

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN GETAH KARET PADA CAMPURAN AC-
BC PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL*
(*Studi Penelitian*)**

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

DISUSUN OLEH:

TONDI MARIO SITORUS

1607210188



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

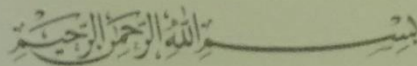
**PROGRAM STUDY TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 – EXT. 12
Website : <http://fatek.umsu.ac.id> Email : fatek@umsu.ac.id

Surat ini agar disebarkan
galya



LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Tondi Mario Sitorus
NPM : 1607210188
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Getah Karet Pada Campuran
AC-BC penetrasi 60/70 Terhadap Karakteristik
Marshall
Bidang Ilmu : Transportasi

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

UMSU

Medan, November 2020

Dosen Pembimbing

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Muhammad Husin Gultom, S.T, M.T

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

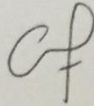
Nama : Tondi Mario Sitorus
NPM : 1607210188
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Getah Karet Pada Campuran
AC-BC Penetrasi 60/70 Terhadap Karakteristik
Marshall
Bidang Ilmu : Transportasi

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

Medan, November 2020

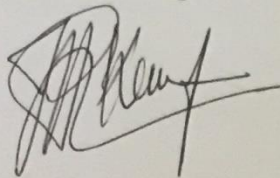
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



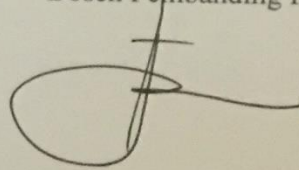
Muhammad Husin Gultom, S.T, M.T

Dosen Pembanding I



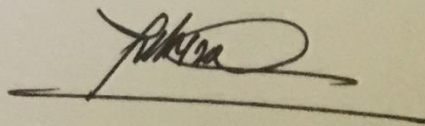
Ir. Zurkiyah, M.T

Dosen Pembanding II



Fadliansyah, S.T, M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Tondi Mario Sitorus
Tempat, Tanggal Lahir : Padangsidempuan, 06 November 1998
NPM : 1607210188
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

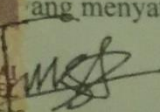
Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

"Pengaruh Penambahan Getah Karet Pada Campuran AC-BC 60/70 Terhadap Karakteristik Marshall"

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

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

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun, demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, November 2020
yang menyatakan,

10000
METERAL TEMPEL
82DCDAJX028619602

Tondi Mario Sitorus

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN GETAH KARET PADA CAMPURAN AC-BC PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

Tondi Mario Sitorus

1607210188

Muhammad Husin Gultom, S.T, M.T

Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan adalah dengan menggunakan aspal modifikasi polimer. Karet alam merupakan polimer jenis elastomer dengan harga yang relatif murah. Sebagai produsen karet alam, Indonesia perlu mencari alternatif pemanfaatan karet alam tersebut, termasuk memanfaatkannya sebagai bahan modifikasi aspal. Penelitian ini dilakukan dengan membuat 3 jenis aspal yang dimodifikasi Lateks Alam, yang masing-masing dengan variasi lateks sebesar 7 %, 8 %, dan 9 % dengan kadar aspal optimum 5,99 %. Pada hasil penelitian yang dilakukan hasil dari penambahan getah karet sebagai bahan tambah pada lapis *Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)*. Nilai stabilitas mengalami kenaikan dengan nilai terbesar 941 kg berada pada variasi getah karet 7%, nilai *Bulk Density* juga mengalami kenaikan dengan nilai 2.340 gr yaitu pada variasi lateks 9%, nilai kelelahan (*flow*) mengalami kenaikan pada setiap variasi penambahan getah karet, nilai *flow* tidak ada yang memenuhi spesifikasi dengan rentang 2 mm sampai 4 mm, nilai *Void In Mineral Agregat (VMA)* yang memenuhi hanya pada variasi lateks 9% yaitu sebesar 15,9 % dengan nilai batas >15%, nilai *Void In the total Mix (VIM)* yang memenuhi standart spesifikasi hanya terdapat pada variasi lateks 9 % dengan nilai 15,9 %, nilai *Void Filled with Asphalt (VFA)* pada campuran getah karet 7% = 86,60%, 8% = 84,37%, dan 9% = 75,38%, seluruhnya sudah memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 dengan ketentuan minimum 65%.

Kata Kunci: Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC), Perkerasan Jalan, Getah Karet

ABSTRACT

THE EFFECT OF ADDITION OF RUBBER FRUIT IN MIXTURE AC-BC 60/70 PENETRATION ON CHARACTERISTICS MARSHALL

Tondi Mario Sitorus
1607210188
Muhammad Husin Gultom, S.T, M.T

One way to improve the quality of the pavement is to use polymer modified asphalt. Natural rubber is an elastomeric polymer with a relatively cheap price. As a producer of natural rubber, Indonesia needs to find alternative uses for natural rubber, including using it as an asphalt modification material. This research was conducted by making 3 types of bitumen modified with Natural Latex, each with latex variations of 7%, 8%, and 9% with an optimum asphalt content of 5.99%. The results of the research carried out were the results of the addition of rubber latex as an additive to the layer Asphalt Concrete - Binder Course (AC-BC). The value of stability has increased with the greatest value of 941 kg is in the variation of rubber latex 7%, the value of Bulk Density has also increased with a value of 2,340 gr, namely the 9% variation of latex, the value of melt (flow) has increased in each variation of the addition of rubber latex, the value of flow none of which meet the specifications with a range of 2 mm to 4 mm, the values Void In Mineral Aggregate (VMA) meet only for the 9% latex variation, which is 15.9% with a limit value of > 15%, the Void In the total Mix (VIM) value that meets the specification standard is only found in the 9% latex variation with a value of 15.9%, the Void Filled with value. Asphalt (VFA) in the rubber latex mixture 7% = 86.60%, 8% = 84.37%, and 9% = 75.38%, all of which meet the 2018 Highways Specifications with a minimum requirement of 65%.

Keywords: Asphalt Concrete - Binder Course (AC-BC), Pavement, Latex

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat merampungkan skripsi dengan judul: “Pengaruh Penambahan Getah Karet Pada Campuran Ac-Bc Penetrasi 60/70 Terhadap Karakteristik Marshall”. Ini untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan studi serta dalam rangka memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata Satu pada program studi teknik sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Penghargaan dan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada kedua orang tua saya yang telah mencurahkan segenap cinta dan kasih sayang serta perhatian moril maupun materil. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan Rahmat, Kesehatan, Karunia dan keberkahan di dunia dan di akhirat atas budi baik yang telah diberikan kepada saya.

Dalam kesempatan yang berbahagia ini, dengan segenap hati saya mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah banyak memberikan pengetahuan dan bimbingan serta saran kepada saya untuk penyusunan laporan ini, terutama kepada :

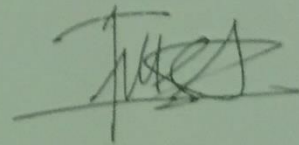
1. Bapak Muhammad Husin Gultom, ST, MT selaku dosen pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Ir.Zurkiyah, MT selaku dosen pembimbing 1 yang telah banyak mengarahkan penulisan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Fadliansyah, ST, MT selaku dosen pembimbing 2 yang telah banyak mengarahkan penulisan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Hj.Irma Dewi ST, M.Si. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansuri Siregar, ST, M.Sc, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Kepada seluruh Dosen Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Kepada kedua orang tua saya yang telah mendukung saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Kepada seluruh teman-teman *team* penelitian aspal untuk mengerjakan tugas akhir.

Terima Kasih kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Akhirnya saya mengharapkan semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kami dan para pembaca. Dan akhirnya kepada Allah SWT. saya serahkan segalanya demi tercapainya keberhasilan yang sepenuhnya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Medan, 30 Januari 2020



(Tondi Mario Sitorus)

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Pembahasan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Aspal	5
2.2. <i>Asphalt Treated Base</i> (ATB)	5
2.3. Aspal Polimer	6
2.4. Pembagian Laston	6
2.5. Agregat	8
2.5.1. Agregat Umum	8
2.5.2. Agregat Kasar	8
2.5.3. Agregat Halus	10
2.6. Bahan Pengisi (<i>Filler</i>) Untuk Campuran Beraspal	11
2.6.1. Lateks (Getah Karet)	12
2.7. Gradasi Agregat Gabungan	12
2.8. Bahan Aspal Untuk Campuran Beraspal	13
2.9. Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar (SNI 03-1968-1990)	17
2.9.1. Ruang Lingkup	17
2.9.2. Pengertian	17
2.9.3. Peralatan	17

2.9.4. Benda Uji	18
2.9.5. Cara Pengujian	18
2.10. Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat <i>Marshall</i> (SNI 06-2489-1991)	19
2.10.1. Ruang Lingkup	19
2.10.2. Pengertian	19
2.10.3. Cara Uji	19
2.10.4. Perhitungan	20
2.10.5. Tabel dan Grafik Koreksi <i>Marshall</i>	21
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1. Metode Penelitian	23
3.1.1 Data Primer	25
3.1.2 Data Sekunder	26
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.3. Bahan dan Peralatan	26
3.3.1. Bahan	26
3.3.2. Peralatan	26
3.4. Persiapan Material	28
3.5. Pemeriksaan Agregat	28
3.6. Pembuatan Benda Uji	28
3.7. Pengujian dengan Alat <i>Marshall</i>	30
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1. Hasil Penelitian	31
4.1.1. Pemeriksaan Gradasi Agregat	31
4.1.2. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat	35
4.1.3. Hasil Pemeriksaan Aspal	39
4.1.4. Pemeriksaan Terhadap Parameter Benda Uji	40
4.2 Pembahasan dan Analisis	42
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ketentuan Agregat Kasar (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)	9
Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Halus (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)	11
Tabel 2.3 Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)	13
Tabel 2.4 Contoh Batas-Batas “Bahan Bergradasi Senjang” (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)	13
Tabel 2.5 Ketentuan Untuk Aspal Keras (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)	14
Tabel 2.6 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC) (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)	16
Tabel 2.7 Tabel Koreksi <i>Marshall</i> (Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat <i>Marshall</i> SNI 06-2489-1991)	21
Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan analisis saringan agregat kasar (Ca) $\frac{3}{4}$ ” inch.	31
Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan analisis saringan agregat kasar (Ma) $\frac{1}{2}$ inch.	32
Tabel 4.3 Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus pasir (<i>Sand</i>).	32
Tabel 4.4 Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus abu batu (Cr).	32
Tabel 4.5 Hasil kombinasi gradasi agregat standar.	33
Tabel 4.6 Data persen agregat yang di peroleh pada campuran normal	34
Tabel 4.7 Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji standar.	35
Tabel 4.8 Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji menggunakan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9%, pada KAO.	35
Tabel 4.9 Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat kasar CA $\frac{3}{4}$ inch.	36
Tabel 4.10 Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat kasar MA $\frac{1}{2}$ inch.	37
Tabel 4.11 Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat halus pasir (<i>sand</i>).	38
Tabel 4.12 Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat halus abu batu (Cr).	38
Tabel 4.13 Hasil pemeriksaan karakteristik aspal Pertamina Pen 60/70 (PT. Tri Murti Patumbak)	39
Tabel 4.14 Rekapitulasi hasil uji <i>Marshall</i> campuran Normal.	41
Tabel 4.15 Rekapitulasi hasil uji <i>Marshall</i> campuran dengan menggunakan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9% pada keadaan KAO.	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Susunan lapis konstruksi perkerasan lentur	7
Gambar 2.2: Grafik Angka Koreksi <i>Marshall</i>	22
Gambar 3.1. Bagan alir penelitian yang dilaksanakan	24
Gambar 4.1. Grafik hasil kombinasi gradasi agregat	34
Gambar 4.2. Grafik KAO	42
Gambar 4.3. Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Bulk Density</i> (<i>gr/cc</i>) campuran normal	43
Gambar 4.4. Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Bulk Density</i> (<i>gr/cc</i>) menggunakan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9%.	43
Gambar 4.5. Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Stability</i> (Kg) campuran normal.	44
Gambar 4.6. Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Stability</i> (Kg) menggunakan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9%.	44
Gambar 4.7. Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Air Voids</i> (VIM) (%) Campuran normal.	45
Gambar 4.8. Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Air Voids</i> (VIM) (%) menggunakan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9%.	45
Gambar 4.9. Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Voids Filled</i> (%) Campuran Normal.	46
Gambar 4.10. Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Voids Filled</i> (%) menggunakan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9%.	46
Gambar 4.11. Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) Campuran normal.	47
Gambar 4.12. Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) menggunakan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9%.	47
Gambar 4.13. Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Flow</i> (mm) Campuran normal.	48
Gambar 4.14. Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Flow</i> (mm) menggunakan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9%.	48

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Aspal merupakan material yang berwarna hitam sampai coklat tua dimana pada temperatur ruang berbentuk padat sampai semi padat. Jika temperatur tinggi aspal akan mencair dan pada saat temperatur menurun aspal akan kembali menjadi keras (padat) sehingga aspal merupakan material yang termoplastis. Berdasarkan cara memperolehnya aspal dapat dibedakan atas aspal alam dan aspal buatan. Aspal alam adalah aspal yang tersedia di alam seperti aspal danau di Trinidad dan aspal gunung seperti di Pulau Buton. Aspal buatan adalah aspal yang diperoleh dari proses destilasi minyak bumi (aspal minyak) dan batu bara. Jenis aspal yang umum digunakan pada campuran aspal panas adalah aspal minyak. Aspal minyak dapat dibedakan atas aspal keras (aspal semen), aspal dingin/cair dan aspal emulsi. (Mashuri, 2010)

Di Indonesia saat ini sebagai bahan pengikat didalam perkerasan jalan digunakan aspal minyak penetrasi 60 dan penetrasi 80 atau biasa disebut dengan AC 60/70 dan AC 80/90. Dari hasil pengamatan selama ini dilapangan penggunaan AC 60/70 kurang tahan lama atau cepat mengeras dengan manifestasi perkerasan jalan relative cepat retak, sedangkan penggunaan AC 80/90 kurang keras dengan manifestasi permukaan jalan relative cepat bergelombang. Masalah ini timbul karena iklim di Indonesia yang tropis, yaitu sinar matahari sepanjang tahun, curah hujan yang tinggi dan kondisi perkerasan di Indonesia pada umumnya kurang mantap. Untuk kondisi iklim dan kondisi perkerasan jalan di Indonesia tersebut sangat diperlukan bahan pengikat yang bersifat keras, titik leleh yang tinggi, elastis, pelekatan yang baik dan tahan lama. Untuk meningkatkan masing-masing mutu aspal minyak penetrasi 60 dan aspal minyak penetrasi 80 agar menjadi lebih keras, titik leleh yang tinggi, lebih elastis, pelekatan baik dan lebih tahan lama, maka perlu penambahan bahan lain dan pada penelitian ini dicoba mencampur aspal dengan Lateks (getah karet).

