

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN PENGGUNAAN LIMBAH KARBIT
DAN ABU BATU SEBAGAI *FILLER* TERHADAP
CAMPURAN ASPAL PADA LAPISAN ASPHALT
TREATED BASE (ATB)
(*Studi Penelitian*)**

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

Disusun Oleh:

RAHMAT SALEH SIREGAR
1207210123



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Rahmat Saleh Siregar

NPM : 1207210123

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Perbandingan Penggunaan Limbah Karbit Dan Abu Batu Sebagai *Filler* Terhadap Campuran Aspal Pada Lapisan *Asphalt Treated Base* (ATB) (*Studi Penelitian*)

Bidang ilmu : Transportasi.

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

Medan, April 2017

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II / Peguji

Ir. Sri Asfiati, MT

Ir. Zurkiyah, MT

Dosen Pembanding I / Penguji

Dosen Peguji

Andri, ST, MT

Hj. Irma Dewi ST, Msi

Dosen Pembanding II / Penguji,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ade Faisal, ST, MSc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Rahmat Saleh Siregar

Tempat /Tanggal Lahir : Bontang / 05 Januari 1995

NPM : 1207210123

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil,

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

“Perbandingan Penggunaan Limbah Karbit Dan Abu Batu Sebagai *Filler* Terhadap Campuran Aspal Pada Lapisan *Asphalt Treated Base* (ATB)”

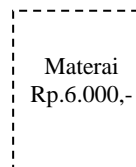
bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga 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/kesarjanaan saya.

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

Medan, April 2017

Saya yang menyatakan,



Rahmat Saleh Siregar

ABSTRAK

PERBANDINGAN PENGGUNAAN LIMBAH KARBIT DAN ABU BATU SEBAGAI *FILLER* TERHADAP CAMPURAN ASPAL PADA LAPISAN *ASPHALT TREATED BASE (ATB)* (STUDI PENELITIAN)

Rahmat Saleh Siregar

1207210123

Ir. Sri Asfiati, MT.

Ir. Zurkiyah, MT.

Konstruksi perkerasan lentur atau sering disebut juga campuran aspal didapatkan dari pencampuran agregat kasar, agregat halus, *filler* dan aspal sebagai pengikatnya dengan perbandingan tertentu pada keadaan panas. Agregat kasar maupun halus memberikan kontribusi yang sangat penting pada konstruksi perkerasan lentur, sifat bahannya yang keras dan tahan lama menjadi kekuatan utama dalam memikul beban yang terjadi. Penelitian ini menggunakan jenis campuran *Asphalt Treated Base (ATB)* dengan menggunakan limbah karbit sebagai *filler*. ATB adalah beton aspal campuran panas (*hotmix*) yang berfungsi sebagai lapis pondasi. Penelitian ini menggunakan kadar aspal 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,0% dan 7,5%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai karakteristik *Marshall* pada campuran beton aspal dengan menggunakan limbah karbit sebagai *filler*. Dari hasil penelitian didapat data *Marshall Test* dengan nilai *bulk density* 2,345 gr/cc, stabilitas 1,914 kg, *flow* 3,5 mm, *void in mix* 4,03%, *void filled bitumen* 75,99%, *void in mineral aggregate* 16,42%, *Marshall quotient* 564 kg/mm, dan kadar aspal optimum 6,05%. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penelitian ini memenuhi spesifikasi kecuali nilai stabilitas pada kadar aspal 5,5%.

Kata kunci : *filler*, limbah karbit, ATB

ABSTRACT

COMPARISON OF THE USE OF CARBIDE WASTE AND CRUSHER DUST AS FILLER ON A ASPHALT MIXTURE OF ASPHALT TREATED BASE LAYER (ATB) (RESEARCH STUDY)

Rahmat Saleh Siregar

1207210123

Ir. Sri Asfiati, MT.

Ir. Zurkiyah, MT.

