshall Quotient* aspal dengan campuran kadar serutan karet ban dapat disimpulkan bahwa aspal campuran memiliki daya tahan terhadap deformasi, bersifat fleksibel dan tidak mudah retak. Kenaikan ataupun penurunan nilai MQ dipengaruhi

oleh stabilitas dan flow pada campuran. Nilai MQ memenuhi persyaratan minimum yaitu 250kg/mm.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penelitian ini mencoba menggunakan serutan karet ban dalam sebagai pengganti persentase aspal untuk campuran AC-WC dalam kadar 0%, 2%, 4%, 6, dan 8%, memberikan pengaruh pada campuran AC-WC terhadap berbagai karakteristik marshall yakni untuk nilai *density*, VFA dan *flow* yang cenderung mengalami penurunan sementara VIM, VMA, stabilitas, dan MQ yang cenderung mengalami peningkatan. Namun pada nilai VIM pada campuran kadar serutan karet ban dalam 6% dengan nilai VIM 5,77% dan 8% dengan nilai 6,47 % tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yang telah ditentukan dengan batas minimum 3% dan batas maksimum 5%. Sementara untuk nilai *flow* pada campuran kadar serutan karet ban dalam 8% dengan nilai 1,94 mm tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yang telah ditentukan dengan nilai minimum 2 mm dan maksimum 4 mm. Penggantian persentase aspal dengan menggunakan serutan karet ban dengan kadar tertentu dianggap dapat memenuhi syarat, contohnya pada penelitian ini kadar serutan karet ban 4% dianggap layak untuk digunakan karena memiliki nilai hasil dari pengujian Marshall yang paling baik. Nilai-nilai yang didapat yaitu nilai *Density* sebesar 2,313 gr/cc, VMA 17,31 %, VIM 4,91 %, VFA 71,65 %, Stabilitas 1254 kg, *Flow* 2,46 mm, dan *Marshall Quotient* 250 Kg/mm memenuhi syarat dari nilai spesifikasi Bina Marga 2018. Berdasarkan serutan karet ban 4% ini didapat kebutuhan limbah ban yang diperlukan per meter jalan adalah 319,03 ton/m.
2. Sebagai alternatif untuk yang dapat dilakukan dalam menangani dan mengolah limbah ban bekas agar tidak menimbulkan masalah terhadap lingkungan, proses daur ulang pada limbah karet ban khususnya serutan karet ban dianggap memenuhi syarat. Hal ini dikarenakan dari beberapa penelitian yang dilakukan nilai pengujian

untuk uji aspal dengan alat tes Marshall yang didapat tidak terlalu jauh berbeda dan masih dalam batas nilai yangizinkan.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang “Pengaruh Penggunaan Limbah Karet Ban pada campuran aspal beton AC-WC terhadap Karakteristik Marshall”
2. Pada penelitian selanjutnya diharapkan untuk dapat menguji limbah ban.
3. Agar dilakukan penelitian selanjutnya tentang variasi kadar dari penambahan karet ban.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisasmita. 2012. Studi Karakteristik Perkerasan HRS-WC Menggunakan Aspal Minyak dan Penambahan Aditif Lateks. Laporan hasil akhir penelitian Program Studi/Jurusan Teknik Sipil/Fakultas Teknik. Makassar: Universitas Hasanuddin
- Badan Standardisasi Nasional (BNS). (2008). SNI 1969: Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BNS).
- Badan Standardisasi Nasional (BNS). (2008). SNI 1970: Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BNS).
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2008). SNI 2417: Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Los Angeles. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2011). SNI 2432: Cara Uji Daktilitas Aspal. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2011). SNI 2433: Cara Uji Titik Nyala Dan Titik Bakar Aspal Dengan Alat *Cleveland Open Cup*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2011). SNI 2434: Cara Uji Titik Lembek Dengan Alat Cincin Dan Bola (*Ring And Ball*) Aspal. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2011). SNI 2439: Cara Uji Penyelimutan Dan Pengelupasan Pada Campuran Agregat-Aspal. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2011). SNI 2456: Cara uji Penetrasi Aspal. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2012). SNI ASTM C136: Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus Dan Agregat Kasar. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Bina Marga, 1987, *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) Untuk Jalan Raya*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Bina Marga. 1999. Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak. Jakarta Selatan: PT. Mediatama Saptakarya.
- Bina Marga. 2018. Spesifikasi Umum Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Revisi 2. *Kementerian Pekerjaan Umum, Indonesia*.

- Darunifah, Nurkhayati. 2007. Pengaruh Bahan Tambah Karet Padat terhadap Karakteristik Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC), Skripsi Sarjana Jurusan Teknik. Program Studi Teknik Sipil. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 2017. Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017. Jakarta.
- Edwar-Ngii. 2015. Rancangan Laboratorium Beton Karet (Rubcret) Sebagai Bahan Interlayer. Program Studi Teknik Sipil. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Hardiyatmo, H. C. (2015). *Pemeliharaan Jalan Raya* (2nd ed.). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Kiswara, Candra Putra. 2014. Studi Perilaku Campuran Lataston (HRS-WC) dengan “Limbah karet Ban Luar” Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Aspal. Malang : Universitas Muhammadiyah Malang.
- Prabudi, Darma. 2015. Pengaruh Kinerja Penambahan Karet Ban Bekas Sebagai Substitusi Pengganti Campuran Beraspal Daur Ulang Pada Lapis Permukaan Atas. Palembang : Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Putri, E.E., Dwinanda, A., 2018. The Effect of Styrofoam Addition into HRS-Base on Marshall Characteristics. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology* 8(5).
- Sukirman, Silvia. 1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung : Nova.
- Sukirman, Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Bandung: Grafika Yuana Marga.
- Sulaksono W, Sony. 2001. *Rekayasa Jalan*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Ziantono, Dio Hananda. 2016. Analisis Penentuan Prioritas Penanganan Kerusakan Jalan Di Kecamatan Krian. Undergraduate thesis. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Zuhra, Cut Fatimah, SSi. MSi. 2006. Karya Ilmiah: KARET. Medan: Universitas Sumatera Utara.

Lampiran 1



LABORATORIUM PERKERASAN JALAN
UNIVERSITAS BUNG HATTA

Kampus I : Jln. Sumatera Ulak Karang Padang, 25133 Telp. (0751) 7051578-7052096

Pekerjaan/Kegiatan	Penelitian Tugas Akhir
Peminta Jasa	Nur Fitri Istiqlal
Contoh	Material Batu Pecah
Tanggal	11 Januari 2021

PENGUJIAN ABRASI DENGAN ALAT LOS ANGELES

SNI 2417:2008

Gradasi Pemeriksaan		Jumlah putaran = 500 putaran	
Ukuran Saringan		I	II
Lolos	Tertahan	Berat	Berat
76,2 (3")	63,5 (2 1/2")		
63,5 (2 1/2")	50,8 (2")		
50,8 (2")	36,1 (1 1/2")		
36,1 (1 1/2")	25,4 (1")		
25,4 (1")	19,1 (3/4")		
19,1 (3/4")	12,7 (1/2")	2500,0	2500,0
12,7 (1/2")	9,52 (3/8")	2500,0	2500,0
9,52 (3/8")	6,35 (1/4")		
6,35 (1/4")	4,75 (No. 4)		
4,75 (No. 4)	2,36 (No. 8)		
Jumlah Berat (a)		5000,0	5000,0
Berat tertahan saringan No. 12 sesudah percobaan (b)		4038,0	4050,0

I. a = 5000,0 gram
b = 4038,0 gram
a - b = 962,0 gram

II. a = 5000,0 gram
b = 4050,0 gram
a - b = 950,0 gram

$$\text{Keausan-I} = \frac{a - b}{a} \times 100\% = 19,24\%$$

$$\text{Keausan-II} = \frac{a - b}{a} \times 100\% = 19,00\%$$

Keausan rata-rata : **19,12%**

Asisten Labor

Muhammad Afif



ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

SNI ASTM C136-2012

KEGIATAN : Penelitian Tugas Akhir Mahasiswa
 PEMINTA JASA : Nur Fitri Istiqlal
 MACAM CONTOH : Agregat 1 - 2
 SUMBER CONTOH : Kalawi

UKURAN SARINGAN		Berat Masing - Masing Tertinggal	Berat Jumlah Tertinggal	% Jumlah Tertinggal	% Jumlah Melalui	KET
Inch	Mm	Gram	Gram	Tertinggal	Melalui	
3	76,2					
2,5	63,5					
2	50,8					
1,5	38,10	0,00	0,00	0,00	100,00	
1	25,4	0,00	0,00	0,00	100,00	
3/4	19,1	210,00	210,00	3,87	96,13	
1/2	12,7	3600,00	3810,00	70,24	29,76	
3/8	9,52	1310,00	5120,00	94,40	5,60	
1/4	6,2					
No. 4	4,75	174,00	5294,00	97,60	2,40	
No. 8	2,38	20,00	5314,00	97,97	2,03	
No. 10	2,00					
No. 12	1,60					
No. 16	1,19	10,00	5324,00	98,16	1,84	
No. 20	0,84					
No. 30	0,59	10,00	5334,00	98,34	1,66	
No. 40	0,42					
No. 50	0,279	8,00	5342,00	98,49	1,51	
No. 80	0,177					
No. 100	0,149	14,00	5356,00	98,75	1,25	
No. 200	0,074	14,00	5370,00	99,00	1,00	

BERAT TOTAL CONTOH 5424,00 Gram
 BERAT CONTOH MELALUI / / NO> 4.75 Mm Gram = %

PARTIAL SAMPLE

UKURAN SARINGAN		Berat Masing - Masing Tertinggal	Berat Jumlah Tertinggal	% Jumlah Tertinggal	% Jumlah Melalui	KET
Inch	Mm	Gram	Gram	Tertinggal	Melalui	
No. 4	4,75					
No. 8	2,38					
No. 10	2,00					
No. 12	1,60					
No. 16	1,19					
No. 20	0,84					
No. 30	0,59					
No. 40	0,42					
No. 80	0,177					
No. 100	0,149					
No. 200	0,074					