Lateks adalah cairan getah yang didapat dari bidang sadap pohon karet. Lateks yang baik harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- a) Tidak terdapat kotoran atau benda-benda lain, seperti daun atau kayu.
- b) Tidak tercampur dengan bubur Lateks, air ataupun serum Lateks.
- c) Warna putih dan berbau karet segar
- d) Mempunyai kadar karet kering 20 % sampai 28 %

Agar pembuatan aspal karet dapat digunakan secara efektif, maka bahan tambah harus memenuhi persyaratan. Bahan yang ditambahkan dengan aspal harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

- a) Sifat baik dari aspal semula harus dipertahankan, termasuk pada saat penyimpanan, pengeringan dan masa pelayanan.
- b) Mudah diproses meskipun dengan peralatan konvensional
- c) Secara fisik dan kimia tetap baik pada saat penyimpanan, pengerjaan, maupun masa pelayanan.

Selain didalam literatur, ada penelitian yang telah selesai melakukan dan masih terus dikembangkan, yaitu Leksiminingsih dari Pusat Litbang Jalan Bandung, yang telah meneliti campuran aspal minyak dengan Lateks menggunakan kadar karet kering 60%. (Amal, 2012)

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Berapa besar pengaruh getah karet terhadap karakteristik *Marshall* pada aspal penetrasi 60/70 ?
2. Berapa nilai karakteristik *Marshall* yang menggunakan bahan tambah getah karet pada campuran AC-BC penetrasi 60/70 yang memenuhi spesifikasi Bina Marga, 2018?

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian yang akan dibahas dalam penulisan skripsi ini, yaitu:

1. Penelitian ini meninjau karakteristik *Marshall* terhadap campuran dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70.
2. Penelitian ini meninjau pengaruh penambahan getah karet terhadap campuran pada lapisan antara (AC-BC).

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini untuk:

1. Mengetahui pengaruh penambahan getah karet pada campuran AC-BC penetrasi 60/70 terhadap karakteristik *Marshall*.
2. Mengetahui nilai karakteristik *Marshall* yang menggunakan bahan tambah getah karet pada campuran AC-BC penetrasi 60/70 yang memenuhi spesifikasi Bina Marga, 2018.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Secara akademis penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan penggunaan getah karet sebagai bahan penambahan pada campuran aspal penetrasi 60/70.
2. Secara teoritis dapat meningkatkan pemahaman dalam menganalisa data untuk mengetahui nilai Marshall dari hasil yang dikaji secara umum.
3. Secara praktis dapat mengetahui pengaruh penambahan getah karet terhadap aspal penetrasi 60/70.

1.6. Sistematika Pembahasan

BAB 1 PENDAHULUAN: Bab ini menyajikan pendahuluan yang meliputi latar belakang masalah, permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian.

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA: Bab ini membahas tentang landasan teori yang mencakup pengertian aspal dan getah karet (Lateks).

BAB 3 METODE PENELITIAN: Bab ini membahas mengenai penentuan obyek penelitian, metode pengumpulan data, kerangka penelitian, dan analisis data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN: Bab ini menyajikan tentang laporan hasil penelitian dan pembahasan dari penelitian sehingga data yang ada mempunyai arti.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN: Bab ini menyajikan kesimpulan hasil penelitian yang ditarik dari Analisa data, hipotesis dan pembahasan serta saran yang memuat masukan-masukan dari penulis yang terkait dengan penelitian dan diuraikan kelemahan penelitian.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Aspal

Aspal adalah material yang berwarna hitam atau coklat tua dan berfungsi sebagai bahan pengikat, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, sebagian besar terbentuk dari unsur hidrokarbon yang disebut bitumen, sehingga seringkali aspal disebut pula bituminous material. (Amal, 2012)

Bitumen adalah zat perekat material (viscous cementitious material), berwarna hitam atau gelap, berbentuk padat atau semi padat, yang dapat diperoleh di alam ataupun sebagai hasil produksi. Bitumen dapat berupa aspal, tar, atau pitch. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi, tar adalah hasil kondensat dalam destilasi destruktif dari batubara, minyak bumi, kayu, atau material organik lainnya, sedangkan pitch diperoleh sebagai residu dari destilasi fraksional tar.

Tar dan pitch tidak diperoleh di alam, namun merupakan produk kimiawi. Dari ketiga jenis bitumen tersebut di atas, hanya aspal yang umum digunakan untuk sebagai bahan pembentuk perkerasan jalan, sehingga seringkali bitumen disebut sebagai aspal. Aspal bersifat termoplastis yaitu mencair jika dipanaskan dan kembali membeku jika temperatur turun. Sifat ini digunakan dalam proses konstruksi perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4 - 10% berdasarkan berat campuran, atau 10 - 15% berdasarkan volume campuran. (Sukirman, 2016)

2.2. Asphalt Treated Base (ATB)

Asphalt Treated Base merupakan salah satu jenis dari lapisan perkerasan konstruksi perkerasan lentur dan merupakan bagian dari aspal beton campuran panas. Jenis perkerasan ini merupakan campuran agregat dan pengikat yang telah dipadatkan yang diletakkan diatas lapisan pondasi bawah dan berfungsi untuk mendukung dan menyebarkan beban serta sebagai tempat meletakkan lapis

permukaan. Selain itu diformulasikan juga untuk meningkatkan keawetan dan ketahanan kelelahan. (Amal, 2012)

2.3. Aspal Polimer

Aspal polimer adalah aspal keras yang dimodifikasi dengan polimer. Aspal polimer terdiri atas aspal plastomer dan elastomer. Contoh plastomer (plastik) antara lain polypropylene dan polyethylene, sedangkan elastomer antara lain aspal karet alam dan styrene butadiene styrene (SBS) (SNI 6749:2008). Penggunaan polimer sintetis telah dilakukan untuk meningkatkan mutu aspal. Namun bahan tersebut perlu diimpor, sehingga tidak memberi nilai tambah bagi produk dalam negeri dan sangat tergantung dari produsen di luar negeri. (Prastanto, 2014)

Aspal termodifikasi polimer merupakan salah satu jenis formula aspal dengan penambahan polimer untuk mendapatkan sifat perkerasan jalan yang lebih baik, yaitu mengurangi deformasi pada perkerasan, meningkatkan ketahanan terhadap retak dan kelelahan pada agregat. Penelitian ini telah dilakukan dengan menggunakan karet alam SIR 20 terdepolimerisasi sebagai aditif pada aspal dengan konsentrasi 3%, 5%, dan 7% b/b. (Prastanto, Cifriadi, & Ramadhan, 2015)

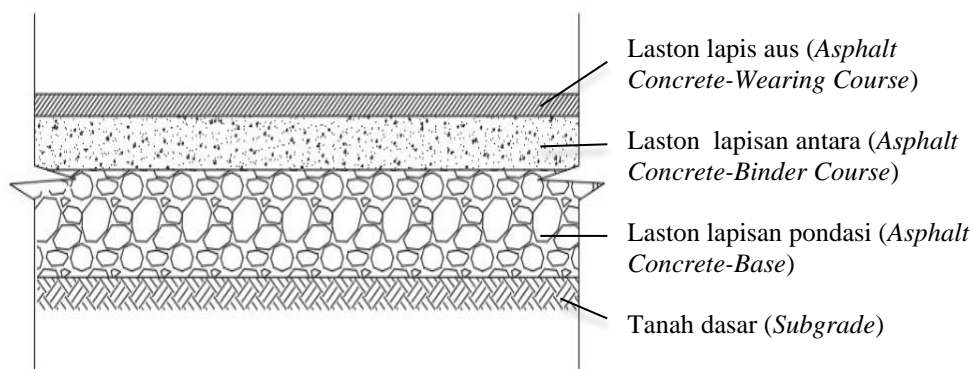
Dari hasil pengujian penetrasi, titik lembek, titik nyala, dan % kehilangan berat setelah pemanasan didapatkan konsentrasi terbaik, yaitu 5%. Data hasil uji Marshall yang terdiri dari stabilitas, pelelehan, stabilitas sisa setelah perendaman, dan hasil bagi Marshall berturut-turut adalah 1135,46 kg, 3,47 mm, 91,78%, dan 327,22 kg/mm. Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan SNI untuk aspal polimer (SNI 062489-91) dan memiliki sifat yang lebih baik daripada aspal tanpa penambahan aditif (kontrol). (Prastanto et al., 2015)

2.4. Pembagian Laston

Menurut spesifikasi Bina Marga Devisi 6 (2018) laston dibagi menjadi:

1. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*), diameter butir maksimal 19,0 mm, bertekstur halus.

2. Laston sebagai lapisan antara/pengikat, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*), diameter butir maksimal 25,4 mm, bertekstur sedang.
3. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*), diameter butir maksimal 37,5 mm, bertekstur kasar.
 - a. Laston lapis aus (*Asphalt Concrete-Wearing Course*)
 - b. Laston lapisan antara (*Asphalt Concrete-Binder Course*)
 - c. Laston lapisan pondasi (*Asphalt Concrete-Base*)
 - d. Tanah dasar (*Subgrade*)



Gambar 2.1 Susunan lapis konstruksi perkerasan lentur
(Apriyanti, 2017)

Lapisan Beton Aspal adalah lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural yang pertama kali dikembangkan oleh *The Asphalt Institute* dengan nama *Asphalt Concrete (AC)*. (Agustian & Ridha, 2018)

Laston lapis aus (AC-WC) merupakan lapisan paling atas dari struktur perkerasan yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan. Lapisan ini juga berfungsi sebagai pelindung konstruksi dibawahnya dari kerusakan akibat air dan cuaca, sebagai lapisan aus dan menyediakan permukaan jalan rata dan tidak licin. (Razuardi, Saleh, & Isya, 2018)

2.5. Agregat

Menurut SNI 03-2847-2002, agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku pijar, yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidrolik.

2.5.1. Agregat Umum

Menurut spesifikasi umum bina marga 2018 Agregat Umum adalah:

- a) Agregat yang akan digunakan dalam pekerjaan harus sedemikian rupa agar campuran beraspal, yang proporsinya dibuat sesuai dengan rumusan campuran kerja, memenuhi semua ketentuan yang disyaratkan dalam Tabel 2.6.
- b) Agregat tidak boleh digunakan sebelum disetujui terlebih dahulu oleh Pengawas Pekerjaan. Bahan harus ditumpuk sesuai dengan ketentuan.
- c) Sebelum memulai pekerjaan Penyedia Jasa harus sudah menumpuk setiap fraksi agregat pecah dan pasir untuk campuran beraspal, paling sedikit untuk kebutuhan satu bulan dan selanjutnya tumpukan persediaan harus dipertahankan paling sedikit untuk kebutuhan campuran beraspal satu bulan berikutnya.
- d) Dalam pemilihan sumber agregat, Penyediaan Jasa dianggap sudah memperhitungkan penyerapan aspal oleh agregat. Variasi kadar aspal akibat tingkat penyerapan aspal yang berbeda, tidak dapat diterima sebagai alasan untuk negosiasi kembali harga satuan dari Campuran beraspal.
- e) Penyerapan air oleh agregat maksimum 2% untuk SMA dan 3% untuk yang lain.

2.5.2. Agregat Kasar

Menurut spesifikasi umum bina marga 2018 Agregat Kasar adalah:

- a) Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet

dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 2.1.

- b) Fraksi agregat kasar harus dari batu pecah mesin dan disiapkan dalam ukuran nominal sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan.
- c) Agregat kasar harus mempunyai angularitas seperti yang disyaratkan dalam Tabel 2.1. Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 4,75 mm dengan muka bidang pecah satu atau lebih berdasarkan uji menurut SNI 7619:2012.
- d) Fraksi agregat kasar harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) sedemikian rupa sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik.

Tabel 2.1: Ketentuan Agregat Kasar (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

Pengujian		Metoda Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium Sulfat	SNI 3407:2008	Maks 12 %
	Magnesium Sulfat		Maks 18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	Maks 6 %
		500 putaran	Maks 30 %
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks 8 %
		500 putaran	Maks 40 %
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	ASTM D4791-10 Perbandingan 1:5	Maks 5 %
	Lainnya		Maks 10 %
Material lolos ayakan No.200	-	SNI ASTM C117 2012	Maks 1 %

Catatan:

- *) 100/90 menunjukkan bahwa 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dari 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

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

2.5.3. Agregat Halus

Menurut spesifikasi umum bina marga 2018 Agregat Halus adalah:

- a) Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No. 4 (4,75 mm).
- b) Fraksi agregat halus pecah mesin dan pasir harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar.
- c) Agregat pecah halus dan pasir harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi campuran aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold binfeeds*) yang terpisah sehingga gradasi gabungan dan presentase pasir di dalam campuran dapat dikendalikan dengan baik.
- d) Pasir alam dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran.

Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Batu pecah halus harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan mutu dalam.

Untuk memperoleh agregat halus yang memenuhi ketentuan diatas:

- a) Bahan baku untuk agregat halus dicuci terlebih dahulu secara mekanis sebelum dimasukkan ke dalam mesin pemecah batu, atau
- b) Digunakan *scalping screen* dengan proses berikut ini:
 - fraksi agregat halus yang diperoleh dari hasil pemecah batu tahap pertama (*primary crusher*) tidak boleh langsung digunakan
 - agregat yang diperoleh dari hasil pemecah batu tahap pertama (*primary crusher*) harus dipisahkan dengan *vibro scalping screen* yang dipasang di antara *primary crusher* dan *secondary crusher*
 - material tertahan *vibro scalping screen* akan dipecah oleh *secondary crusher* hasil pengayakan dapat digunakan sebagai agregat halus

- material lolos *vibro scalping screen* hanya boleh digunakan sebagai komponen material Lapis Fondasi Agregat.
- e) Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2: Ketentuan Agregat Halus (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

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

2.6. Bahan Pengisi (*Filler*) Untuk Campuran Beraspal

Menurut spesifikasi umum bina marga 2018 Bahan Pengisi (*Filler*) adalah:

- a) Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) dapat berupa debu batu kapur (*limestone dust*), atau debu kapur padam atau debu kapur magnesium atau dolomit yang sesuai dengan AASHTO M303-89(2014), atau semen atau abu terbang tipe C dan F yang sumbernya disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Bahan pengisi jenis semen hana diizinkan untuk campuran beraspal panas dengan bahan pengikat jenis aspal keras Pen 60-70.
- b) Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136:2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 200 (75 micron) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya.
- c) Bahan pengisi yang ditambahkan (*filer added*), untuk semen harus dalam rentang 1% sampai dengan 2% terhadap berat total agregat dan untuk bahan pengisi lainnya harus dalam rentang 1% samapi dengan 3% terhadap berat total agregat. Khusus untuk SMA tidak dibatasi kadarnya tetap tidak boleh menggunakan semen.

2.6.1. Lateks (Getah Karet)

Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan adalah dengan menggunakan aspal modifikasi polimer. Karet alam merupakan polimer jenis elastomer dengan harga yang relatif murah. Sebagai produsen karet alam, Indonesia perlu mencari alternatif pemanfaatan karet alam tersebut, termasuk memanfaatkannya sebagai bahan modifikasi aspal. Penelitian ini dilakukan dengan membuat 4 jenis aspal yang dimodifikasi Lateks Alam KKK 60, yang masing-masing dengan proporsi lateks yang ditambahkan 0 %, 1 %, 3 %, dan 5 %. Selanjutnya, sifat reologi aspal yang dimodifikasi tersebut diuji dengan menggunakan alat Dynamic Shear Rheometer (DSR) pada kondisi aspal fresh, setelah penuaan jangka pendek, dan setelah penuaan jangka panjang.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan Lateks Alam KKK 60 dapat meningkatkan reologi aspal sehingga lebih elastis, lebih kaku, lebih tahan terhadap rutting, dan lebih tahan terhadap retak. Namun peningkatan sifat reologi setelah mengalami penuaan jangka pendek relatif lebih sedikit karena kemungkinan terjadi pemecahan rantai molekul polimer lateks alam. (Hermadi & Ronny, 2015)

2.7. Gradasi Agregat Gabungan

Menurut spesifikasi umum bina marga 2018 Gradasi Agregat Gabungan adalah campuran beraspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas-batas yang diberikan dalam Tabel 2.3. Rancangan dan Perbandingan Campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas-batas yang diberikan dalam Tabel 2.3.