Construction of flexible pavement often referred to as asphalt mix obtained from mixing coarse aggregate, fine aggregate, filler and bitumen as a binder with a certain ratio in hot conditions. Course aggregate dan fine aggregate contributed very important in the construction of flexible pavement, the nature of the material is hard and durable become a major force in shouldering the expenses incurred. This research uses a mixture of Asphalt Treated Base using carbide waste as filler. ATB is a hot mix asphalt concrete (hot mix) that serves as a foundation layer. This research uses the asphalt content of 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,0% and 7,5 %. The purpose of this study was to determine the value of Marshall characteristic on asphalt concrete mixtures using carbide waste as filler. The result is a data Marshall Test with a bulk density value of 2,345 gr/cc, the stability of 1,914 kg, the flow of 3,5 mm, void in mix 4,03 %, void filled bitumen 75,99 %, void in mineral aggregate 16,54%, Marshall quotient 558,13 kg/mm, and asphalt content effectiv 6,0%. The results showed that this study meets the specifications unless the value of stability on asphalt content 5,5%.

Keyword : filler, carbide waste, ATB

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "Perbandingan Penggunaan Limbah Karbit Dan Abu Batu Sebagai *Filler* Terhadap Campuran Aspal Pada Lapisan *Asphalt Treated Base (ATB)*" sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Ibu Ir. Sri Asfiati, MT, selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Ir. Zurkiyah, MT, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Andri, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Ade Faisal ST, MSc, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Hj. Irma Dewi ST, MSi, selaku Dosen Penguji sekaligus sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Rahmatullah ST, MSc, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Orang tua penulis: Bapak Khoiruddin Siregar dan Ibu Erniyati Harahap, terima kasih untuk semua dukungan serta kasih sayang dan semangat penuh cinta yang tak pernah ternilai harganya, dan telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
10. Sahabat-sahabat penulis: Bobby Prayoga sebagai rekan saat penelitian, yang telah banyak membantu dalam bekerja sama menyelesaikan Tugas Akhir ini. Teman-teman terdekat: Harry Sukmana, Tengku Febriyan, Irfansyah Putra, Nanda Alfansyah ST, Muhammad Regy Setiawan ST, Baskoro Ramadhan ST, Dede Saputra ST, yang telah membantu dan memberikan masukan kepada saya sehingga terselesainya Tugas Akhir ini. Serta kepada seluruh rekan juang Kelas B1 dan A1 pagi dan seluruh angkatan 2012 yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, April 2017

Rahmat Saleh Siregar

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xv
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.5.1. Manfaat Teoritis	3
1.5.2. Manfaat Praktis	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Perkerasan Secara Umum	6
2.2. Campuran Aspal Panas (<i>Asphalt Hot Mix</i>)	8
2.2.1. Lapis Aspal Beton	9
2.2.2. Karakteristik Campuran Aspal Beton	10
2.3. Konstruksi Perkerasan Lentur	11
2.3.1. <i>Asphalt Treated Base</i> (ATB)	14
2.4. Material Konstruksi Perkerasan	14
2.4.1. Agregat	14
2.4.1.1. Agregat Kasar	15
2.4.1.2. Agregat Halus	15

2.4.2.	Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	16
2.4.2.1.	Limbah Karbit	17
2.4.3.	Aspal	18
2.4.3.1.	Jenis-Jenis Aspal	18
2.5.	Pengujian Kualitas Bahan	20
2.5.1.	Pengujian Agregat	20
2.5.2.	Pengujian Aspal	24
2.6.	Pengujian Campuran <i>Asphalt Concrete</i>	26
2.4.1	Pengujian Volumetrik	26
2.4.2	Parameter Pengujian <i>Marshall</i>	28
2.7.	Pengaruh Pematatan	29
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		
3.1.	Umum	30
3.2.	Tempat Dan Waktu Penelitian	31
3.3.	Metode Penelitian	31
3.4.	Material Untuk Penelitian	31
3.5.	Pengumpulan Data	31
3.6.	Metode Yang Digunakan Dalam Penelitian	31
3.7.	Prosedur Penelitian	32
3.8.	Pemeriksaan Bahan Campuran	32
3.8.1.	Pemeriksaan Terhadap Agregat Kasar dan Halus	32
3.8.2.	Pemeriksaan Terhadap Aspal	33
3.8.3.	Alat Yang Digunakan	34
3.9.	Prosedur Kerja	34
3.9.1.	Perencanaan Campuran (<i>Mix Design</i>)	34
3.9.2.	Tahapan Pembuatan Benda Uji	36
3.9.3.	Metode Pengujian Sampel	37
3.9.4.	Penentuan Berat Jenis (<i>Bulk Specific Gravity</i>)	38
3.9.5.	Pengujian <i>Stability</i> Dan <i>Flow</i>	38
3.10.	Penyajian Data	39
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		
4.1.	Hasil Penelitian	44