BERAT TOTAL CONTOH = Gram
 Januari 2021
 Teknisi Penguji :

Fuad Mahmudi, ST

NIP. 19770207 200604 1 005



ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

SNI ASTM C136-2012

KEGIATAN : Penelitian Tugas Akhir Mahasiswa
 PEMINTA JASA : Nur Fitri Istiqlal
 MACAM CONTOH : Agregat 0,5 - 1
 SUMBER CONTOH : Kalawi

UKURAN SARINGAN		Berat Masing - Masing Tertinggal	Berat Jumlah Tertinggal	% Jumlah Tertinggal	% Jumlah Melalui	KET
Inch	Mm	Gram	Gram	Tertinggal	Melalui	
3	76,2					
2,5	63,5					
2	50,8					
1,5	38,10					
1	25,4	0,00	0,00	0,00	100,00	
3/4	19,1	0,00	0,00	0,00	100,00	
1/2	12,7	0,00	0,00	0,00	100,00	
3/8	9,52	638,00	638,00	13,05	86,95	
1/4	6,2					
No. 4	4,75	3090,00	3728,00	76,27	23,73	
No. 8	2,38	822,00	4550,00	93,09	6,91	
No. 10	2,00					
No. 12	1,60					
No. 16	1,19	150,00	4700,00	96,15	3,85	
No. 20	0,84					
No. 30	0,59	34,00	4734,00	96,85	3,15	
No. 40	0,42					
No. 50	0,279	26,00	4760,00	97,38	2,62	
No. 80	0,177					
No. 100	0,149	30,00	4790,00	98,00	2,00	
No. 200	0,074	24,00	4814,00	98,49	1,51	

BERAT TOTAL CONTOH 4888,00 Gram
 BERAT CONTOH MELALUI / / NO> 4.75 Mm Gram = %

PARTIAL SAMPLE

UKURAN SARINGAN		Berat Masing - Masing Tertinggal	Berat Jumlah Tertinggal	% Jumlah Tertinggal	% Jumlah Melalui	KET
Inch	Mm	Gram	Gram	Tertinggal	Melalui	
No. 4	4,75					
No. 8	2,38					
No. 10	2,00					
No. 12	1,60					
No. 16	1,19					
No. 20	0,84					
No. 30	0,59					
No. 50	0,279					
No. 80	0,177					
No. 100	0,149					
No. 200	0,074					

BERAT TOTAL CONTOH = Gram
 Januari 2021
 Teknisi Penguji :

Fuad Mahmudi, ST
 NIP. 19770207 200604 1 005



DINAS PEKERJAAN UMUM DAN PENATAAN RUANG PROVINSI SUMATERA BARAT
UPTD LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
Jl. Taman Siswa No. 1 Telp. /Fax. (0751) 7053813, Padang

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

SNI ASTM C136-2012

KEGIATAN : Penelitian Tugas Akhir Mahasiswa
PEMINTA JASA : Nur Fitri Istiqlal
MACAM CONTOH : Abu Batu
SUMBER CONTOH : Kalawi

UKURAN SARINGAN		Berat Masing - Masing Tertinggal	Berat Jumlah Tertinggal	% Jumlah Tertinggal	% Jumlah Melalui	KET
Inch	Mm	Gram	Gram	Tertinggal	Melalui	
3	76,2					
2,5	63,5					
2	50,8					
1,5	38,10					
1	25,4	0,00	0,00	0,00	100,00	
3/4	19,1	0,00	0,00	0,00	100,00	
1/2	12,7	0,00	0,00	0,00	100,00	
3/8	9,52	0,00	0,00	0,00	100,00	
1/4	6,2					
No. 4	4,75	0,30	0,30	0,06	99,94	
No. 8	2,38	64,80	65,10	12,14	87,56	
No. 10	2,00					
No. 12	1,60					
No. 16	1,19	151,40	216,50	41,37	58,63	
No. 20	0,84					
No. 30	0,59	75,90	292,40	55,88	44,12	
No. 40	0,42					
No. 50	0,279	60,30	352,70	67,40	32,60	
No. 80	0,177					
No. 100	0,149	48,90	401,60	76,74	23,26	
No. 200	0,074	49,50	451,10	86,20	13,80	

BERAT TOTAL CONTOH 523,30 Gram
BERAT CONTOH MELALUI / / NO> 4.75 Mm Gram = %

PARTIAL SAMPLE

UKURAN SARINGAN		Berat Masing - Masing Tertinggal	Berat Jumlah Tertinggal	% Jumlah Tertinggal	% Jumlah Melalui	KET
Inch	Mm	Gram	Gram	Tertinggal	Melalui	
No. 4	4,75					
No. 8	2,38					
No. 10	2,00					
No. 12	1,60					
No. 16	1,19					
No. 20	0,84					
No. 30	0,59					
No. 40	0,42					
No. 80	0,177					
No. 100	0,149					
No. 200	0,074					

BERAT TOTAL CONTOH = Gram Januari 2021

Teknisi Penguji :

Fuad Mahmudi, ST

NIP. 19770207 200604 1 005

UNIVERSITAS BUNG HATTA



DINAS PEKERJAAN UMUM DAN PENATAAN RUANG PROVINSI SUMATERA BARAT
UPTD LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
Jl. Taman Siswa No. 1 Telp. /Fax. (0751) 7053813 , Padang

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

SNI ASTM C136-2012

KEGIATAN : Penelitian Tugas Akhir
 PEMINTA JASA : Nur Fitri Istiqlal
 MACAM CONTOH : Filler (Semen)
 SUMBER CONTOH : Cement Portland

UKURAN SARINGAN		Berat Masing - Masing Tertinggal	Berat Jumlah Tertinggal	% Jumlah Tertinggal	% Jumlah Melalui	KET
Inch	Mm	Gram	Gram	Tertinggal	Melalui	
3	76,2					
2,5	63,5					
2	50,8					
1,5	38,10					
1	25,4					
3/4	19,1	0,00	0,00	0,00	100,00	
1/2	12,7	0,00	0,00	0,00	100,00	
3/8	9,52	0,00	0,00	0,00	100,00	
1/4	6,2					
No. 4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00	
No. 8	2,38	0,00	0,00	0,00	100,00	
No. 10	2,00					
No. 12	1,60					
No. 16	1,19	0,00	0,00	0,00	100,00	
No. 20	0,84					
No. 30	0,59	0,00	0,00	0,00	100,00	
No. 40	0,42					
No. 50	0,279	0,00	0,00	0,00	100,00	
No. 80	0,177					
No. 100	0,149	0,14	0,14	0,03	99,97	
No. 200	0,074	8,36	8,50	1,70	98,30	

BERAT TOTAL CONTOH 500,00 Gram
 BERAT CONTOH MELALUI / / NO> 4.75 Mm Gram = %

PARTIAL SAMPLE

UKURAN SARINGAN		Berat Masing - Masing Tertinggal	Berat Jumlah Tertinggal	% Jumlah Tertinggal	% Jumlah Melalui	KET
Inch	Mm	Gram	Gram	Tertinggal	Melalui	
No. 4	4,75					
No. 8	2,38					
No. 10	2,00					
No. 12	1,60					
No. 16	1,19					
No. 20	0,84					
No. 30	0,59					
No. 40	0,42					
No. 80	0,177					
No. 100	0,149					
No. 200	0,074					

BERAT TOTAL CONTOH = Gram Januari 2021

Teknisi Penguji :

Fuad Mahmudi, ST
 NIP. 19770207 200604 1 005



**LABORATORIUM PERKERASAN JALAN
UNIVERSITAS BUNG HATTA**

Kampus I : Jln. Sumatera Ulak Karang Padang, 25133 Telp. (0751) 7051578-7052096

Pekerjaan/Kegiatan	Penelitian Tugas Akhir Mahasiswa
Peminta Jasa	Nur Fitri Istiqlal
Contoh	Aspal pen 60/70
Tanggal	11 Januari 2021

PENGUJIAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL

SNI 2439-2011

No	Benda Uji	Hasil Pengamatan (%)
1	A	≥ 95
2	B	≥ 95
Rata-rata		≥ 95

Muhammad Afif



DINAS PEKERJAAN UMUM DAN PENATAAN RUANG PROVINSI SUMATERA BARAT
UPTD LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
Jl. Taman Siswa No. 1 Telp. /Fax. (0751) 7053813 , Padang

Kegiatan	: Penelitian Tugas Akhir Mahasiswa	
Peminta Jasa	: Nur Fitri Istiqlal	
Sumber Contoh	: Kalawi	Tanggal : 28 Desember 2020

S.P. Gravity Batuan SNI 1969-2016			
JENIS MATERIAL		Agregat 1 - 2	Agregat 0,5 - 1
A. Berat contoh ssd diudara	(gram)	3746,50	3400,50
B. Berat contoh ssd dalam air	(gram)	2353,60	2132,90
C. Berat contoh kering	(gram)	3724,00	3374,00
Apparentsp. Gravity	$\frac{C}{C-B}$	2,72	2,72
S.p Gravity on dry basis	$\frac{C}{A-B}$	2,67	2,66
S.P Gravity ssd basis	$\frac{A}{A-B}$	2,69	2,68
% Water Absorbtion	$\frac{A-C}{C} 100$	0,60	0,79

Berat jenis Agregat Halus SNI 1970-2016		
JENIS MATERIAL	Abu batu	
A. labu takar no.		
B. Berat labu takar + benda uji ssd	(gram)	661,50
C. Berat labu takar	(gram)	159,45
D. Berat benda uji ssd (B - C)	(gram)	569,60
E. Berat labu takar + air + benda uji	(gram)	1023,90
F. Berat labu + air	(gram)	673,60
G. Berat benda uji	(gram)	568,20
Berat jenis semu	$\frac{G}{G-(E-F)}$	2,61
Berat jenis masa dasar kering	$\frac{G}{D-(E-F)}$	2,59
Berat jenis masa dasar jenuh	$\frac{D}{D-(E-F)}$	2,60
Penyerapan	$\frac{D-G}{G} 100$	0,25