Untuk memperoleh gradasi HRS-WC atau HRS-Base yang senjang, maka paling sedikit 80% agregat lolos ayakan No.8 (2,36 mm) harus lolos ayakan No.30 (0,600 mm). Bilamana gradasi yang diperoleh tidak memenuhi kesenjangan yang disyaratkan Tabel 2.4 di bawah ini, Pengawas Pekerjaan dapat menerima gradasi tersebut asalkan sifat-sifat campurannya memenuhi ketentuan.

Tabel 2.3: Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix Aspal (SMA)			Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5								100
1"	25			100				100	90-100
¾"	19		100	90-100	100	100	100	90-100	76-90
½"	12,5	100	90-100	50-88	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
⅜"	9,5	70-95	50-80	25-60	75-85	65-90	77-90	66-82	52-71
No.4	4,75	30-50	20-35	20-28			53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	20-30	16-24	16-24	50-72	35-55	33-53	30-49	23-41
No.16	1,18	14-21					21-40	18-38	13-30
No.30	0,600	12-18			35-60	15-35	14-30	12-28	10-22
No.50	0,300	10-15					9-22	7-20	6-15
No.100	0,150						6-15	5-13	4-10
No.200	0,075	8-12	8-11	8-11	6-10	2-9	4-9	4-8	3-7

Tabel 2.4: Contoh Batas-Batas “Bahan Bergradasi Senjang” (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

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

2.8. Bahan Aspal Untuk Campuran Beraspal

Menurut spesifikasi umum bina marga 2018 Bahan Aspal untuk Campuran Beraspal adalah:

- a) Bahan aspal berikut yang sesuai dengan Tabel 2.5 dapat digunakan.

Bahan pengikat ini dicampur dengan agregat sehingga menghasilkan campuran beraspal sebagaimana mestinya sesuai dengan yang disyaratkan yang disebutkan dalam tabel 2.6 mana yang relevan, sebagaimana yang disebutkan dalam gambar atau yang di perintahkan oleh pengawas pekerjaan.

Pengambilan contoh bahan aspal harus dilaksanakan sesuai dengan SNI 06-6399-2000 dan pengujian sesuai sifat-sifat (properties) yang disyaratkan dalam table 2.5 harus dilakukan. Bilamana jenis aspal modifikasi tidak disebutkan dalam gambar maka penyedia jasa dapat memilih aspal Tipe II jenis PG 70 dalam tabel 2.5 dibawah ini.

- b) Contoh bahan aspal harus diekstraksi dari benda uji sesuai dengan cara SNI 03-3640-1994 (metoda soklet) atau SNI 03-6894-2002 (metoda sentrifus) atau AASHTO T164-14 (metoda tungku pengapian). Jika metoda sentrifitus digunakan, setelah konsentrasi larutan aspal yang terekstraksi mencapai 200 mm, partiker mineral yang terkandung harus di pindahkan kedalam suatu alat sentrifugal. Pemindahan ini dianggap memenuhi bila mana kadar abu dalam bahan aspal yang diperoleh kembali tidak melebihi 1% (dengan pengapian). Jika bahan aspal diperlukan untuk pengujian lebih lanjut maka bahan aspal itu harus diperoleh kembali dalam larutan sesuai dengan prosedur SNI 03-6894-2002.
- c) Aspal tipe I harus diuji pada setiap kedatangan dan sebelum dituangkan ke tangki penyimpanan AMP untuk penetrasi pada 25°C (SNI 2456:2011). Tipe II harus diuji untuk stabilitas penyimpanan sesuai dengan ASTM D5976-00 Part 6.1. Semua tipe aspal yang baru datang harus ditempatkan dalam tangki sementara sampai hasil pengujian tersebut diketahui. Tidak ada aspal yang boleh digunakan sampai aspal tersebut telah diuji dan disetujui.

Tabel 2.5: Ketentuan Untuk Aspal Keras (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Aspal Modifikasi	
				Elastomer Sintesis	
				PG70	PG76
1.	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70	Dilaporkan ⁽¹⁾	
2.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin \delta$) pada osilasi 10 red/detik $\geq 1,0$ kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
3.	Viskositas Kinematis 135°C (cSt) ⁽³⁾	ASTM D2170-10	≥ 300	≤ 3000	
4.	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	Dilaporkan ⁽²⁾	
5.	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	-	

Tabel 2.5: *Lanjutan*

6.	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 230	
7.	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-14	≥ 99	≥ 99	
8.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	$\geq 1,0$	-	
9.	Stabilitas penyimpanan perbedaan titik lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-	$\leq 2,2$	
10.	Kadar paraffin lilin (%)	SNI 03-3639-2002	2		
Penguujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT(SNI-03-6835-2002)					
11.	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	$\leq 0,8$	$\leq 0,8$	
12.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin \delta$) pada osilasi 10 rad/detik 2,2 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
13.	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456-2011	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14.	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50	≥ 50	≥ 25
Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) pada temperatur 100°C dan tekanan 2,1 MPa					
15.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin \delta$) pada osilasi 10 rad/detik ≤ 5000 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	31	34

Catatan:

1. Penguujian semua sifat-sifat harus dilaksanakan sebagaimana yang disyaratkan. Sedangkan untuk pengendalian mutu di lapangan, ketentuan untuk aspal dengan penetrasi ≥ 50 adalah ± 4 (0,1 mm) dan untuk aspal dengan penetrasi < 50 adalah ± 2 (0,1 mm), masing-masing dari nilai penetrasi yang dilaporkan pada saat penguujian semua sifat-sifat aspal keras.
2. Penguujian semua sifat-sifat harus dilaksanakan sebagaimana yang disyaratkan. Sedangkan untuk pengendalian mutu di lapangan, ketentuan titik lembek diterima adalah $\pm 1^\circ\text{C}$ dari nilai titik lembek yang dilaporkan pada saat penguujian semua sifat-sifat aspal keras.
3. Viskositas diuji juga pada temperatur 100°C dan 160°C untuk tipe I, untuk tipe II pada temperatur 100°C dan 170°C untuk menetapkan temperatur yang akan diterapkan.
4. Jika untuk penguujian viskositas tidak dilakukan sesuai dengan AASHTO T201-15 maka hasil penguujian harus dikonversikan ke satuan SI.

Tabel 2.6: Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC) (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

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

Catatan:

1. Penentuan VCAmix dan VCAdre sesuai AASHTO R46-08 (2012).
VCAmix : *Voids in coarse aggregate within compacted mixture.*
VCAdre : *Voids in coarse aggregate fraction in dry-rodded condition.*
2. Pengujian draindown sesuai AASHTO T305-14
3. Modifikasi Marshall.
4. Rongga dalam campuran dihitung berdasarkan pengujian berat jenis Maksimum Agregat (Gmm test, SNI 03-6893-2002).
5. Pengawas pekerjaan dapat atau menyetujui AASHTO T283-14 sebagai alternatif pengujian kepekaan terhadap kadar air. Pengondisian beku cair (*freeze thaw conditioning*) tidak diperlukan. Nilai Indirect Tensile Strength Retained (ITSR) minimum 80% pada VIM (Rongga dalam Campuran) 7% ± 0,5%. Untuk mendapatkan VIM 7% ± 0,5%, buatlah benda uji Marshall dengan variasi tumbukan pada kadar aspal optimum, misal 2x40, 2x50, 2x60 dan 2x75 tumbukan. Kemudian dari setiap benda uji tersebut, hitung nilai VIM dan buat hubungan antara jumlah tumbukan dan VIM. Dari grafik tersebut dapat diketahui jumlah tumbukan yang memiliki nilai VIM 7% ± 0,5%, kemudian lakukan pengujian ITSr untuk mendapatkan *Indirect Tensile Strength Ratio* (ITSr) sesuai SNI 6753 : 2008 atau AASTHO T283-14 tanpa pengondisian -18 ± 3°C.

6. Untuk menentukan kepadatan membal (*refusal*), disarankan menggunakan penumbuk bergetar (*vibratory hammer*) agar pecahnya butiran agregat dalam campuran dapat dihindari. Jika digunakan penumbukan manual jumlah tumbukan perbidang harus 600 untuk cetakan berdiameter 6 inch dan 400 untuk Jatakan berdiameter 4 inch.
7. Pengujian Wheel Tracking Machine (WTM) harus dilakukan pada temperatur 60 ° C. Prosedur pengujian harus mengikuti serti pada *Technical Guidline for Pavement Design and Construction*, Japan Road Association (JRA 2005).

2.9. Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar (SNI 03-1968-1990)

2.9.1. Ruang Lingkup

Metode pengujian jenis tanah ini mencakup jumlah dan jenis-jenis tanah baik agregat halus maupun agregat kasar. Hasil pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar dapat digunakan antara lain:

- 1) Penyelidikan quarry agregat;
- 2) Perencanaan campuran dan pengendalian mutu beton.

2.9.2. Pengertian

Analisis saringan agregat ialah penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir.

2.9.3. Peralatan

Peralatan yang dipergunakan adalah sebagai berikut :

- 1) timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji;
- 2) satu set saringan; 37,5 mm (3"); 63,5 mm (2½"); 50,8 mm (2"); 19,1 mm (¾"); 12,5 mm (½"); 9,5 mm (⅜"); No.4 (4.75 mm); No.8 (2,36 mm); No.16 (1,18 mm); No.30 (0,600 mm); No.50 (0,300 mm); No.100 (0,150 mm); No.200 (0,075 mm);

- 3) oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 + 5)^{\circ}\text{C}$;
- 4) alat pemisah contoh;
- 5) mesin pengguncang saringan;
- 6) talam-talam;
- 7) kuas, sikat kuningan, sendok, dan alat-alat lainnya.

2.9.4. Benda Uji

Benda uji diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat banyak : benda uji disiapkan berdasarkan standar yang berlaku dan terkait kecuali apabila butiran yang melalui saringan No. 200 tidak perlu diketahui jumlahnya dan bila syarat-syarat ketelitian tidak menghendaki pencucian.

- 1) Agregat halus terdiri dari :
 - a) ukuran maksimum 4,76 mm; berat minimum 500 gram;
 - b) ukuran maksimum 2,38 mm; berat minimum 100 gram.
- 2) agregat kasar terdiri dari :
 - a) ukuran maks. 3,5"; berat minimum 35,0 kg
 - b) ukuran maks. 3"; berat minimum 30,0 kg
 - c) ukuran maks. 2,5"; berat minimum 25,0 kg
 - d) ukuran maks. 2"; berat minimum 20,0 kg
 - e) ukuran maks. 1,5"; berat minimum 15,0 kg
 - f) ukuran maks. 1"; berat minimum 10,0 kg
 - g) ukuran maks. 3/4" berat minimum 5,0 kg
 - h) ukuran maks. 1/2"; berat minimum 2,5 kg
 - i) ukuran maks. 3/8"; berat minimum 1,0 kg
- 3) Bila agregat berupa campuran dari agregat halus dan agregat kasar, agregat tersebut dipisahkan menjadi 2 bagian dengan saringan No. 4.; Selanjutnya agregat halus dan agregat kasar disediakan sebanyak jumlah seperti tercantum diatas.

2.9.5. Cara Pengujian

Urutan proses dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

- 1) benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu (10 ± 5)°C, sampai berat tetap; SNI 03-1968-1990 3
- 2) saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

2.10. Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat *Marshall* (SNI 06-2489-1991)

2.10.1. Ruang Lingkup

Pengujian ini meliputi pengukuran stabilitas dan alir (flow) dari suatu campuran aspal dengan agregat ukuran maksimum 2,54 cm.

2.10.2. Pengertian

Yang dimaksud dengan :

1. Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi alir (flow) yang dinyatakan dalam kilogram;
2. Alir (flow) adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban, dinyatakan dalam mm.

2.10.3. Cara Uji

Cara uji dilakukan, sebagai berikut :

Waktu yang diperlukan dari saat diangkatnya benda uji dari bak perendaman atau oven sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik.

- 1) Rendamlah benda uji dalam bak perendam (water bath) selama 30 – 40 menit dengan suhu tetap 60° C (± 1 ° C) untuk benda uji yang menggunakan aspal padat, untuk benda uji yang menggunakan aspal cair masukkan benda uji ke dalam oven selama minimum 2 jam dengan suhu tetap 25° C (± 1 ° C);
- 2) Keluarkan benda uji dari bak perendam atau dari oven dan letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan;
- 3) Pasang segmen atas di atas benda uji, dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji;

- 4) Pasang arloji pengukur alir (flow) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (sleeve) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan;
- 5) Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji;
- 6) Atur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol;
- 7) Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (stability) yang dicapai, untuk benda uji yang tebalnya tidak sebesar 63,5 mm.
- 8) Catat nilai alir (flow) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur alir pada saat pembebanan maksimum tercapai.

2.10.4. Perhitungan

Untuk menghitung hasil pengujian, digunakan rumus sebagai berikut:

- 1) Persen aspal terhadap campuran (%):

$$\frac{\% \text{ Aspal terhadap batuan}}{\% \text{ Aspal terhadap batuan} + 100\%} \times 100\% \quad (2.1)$$

- 2) Berat isi (t/m^3);

$$\frac{\text{Berat benda uji}}{\text{Isi benda uji}} \quad (2.2)$$

- 3) Stabilitas (kg);

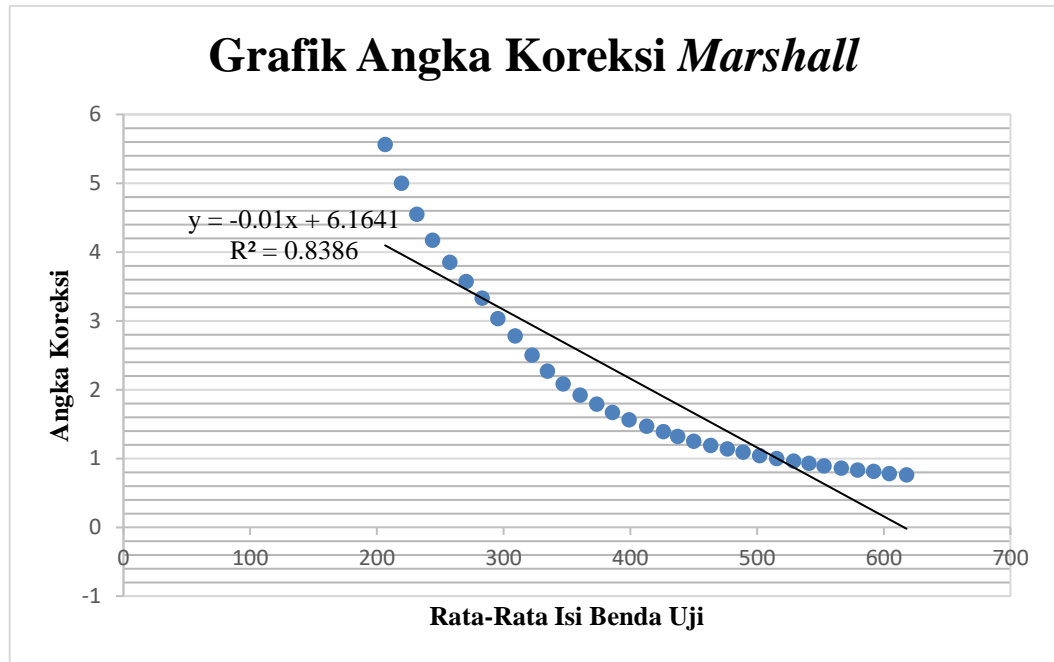
Pembacaan arloji tekan \times Angka korelasi beban

Alir (flow) (mm); Dibaca pada arloji pengukur alir.