4.1.1. Pemeriksaan Gradasi Agregat Standar	45
4.1.2. Hasil Uji Berat Jenis Agregat	52
4.1.3. Hasil Pemeriksaan Aspal	54
4.1.4. Pemeriksaan Terhadap Campuran Aspal	55
4.1.5. Penentuan Kadar Aspal Optimum	64
4.2. Pembahasan Dan Analisa	66
4.2.1. Perbandingan Sifat <i>Marshall</i>	66
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku	8
Tabel 2.2	Ketentuan sifat-sifat campuran laston (AC)	9
Tabel 2.3	Ketentuan agregat kasar untuk campuran aspal	15
Tabel 2.4	Ketentuan agregat halus untuk campuran aspal	16
Tabel 2.5	Gradasi bahan pengisi	16
Tabel 2.6	Komposisi kimia limbah karbit	18
Tabel 2.7	Spesifikasi aspal keras pen 60/70	19
Tabel 2.8	Gradasi agregat gabungan untuk campuran laston (AC)	22
Tabel 3.1	Persentase limbah karbit dan abu batu yang digunakan pada setiap kadar aspal	35
Tabel 3.2	Data analisa saringan agregat kasar	40
Tabel 3.3	Data analisa saringan agregat halus	40
Tabel 3.4	Data berat jenis agregat kasar	41
Tabel 3.5	Data berat jenis agregat halus	42
Tabel 3.6	Data <i>Marshall</i>	42
Tabel 4.1	Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar (CA) 1 inch	44
Tabel 4.2	Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar (CA) $\frac{3}{4}$ inch	45
Tabel 4.3	Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar (MA) $\frac{1}{2}$ inch	45
Tabel 4.4	Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus abu batu (Cr)	46
Tabel 4.5	Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pasir	47
Tabel 4.6	Hasil pemeriksaan analisa saringan <i>filler</i> limbah karbit+abu batu	48
Tabel 4.7	Hasil kombinasi gradasi agregat standar	49
Tabel 4.8	Hasil kombinasi gradasi agregat alternatif	50
Tabel 4.9	Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji Standar	51
Tabel 4.10	Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji alternatif	51
Tabel 4.11	Data hasil pengujian berat jenis agregat kasar CA 1 inch	52
Tabel 4.12	Data hasil pengujian berat jenis agregat kasar CA $\frac{3}{4}$ inch	52