Teknisi Penguji :

Fuad Mahmudi, ST

NIP. 19770207 200604 1 005



Pekerjaan/Kegiatan	Penelitian Tugas Akhir Mahasiswa
Peminta Jasa	Nur Fitri Istiqlal
Contoh	Aspal pen 60/70
Tanggal	Januari 2021

PENGUJIAN PENETRASI ASPAL

SNI 2456:2011

Kegiatan	Uraian	
Pembukaan contoh	Contoh dipanaskan Mulai jam : 08.00 Selesai jam : 09.00	Pembacaan suhu pemanasan : 110 ⁰ C
Mendinginkan Contoh	Didiamkan di suhu ruangan Mulai jam : 09.00 Selesai jam : 10.30	Pembacaan suhu ruang : 30 ⁰ C
Direndam Pada Bak Perendam	Direndam pada suhu 25 ⁰ C Mulai jam : 10.30 Selesai jam : 12.00	Pembacaan suhu waterbath : 25 ⁰ C
Pemeriksaan	Pengujian pada suhu 25 ⁰ C Mulai jam : 12.30 Selesai jam : 13.00	Pembacaan suhu alat : 25 ⁰ C

No	Penetrasi pada 25 ⁰ C, 100 gr, 5 detik	Benda Uji	
		Sampel 1	Sampel 2
1	Pengamat 1	63,7	64,3
2	Pengamat 2	63,2	65,6
3	Pengamat 3	64,8	65,2
4	Pengamat 4	63,7	64,7
5	Pengamat 5	64,7	65,6
	Rata-rata	64,0	65,1
	Rata-rata	64.6	

Fuad Mahmudi, ST
NIP. 19770207 200604 1 005



PENGUJIAN KEHILANGAN BERAT ASPAL

Peminta Jasa : Nur Fitri Istiqlal			
Contoh/Sampel Uji : Aspal Pen.			
Standar Acuan : SNI 06-2440-1991			
Sumber Contoh :			
Contoh dipanaskan	mulai : pk. 08.00 selesai : pk. 08.30	Suhu oven : 130 °C	
Didiamkan pada suhu ruang	mulai : pk. 09.30 selesai : pk. 10.30		
Pemeriksaan kehilangan berat pada 163 °C	mulai : pk. 10.30 selesai : pk. 15.30	Suhu oven : 163 °C Suhu dalam oven : 163 °C	
		1	2
Berat cawan + aspal keras		189.4720 gr	184.2850 gr
Berat cawan kosong		116.5416 gr	120.1972 gr
Berat aspal (a)		72.9304 gr	64.0878 gr
Berat sebelum pemanasan		189.4720 gr	184.2850 gr
Berat sesudah penguapan		189.4205 gr	184.2466 gr
Kehilangan berat (b)		0.0515 gr	0.0384 gr
Persentase Kehilangan Berat : (b/a x 100%) =		0,0706 %	0,0599
Rata - rata		0.0653 %	

Fuad Mahmudi, ST
NIP. 19770207 200604 1 005



DINAS PEKERJAAN UMUM DAN PENATAAN RUANG PROVINSI SUMATERA BARAT
UPTD LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
Jl. Taman Siswa No. 1 Telp. /Fax. (0751) 7053813 , Padang

Pekerjaan/Kegiatan	Penelitian Tugas Akhir
Peminta Jasa	Nur Fitri Istiqlal
Contoh	Aspal pen 60/70
Tanggal	Januari 2021

PENGUJIAN DAKTILITAS ASPAL

SNI 2432:2011

Kegiatan	Uraian	
Pembukaan contoh	Contoh dipanaskan Mulai jam : 14.46 Selesai jam : 14.55	Pembacaan suhu pemanasan : 110 ⁰ C
Mendinginkan Contoh	Didiamkan di suhu ruangan Mulai jam : 14.55 Selesai jam : 15.25	Pembacaan suhu ruang : 30 ⁰ C
Direndam pada bak perendam	Direndam pada suhu 25 ⁰ C Mulai jam : 15.25 Selesai jam : 16.50	Pembacaan suhu waterbath : 25 ⁰ C
Pemeriksaan Daktilitas	Pengujian pada suhu 25 ⁰ C Mulai jam : 16.55 Selesai jam : 17.25	Pembacaan suhu alat : 25 ⁰ C

Daktilitas pada 25°C, 5 cm per menit	Pembacaan pengukuran pada alat
Pengamatan 1	150 cm
Pengamatan 2	150 cm

Fuad Mahmudi, ST
NIP. 19770207 200604 1 005



Pekerjaan/Kegiatan	Penelitian Tugas Akhir
Nama	Nur Fitri Istiqlal
Contoh	Aspal pen 60/70
Tanggal	Januari 2021

PENGUJIAN TITIK LEMBEK ASPAL

SNI 2434:2011

Kegiatan	Uraian	
Pembukaan contoh	Contoh dipanaskan Mulai jam : 14.46 Selesai jam : 14.55	Pembacaan suhu pemanasan : 110 ⁰ C
Mendinginkan Contoh	Didiamkan di suhu ruangan Mulai jam : 14.55 Selesai jam : 15.25	Pembacaan suhu ruang : 30 ⁰ C
Direndam pada bak perendam	Direndam pada suhu 25 ⁰ C Mulai jam : 15.25 Selesai jam : 15.50	Pembacaan suhu waterbath : 25 ⁰ C
Pemeriksaan	Pengujian pada suhu 25 ⁰ C Mulai jam : 15.50 Selesai jam : 16.20	Pembacaan suhu alat : 25 ⁰ C

No.	Suhu yang diamati °C	Waktu(detik)		Titik lembek (°C)	
		I	II	I	II
1	5	84	84		
2	10	180	180		
3	15	211	211		
4	20	253	253		
5	25	272	272		
6	30	315	315		
7	35	335	335		
8	40	378	378		
9	45	427	427		
10	50	450	450		
11	55	497	497		
12	60	540	540		
13	65	570	570	63 ⁰ C	64 ⁰ C

FT
Fuad Mahmudi, ST
NIP. 19770207 200604 1 005



DINAS PEKERJAAN UMUM DAN PENATAAN RUANG PROVINSI SUMATERA BARAT
UPTD LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
Jl. Taman Siswa No. 1 Telp. /Fax. (0751) 7053813, Padang

Kegiatan	: Penelitian Tugas Akhir Mahasiswa
Peminta Jasa	: Nur Fitri Istiqlal
Contoh	: Aspal Pen. 60/70
Tamma}	: Januari 2021

PENGUJIAN BERAT JENIS (SPECIFIC GRAVITY)
SNI 2441:2011

Contoh dipanaskan	mulai : pk. 09.20	Suhu oven : 110 °C
	selesai : pk. 10.20	
Didiamkan pada suhu ruang	mulai : pk. 10.20	
	selesai : pk. 11.00	
Direndam pada 25 °C	mulai : pk. 11.00	Suhu waterbath : 25 °C
	selesai : pk. 11.30	
Pemeriksaan berat jenis Pada 25 °C	mulai : pk. 11.30	Suhu alat : 25 °C
	selesai : pk. 12.00	

	I	II
Berat piknometer + aspal	60.0126 gr	58.2292 gr
Berat piknometer kosong	37.4560 gr	40.1546 gr
Berat aspal (a)	25.5566 gr	18.0746 gr
Berat piknometer + air	73.4066 gr	66.4292 gr
Berat piknometer kosong	37.4560 gr	40.1546 gr
Berat air (b)	35.9506 gr	26.2746 gr
Berat piknometer + aspal + air	73.9585 gr	66.9286 gr
Berat piknometer + aspal	63.0126 gr	58.2292 gr
Berat air (c)	10.9459 gr	8.6994 gr
Isi aspal (b - c)	25.0047 cc	17.5752 cc
Berat jenis I = Berat aspal/isi aspal	=	1.0221
Berat jenis II = Berat aspal/isi aspal	=	1.0284
Rata-rata	=	1.0252
Berat Isi = Berat Jenis x Wt (temperatur Ruang = 25 °C)	=	1.0222 gr / cc

Wt = berat isi air pada temperatur pengujian.

Wt pada 15.6 °C = 999.1 kg/m³

Wt pada 25 °C = 997.0 kg/m³

Teknisi :

Fuad Mahmudi, ST

NIP. 19770207 200604 1 005



Pekerjaan/Kegiatan	: Penelitian Tugas Akhir
Nama	: Nur Fitri Istiqlal
Contoh	: Aspal Pen. 60/70
Tanggal	: Januari 2021

PENGUJIAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR (FLASH AND FIRE POINT)
SNI 2433:2011

Contoh dipanaskan	mulai : pk. 09.20 selesai : pk. 10.00	Suhu oven : 110 °C
Penuangan	pk.10.00	Suhu penuangan : 110 °C
Pemeriksaan mulai	Contoh 1 : pk. 10.10 Contoh 2 : pk.	Titik nyala Perkiraan : 315 °C
Sampai 56 °C dibawah titik nyala	pk. 10.25 pk.	5 - 6 °C / menit
Sampai 28 °C dibawah titik nyala	pk. 10.31 pk.	2 °C / menit
Selesai	pk. 10.40 pk.	