2.10.5. Tabel dan Grafik Koreksi *Marshall*

Tabel 2.7: Tabel Koreksi *Marshall* (Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat *Marshall* SNI 06-2489-1991)

Isi Benda Uji (Cm3)		Rata-Rata	Angka Koreksi
200	213	206.5	5.56
214	225	219.5	5
226	237	231.5	4.55
238	250	244	4.17
251	264	257.5	3.85
265	276	270.5	3.57
277	289	283	3.33
290	301	295.5	3.03
302	316	309	2.78
317	328	322.5	2.5
329	340	334.5	2.27
341	353	347	2.08
354	367	360.5	1.92
368	379	373.5	1.79
380	392	386	1.67
393	405	399	1.56
406	420	413	1.47
421	431	426	1.39
432	443	437.5	1.32
444	456	450	1.25
457	470	463.5	1.19
471	482	476.5	1.14
483	495	489	1.09
496	508	502	1.04
509	522	515.5	1
523	535	529	0.96
536	546	541	0.93
547	559	553	0.89
560	573	566.5	0.86
574	585	579.5	0.83
586	598	592	0.81
599	610	604.5	0.78
611	625	618	0.76



Gambar 2.2: Grafik Angka Koreksi *Marshall*

BAB 3

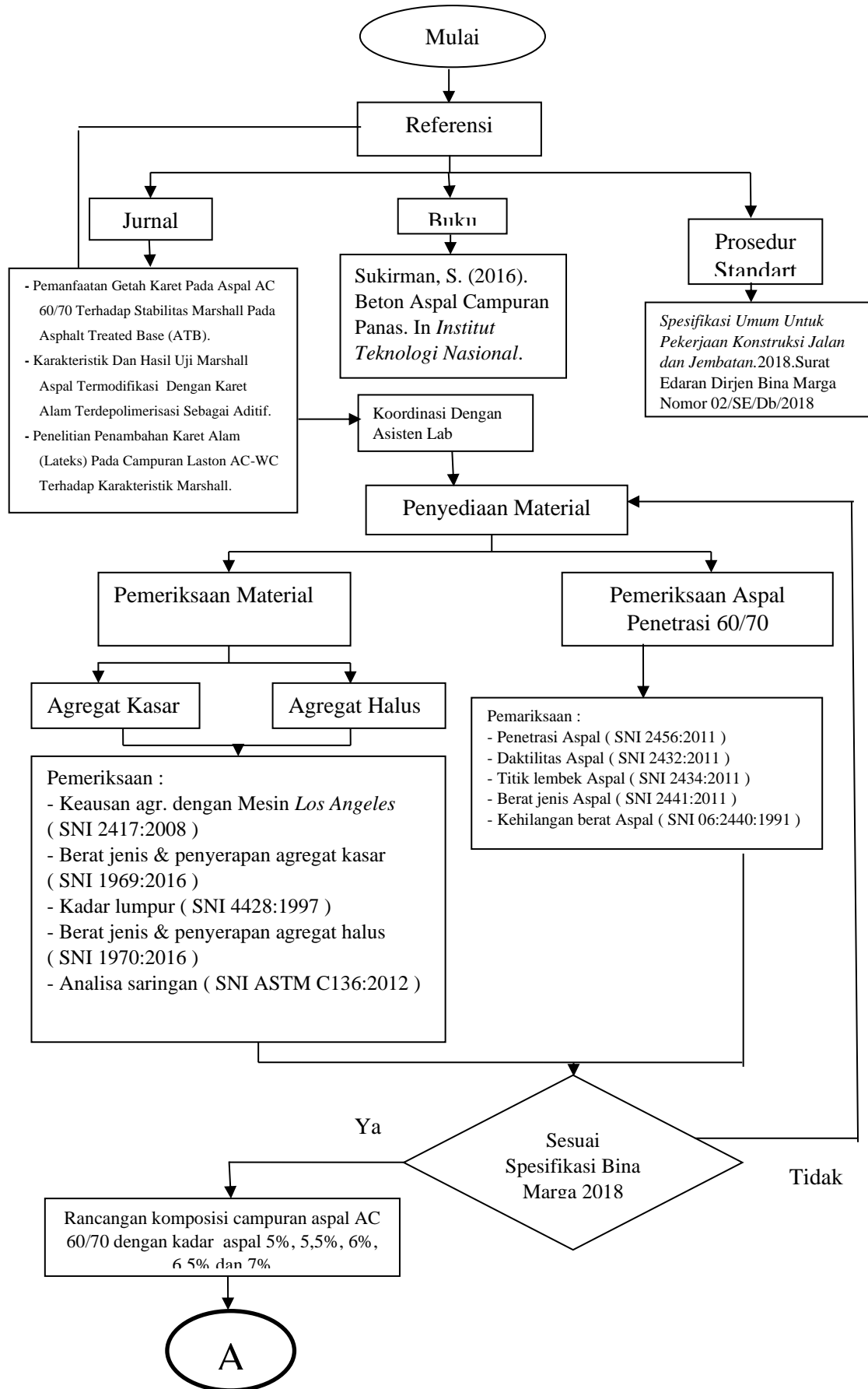
METODOLOGI PENELITIAN

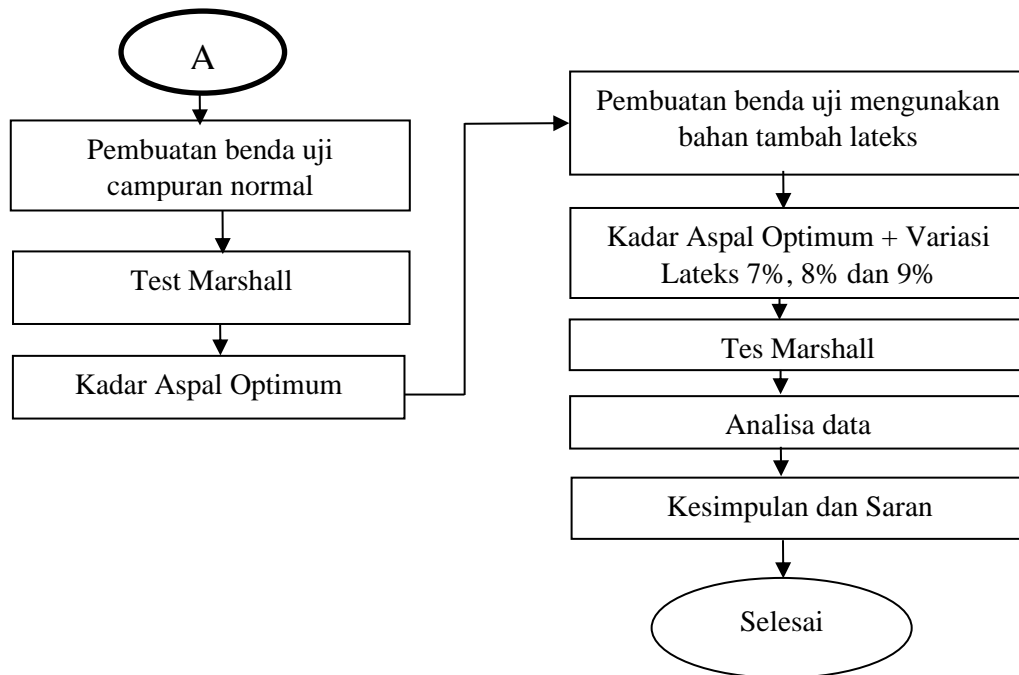
3.1. Metode Penelitian

Penelitian dimulai setelah mendapatkan izin dari Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dosen pembimbing, dan kemudian melakukan studi literatur, seperti mencari jurnal referensi, kandungan dalam bahan tambah yang digunakan, dan metode yang digunakan dalam melakukan penelitian.

Setelah mencari informasi tentang penelitian yang akan dilakukan, selanjutnya dilakukan pemeriksaan dasar seperti penetrasi aspal, titik nyala aspal, titik lembek aspal, berat jenis aspal, daktilitas aspal, kehilangan berat aspal, analisa saringan yang bertujuan untuk mendapatkan data-data pendukung yang diperoleh di laboratorium.

Selanjutnya mencari *KAO* (Kadar Aspal Optimum) untuk mengetahui proporsi campuran untuk setiap benda uji yang akan dibuat. Setelah memperoleh proporsi campuran aspal, kemudian dilakukan penyaringan bahan tambah (*filler*) yang telah dikeringkan. Setelah bahan-bahan yang dibutuhkan telah siap digunakan, tahap selanjutnya adalah pembuatan benda uji. Pembuatan benda uji dilakukan sesuai kebutuhan masing-masing variasi campuran bahan tambah yaitu aspal normal, aspal dengan *filler* getah karet (lateks) 7 %, aspal dengan *filler* getah karet (lateks) 8%, dan aspal dengan *filler* getah karet (lateks) 9%. Setelah pembuatan benda uji selesai kemudian dilakukan test Marshall. Dari pengujian Marshall yang dilakukan kita dapat memperoleh data-data yang dibutuhkan sesuai dengan tujuan penelitian.





Gambar 3.1: Bagan alir penelitian yang dilaksanakan.

3.1.1 Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu:

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

3.1.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan konstruksi jalan (literatur) dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data teknis mengenai Standar Nasional Indonesia serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang guna memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dimulai pada bulan Maret 2020. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.3. Bahan dan Peralatan

3.3.1. Bahan

Bahan-bahan pembentuk benda uji yaitu:

- a. Aspal penetrasi 60/70.
- b. Agregat halus.
- c. Agregat kasar.
- d. Getah karet (Lateks).
- e. Bensin.

3.3.2. Peralatan

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

1. Alat Pengujian Aspal

Dalam pengujian ini, alat yang digunakan adalah satu set alat uji titik lembek, uji titik nyala, titik bakar, berat jenis dan satu set alat pengujian penetrasi.

Berikut adalah alat-alat yang digunakan untuk pengujian :

- a. Alat-alat pengujian berat jenis aspal

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

- 1) *Neraca ohaus*
- 2) *Picnometer labu*
- b. Alat-alat pengujian penetrasi aspal
Alat-alat yang digunakan dalam pengujian berat jenis aspal meliputi sebagai berikut:
 - 1) *Stopwatch*
 - 2) *Penetrometer*
 - 3) *Jarum Penetrasi*
 - 4) *Cawan*
- c. Alat-alat penguji titik lembek aspal
Alat-alat yang digunakan dalam pengujian berat jenis aspal meliputi sebagai berikut:
 - 1) *Termometer*
 - 2) *Cincin Penguji*
 - 3) *Bola baja*
 - 4) *Gelas ukur*
 - 5) *Dudukan benda uji*
 - 6) *Kompor listrik*
 - 7) *Plat penghantar/ kawat kassa*
 - 8) *Penjepit termometer*
2. Alat-alat pengujian agregat
 - a. Satu set alat pengujian gradasi
 - b. Satu set alat pengujian berat jenis dan penyerapan
3. Alat-alat pembuat benda uji
Untuk membuat benda uji diperlukan beberapa peralatan yang meliputi cetakan benda uji (*mould*), penumbuk benda uji dan landasanya, dongkrak (untuk mengeluarkan benda uji), kompor listrik, thermometer, wadah pencampur, piring, kertas penyaring, spatula, dan sarung tangan.
 - a. Alat cetak benda uji (*Mould*)
 - b. Alat penumbuk benda uji beserta landasan penumbuk
 - c. Bak pengaduk
 - d. Alat pengujian benda uji dengan metode marshall

3.4. Persiapan Material

Secara umum pelaksanaan penelitian ini terdapat beberapa langkah pekerjaan. Diawali dengan menetapkan komposisi campuran, penyiapan material, pemeriksaan material, pembuatan benda uji, perawatan, dan pengujian benda uji. Tahapan-tahapan penelitian tersebut di atas, dilaksanakan dengan berdasarkan standar peraturan pengerjaan aspal yang disesuaikan dengan kondisi laboratorium. Sebagian langkah pemeriksaan material hanya dibatasi pada pemeriksaan karakteristik, karena dianggap penting dalam perhitungan komposisi campuran. Namun tidak semua material dapat diperiksa karakteristiknya. Tidak dilakukan pemeriksaan terhadap air dan material aditif.

Semua material (aspal, agregat) berasal dari tempat yang berbeda. Semua bahan ditempatkan pada tempat yang aman dan tidak mengalami perubahan fisik dan kimia serta bebas dari benda asing. Untuk menjaga kelembaban supaya tetap, material dimasukkan ke dalam kantong plastik. Aspal yang digunakan adalah AC Penetrasi 60/70. Agregat kasar adalah batu pecah yang berasal dari Binjai. Agregat halus adalah pasir yang berasal dari Binjai. Bahan tambah getah karet (Lateks) berasal dari perkebunan karet pribadi milik pak Ryanda.

3.5. Pemeriksaan Agregat

Agregat halus pasir berasal dari Binjai, agregat kasar batu pecah berasal dari Binjai. Agregat kemudian dilakukan Pengujian Gradasi, Kadar Lumpur, Berat Jenis dan Absorpsi Agregat Halus, Keausan dan Berat Volume untuk perhitungan proporsi campuran Aspal.

3.6. Pembuatan Benda Uji

Berikut ini adalah proses atau langkah-langkah pembuatan benda uji :

- a. Menyiapkan semua bahan benda uji yaitu aspal, agregat kasar, agregat halus, dan bahan tambah getah karet yang sudah dimasukkan ke dalam plastik sesuai dengan komposisi yang sudah direncanakan.
- b. Menyiapkan semua peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan pencampuran aspal lapis beton.