Tabel 4.13	Data hasil pengujian berat jenis agregat medium MA ½ inch	53
Tabel 4.14	Data pengujian berat jenis agregat halus abu batu (Cr)	53
Tabel 4.15	Data pengujian berat jenis agregat halus pasir (<i>sand</i>)	53
Tabel 4.16	Data pengujian berat jenis <i>filler</i> limbah karbit	54
Tabel 4.17	Hasil pemeriksaan karakteristik aspal keras Pertamina pen 60/70	54
Tabel 4.18	Hasil uji <i>Marshall</i> campuran beton aspal <i>filler</i> abu batu dan <i>filler</i> limbah karbit+abu batu	56
Tabel 4.19	Kadar Aspal Optimum untuk campuran <i>filler</i> abu batu dan campuran <i>filler</i> limbah karbit+abu batu	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lapisan perkerasan kaku	7
Gambar 2.2	Lapisan perkerasan komposit	7
Gambar 2.3	Lapisan perkerasan lentur	13
Gambar 3.1	Bagan alir penelitian	30
Gambar 4.1	Grafik hasil kombinasi gradasi agregat standar	49
Gambar 4.2	Grafik hasil kombinasi gradasi agregat alternatif	50
Gambar 4.3	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>bulk density</i> (gr/cc) <i>filler</i> abu batu	57
Gambar 4.4	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>bulk density</i> (gr/cc) <i>filler</i> limbah karbit+abu batu	57
Gambar 4.5	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>stability</i> (kg) <i>filler</i> abu batu	58
Gambar 4.6	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>stability</i> (kg) <i>filler</i> limbah karbit+abu batu	58
Gambar 4.7	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VIM (%) <i>filler</i> abu batu	59
Gambar 4.8	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VIM (%) <i>filler</i> limbah karbit+abu batu	59
Gambar 4.9	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VFB (%) <i>filler</i> abu batu	60
Gambar 4.10	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VFB (%) <i>filler</i> limbah karbit+abu batu	60
Gambar 4.11	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) <i>filler</i> abu batu	61
Gambar 4.12	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) <i>filler</i> limbah karbit+abu batu	61
Gambar 4.13	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>flow</i> (mm) <i>filler</i> abu batu	62
Gambar 4.14	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>flow</i> (mm) <i>filler</i> limbah karbit+abu batu	62

Gambar 4.15	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Marshall quotient</i> (kg/mm) <i>fillers</i> abu batu	63
Gambar 4.16	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Marshall quotient</i> (kg/mm) <i>filler</i> limbah karbit+abu batu	63
Gambar 4.17	Penentuan rentang (<i>range</i>) kadar aspal optimum campuran aspal <i>filler</i> abu batu	64
Gambar 4.18	Penentuan rentang (<i>range</i>) kadar aspal optimum campuran aspal <i>filler</i> limbah karbit+abu batu	65
Gambar 4.19	Perbandingan nilai <i>bulk density</i> campuran aspal <i>filler</i> abu batu dan <i>filler</i> limbah karbit+abu batu	66
Gambar 4.20	Perbandingan nilai <i>stability</i> campuran <i>filler</i> abu batu dan <i>filler</i> limbah karbit+abu batu	67
Gambar 4.21	Perbandingan nilai <i>flow</i> campuran <i>filler</i> abu batu dan campuran <i>filler</i> limbah karbit+abu batu	68
Gambar 4.22	Perbandingan nilai VIM campuran <i>filler</i> abu batu dan campuran <i>filler</i> limbah karbit+abu batu	68
Gambar 4.23	Perbandingan nilai VFB campuran <i>filler</i> abu batu dan campuran <i>filler</i> limbah karbit+abu batu	69
Gambar 4.24	Perbandingan nilai VMA campuran <i>filler</i> abu batu dan campuran <i>filler</i> limbah karbit+abu batu	70
Gambar 4.25	Perbandingan nilai MQ campuran <i>filler</i> abu batu dan campuran <i>filler</i> limbah karbit+abu batu	70

DAFTAR NOTASI

A	=	Berat piknometer (gram).
B	=	Berat piknometer berisi air (gram).
C	=	Berat piknometer berisi aspal (gram).
D	=	Berat piknometer berisi air dan aspal (gram).
F	=	Nilai <i>flow</i> (mm).
Gmm	=	Berat jenis maksimum campuran (gr/cm^3).
MQ	=	<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm).
S	=	Nilai stabilitas terkoreksi (kg).
VFA	=	Pori antar butir agregat yang terisi aspal % dari VMA (%).
VIM	=	Rongga udara campuran, persen total campuran (%).
VMA	=	Rongga diantara mineral agregat, persen volume <i>bulk</i> (%).