°C di bawah titik nyala	Pembacaan waktu	Pembacaan suhu	Titik nyala	Titik Bakar
56	pk. 10.25	259 °C		
51	pk. 10.26	266 °C		
46	pk. 10.27	275 °C		
41	pk. 10.28	280 °C		
36	pk. 10.29	285 °C		
31	pk. 10.30	290 °C		
28	pk. 10.31	295 °C		
26	pk. 10.31	297 °C		
24	pk. 10.32	299 °C		
22	pk. 10.32	301 °C		
20	pk. 10.33	303 °C		
18	pk. 10.33	305 °C		
16	pk. 10.34	307 °C		
14	pk. 10.34	309 °C		
12	pk. 10.34	311 °C		
10	pk. 10.35	313 °C		
8	pk. 10.35	315 °C		
6	pk. 10.35	317 °C		
4	pk. 10.36	319 °C		
2	pk. 10.36	321 °C		
0	pk. 10.36	323 °C	323 °C	359 °C

Teknisi :

F2

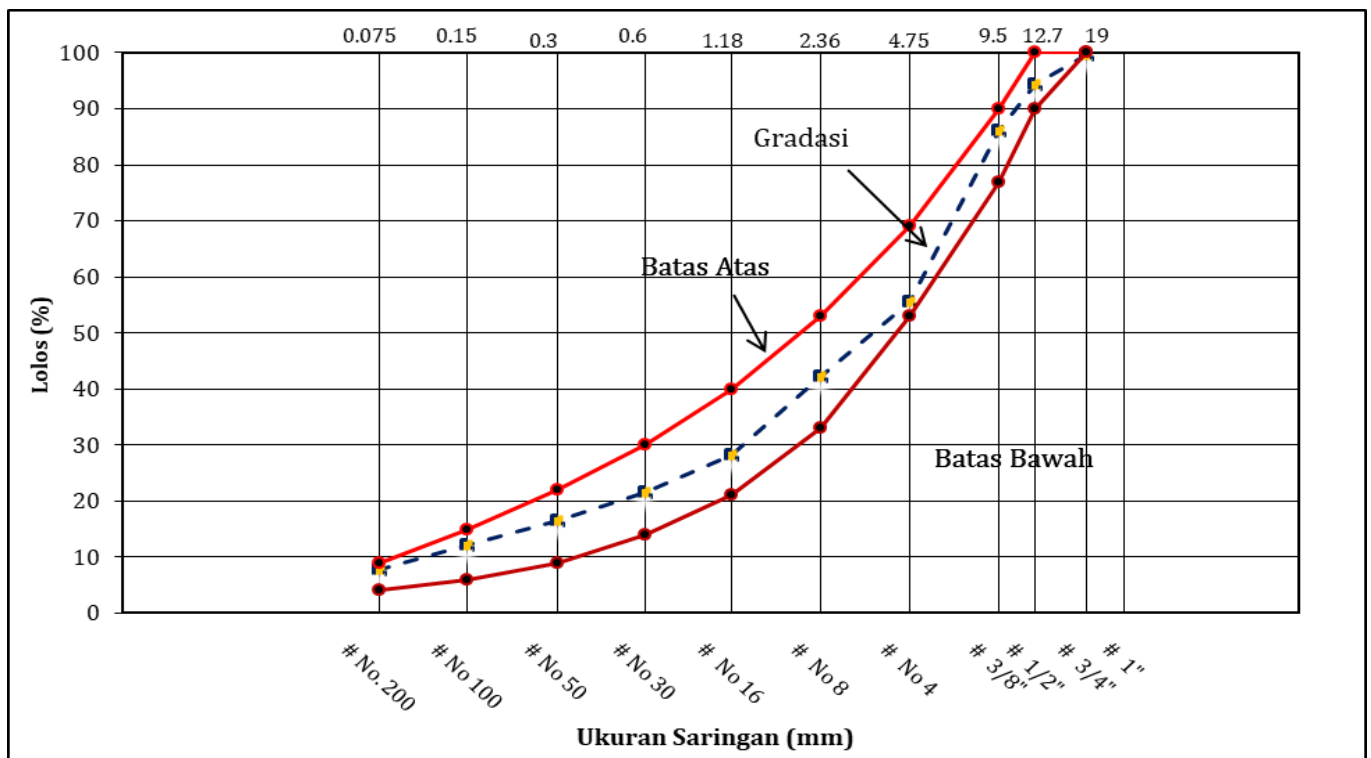
Fuad Mahmudi, ST
NIP. 19770207 200604 1 005



PERENCANAAN GRADASI CAMPURAN
SPESIFIKASI AC - WC

Pekerjaan	: Penelitian Tugas Akhir
Tanggal	: Januari 2021
Nama	: Nur Fitri Istiqlal
Sumber Contoh	:

Uraian	Ukuran saringan											
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	#16	# 30	# 50	# 100	# 200	
Inc mm	25,4	19	12,7	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,149	0,075	
Data material												
Agregat 1 - 2	100.00	96.13	29.76	5.60	2.40	2.03	1.84	1.66	1.51	1.25	1.00	
Agregat 0,5 - 1	100.00	100.00	100.00	86.95	23.73	6.91	3.85	3.15	2.62	2.00	1.51	
Abu Batu	100.00	100.00	100.00	100.00	99.94	87.56	58.63	44.12	32.60	23.26	13.80	
Filler (Semen)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.97	98.30	
Komposisi campuran												
Agregat 1 - 2	8%	8.00	7.69	2.38	0.45	0.19	0.16	0.15	0.13	0.12	0.10	0.08
Agregat 0,5 - 1	48%	48.00	48.00	48.00	41.73	11.39	3.32	1.85	1.51	1.26	0.96	0.73
Abu Batu	43%	43.00	43.00	43.00	43.00	42.98	37.65	25.21	18.97	14.02	10.00	5.93
Filler (Semen)	1%	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98
Total campuran		100.00	99.69	94.38	86.18	55.56	42.13	28.20	21.62	16.40	12.06	7.72
Spec.gradasi max		100.00	100.00	100.00	90.00	69.00	53.00	40.00	30.00	22.00	15.00	9.00
min		100.00	100.00	90.00	77.00	53.00	33.00	21.00	14.00	9.00	6.00	4.00



Teknisi Penguji :

Fuad Mahmudi, ST
 NIP. 19770207 200604 1 005

PERHITUNGAN TIMBANGAN CETAKAN MARSHALL (AC-WC)

Permintaan Jasa : Nur Fitri Istiqlal

Kadar Aspal = 6.0% Kadar Limbah = 0%

Agregat Kasar (Split 1 - 2)	= (	100%	-	6.0%	) x	8%	x	1200	=	90.2	gr
Agregat Kasar (Split 0,5 - 1)	= (	100%	-	6.0%	) x	48%	x	1200	=	541.4	gr
Agregat Halus (Abu Batu)	= (	100%	-	6.0%	) x	43%	x	1200	=	485.0	gr
Filler (Semen)	= (	100%	-	6.0%	) x	1%	x	1200	=	11.3	gr
Aspal Keras pen 60/70	=	6.0%	x	1200					=	72.0	gr	
Limbah ban karet									=	0.0	gr	
<hr/>												
Jumlah										=	1200.0	gr

Kadar Aspal = 6.0% Kadar Limbah = 2% = 1.4 gr

Agregat Kasar (Split 1 - 2)	= (	100%	-	6.0%	) x	8%	x	1200	=	90.2	gr
Agregat Kasar (Split 0,5 - 1)	= (	100%	-	6.0%	) x	48%	x	1200	=	541.4	gr
Agregat Halus (Abu Batu)	= (	100%	-	6.0%	) x	43%	x	1200	=	485.0	gr
Filler (Semen)	= (	100%	-	6.0%	) x	1%	x	1200	=	11.3	gr
Aspal Keras pen 60/70	=	6.0%	x	1200					=	70.6	gr	
Limbah ban karet									=	1.4	gr	
<hr/>												
Jumlah										=	1200.0	gr

Kadar Aspal = 6.0% Kadar Limbah = 4% = 2.9 gr

Agregat Kasar (Split 1 - 2)	= (	100%	-	6%	) x	8%	x	1200	=	90.2	gr
Agregat Kasar (Split 0,5 - 1)	= (	100%	-	6%	) x	48%	x	1200	=	541.4	gr
Agregat Halus (Abu Batu)	= (	100%	-	6%	) x	43%	x	1200	=	485.0	gr
Filler (Semen)	= (	100%	-	6%	) x	1%	x	1200	=	11.3	gr
Aspal Keras pen 60/70	=	6%	x	1200					=	69.1	gr	
Limbah ban karet									=	2.9	gr	
<hr/>												
Jumlah										=	1200.0	gr

Kadar Aspal = 6.0% Kadar Limbah = 6% = 4.3 gr

Agregat Kasar (Split 1 - 2)	= (	100%	-	6.0%	) x	8%	x	1200	=	90.2	gr
Agregat Kasar (Split 0,5 - 1)	= (	100%	-	6.0%	) x	48%	x	1200	=	541.4	gr
Agregat Halus (Abu Batu)	= (	100%	-	6.0%	) x	43%	x	1200	=	485.0	gr
Filler (Semen)	= (	100%	-	6.0%	) x	1%	x	1200	=	11.3	gr
Aspal Keras pen 60/70	=	6.0%	x	1200					=	67.7	gr	
Limbah ban karet									=	4.3	gr	
<hr/>												
Jumlah										=	1200.0	gr

Kadar Aspal = 6.0% Kadar Limbah = 8% = 5.8 gr

Agregat Kasar (Split 1 - 2)	= (	100%	-	6%	) x	8%	x	1200	=	90.2	gr
Agregat Kasar (Split 0,5 - 1)	= (	100%	-	6%	) x	48%	x	1200	=	541.4	gr
Agregat Halus (Abu Batu)	= (	100%	-	6%	) x	43%	x	1200	=	485.0	gr
Filler (Semen)	= (	100%	-	6%	) x	1%	x	1200	=	11.3	gr
Aspal Keras pen 60/70	=	6%	x	1200					=	66.2	gr	
Limbah ban karet									=	5.8	gr	
<hr/>												
Jumlah										=	1200.0	gr



PERCOBAAN MARSHALL AC-WC
 RSNI M-01-2003

Kegiatan	: Penelitian Tugas Akhir	Sumber Contoh	:
Nama	: Nur Fitri Istiqlal	Tanggal	: AC - WC
K. prov. Ring	: 52.49826	Tanggal	: Januari 2021