- c. Memanaskan aspal beserta getah karet mencapai suhu 300°C sebelum dicampur dengan agregat.
- d. Memanaskan agregat mencapai suhu 120°C .
- e. Setelah semua bahan mencapai suhu yang telah ditentukan, kemudian dilakukan pencampuran antara aspal dengan agregat. Semua bahan diijadikan satu dan diaduk-aduk sampai tercampur merata hingga mencapai suhu sekitar 160°C .
- f. Menyiapkan cetakan benda uji (mould) beserta alas cetakan yang sudah diolesi pelumas dan dipanaskan. Kemudian menyiapkan kertas lakmus di bagian dasar cetakan.
- g. Memasukkan semua bahan yang sudah dicampur dan pada suhu maksimal pencampuran ke dalam cetakan sembari ditusuk-tusuk dengan spatula yang sudah dipanaskan sebelumnya. Penusukan dengan alat spatula ini dilakukan dengan prosedur menusuk bagian pinggir sebanyak 15 kali dan bagian tengah sebanyak 10 kali.
- h. Langkah selanjutnya yaitu dilakukan penumbukan pada campuran yang telah dimasukan pada cetakan sebanyak 75 kali kemudian diganti permukaan lainnya sebanyak 75 kali.
- i. Setelah dilakukan penumbukkan, benda uji dikeluarkan dari cetakan menggunakan alat pengeluar benda uji.
- j. Setelah benda uji dilepaskan dari cetakan kemudian diberikan tanda pengenal agar tidak tertukar dengan yang lain. Kemudian benda uji didiamkan hingga kering.
- k. Setelah benda ujikering maka selanjutnya dilakukan penimbangan setiap benda uji untuk mendapatkan nilai berat benda uji kering.
- l. Benda uji kemudian direndam selama ± 24 jam.
- m. Setelah direndam ± 24 jam, kemudian dikeluarkan dari bak perendaman lalu dilap menggunakan lap kering sampai benda uji dalam keadaan SSD atau dalam keadaan kering permukaan.
- n. Benda uji kemudian ditimbang untuk mendapatkan nilai dari berat SSD (saturated surface dry)
- o. Setelah itu beda uji ditimbang dalam air untuk mendapatkan nilai berat dalam

air.

- p. Kemudian dilakukan pengujian dengan alat marshall terhadap masing masing benda uji. (Desain, n.d.)

3.7. Pengujian dengan Alat *Marshall*

Menurut Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat *Marshall* (SNI 06-2489-1991) Langkah –langkah pengujian menggunakan alat marshall adalah sebagai berikut :

- a. Merendam benda uji dalam bak perendam (water bath) selama 30 – 40 menit dengan suhu tetap 60°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$) untuk benda uji yang menggunakan aspal padat, untuk benda uji yang menggunakan aspal cair masukkan benda uji ke dalam oven selama minimum 2 jam dengan suhu tetap 25°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$);
- b. Mengeluarkan benda uji dari bak perendam atau dari oven dan letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan;
- c. Memasang segmen atas di atas benda uji, dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji;
- d. Memasang arloji pengukur alir (flow) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (sleeve) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan;
- e. Sebelum pembebanan diberikan, menaikkan kepala penekan beserta benda ujinya sehingga menyentuh alas cincin penguji;
- f. Mengatur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol;
- g. Memberikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan mencatat pembebanan maksimum (stability) yang dicapai, untuk benda uji yang tebalnya tidak sebesar 63,5 mm.
- h. Mencatat nilai alir (flow) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur alir pada saat pembebanan maksimum tercapai.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Pemeriksaan Gradasi Agregat

Pada pembuatan aspal beton maka komponen utama pembentuknya adalah aspal dan agregat. Untuk menentukan suatu gradasi agregat pada lapisan Campuran AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) maka agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dengan ukuran maksimal $\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{4}$ " , agregat halus adalah campuran batu pecah dengan pasir, sedangkan untuk bahan pengisi adalah abu batu dan getah karet (*latex*) sebagai bahan penambah. Untuk memperoleh aspal beton yang baik maka gradasi dari agregat harus memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 yang telah ditetapkan dengan acuan (SNI-ASTM-C136-2012). Dari percobaan pencampuran agregat diperoleh hasil perbandingan campuran agregat hasil analisis saringan seperti yang tertera pada Tabel 4.1. – 4.4.

Tabel 4.1: Hasil Pemeriksaan analisis saringan agregat kasar (Ca) $\frac{3}{4}$ " inch.

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan
1"	25.40	100,00
3/4"	19.00	100,00
1/2"	12.50	51,26
3/8"	9.50	27,62
NO. 4	4.75	0,26
NO. 8	2.36	0,08
NO.16	1.18	0,04
NO.30	0.600	0,02
NO.200	0.075	0,00
PAN	-	0,00

Tabel 4.2: Hasil Pemeriksaan analisis saringan agregat kasar (Ma) ½ inch.

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan
1"	25.40	100,00
3/4"	19.00	100,00
1/2"	12.50	100,00
3/8"	9.50	45,95
NO. 4	4.75	0,36
NO. 8	2.36	0,00
NO.16	1.18	0,00
NO.30	0.600	0,00
NO.200	0.075	0,00
PAN	-	0,00

Tabel 4.3: Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus pasir (*Sand*).

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan
1"	25	100,00
3/4"	19	100,00
1/2"	12,5	100,00
3/8"	9,5	100,00
NO. 4	4,75	100,00
NO. 8	2,36	89,59
NO.16	1,18	79,80
NO. 30	0,600	61,43
NO. 50	0,300	46,94
NO. 100	0,150	30,82
NO. 200	0,075	10,00
PAN		0,00

Tabel 4.4: Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus abu batu (Cr).

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan
1"	25	100,00
3/4"	19	100,00
1/2"	12,5	100,00

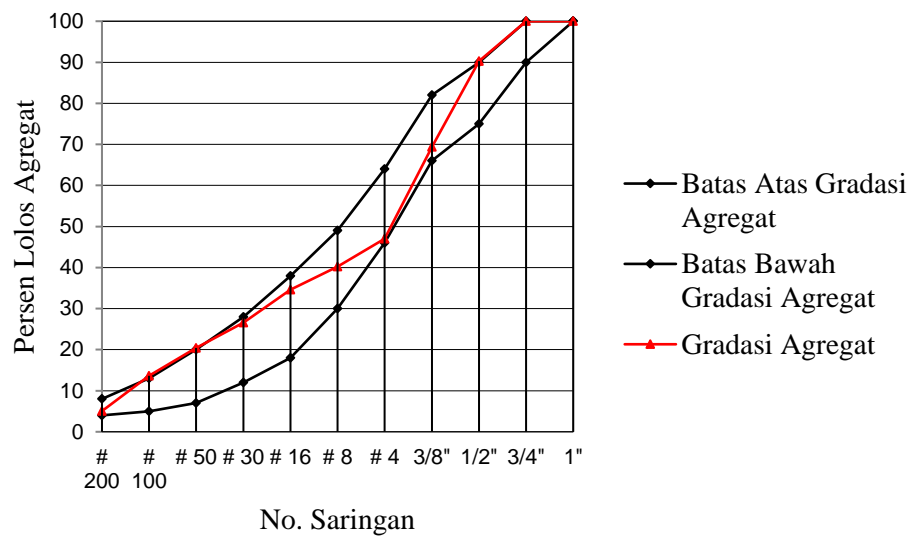
Tabel 4.4: *Lanjutan*

3/8"	9,5	100,00
NO. 4	4,75	67,60
NO. 8	2,36	41,80
NO.16	1,18	24,80
NO. 30	0,600	16,20
NO. 50	0,300	11,80
NO. 100	0,150	6,80
NO. 200	0,075	2,40
PAN		0,00

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat, harus memenuhi batas-batas dan khusus untuk campuran AC-BC harus berada di antara batas atas dan batas bawah yang sesuai dengan spesifikasi umum Bina Marga 2018. Dari hasil pemeriksaan analisa saringan maka gradasi agregat diperoleh seperti pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Hasil kombinasi gradasi agregat standar.

No. Saringan	Batas spesifikasi		Kombinasi Agregat					AVG
			1	2	3	4	5	
				0%	45%	45%	10%	100
1/2"	90	100	0,00	0,00	45,00	45,00	10,00	100,00
3/8"	77	90	0,00	0,00	20,74	45,00	10,00	75,74
No.4	53	69	0,00	0,00	0,27	45,00	8,38	53,65
No.8	33	53	0,00	0,00	0,11	40,41	7,09	47,61
No.16	21	40	0,00	0,00	0,11	36,09	6,24	42,44
No.30	14	30	0,00	0,00	0,11	27,99	5,81	33,91
No.50	9	22	0,00	0,00	0,11	21,60	5,59	27,30
No.100	6	15	0,00	0,00	0,11	14,49	5,34	19,94
No 200	4	9	0,00	0,00	0,11	5,31	5,12	10,54



Gambar 4.1: Grafik hasil kombinasi gradasi agregat.

Dari hasil pengujian analisis saringan di dapat hasil kombinasi gradasi agregat yang memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018.

Tabel 4.6: Data persen agregat yang di peroleh pada campuran normal

Aspal (%)	5	5.5	6	6.5	7
CA ¾" inch (%)	19.00	18.90	18.80	18.70	18.60
MA ½ inch (%)	28.50	28.35	28.20	28.05	27.90
Abu Batu (Cr) (%)	38.00	37.80	37.60	37.40	37.20
Pasir (Sand) (%)	9.50	9.45	9.40	9.35	9.30

Data persen agregat pada keadaan KAO yang di peroleh pada campuran lateks 7%, 8%, 9%.

1. Aspal = 5,99 %
2. Agregat kasar CA ¾" inch = 18,80 %
3. Agregat kasar MA ½ inch = 28,20 %
4. Agregat halus abu batu (Cr) = 37,60 %

5. Agregat halus pasir (*Sand*) = 9,40 %
 6. Getah karet (*Latex*) = 7%, 8%, 9%

Setiap benda uji diperlukan agregat dan aspal sebanyak ± 1200 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira $63,5 \text{ mm} \pm 1,27 \text{ mm}$. Dari hasil analisa saringan agregat didapat perhitungan berat agregat yang diperlukan seperti pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji standar.

Kadar Aspal (%)	Aspal (gram)	CA 3/4 inch (gram)	MA 1/2 inch (gram)	Abu Batu (gram)	Pasir (gram)
5	60	228	342	456	114
5,5	66	226,8	340,2	453,6	113,4
6	72	225,6	338,4	451,2	112,8
6,5	78	224,4	336,6	448,8	112,2
7	84	223,2	334,8	446,4	111,6

Tabel 4.8: Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji menggunakan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9%, pada KAO.

Kadar Aspal (%)	Aspal (gram)	CA 3/4 inch (gram)	MA 1/2 inch (gram)	Abu Batu (gram)	Pasir (gram)	Getah Karet (gr)
5,99	71,88	225,6	338,4	451,2	112,8	5
	71,88	225,6	338,4	451,2	112,8	6
	71,88	225,6	338,4	451,2	112,8	7

4.1.2. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat

Berat jenis suatu agregat yang digunakan dalam suatu rancangan campuran beraspal sangat berpengaruh terhadap banyaknya rongga udara yang diperhitungkan sehingga mendapatkan suatu campuran beraspal yang baik. Berat jenis efektif dianggap paling mendekati nilai sebenarnya untuk menentukan

besarnya rongga udara dalam campuran beraspal. Dalam pengujian berat jenis agregat kasar prosedur pemeriksaan mengikuti SNI 1969-2008 dan SNI 1970-2008. Dari hasil pemeriksaan tersebut didapat data seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.9 dan tabel 4.10

1. Berat jenis agregat kasar CA 3/4 inch

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

- Berat Jenis Curah $= \frac{4911}{4973 - 3093} = 2,612 \text{ gr}$
- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh $= \frac{4973}{4973 - 3093} = 2,645 \text{ gr}$
- Berat Jenis Semu $= \frac{4911}{4911 - 3093} = 2,701 \text{ gr}$
- Penyerapan $= \frac{4973 - 4911}{4911} \times 100\% = 1,262\%$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian agregat CA 3/4 inch dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4.9: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat kasar CA 3/4 inch.

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,612	2,622	2,617
Berat jenis kering permukaan jenuh (Ss)	2,645	2,655	2,650
Berat jenis semu (Ss)	2,701	2,712	2,706
Penyerapan (Sw)	1,262	1,256	1,259

2. Berat jenis agregat kasar MA 1/2 inch

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

- Berat Jenis Curah $= \frac{2981}{3020 - 1882} = 2,620 \text{ gr}$
- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh $= \frac{3020}{3020 - 1882} = 2,654 \text{ gr}$

- Berat Jenis Semu $= \frac{2981}{2981 - 1882} = 2,712 \text{ gr}$
- Penyerapan $= \frac{3020 - 2981}{2981} \times 100\% = 1,308\%$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian agregat MA 1/2 inch dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat kasar MA 1/2 inch.

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,620	2,620	2,620
Berat jenis kering permukaan jenuh (Ss)	2,654	2,656	2,655
Berat jenis semu (Ss)	2,712	2,716	2,714
Penyerapan (Sw)	1,308	1,341	1,325

3. Berat jenis agregat halus Pasir (*Sand*)

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1 :

- Berat Jenis Curah $= \frac{488}{697 + 500 - 1002} = 2,50 \text{ gr}$
- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh $= \frac{500}{697 + 500 - 1002} = 2,56 \text{ gr}$
- Berat Jenis Semu $= \frac{488}{697 + 488 - 1002} = 2,67 \text{ gr}$
- Penyerapan $= \frac{500 - 488}{488} \times 100\% = 2,46\%$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian agregat halus pasir dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat halus pasir (*sand*).

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,50	2,95	2,724
Berat jenis kering permukaan jenuh (Ss)	2,56	2,99	2,779
Berat jenis semu (Ss)	2,67	3,09	2,881
Penyerapan (Sw)	2,46	1,63	2,043

4. Berat jenis agregat halus Abu Batu (Cr)

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

- Berat Jenis Curah $= \frac{485}{692 + 500 - 1000} = 2,53 \text{ gr}$
- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh $= \frac{500}{692 + 500 - 1000} = 2,60 \text{ gr}$
- Berat Jenis Semu $= \frac{485}{692 + 485 - 1000} = 2,74 \text{ gr}$
- Penyerapan $= \frac{500 - 485}{485} \times 100\% = 3,09\%$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian agregat halus abu batu dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat halus abu batu (Cr).

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,53	2,53	2,526
Berat jenis kering permukaan jenuh (Ss)	2,60	2,60	2,604
Berat jenis semu (Ss)	2,74	2,74	2,740
Penyerapan (Sw)	3,09	3,09	3,093

4.1.3. Hasil Pemeriksaan Aspal

Dalam penelitian ini, pemeriksaan aspal yang digunakan untuk bahan ikat pada pembuatan benda uji campuran aspal beton dalam penelitian ini adalah aspal keras Pertamina Pen 60/70. Data hasil pemeriksaan uji aspal diperoleh dari data sekunder dari PT. Tri Murti Patumbak yang dilakukan UPT Laboratorium Bahan Konstruksi Dinas Marga Dan Bina Konstruksi Provinsi Sumatera Utara, tidak ada aspal yang boleh digunakan sampai aspal ini telah di uji dan disetujui. Dari pemeriksaan karakteristik aspal keras yang telah dilakukan perusahaan dan diuji di balai pengujian material diperoleh hasilnya seperti pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13: Hasil pemeriksaan karakteristik aspal Pertamina Pen 60/70 (PT. Tri Murti Patumbak).