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

AASHTO	:	<i>Association of American Society Highway Transport Organization</i>
AC	:	<i>Asphalt Concrete</i>
AC-WC	:	<i>Asphalt Concrete Wearing Course</i>
AC-BC	:	<i>Asphalt Concrete Binder Course</i>
AC-BASE	:	<i>Asphalt Concrete Base</i>
AMP	:	<i>Asphalt Mixing Plant</i>
ASTM	:	<i>American Society for Testing and Material</i>
ATB	:	<i>Asphalt Treated Base</i>
Cr	:	<i>Crusted dust</i>
CA	:	<i>Course Aggregate</i>
FA	:	<i>Fine Aggregate</i>
FLOW	:	Kelelehan
LPA	:	Lapis Pondasi Atas
MA	:	<i>Medium Aggregate</i>
MQ	:	<i>Marshall Quotient</i>
PC	:	<i>Portland Cement</i>
IP	:	Indeks Plastisitas
PRD	:	<i>Persentase Refusal Density</i>
SNI	:	Standar Nasional Indonesia
SSD	:	<i>Saturated Surface Dry</i>
STABILITY	:	Stabilitas
TFOT	:	<i>Thin Film Oven Asphalt</i>
VFA	:	<i>Void filled Asphalt</i>
VFB	:	Rongga terisi aspal
VFWA	:	<i>Void Filled with Asphalt</i>
VIM	:	<i>Void in Mix</i>
VMA	:	<i>Void in Mineral Aggregate</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi darat masih menjadi andalan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan mobilitas, terutama untuk jarak pendek sampai menengah. Hal ini mengakibatkan kebutuhan akan prasarana transportasi darat terutama jaringan jalan senantiasa meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah kendaraan. Peningkatan kebutuhan ini harus diimbangi dengan peningkatan performa perkerasan jalan agar jalan yang dibangun kuat dan mampu memenuhi umur layanannya.

Perkerasan lentur merupakan jenis konstruksi perkerasan jalan yang paling umum digunakan di Indonesia. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Lapis aspal beton yang dibuat sebagai campuran panas (*hotmix*) merupakan salah satu jenis dari lapis konstruksi perkerasan lentur. Lapis aspal beton terdiri dari lapisan aus (AC-WC), lapisan antara (AC-BC), dan lapis pondasi (AC-BASE). Dalam praktiknya, *ac-base* dikenal pula dengan nama *Asphalt Treated Base* (ATB).

Campuran *Asphalt Treated Base* sebagai lapis pondasi atas yang terletak di bawah lapis permukaan yang khusus diformulasikan untuk meningkatkan keawetan dan ketahanan kelelahan. Campuran ATB pada dasarnya terdiri dari agregat, bahan pengisi dan aspal dengan proporsi campuran yang telah ditentukan dan harus memiliki sifat-sifat yang memenuhi persyaratan.

Dalam pelaksanaan perkerasan jalan raya salah satu kendala yang sering dihadapi dalam pembuatan jalan khususnya mendapatkan agregat dan memenuhi persyaratan sehingga perlu bahan alternatif lain sebagai bahan pengganti agregat dan *filler* guna memenuhi kebutuhan tersebut. Bahan alternatif tersebut diupayakan dapat meningkatkan produk aspal beton yang kuat, stabil, tahan terhadap suhu dan beban kendaraan juga ramah lingkungan.

Sebagai bahan pengisi campuran aspal beton, *filler* haruslah memenuhi spesifikasi tertentu. Dalam beberapa kondisi dijumpai penggunaan bahan lokal seperti bahan pengisi dari sumber lain. Bahan tersebut mudah didapatkan dan ada kemungkinan memiliki kualitas yang berbeda, seperti halnya limbah karbit yang memiliki kandungan CaO cukup tinggi dan bahan ini sering ditemui di bengkel-bengkel las.

Dari permasalahan di atas, perlu dilakukan penelitian dengan melakukan uji laboratorium dengan mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2010.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Seberapa besar nilai karakteristik *Marshall* pada campuran aspal dengan menggunakan limbah karbit?
2. Apakah limbah karbit dapat berperan sebagai *filler* dalam menggantikan abu batu yang biasa digunakan dalam campuran aspal?

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah:

1. Menyelidiki pengaruh penggunaan limbah karbit sebagai pengganti *filler* terhadap sifat karakteristik campuran aspal panas ATB dan adakah perbedaannya dibandingkan dengan menggunakan *filler* biasa yaitu abu batu.
2. Pengujian laboratorium yang dilakukan adalah pengujian *Marshall*.
3. Penelitian yang dilakukan terbatas pada pengujian laboratorium dan tidak melakukan pengujian lapangan.
4. Reaksi kimia yang terjadi pada campuran tidak dibahas.
5. Tidak membahas aspek ekonomi yang ditimbulkan.

Masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Pada Spesifikasi Umum Bina Marga edisi 2010 revisi 3 Laston ATB.
2. Metode yang digunakan sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010, yaitu Metode Uji *Marshall*.

3. Penggunaan variasi kadar aspal sebesar 5,5%, 6%, 6,5%, 7% dan 7,5% dengan jumlah benda uji sebanyak 30 benda uji. Dari 30 benda uji dibagi masing-masing 15 benda uji untuk limbah karbit dan 15 benda uji untuk abu batu.
4. Parameter campuran aspal yang dikaji adalah Stabilitas *Marshall*, *flow*, VIM, VMA, VFB, MQ.
5. Untuk bahan aspal menggunakan aspal AMP PT. Bangun Cipta Patumbak dengan penetrasi 60/70.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui seberapa besar nilai karakteristik *Marshall* pada campuran aspal dengan menggunakan limbah karbit.
2. Untuk mengetahui apakah limbah karbit dapat berperan sebagai *filler* dalam menggantikan abu batu yang biasa digunakan dalam campuran aspal.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Manfaat Teoritis

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini penulis dapat memberikan berupa informasi hasil penelitian tentang pengaruh penggunaan limbah karbit sebagai alternatif *filler* terhadap campuran aspal. Dari hasil penelitian tersebut akan dapat diketahui pengaruh yang ditimbulkan dari penggunaan limbah karbit terhadap aspal.

Dari hasil penelitian ini juga diharapkan nantinya dapat menambah pengetahuan, pengalaman dan wawasan untuk kita semua.

1.5.2 Manfaat Praktis

Dengan adanya kajian ini diharapkan bisa memberikan pemahaman dan menambah wawasan mengenai pengaruh penggunaan limbah karbit sebagai bahan

alternatif *filler* dalam campuran laston (ATB) sebagai lapis permukaan antara ditinjau terhadap sifat *Marshall*.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mencapai tujuan penelitian ini dilakukan beberapa tahapan yang dianggap perlu. Metode dan prosedur pelaksanaannya secara garis besar adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan. Dalam bab ini diuraikan secara jelas latar belakang penulisan melakukan penelitian, serta maksud dan tujuan penelitian tersebut untuk dijadikan landasan dalam penulisan tugas akhir ini.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini meliputi pengambilan teori-teori serta rumus-rumus dari beberapa sumber bacaan yang mendukung analisa permasalahan yang berkaitan dengan tugas akhir ini. Bab ini juga berisi teori-teori yang didapat dari sumber lainnya seperti internet yang berkaitan dengan permasalahan yang akan diteliti.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan membahas tentang langkah-langkah kerja yang akan dilakukan dan cara memperoleh data yang relevan dengan penelitian ini. Dalam bab ini juga diterangkan secara jelas pengambilan data, pengolahan data, dan analisa data.

Data yang dibutuhkan sebagai berikut:

1. Data primer, yaitu data-data yang berhubungan langsung dari penelitian yang dilakukan.
2. Data sekunder, yaitu data-data yang bersumber dari instansi yang terkait, dan teori-teori yang diperoleh dari buku-buku literatur, internet dan sumber lainnya.

BAB 4 ANALISA DATA

Bab ini merupakan sajian data penerapan teknik analisa yang sesuai dengan objek studi. Kemudian data-data tersebut dibahas dan dianalisa guna mencapai tujuan dan sarana studi yang dimaksud.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan logis berdasarkan analisa data dan bukti yang disajikan sebelumnya, yang menjadi dasar untuk menyusun suatu saran sebagai suatu usulan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Secara Umum