No.	Tebal Benda Uji (mm)	% aspal terhadap campuran	Berat contoh kering (gr)	Berat contoh dlm keadaan SSD (gr)	Berat contoh dalam air (gr)	Isi contoh (Volume) (d - e)	Berat isi (Kepadatan) (c / f)	BJ. Maksimum campuran (teoritis)	% Rongga diantara agregat (VMA)	% rongga thd. Camp. (VIM) 100- (100g/h)	% rongga terisi aspal 100 (I-j) /i	Pembacaan arloji stabilitas (Kg)	Stabilitas Marshall (Bacaan x Kalibrasi) (Kg)	Stabilitas yang telah dikoreksi Ketebalan (Kg)	kelelahan (Flow) (mm)	Hasil bagi marshall (kg/mm)	Kadar aspal efektif
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	s
I.0%	6.1	6.0	1170.80	1176.70	677.00	499.7	2.343	2.424	16.44	3.33	79.76	21	1120	1221	3.20	382	5.7
II.0%	6.3	6.0	1182.80	1188.10	685.70	502.4	2.354	2.424	16.04	2.86	82.15	20	1049	1049	3.38	310	5.7
III.0%	6.2	6.0	1180.20	1183.00	680.40	502.6	2.348	2.424	16.25	3.11	80.84	21	1120	1165	3.25	358	5.7
							2.348	2.424	16.24	3.10	80.92			1145	3.28	350	5.7
I.2%	6.2	5.88	1183.70	1186.40	676.80	509.6	2.323	2.428	17.05	4.33	74.62	22	1168	1215	2.67	455	5.6
II.2%	6.8	5.88	1189.20	1191.90	679.70	512.2	2.322	2.428	17.09	4.37	74.42	24	1263	1187	2.74	433	5.6
III.2%	6.5	5.88	1176.20	1179.20	679.00	500.2	2.351	2.428	16.03	3.15	80.36	23	1216	1191	2.69	442	5.6
							2.332	2.428	16.73	3.95	76.47			1198	2.70	444	5.6
I.4%	6.3	5.76	1200.90	1204.10	685.10	519.0	2.314	2.432	17.27	4.86	71.84	24	1263	1263	2.44	518	5.5
II.4%	6.3	5.76	1190.90	1193.10	677.50	515.6	2.310	2.432	17.42	5.03	71.11	25	1287	1287	2.51	512	5.5
III.4%	6.6	5.76	1178.70	1182.70	673.50	509.2	2.315	2.432	17.23	4.82	72.01	24	1263	1213	2.41	503	5.5
							2.313	2.432	17.31	4.91	71.65			1254	2.46	511	5.5
I.6%	6.7	5.64	1198.80	1202.70	680.70	522.0	2.297	2.436	17.78	5.74	67.73	25	1335	1281	2.31	554	5.4
II.6%	6.6	5.64	1193.10	1196.60	676.40	520.2	2.294	2.436	17.89	5.86	67.23	26	1359	1304	2.24	583	5.4
III.6%	6.5	5.64	1176.90	1184.80	672.50	512.3	2.297	2.436	17.76	5.71	67.85	25	1335	1308	2.18	599	5.4
							2.296	2.436	17.81	5.77	67.60			1298	2.24	579	5.4
I.8%	6.7	5.52	1182.30	1187.00	668.30	518.7	2.279	2.441	18.29	6.61	63.88	26	1382	1327	2.01	661	5.3
II.8%	6.6	5.52	1180.40	1187.70	669.50	518.2	2.278	2.441	18.35	6.67	63.65	26	1382	1327	1.96	679	5.3
III.8%	6.7	5.52	1179.30	1190.50	675.70	514.8	2.291	2.441	17.88	6.14	65.67	26	1382	1327	1.85	716	5.3
							2.283	2.441	18.18	6.47	64.40			1327	1.94	685	5.3

Bj.bulk agr :	2.636	Bj.aspal :	1.026		Bj.eff.agr :	2.654	Absp.aspal :	0.27	AGREGATE	Sg-dry		Sg-app	% camp.
									Agregat 1 - 2	2.67		2.72	8
									Agregat 0,5 - 1	2.66		2.72	48
									Abu Batu	2.59		2.61	43
									Filler (Semen)	3.14		3.15	1

Teknisi Penguji :

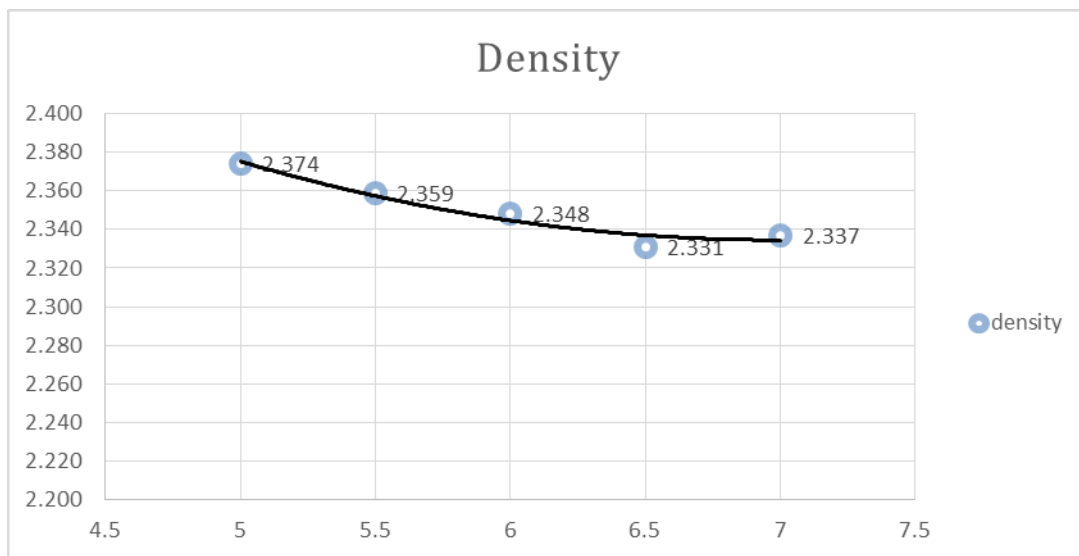
Fuad Mahmudi, ST

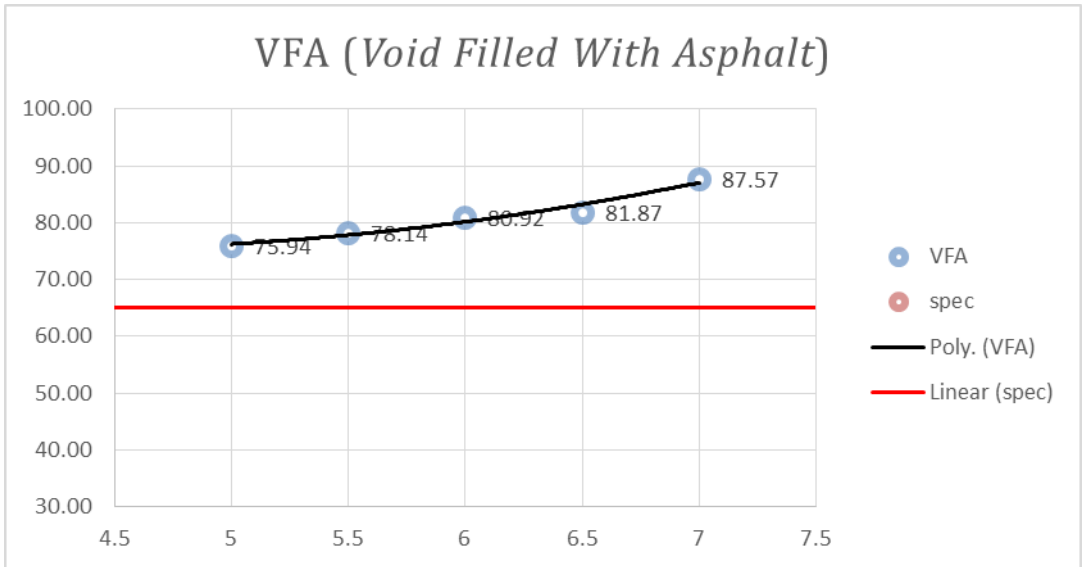
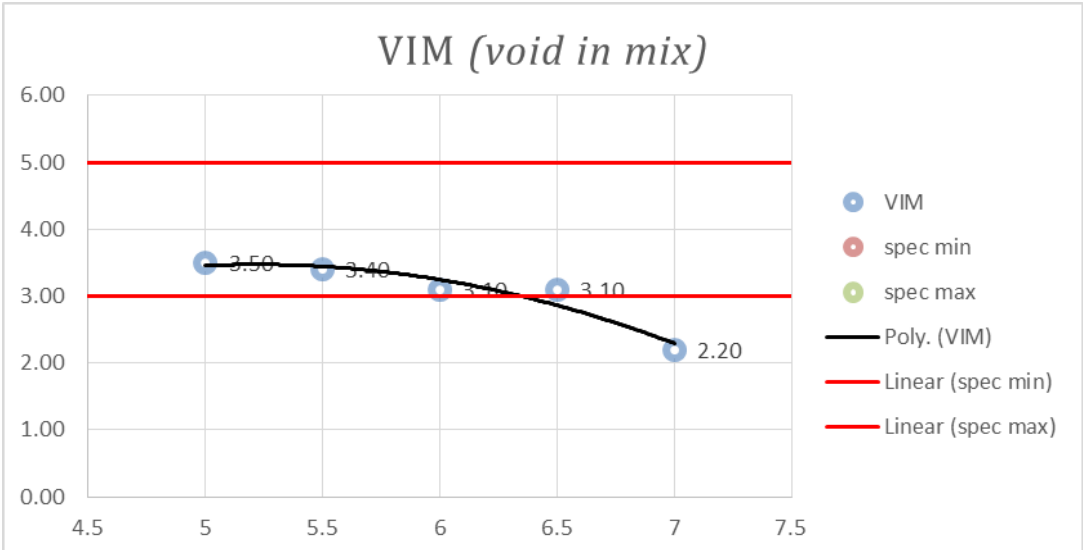
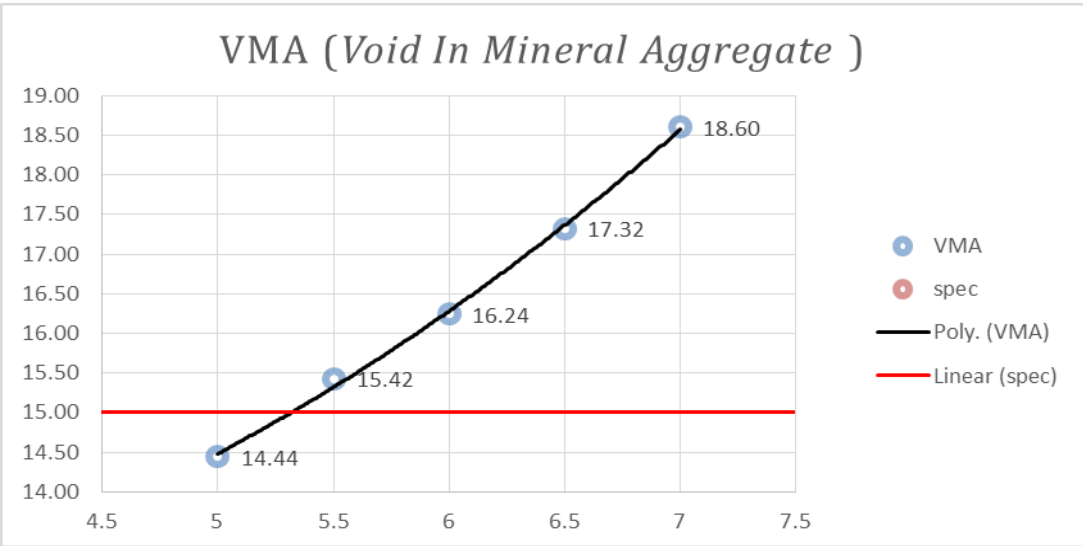
NIP. 19770207 200604 1 005