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Satuan
1	Penetrasi Pada 25°C	SNI 2456 : 2011	66,15	60-70	0,1 mm
2	Titik Lembek	SNI 2434 : 2011	48,20	≥ 48	°C
3	Daktalitas Pada 25°C 5cm/menit	SNI 2432 : 2011	140	≥ 100	Cm
4	Kelarutan dalam C ₂ HCL ₃	SNI 2438 : 2011	99,93	≥ 99	%
5	Titik Nyala (TOC)	SNI 2433 : 2011	325	≥ 232	°C
6	Berat Jenis	SNI 2441 : 2011	1,0241	≥ 1,0	-

Dari hasil pemeriksaan laboratorium diperoleh hasil bahwa aspal keras Pertamina Pen 60/70 memenuhi standart pengujian spesifikasi umum Bina Marga 2018 sebagai bahan ikat campuran aspal beton.

4.1.4. Pemeriksaan Terhadap Parameter Benda Uji

Nilai parameter *Marshall* diperoleh dengan melakukan perhitungan terhadap hasil-hasil percobaan di laboratorium. Berikut analisis yang digunakan untuk menghitung parameter pengujian *Marshall* pada campuran normal dengan kadar aspal 5%:

- a. Persentase terhadap batuan = 5,3%
- b. Persentase aspal terhadap campuran = 5%
- c. Berat sampel kering = 1180 gr
- d. Berat sampel jenuh = 1192 gr
- e. Berat sampel dalam air = 682 gr
- f. Volume sampel = Berat SSD – Berat Dalam Air
= 1192-682 = 510 cc
- g. Berat isi sampel = Berat Awal / Volume Sampel
= 1180-510 = 2,314 gr/cc
- h. Berat jenis maksimum =
$$\frac{100}{\frac{\%agregat}{bj.agregat} + \frac{\%aspal}{bj.aspal}}$$

=
$$\frac{100}{\frac{100}{2,665} + \frac{5}{1,035}} = 2,471\%$$
- i. Persentase volume aspal = (b x g) / bj. aspal
=
$$\frac{5\% \times 2,314}{1,035} = 11,177\%$$
- j. Persentase volume agregat = ((100-b) x g) / bj.agregat
=
$$\frac{(100 - 5) \times 2,314}{2,591} = 84,840\%$$
- k. Persentase rongga terhadap campuran = 100 – ((100 x g) / h)
=
$$100 - \frac{(100 \times 2,314)}{2,471} = 6,348\%$$
- l. Persentase rongga terhadap agregat = 100 – ((g x b) / bj.agregat)
=
$$100 - \left(\frac{2,314 \times 5}{2,591}\right) = 15,160\%$$
- m. Persentase rongga terisi aspal = 1000 x (i – k) / i

$$= 1000x \frac{(11,177 - 6,348)}{11,177} = 58,124\%$$

n. Kadar aspal efektif = 3,942

o. Pembacaan arloji stabilitas = 110

p. Kalibrasi proving ring = (7,693 x 110) + 0,316
= 847

q. Stabilitas akhir = (134434 x 510^{-1,8897}) x 847
= 870

r. Kelelahan = 2,97 mm

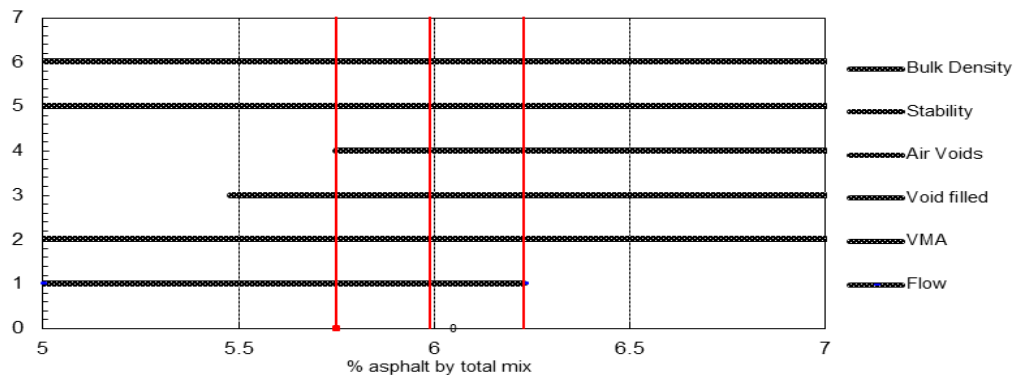
Untuk rekapitulasi perhitungan campuran normal serta penambahan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9% dapat dilihat pada lampiran.

Dari hasil pemeriksaan uji *Marshall* yang dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara mendapatkan nilai Berat Isi (*Bulk Density*), *stabilitas (Stability)*, Persentase Rongga Terhadap Campuran (*Air Voids*), Persentase Rongga Terhadap Agregat (*VMA*), Kelelahan (*Flow*). Berikut analasi perhitungan untuk campuran aspal normal pada kadar aspal 5,5% serta rekapitulasi hasil uji *marshall* pada campuran aspal normal dan penambahan getah karet 7%, 8%, 9% dapat dilihat pada Tabel 4.14 – 4.15.

Tabel 4.14: Rekapitulasi hasil uji *Marshall* campuran Normal.

Karakteristik	Kadar aspal %					Batas Spesifikasi Bina Marga 2018
	5%	5,5%	6%	6,5%	7%	
Bulk Density (gr/cc)	2,313	2,319	2,325	2,314	2,309	-
Stabilty (kg)	868	873	915	865	838	800
Air Voids (%)	6,36	5,47	4,52	4,27	3,80	3-5
Voids Filleds (%)	58,08	64,57	72,35	75,13	78,65	65
VMA (%)	15,2	15,4	16,4	17,3	17,9	14
Flow (mm)	2,88	3,38	3,88	4,14	4,37	2-4

Hasil dari nilai kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,99 dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 : Grafik KAO

Tabel 4.15: Rekapitulasi hasil uji *Marshall* campuran dengan menggunakan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9% pada keadaan KAO.

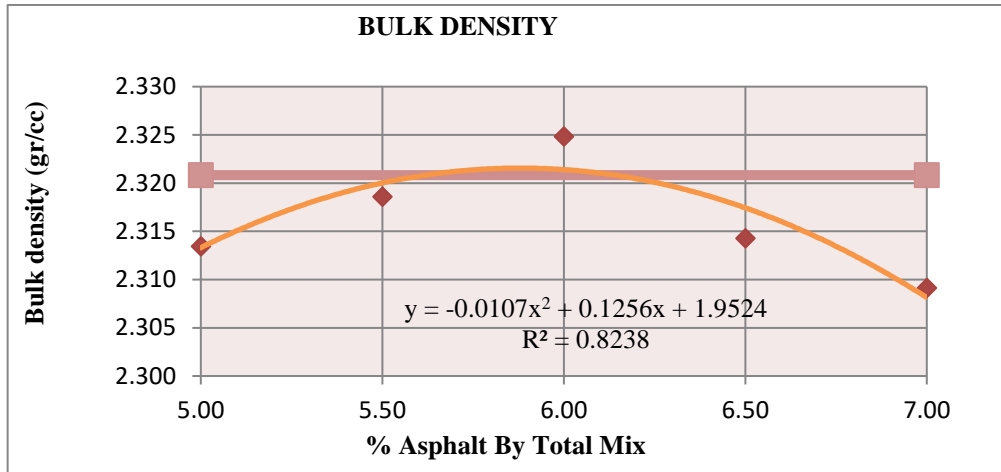
Karakteristik	Latex %			Batas Spesifikasi Bina Marga 2018
	7%	8%	9%	
Bulk Density (gr/cc)	2,329	2,334	2,340	-
Stabilty (kg)	941	823	763	800
Air Voids (%)	1,78	2,19	3,91	3-5
Voids Filled (%)	86,60	84,37	75,38	65
VMA (%)	13,2	13,6	15,9	14
Flow (mm)	6,10	5,74	5,66	2-4

4.2 Pembahasan dan Analisis

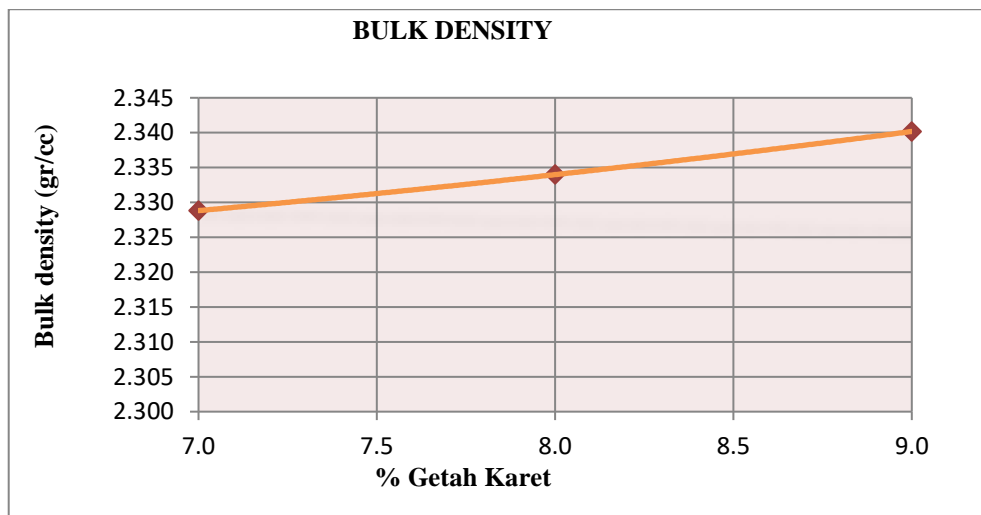
Dari hasil nilai pengujian sifat *Marshall* untuk nilai Berat Isi (*Bulk Density*), *stabilitas* (*Stability*), Persentase Rongga Terhadap Campuran (*Air Voids*), Persentase Rongga Terhadap Agregat (*VMA*), Kelelehan (*Flow*) untuk campuran aspal normal serta penggunaan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9%, dapat dilihat perbandingannya seperti pada gambar berikut.

a. *Bulk Density*

Hasil nilai *bulk density* pada aspal normal serta penggunaan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9% dilihat pada Gambar 4.3. – 4.4.



Gambar 4.3: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Bulk Density* (gr/cc) campuran normal.



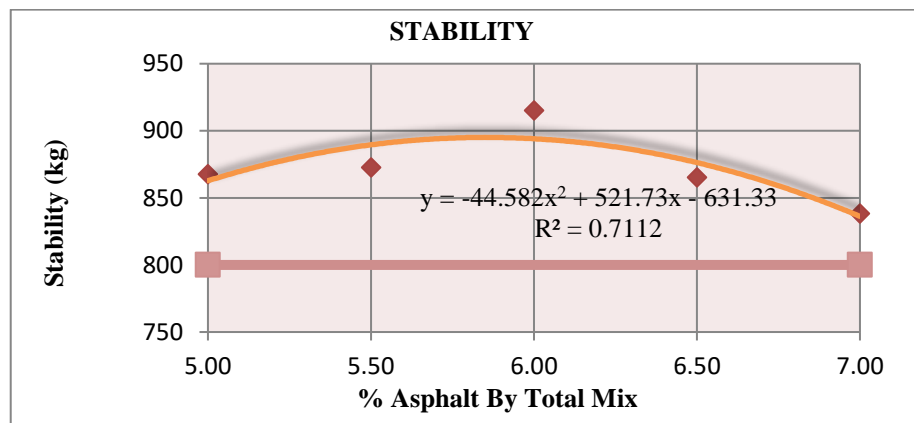
Gambar 4.4: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Bulk Density* (gr/cc) menggunakan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9%.

Dari gambar 4.3 dan 4.4 dapat kita lihat nilai *Bulk Density* dari campuran normal dan penggunaan bahan tambah getah karet memenuhi batas, nilai dari *Bulk*

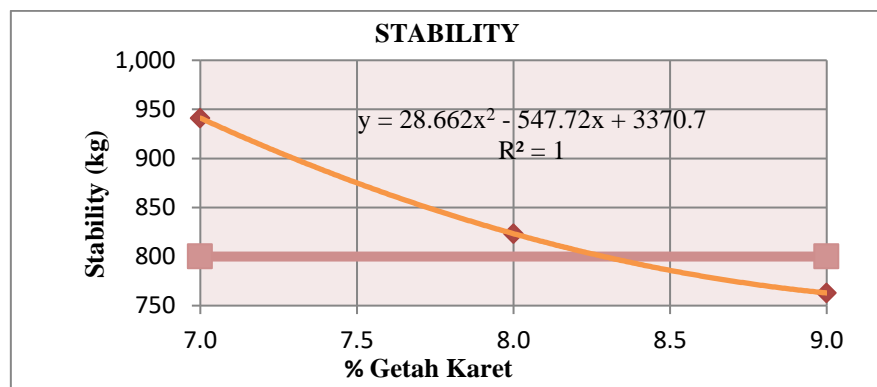
Density dapat dilihat pada tabel 4.13 untuk campuran normal dan 4.14 untuk penggunaan bahan tambah.

b. *Stability*

Hasil nilai *stability* pada aspal normal serta penggunaan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9%, dilihat pada Gambar 4.5. – 4.6.



Gambar 4.5: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Stability* (Kg) campuran normal.



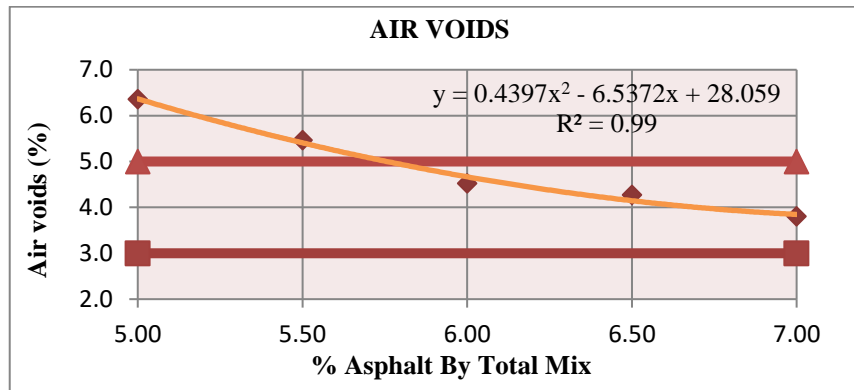
Gambar 4.6: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Stability* (Kg) menggunakan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9%.

Dari gambar 4.5 dan 4.6 dapat kita lihat nilai *Stability* dari campuran normal seluruhnya memenuhi batas serta spesifikasi bina marga, sedangkan nilai *Stability*

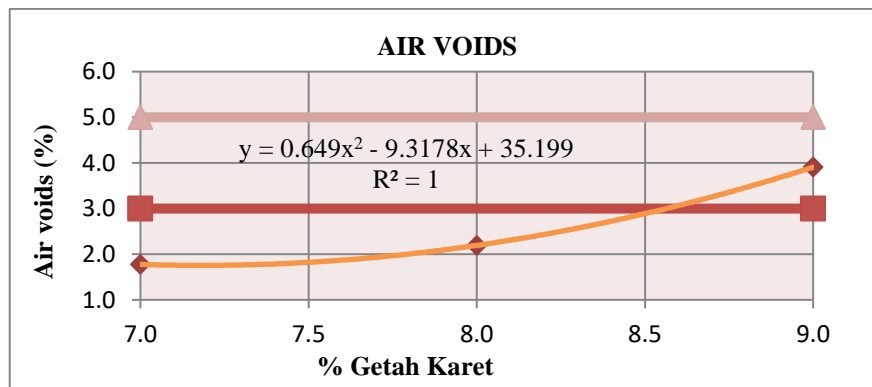
dengan penggunaan bahan tambah getah karet yang memenuhi spesifikasi bina marga dengan nilai batas >800 kg hanya variasi persenan 7% dan 8%, maka dapat disimpulkan semakin banyak persenan getah karet maka stabilitas akan semakin menurun, nilai dari *Stability* dapat dilihat pada tabel 4.13 untuk campuran normal dan 4.14 untuk penggunaan bahan tambah.

c. *Air Voids/Voids in Mix Marshall (VIM)*

Hasil nilai *air voids* (VIM) ada aspal normal serta penggunaan bahan tambah lateks 7%, 8%, 9% dilihat pada Gambar 4.7. – 4.8.