Perkerasan merupakan struktur yang terdiri dari banyak lapisan yang dibuat untuk menambah daya dukung tanah agar dapat memikul beban lalu lintas sehingga tanah tidak mengalami deformasi yang berarti. Perkerasan atau struktur perkerasan didefinisikan sebagai struktur yang terdiri dari satu atau lebih perkerasan yang dibuat dari bahan yang memiliki kualitas yang baik. Jadi, perkerasan jalan adalah suatu konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar (*subgrade*), yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. Perkerasan dimaksudkan untuk memberikan permukaan yang halus dan aman pada segala kondisi dan cuaca, serta tebal dari setiap lapisan harus cukup aman untuk memikul beban yang bekerja di atasnya, oleh karena itu pada waktu penggunaannya diharapkan tidak mengalami kerusakan-kerusakan yang dapat menurunkan kualitas pelayanan lalu lintas.

Perkerasan jalan di Indonesia umumnya mengalami kerusakan awal (kerusakan dini) antara lain akibat pengaruh beban lalu lintas kendaraan yang berlebihan (*over loading*), temperatur (cuaca), air, dan konstruksi perkerasan yang kurang memenuhi persyaratan teknis.

Berdasarkan bahan pengikatnya perkerasan jalan dibagi menjadi dua, yaitu :

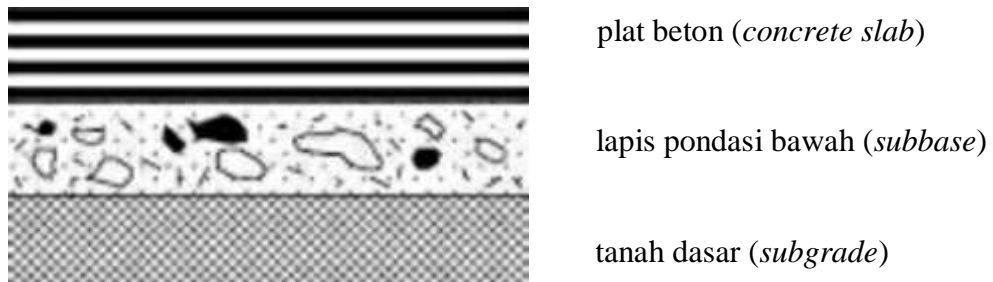
1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Perkerasan lentur merupakan perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan kaku merupakan suatu susunan konstruksi perkerasan dimana sebagai lapisan atasnya digunakan pelat beton, yang terletak di atas pondasi atau langsung di atas tanah dasar. Lapisan pondasi atas terletak tepat di bawah lapisan

perkerasan, maka lapisan ini bertugas menerima beban yang berat. Oleh karena itu material yang digunakan harus berkualitas tinggi dan pelaksanaan di lapangan harus benar. Lapisan-lapisan perkerasan kaku adalah seperti Gambar 2.1.

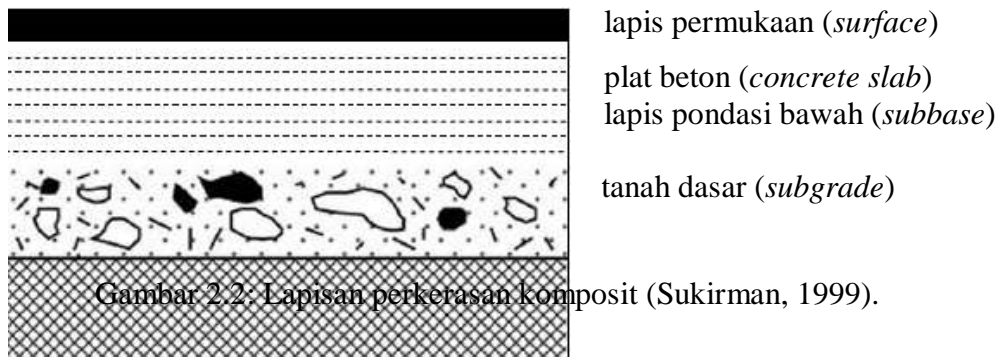


Gambar 2.1: Lapisan perkerasan kaku (Sukirman, 1999).