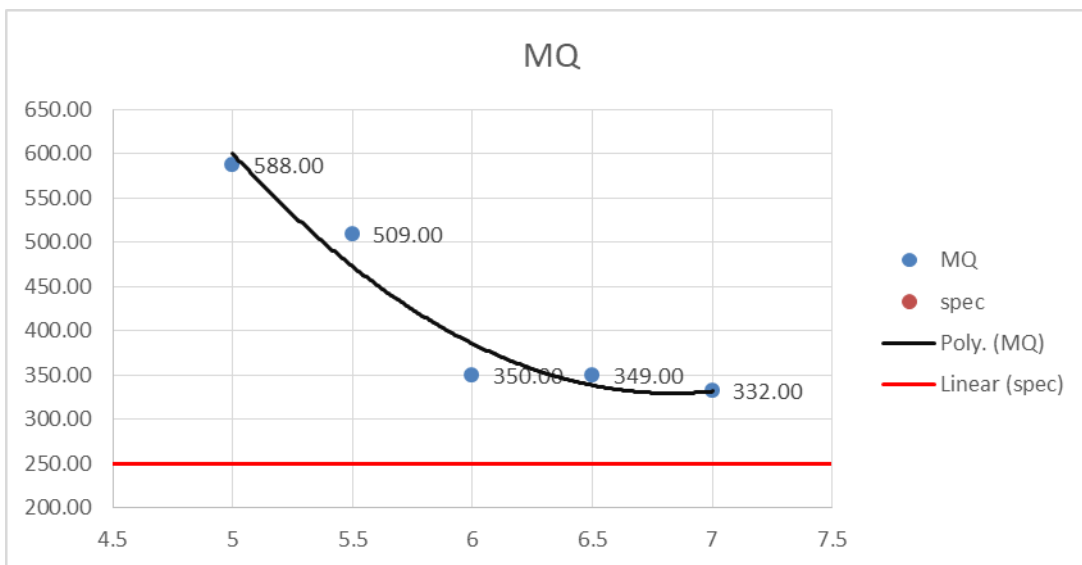
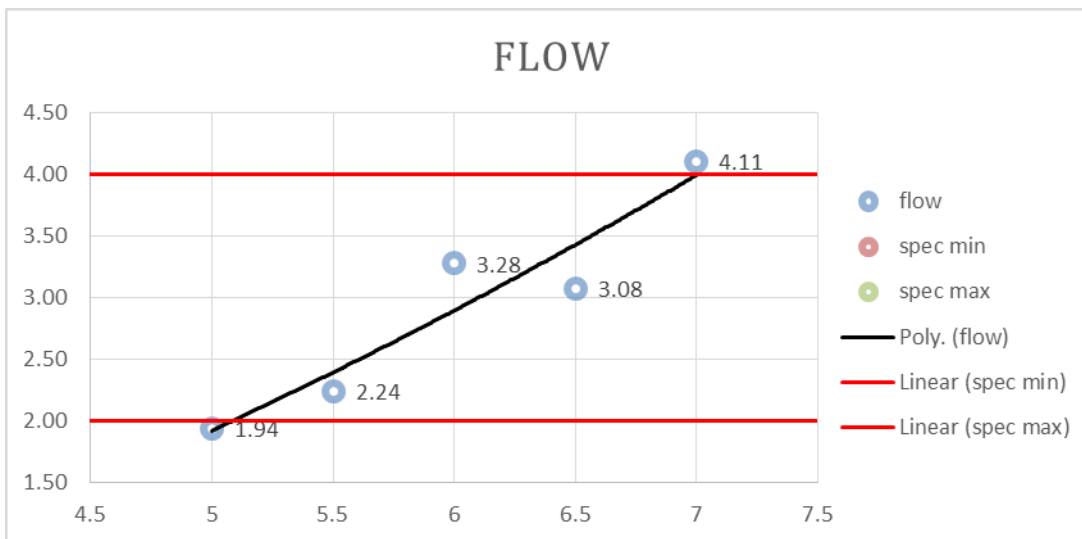
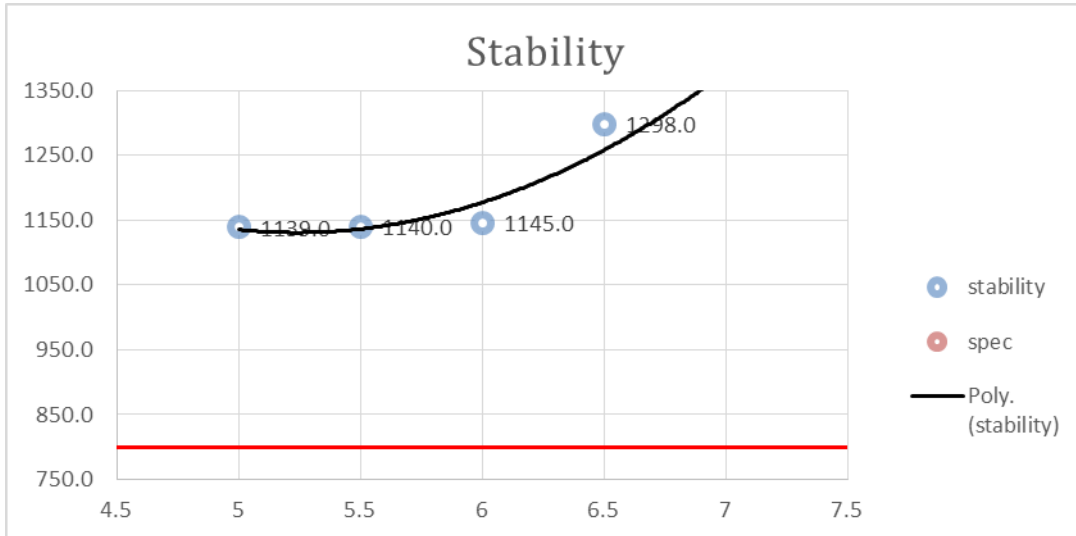
Kegiatan	: Penelitian Tugas Akhir
Sumber Agregat	:
Nama	: Nur Fitri Istiqlal

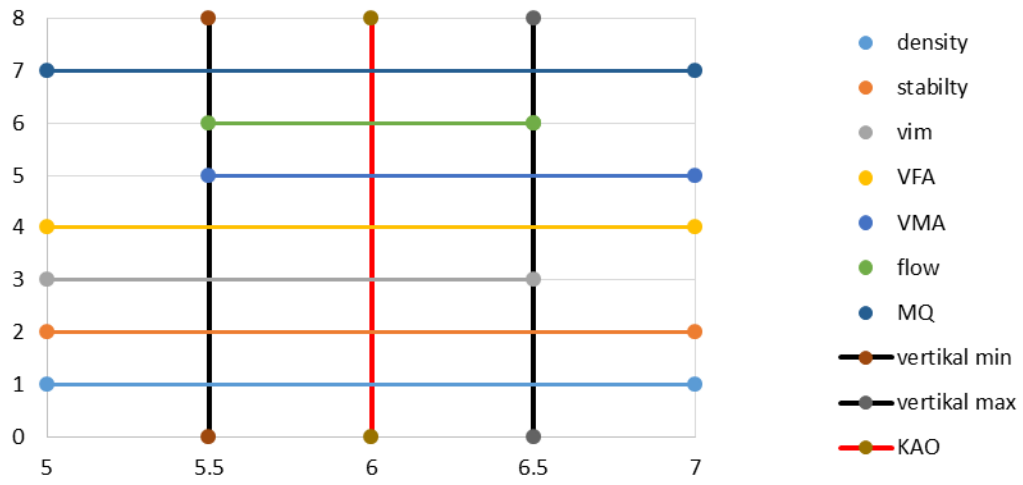
RESUME PENGUJIAN MARSHALL

No	Karakteristik	Spesifikasi	Pengujian Marshall				
			Variasi Kadar Aspal (%)				
			5	5,5	6	6,5	7
1	Density (gr/cc)		2,374	2,359	2,348	2,331	2,337
2	VMA (%)	Min 15	14,44	15,42	16,24	17,32	18,6
3	VIM (%)	3-5	3,5	3,4	3,1	3,1	2,2
4	VFA (%)	Min 65	75,94	78,14	80,92	81,87	87,57
5	Stability (kg)	Min 800	1139	1140	1145	1298	1365
6	FLOW (mm)	2-4	1,94	2,24	3,28	3,08	4,11
7	MQ (kg/mm)	Min 250	588	509	350	349	332