Gambar 4.7: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Air Voids* (VIM) (%) Campuran normal.

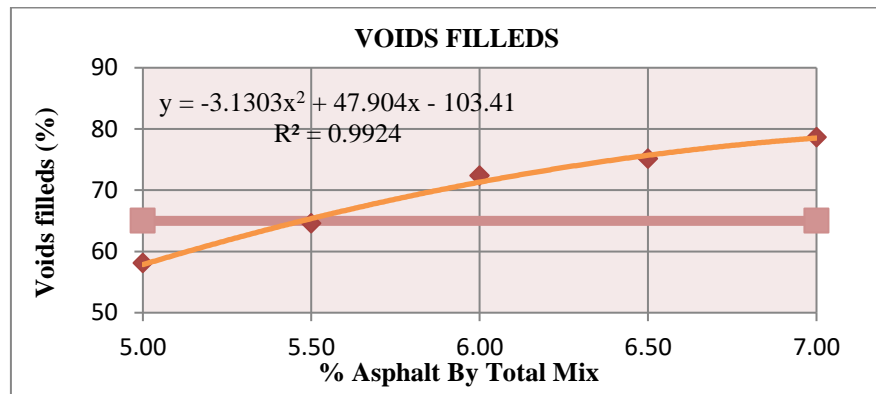


Gambar 4.8: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Air Voids* (VIM) (%) menggunakan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9%.

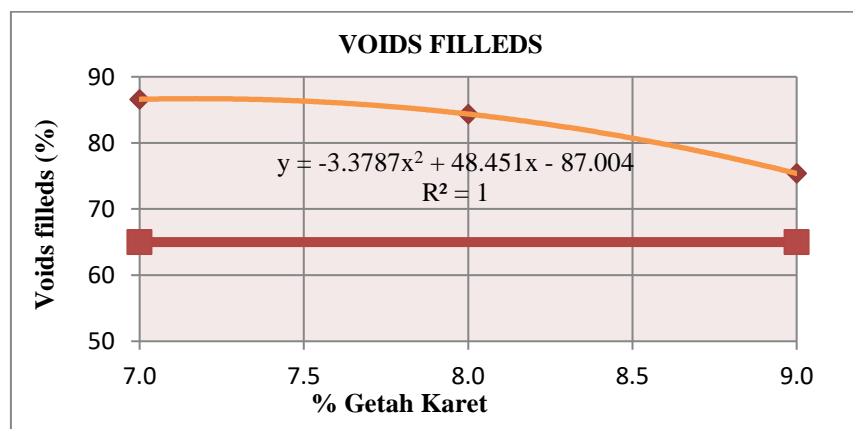
Dari gambar 4.7 dan 4.8 dapat kita lihat nilai *Air Voids* dari campuran normal yang memenuhi batas spesifikasi bina marga dengan nilai batas 3-5% hanya variasi persenan 6%, 6,5%, dan 7%, sedangkan nilai *Air Voids* dengan penggunaan bahan tambah getah karet yang memenuhi batas hanya variasi persenan 9% . Nilai dari *Air Voids* dapat dilihat pada tabel 4.13 untuk campuran normal dan 4.14 untuk penggunaan bahan tambah.

d. *Voids Filled*

Hasil nilai *Voids Filled* pada aspal normal serta penggunaan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9% dilihat pada Gambar 4.9. – 4.10.



Gambar 4.9: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Voids Filled* (%) Campuran Normal.

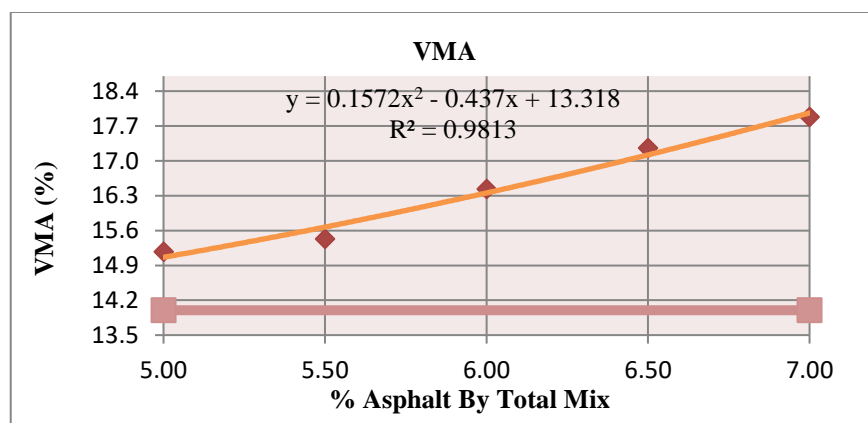


Gambar 4.10: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Voids Filled* (%) menggunakan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9%.

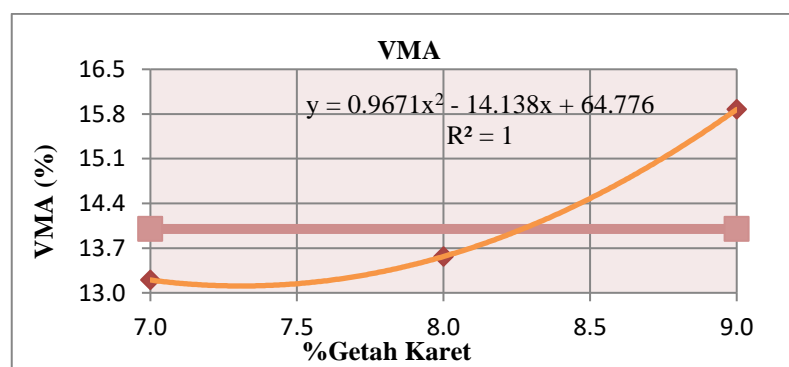
Dari gambar 4.9 dan 4.10 dapat kita lihat nilai *Void Filled*s dari campuran normal yang memenuhi batas hanya variasi persenan 6%, 6,5%, dan 7%, sedangkan penggunaan bahan tambah getah karet seluruhnya memenuhi batas serta spesifikasi bina marga 2018 dengan nilai batas yaitu sebesar >65.0%, semakin banyak persenan getah karet maka mengakibatkan menurunnya nilai dari *Void Filled*s nilai dari *Void Filled*s dapat dilihat pada tabel 4.13 untuk campuran normal dan 4.14 untuk penggunaan bahan tambah.

e. *Void In Mineral Agreggate* (VMA)

Hasil nilai VMA ada aspal normal serta penggunaan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9% dilihat pada Gambar 4.11. – 4.12.



Gambar 4.11: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) Campuran normal.

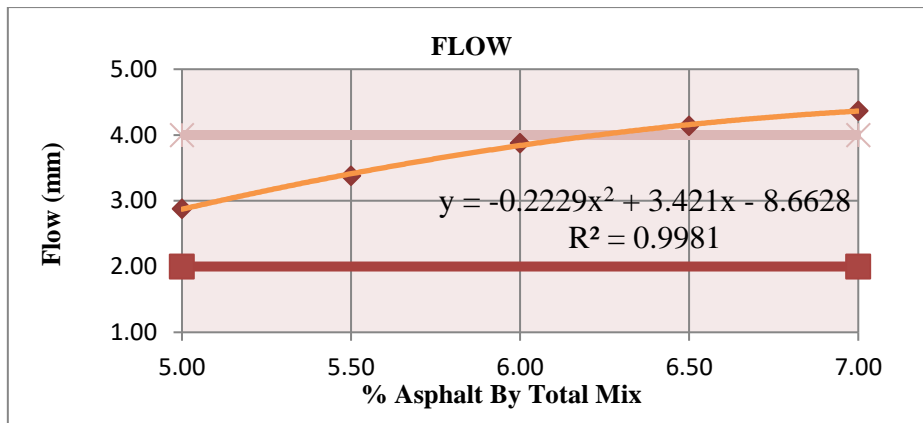


Gambar 4.12: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) menggunakan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9%.

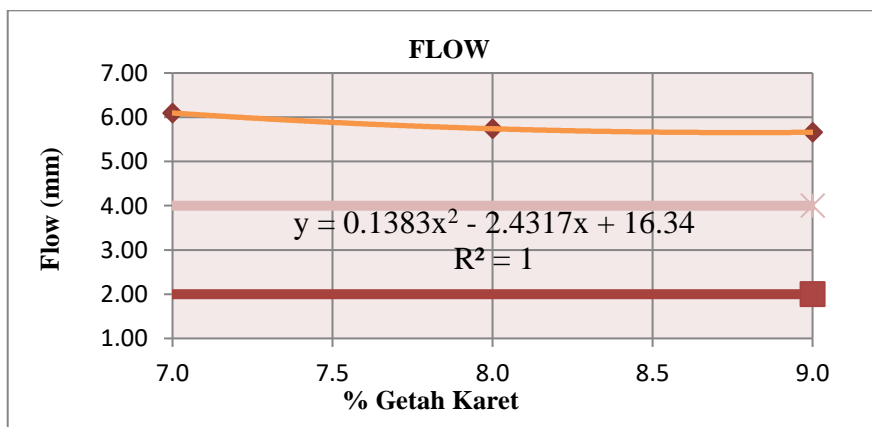
Dari gambar 4.11 dan 4.12 dapat kita lihat nilai *VMA* dari campuran normal memenuhi batas serta spesifikasi bina marga 2018 dengan nilai batas >15% dan penggunaan bahan tambah getah karet yang memenuhi batas serta spesifikasi bina marga 2018 hanya variasi persenan 9% dengan nilai 15,9%, nilai dari *VMA* dapat dilihat pada tabel 4.13 untuk campuran normal dan 4.14 untuk penggunaan bahan tambah.

f. *Flow*

Hasil nilai *flow* pada aspal normal serta penggunaan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9% dilihat pada Gambar 4.13. – 4.14.



Gambar 4.13: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Flow* (mm) Campuran normal.



Gambar 4.14: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Flow* (mm) menggunakan bahan tambah getah karet 7%, 8%, 9%.

Dari gambar 4.13 dan 4.14 dapat kita lihat nilai *Flow* dari campuran normal yang memenuhi batas serta spesifikasi bina marga 2018 dengan nilai batas 2-4 mm hanya variasi persenan 5%, 5,5%, dan 6%, sedangkan penggunaan bahan tambah getah karet tidak ada variasi yang memenuhi batas serta spesifikasi bina marga 2018, hal ini disebabkan semakin besar persenan dari getah karet yang ditambahkan pada campuran beraspal mengakibatkan semakin besar nilai dari kelelehan yang diperoleh, jika nilai kelelehan semakin tinggi mengakibatkan aspal akan semakin lembek, nilai dari *Flow* dapat dilihat pada tabel 4.13 untuk campuran normal dan 4.14 untuk penggunaan bahan tambah.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pemeriksaan yang membahas terhadap pengujian campuran jenis AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) yang menggunakan getah karet (*Latex*) dengan variasi 7%, 8%, 9% sebagai bahan penambah, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian di laboratorium, karakteristik sifat *Marshall* pada campuran AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) yang menggunakan getah karet (*Latex*) sebagai bahan tambah dengan persen variasi 7%, 8%, 9% dalam keadaan optimum di beberapa karakteristik berpengaruh baik seperti *Bulk Density*, dan *Voids Filleds*, sedangkan pada *Flow*, *Stability*, *Air Voids*, dan *VMA* memiliki pengaruh kurang baik.
2. Adapun nilai karakteristik *Marshall* menggunakan bahan tambah getah karet pada campuran AC-BC penerasi 60/70 yang memenuhi spesifikasi Bina Marga, 2018 yaitu.
 - a. Nilai *Bulk Density* pada campuran getah karet terbesar terdapat pada variasi *Latex* 7% dengan nilai 2.392 gr.
 - b. Nilai *Stability* yang memenuhi spesifikasi Bina Marga, 2018 hanya pada variasi persenan 7% dengan nilai 941 kg dan 8% dengan nilai 823 kg dengan nilai batas 800 kg.
 - c. Nilai *Air Voids* yang memenuhi spesifikasi Bina Marga, 2018 hanya pada variasi *Latex* 9% yaitu sebesar 3,91 % dengan nilai batas 3-5%.
 - d. Nilai *Void Filleds with Asphalt (VFA)* pada campuran getah karet 7% = 86,60%, 8% = 84,37%, dan 9% = 75,38%, seluruhnya sudah memenuhi Spesifikasi Bina Marga, 2018 dengan ketentuan minimum 65%.
 - e. Nilai *Void In Mineral Agregat (VMA)* yang memenuhi spesifikasi hanya pada variasi *Latex* 9% yaitu sebesar 15,9 % dengan nilai batas >14%.
 - f. Nilai *Flow* pada setiap variasi persenan getah karet mengalami kenaikan dengan nilai 6,10 mm pada variasi *Latex* 7%, 5,74 mm di 8%, dan 5,66

mm pada variasi 9%, tetapi tidak ada yang memenuhi spesifikasi Bina Marga, 2018 dengan nilai batas 2-4 mm.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisa data dalam penelitian dapat diambil beberapa saran sebagai berikut:

1. Dalam melakukan pengujian Analisa Saringan dan Marshall diperlukan ketelitian agar tidak terjadi kesalahan.
2. Diperlukannya pemahaman tentang tahap perencanaan campuran aspal yang sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 serta Standart Nasional Indonesia agar memperkecil kesalahan dalam tahapan pembuatan campuran beraspal.
3. Perlu dikembangkan jenis-jenis penelitian campuran AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) dengan menggunakan bahan campur yang bisa mendukung kekuatan pada AC –BC dengan memanfaatkan bahan yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, K., & Ridha, M. (2018). Karakteristik Marshall Campuran AC-BC Dengan Menggunakan 6% Getah Damar Sebagai Bahan Substitusi Aspal. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.30601/unayaded.v4i1.193>
- Amal, A. S. (2012). Pemanfaatan Getah Karet Pada Aspal AC 60/70 Terhadap Stabilitas Marshall Pada Asphalt Treated Base (Atb). *Jurnal Media Teknik Sipil*, 9(1). <https://doi.org/10.22219/jmts.v9i1.1111>
- Apriyanti, M. (2017). *Getah Kemenyan Sebagai Bahan Aditif Pada Campuran Aspal Ac – Wc Ditinjau Dari Sifat Fisik Bahan Aspal Dan Nilai Stabilitas*. 9, 15–26.
- Desain, A. M. (n.d.). *Bab Iii Banuuuuu*. 30–56.
- Hermadi, M., & Ronny, Y. (2015). *Pengaruh penambahan lateks alam terhadap sifat reologi aspal*. 1(2), 105–114.
- Mashuri. (2010). Karakteristik aspal sebagai bahan pengikat yang ditambahkan styrofoam. *SMARTek*, 8(1), 1–12.
- Nursandah, F. (2019). *LASTON AC-WC TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL*. 4(2), 262–267.
- Prastanto, H. (2014). DEPOLIMERISASI KARET ALAM SECARA MEKANIS Mechanically Depolymerization of Natural Rubber for Asphalt Additive Material. *Jurnal Penelitian Karet*, 32(1), 81–87. Retrieved from <http://ejournal.puslitkaret.co.id/index.php/jpk/article/view/154/103>
- Prastanto, H., Cifriadi, A., & Ramadhan, A. (2015). Karakteristik Dan Hasil Uji Marshall Aspal Termodifikasi Dengan Karet Alam Terdepolimerisasi Sebagai Aditif. *Jurnal Penelitian Karet*, 33(1), 75. <https://doi.org/10.22302/jpk.v33i1.173>
- Razuardi, R., Saleh, S. M., & Isya, M. (2018). Pengaruh Penambahan Buton Rock Asphalt (Bra) Sebagai Filler Pada Campuran Laston Lapis Aus (Ac-Wc). *Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), 715–724. <https://doi.org/10.24815/jts.v1i3.10031>
- Sukirman, S. (2016). Beton Aspal Campuran Panas. In *Institut Teknologi Nasional*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Spesifikasi Umum Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*. 2018. Surat Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018
- Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. 1990. SNI 03-1968-1990
- Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*. 1991. SNI 06-2489-1991
- Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*. 2002. SNI 03-2847-2002