Lampiran 2

DOKUMENTASI PENELITIAN

1. Pengujian Agregat

1.1 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar SNI 1969-2008



Gambar 1. Agregat di pisahkan agar terbagi dengan rata
(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 2. Merendam agregat yang sudah dibersihkan ke dalam bak perendam selama 24 jam
(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 3. Rendam agregat untuk mendapatkan berat benda uji didalam air
(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 4. Lap agregat menggunakan handuk lalu timbang agregat untuk mendapatkan berat SSD
(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 5. Masukkan agregat ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu 110°C
(Sumber: Dokumentasi laboratorium)

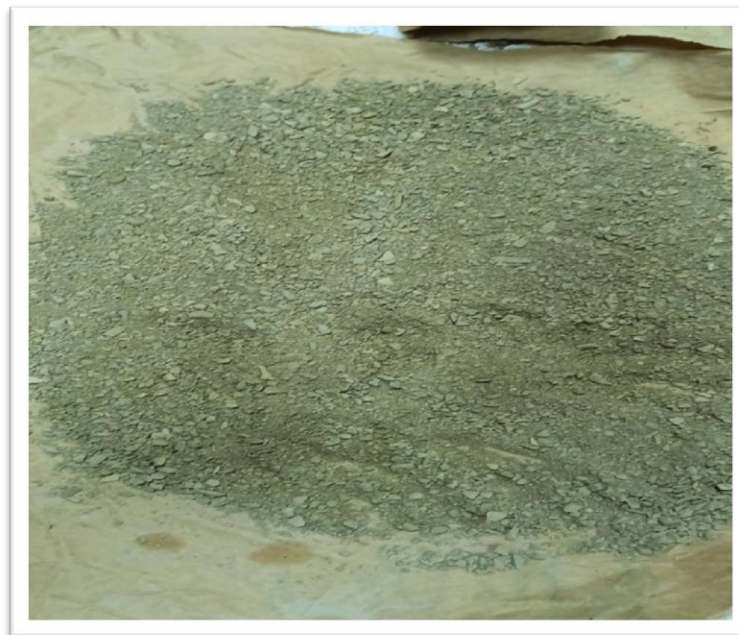


Gambar 6. Setelah di oven 24 jam agregat dalam suhu ruang kemudian di timbang berat benda uji kering oven lalu lakukan perhitungan
(Sumber: Dokumentasi laboratorium)

1.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus SNI 1970-2008



Gambar 1. Agregat halus dimasukkan ke wadah perendam selama 24 jam, agar mendapatkan penyerapan air yang sempurna ke dalam agregat

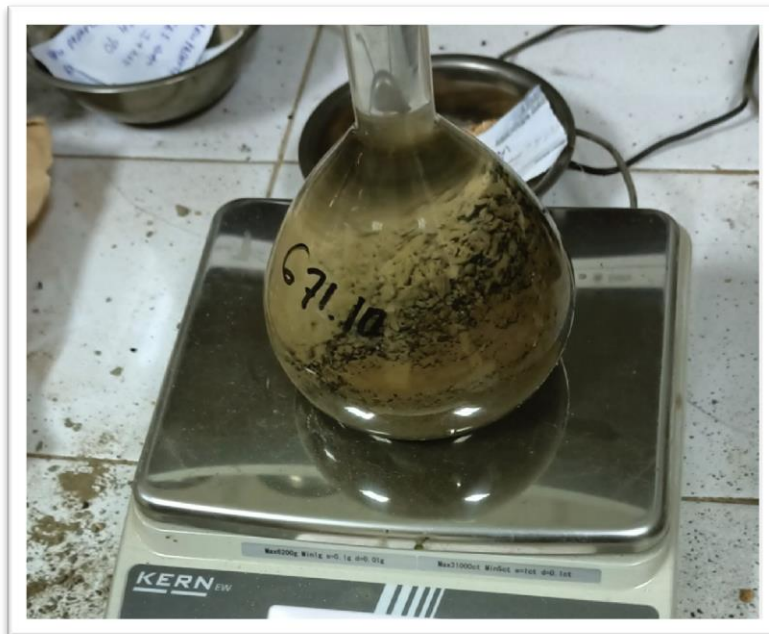


Gambar 2. Keringkan benda uji di udara panas dengan membolak-balikkan benda uji



Gambar 3. Mengisikan benda uji kedalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk selama 25 kali. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji $\frac{1}{3}$ dari tinggi agregat maka disitu di dapat tinggi agregat SSD.

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 4. Setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh masukan agregat ke dalam piknometer dengan berat 500 gram, kemudian masukkan air sampai mencapai batas yang ditentukan.

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 5. Pemanasan piknometer berisi benda uji dilakukan di atas kompor pemanas selama 10-15 menit agar seluruh gelembung udara naik dengan sempurna, sehingga di dapatkan penyerapan agregat didalam air dengan sempurna. Setelah itu di dinginkan dalam suhu ruang dan ditambahkan air sampai batas yang sudah ditentukan. Timbang benda uji untuk mendapatkan berat benda uji + air + piknometer.

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 6. Keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ selama 24 jam setelah itu dinginkan dalam suhu ruang. Timbang beratnya agar mendapat berat kering dan lakukan pengolahan data.

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)

1.4 Pengujian Analisa Saringan SNI ASTM C136-2012



Gambar 1. Timbang berat benda uji

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 2. Masukkan benda uji ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu 110°C

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 3. Masukkan benda uji dari ayakan paling atas lalu pasang satu set ayakan yang sudah di isi benda uji pada mesin penggetar. Nyalakan mesin selama 10 menit

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 4. Setelah mesin berhenti, keluarkan agregat dan timbang berat tertahan pada masing-masing ayakan. Lakukan hal yang sama pada uji agregat halus.

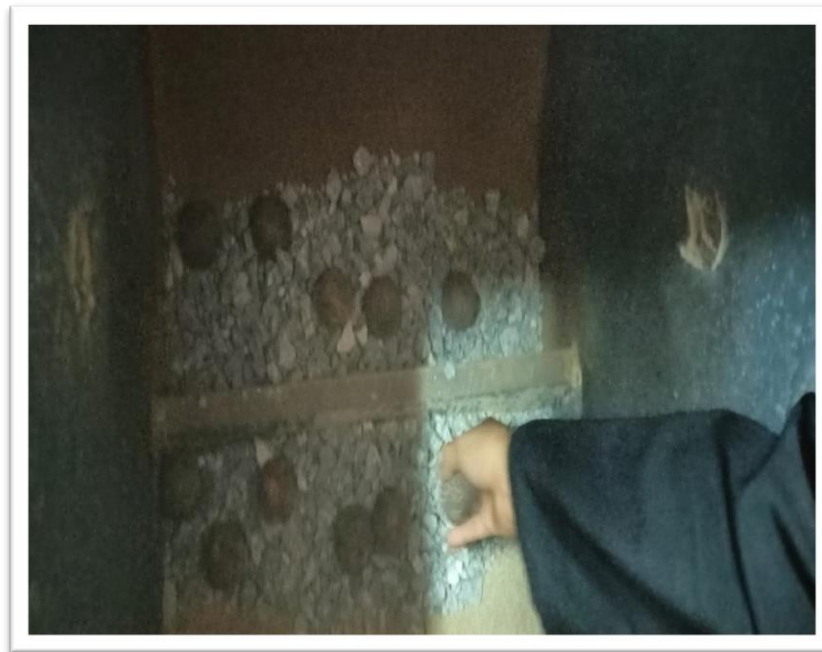
(Sumber: Dokumentasi laboratorium)

1.5 Pengujian Abrasi Dengan Mesin Los Angeles pada agregat kasar



Gambar 1. Pengambilan sampel untuk pengujian abrasi

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 2. Masukkan sampel kedalam mesin Los Angeles dengan 11 bola baja kemudian diputar secara otomatis sebanyak 500 putaran

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 3. Setelah diputar dengan mesin los angeles saring agregat dengan saringan no.12 kemudian timbang yang tertahan saringan no.12

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 4. Hasil timbangan agregat setelah disaring dengan saringan no.12 kemudian dilakukan pengolahan data

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)

1.6 Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal Pada Agregat Kasar



Gambar 1. Persiapan agregat yang akan diuji

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 2. Memanaskan aspal yang akan dicampurkan dengan agregat kasar dengan suhu 150°C

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 3. Memanaskan agregat kasar dengan hingga suhu 150°C yang akan dicampur dengan aspal

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 4. Mencampurkan agregat kasar dengan aspal sebanyak 6 gram dan masukan dalam oven selama 2 jam pada temperature 60 °C

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 5. Memperhatikan agregat yang terselimuti aspal maupun agregat yang tidak terselimuti oleh aspal

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 6. Memasukan campuran agregat kasar dengan aspal pada wadah gelas yang berisi air suling kemudian dibiarkan selama 16-18 jam

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)

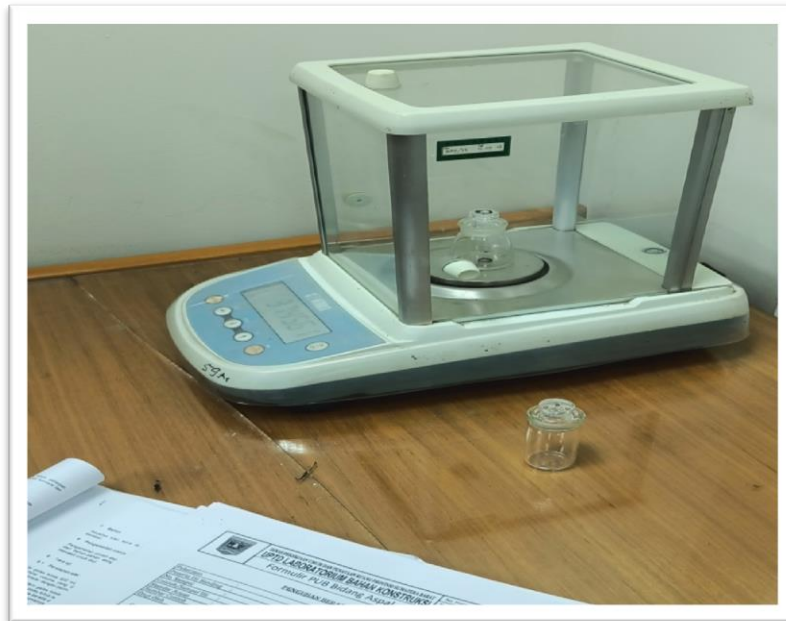


Gambar 7. Memperhatikan campuran dalam wadah apakah terjadi pengelupasan aspal

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)

2. Pengujian Aspal

2.1 Pengujian Berat Jenis Aspal SNI 2441-2011

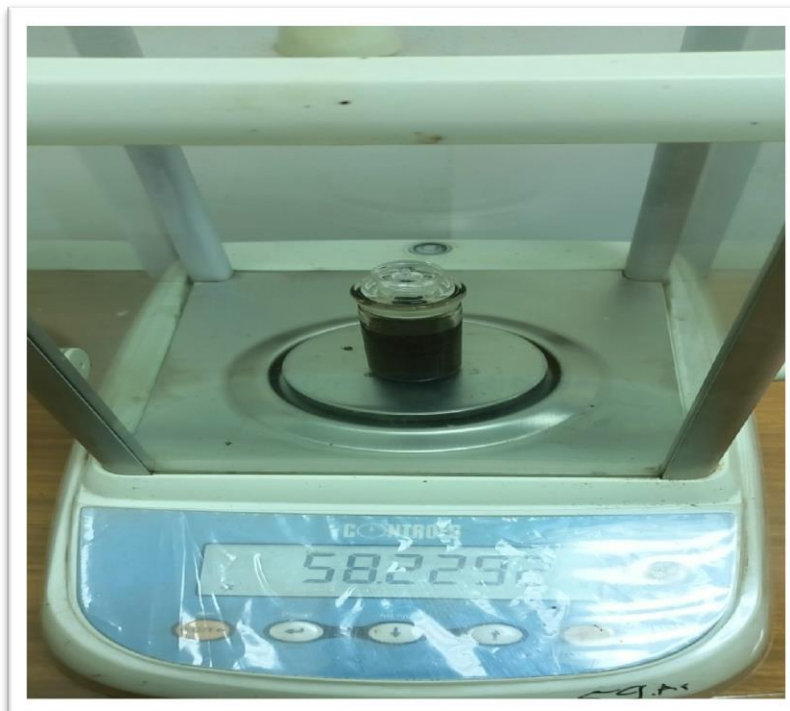


Gambar 1. Menimbang berat piknometer dan penutup dalam keadaan kosong

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 2. Timbang berat air (aquades) yang berada dalam piknometer
(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 3. Berat sampel (aspal) dalam piknometer, kemudian lanjut pengolahan data
(Sumber: Dokumentasi laboratorium)

2.2 Pengujian Kehilangan Berat Aspal dengan Metode Thin Film Over Test (TFOT) SNI 06-2440-1991



Gambar 1. Menimbang cawan dalam keadaan kering

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



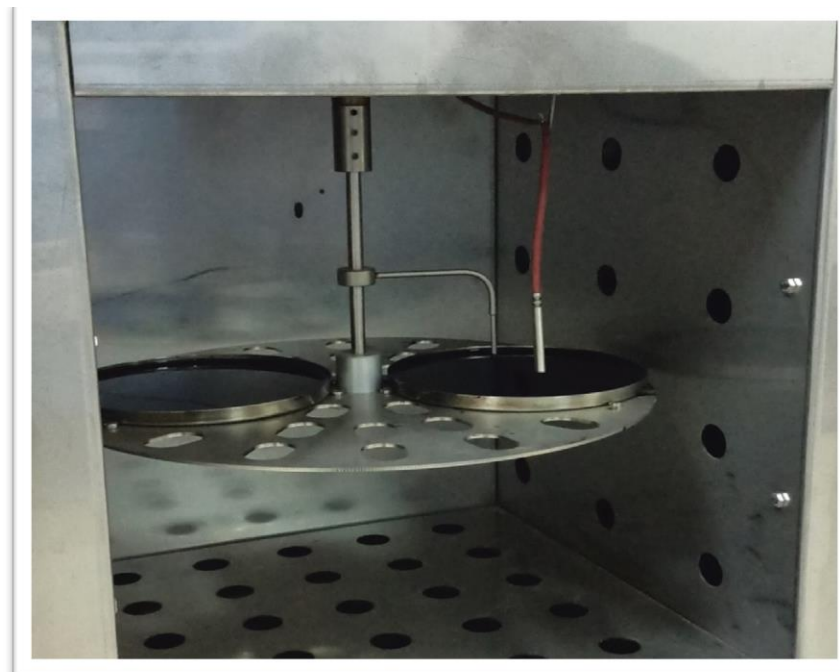
Gambar 2. Persiapan sampel untuk pengujian

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 3. Tuangkan aspal ke dalam cawan sebanyak 50 gram dan siapkan benda uji ganda

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 4. Meletakkan benda uji ke dalam oven mencapai suhu $163^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ kemudian ambil benda uji dari dalam oven setelah 5 jam sampai 5 jam 15 menit lalu timbang benda uji.

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 5. Dinginkan benda uji pada suhu ruang, kemudian di timbang
lalu lakukan pengolahan data

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)

2.3 Pengujian Titik Lembek Aspal dengan Alat Cincin dan Bola SNI 2434-2011



Gambar 1. Air suling yang sudah dididihkan antara 30°-80° kemudian di isi ke dalam
gelas ukur sampai 1000cc dan di dinginkan sampai 5°C

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 2. Masukkan sampel kecincin untuk pengujian

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 3. Benda uji dipanaskan hingga bola besi jatuh kebawah

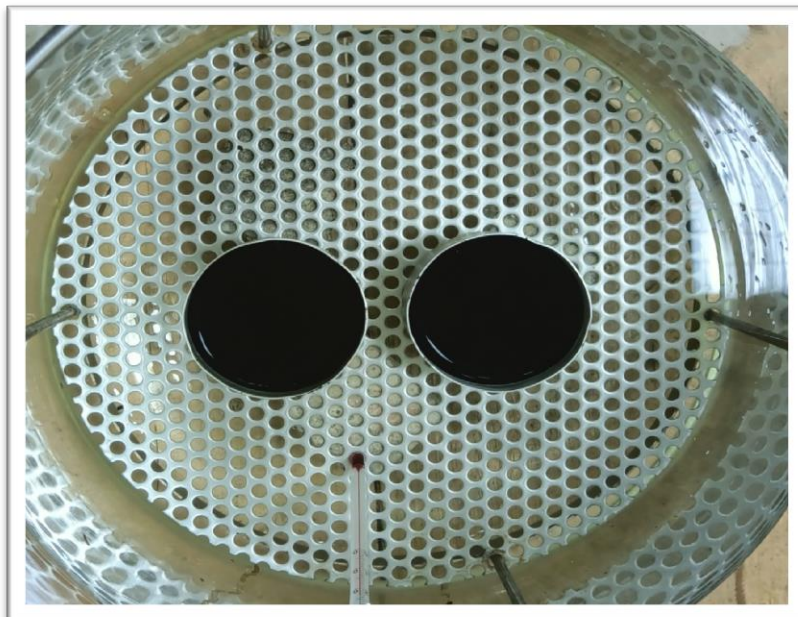
(Sumber: Dokumentasi laboratorium)

2.4 Pengujian Penetrasi Aspal SNI 2456-2011



Gambar 1. Benda uji dipanaskan kemudian dikemudian dimasukkan didalam cawan $\pm 25^{\circ}\text{C}$

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 2. Benda uji direndam didalam bak perendam $\pm 25^{\circ}\text{C}$

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 3. Pengujian penetrasi
(Sumber: Dokumentasi laboratorium)

2.5 Pengujian Daktilitas Aspal SNI 2432-2011



Gambar 1. Panaskan aspal hingga mencair serta lapisilah bagian atas dan bawah cetakan serta permukaan bagian pelat cetakan dengan oli. Kemudian susun cetakan tersebut
(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 3. Masukkan aspal ke dalam cetakan dan diamkan hingga mengeras selama ± 45 menit didalam ember yang berisi air dengan suhu 25°C

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 4. Mesin uji diisi air yang dicampurkan dengan gliserin sebanyak 20 L, setelah aspal mengeras lepaskan alas cetakan pada sampel dan pasang cetakan pada mesin uji.

Jalankan mesin uji kecepatan 50 mm/menit sampai sampel putus. Selama percobaan, sampel harus terendam 2,5 cm dibawah permukaan air dengan suhu 25°C amati sampel dan baca jarak saat sampel putus. Hentikan pengujian ketika sampel menyentuh

dasar/mengembang/putus.

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)

2.6 Pengujian Titik Nyala Dan Titik Bakar SNI 2433-2011



Gambar 1. Isi cawan dengan benda uji dan tempatkan diatas pelat pemanas dan Catat hasil pengujian titik nyala yang diperoleh dari pembacaan termometer pada saat benda uji mulai nyala.

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 2. Perhatikan besarnya nyala api, kecepatan kenaikan temperatur dan kecepatan gerakan api diatas benda uji. Sampai benda uji menyala dan terbakar minimal 5 detik, catat temperatur sebagai titik bakar.

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)

3. Pengujian *Marshall*



Gambar 1. Persiapan agregat
(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 2. Memasak sampel
(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 3. Pematatan Sampel Dengan Alat Manual

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)



Gambar 4. Sampel setelah ditumbuk

(Sumber: Dokumentasi laboratorium)