LAMPIRAN



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238

LEMBAR ASISTENSI

Nama : TONDI MARIO SITORUS
NPM : 1607210188
Jurusan : Teknik Sipil
Judul TA : PENGARUH PENAMBAHAN GETAH KARET PADA
CAMPURAN AC-BC PENETRASI 60/70 TERHADAP
KARAKTERISTIK MARSHALL

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	14 - 1 - 2020	- Sematkan parulisasi dengan panduan yang ada - Lengkapi sumber.	cf
2	$\frac{20}{1}$ 2020	lengkapi bab 2	cf
3	$\frac{30}{1}$ 2020	Acc seminar	cf

DOSEN PEMBIMBING,

(Muhammad Husin Gultom S.T., M.T)



FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : TONDI MARIO SITORUS
NPM : 1607210188
JUDUL : PENGARUH PENAMBAHAN GETAH KARET PADA CAMPURAN AC - BC PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	17/7 2020	Perbaiki hitungan untuk penentuan persentase agregat	CF
2.	3/8 2020	lengkapi Bab 2 tabel korelasi Marshall	CF
3.	12/10 2020	Periksa perhitungan Marshall	CF

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir

(Muhammad Husin Gultom, S.T, M.T)



FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : TONDI MARIO SITORUS
NPM : 1607210188
JUDUL : PENGARUH PENAMBAHAN GETAH KARET PADA CAMPURAN AC –
BC PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL*

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
4.	16/11 2020	<i>Perbaiki kesimpulan</i>	<i>af</i>
5.	19/11 2020	<i>bc</i>	<i>af</i>

Mengetahui,

Pembimbing Tugas Akhir

(Muhammad Husin Gultom, S.T, M.T)

**PROPERTIES OF HIGH DURABILITY ASPHALT MIXES BY THE
MARSHALL METHOD SNI 06 - 2489 - 1991**

Combin Aspal Kebirai Prov Tinggi	AC - BC E070 7.693 x + 0.316	No	Material 1 Coarse Aggregate 1" 2 Coarse Aggregate 3/4" 3 Medium Aggregate 1/2" 4 Custor Dust 5 Natural Sand	Fagen	BULK	SSD	Absorpt	Emulat	R Aspal 1.035	R Gabung BULK E*	2.91 2.65	2.97 2.88	2.19 2.13	1.96 1.96					
															0%	#D/100	#D/100	#D/100	#D/100
1	5.3	1.180.0	1.192.0	682.0	510.0	2.314	2.471	11.177	84.242	6.348	15.340	58.124	3.942	110	847	870	2.97	2.19	1.96
2	5.0	1.173.0	1.184.0	677.0	507.0	2.314	2.471	11.177	84.242	6.353	15.354	58.205	3.942	105	808	840	2.97	2.88	1.96
3	5.0	1.175.0	1.191.0	683.0	508.0	2.313	2.471	11.174	84.240	6.346	15.347	58.005	3.942	112	852	893	2.70	3.11	1.96
1	5.8	1.200.0	1.205.0	687.0	518.0	2.317	2.453	12.130	84.438	5.947	15.922	64.214	4.447	115	885	883	3.51	2.52	1.95
2	5.5	1.181.0	1.189.0	680.0	509.0	2.320	2.453	12.130	84.431	5.309	15.380	64.880	4.447	108	831	858	3.34	2.57	1.95
3	5.5	1.178.0	1.192.0	684.0	508.0	2.319	2.453	12.132	82.214	5.644	15.488	64.822	4.447	110	847	877	3.29	2.66	1.95
1	6.4	1.185.0	1.192.0	683.0	509.0	2.328	2.453	12.046	84.468	4.301	15.932	71.729	4.053	119	916	945	3.98	2.97	1.95
2	6.0	1.195.0	1.195.0	683.0	512.0	2.322	2.453	13.462	84.257	4.630	15.343	70.989	4.953	115	885	903	3.87	2.37	1.95
3	6.0	1.183.0	1.187.0	678.0	509.0	2.324	2.453	13.479	81.974	4.552	14.005	74.745	4.953	113	870	897	3.78	2.37	1.95
1	6.9	1.184.0	1.187.0	675.0	512.0	2.315	2.458	14.528	80.456	4.948	16.544	74.788	5.458	123	947	965	4.14	2.81	1.94
2	6.5	1.190.0	1.200.0	686.0	514.0	2.315	2.458	14.540	80.553	4.297	16.447	74.285	5.458	104	800	811	4.10	1.98	1.94
3	6.5	1.190.0	1.197.0	683.0	514.0	2.315	2.458	14.540	81.221	4.297	16.477	77.483	5.458	105	808	819	4.18	1.95	1.94
1	7.5	1.185.0	1.187.0	674.0	513.0	2.310	2.440	13.628	82.038	3.771	17.042	77.922	5.964	106	816	829	4.38	1.80	1.94
2	7.0	1.189.0	1.200.0	685.0	515.0	2.309	2.440	13.675	82.775	3.621	17.025	77.965	5.964	112	852	870	4.36	2.07	1.94
3	7.0	1.189.0	1.200.0	685.0	515.0	2.309	2.440	13.675	80.564	3.621	19.408	80.388	5.964	105	808	816	4.36	1.87	1.94
	7.0					2.309	2.400		82.119	3.605	17.881	78.648	5.964		838	857	4.37	1.82	1.94

Keterangan
a = % aspal terhadap batuan
b = % aspal terhadap campuran
c = berat sample kering (gr)
d = berat sample jenuh (gr)
e = berat sample dalam air (gr)
f = volume sample (cc) = d - e
g = berat isi sample (gr/cc) = c/f
h = berat jenis maksimum
i = % volume aspal = (b x g) / bj aspal
j = % volume agregat = ((100 - b) x g) / bj agregat
k = % rongga terhadap campuran = 100 - ((100 x g) / h)
l = % rongga terhadap agregat = 100 - ((g x b) / bj agregat)
m = % rongga terisi aspal = 1000 x (l - k) / l
n = kadar aspal efektif
o = perbandingan angka stabilitas
p = koefisien proving ring
q = stabilitas akhir
r = ketidahan (mm)
s = Marshall quotient = q/r

Gambar L.1: Tabel data Marshall campuran normal.

**PROPERTIES OF HIGH DURABILITY ASPHALT MIXES BY THE
MARSHALL METHOD SNI 06 - 2489 -1991**

Corbuh Aspal Agregat Kalibrasi Proy Tangkal	AC - BC 60/70 7.693 x + 0316	No	Material	Permen					BULK	SSD	Apparent	EMOD	Bt Aspal 1,035	Bt Gabung BULK ET 2,918 2,665	t	s	I		
				0%	20%	30%	40%	100%											
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
6.3	6.0	1.176.0	1.177.0	687.0	490.0	2.400	2.435	13.830	87.086	1.462	12.994	84.755	49.462	115	885	981	4.29	2.14	1.05
6.0	6.0	1.188.0	1.194.0	695.0	499.0	2.381	2.435	13.779	86.188	2.242	13.612	83.528	49.443	111	854	915	7.47	1.23	1.05
3	6.0	1.193.0	1.198.0	700.0	498.0	2.396	2.435	13.864	84.512	1.634	13.014	81.935	49.443	112	862	927	6.43	1.44	1.05
6.3	6.0	1.187.0	1.188.0	697.0	491.0	2.382	2.435	13.844	85.882	1.778	13.200	83.688	49.443	106	816	941	8.10	1.83	1.05
6.0	6.0	1.191.0	1.197.0	696.0	501.0	2.377	2.435	13.758	86.241	2.388	12.728	82.680	49.443	92	708	901	5.98	1.51	1.05
3	6.0	1.192.0	1.195.0	688.0	507.0	2.351	2.435	13.610	82.933	3.484	14.680	76.440	49.443	102	785	815	5.35	1.52	1.05
6.3	6.0	1.193.0	1.194.0	688.0	506.0	2.358	2.435	13.645	85.532	3.180	14.448	77.980	49.443	95	731	763	5.00	1.53	1.05
6.0	6.0	1.204.0	1.205.0	689.0	517.0	2.329	2.435	13.478	84.508	4.325	15.402	71.288	49.443	96	739	740	5.98	1.24	1.05
3	6.0	1.195.0	1.197.0	685.0	512.0	2.334	2.435	13.508	82.329	4.889	17.679	74.442	49.443	100	770	785	6.00	1.31	1.05
6.0	6.0	1.195.0	1.197.0	685.0	512.0	2.340	2.435	13.544	84.128	3.808	15.872	76.380	49.443	100	783	785	6.88	1.88	1.05

Keterangan
a = % aspal terhadap batuan
b = % aspal terhadap campuran
c = berat sample kering (gr)
d = berat sample jenuh (gr)
e = berat sample dalam air (gr)
f = volume sample (cc) = d - e
g = berat isi sample (gr/cc) = e/f
h = berat jenis maksimum
i = % volume aspal = (b x g) / bj aspal
j = % volume agregat = ((100 - b) x g) / bj agregat
k = % rongga terhadap campuran = 100 - ((100 x g) / h)
l = % rongga terhadap agregat = 100 - ((g x b) / bj agregat)

100
 $\frac{\% agregat}{\% aspal} + \frac{\% aspal}{\% agregat}$
m = % rongga terisi aspal = $1000 \times (l - k) / l$
n = kadar aspal efektif
o = pembacuan angka stabilitas
p = kalibrasi proving ring
q = stabilitas akhir
r = ketahanan (mm)
s = Marshall quotient = q/r

Gambar L.2: Tabel data Marshall campuran getah karet.



Gambar L.3: Aspal penetrasi 60/70.



Gambar L.4: Bahan tambah getah karet (*Latex*)



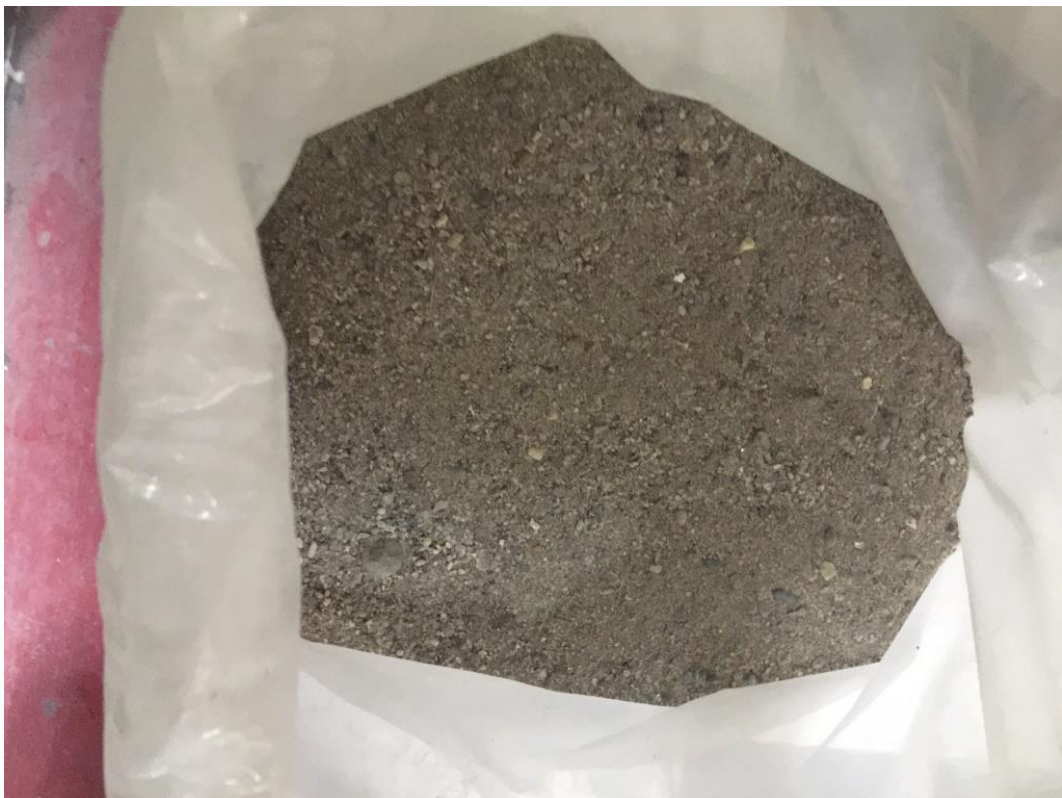
Gambar L.5: Agregat kasar (Ca) $\frac{3}{4}$ " inch.



Gambar L.6: Agregat kasar (Ma) $\frac{1}{2}$ inch.



Gambar L.7: Agregat halus abu batu (Cr).



Gambar L.8: Agregat halus pasir (*Sand*).



Gambar L.9: Proses penyaringan agregat.



Gambar L.10: Proses penimbangan agregat.



Gambar L.11: Pembuatan benda uji.



Gambar L.12: Pembuatan benda uji.



Gambar L.13: Pencampuran bahan tambah getah karet pada campuran beraspal.



Gambar L.14: Benda uji.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama : Tondi Mario Sitorus
Panggilan : Tondi
Tempat, Tanggal Lahir : Padangsidimpuan, 06 November 1998
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat Sekarang : Jl.Sudirman Gg.Perjuangan Padangsidimpuan
HP/Tlpn Seluler : 0813-6084-9084

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1607210188
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Jenis Kelamin : Laki-laki
Peguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Peguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3 Medan 20238

PENDIDIKAN FORMAL

Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun
Kelulusan		
Sekolah Dasar	SDN 200116 Padangsidimpuan	2004 - 2010
Sekolah Menengah Pertama	SMPN 4 Padangsidimpuan	2010 - 2013
Sekolah Menengah Kejuruan	SMAN 2 Padangsidimpuan	2013 - 2016

ORGANISASI

Informasi

Tahun