Perkerasan kaku ini memiliki umur rencana yang lebih lama dibandingkan perkerasan lentur, tetapi lebih mahal biaya yang dibutuhkan. Pada umumnya perkerasan kaku dipakai pada jalan antar lintas provinsi karena arus lalu lintasnya padat. Selain dari kedua jenis tersebut, sekarang telah banyak digunakan jenis gabungan (*composite pavement*).

3. Perkerasan komposit (*composite pavement*)

Perkerasan komposit merupakan perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur. Perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau sebaliknya. Lapisan perkerasan komposit dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2: Lapisan perkerasan komposit (Sukirman, 1999).

Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Perbedaan perkerasan lentur dan perkerasan kaku (Sukirman, 1999).

	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
Bahan Pengikat	Aspal	Semen
Repetisi Beban	Timbul rutting (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
Penurunan Tanah Dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perletakan
Perubahan Temperatur	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah timbul tegangan dalam yang besar

2.2 Campuran Aspal Panas (*Asphalt Hot Mix*)

Campuran aspal panas adalah suatu campuran perkerasan jalan lentur yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan bahan pengikat aspal dengan perbandingan-perbandingan tertentu dan dicampurkan dalam kondisi panas. Berdasarkan gradasinya campuran aspal panas dibedakan dalam tiga jenis campuran, yaitu campuran aspal bergradasi rapat, senjang dan terbuka. Tebal minimum penghamparan masing-masing campuran sangat tergantung pada ukuran maksimum agregat yang digunakan. Tebal padat campuran aspal harus lebih dari 2 kali ukuran butir agregat maksimum yang digunakan. Beberapa jenis campuran aspal panas yang umum digunakan di Indonesia antara lain :

1. AC (*Asphalt Concrete*) atau laston (lapis aspal beton).
2. HRS (*Hot Rolled Sheet*) atau lataston (lapis tipis aspal beton).
3. HRSS (*Hot Rolled Sand Sheet*) atau latasir (lapis tipis aspal pasir).

Dalam campuran beraspal, aspal berperan sebagai pengikat antar partikel agregat, dan agregat berperan sebagai tulangan. Sifat-sifat mekanis aspal dalam campuran beraspal diperoleh dari fraksi dan kohesi dari bahan-bahan pembentuknya. Fraksi agregat dari ikatan antar butir agregat (*interlocking*), dan kekuatannya tergantung pada gradasi, tekstur permukaan, bentuk butiran dan ukuran agregat maksimum yang digunakan. Sedangkan sifat kohesinya diperoleh dari sifat-sifat aspal yang digunakan. Oleh sebab itu kinerja campuran beraspal sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat agregat dan aspal serta sifat-sifat campuran padat yang sudah terbentuk dari kedua bahan tersebut.

2.2.1 Lapis Aspal Beton

Lapis aspal beton atau sering disebut laston (AC) merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Pembuatan laston dimaksudkan untuk memberikan daya dukung dan memiliki sifat tahan terhadap keausan akibat lalu lintas, kedap air, mempunyai nilai struktural, mempunyai nilai stabilitas yang tinggi dan peka terhadap penyimpangan perencanaan dan pelaksanaan.

Laston (AC) terdiri dari tiga macam campuran, laston lapis aus (AC-WC), laston lapis pengikat (AC-BC) dan laston lapis pondasi (AC-Base/ATB) dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25.4 mm, 37.5 mm. Ketentuan mengenai sifat-sifat dari campuran laston (AC) dengan aspal Pen 60/70 dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2: Ketentuan sifat-sifat campuran laston (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010).

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

2.2.2 Karakteristik Campuran Aspal Beton

Menurut Sukirman (1999), terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh aspal beton adalah stabilitas, keawetan, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air dan kemudahan pelaksanaan (*workability*).

Di bawah ini adalah penjelasan dari ketujuh karakteristik tersebut:

1. Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang dilayani. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas aspal beton adalah:
 - a. Gesekan internal yang dapat berasal dari kekasaran permukaan butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal selimut aspal.
 - b. Kohesi yang merupakan gaya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya, sehingga mampu memelihara tekanan kontak antar butir agregat.
2. Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan aspal beton menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas aspal dipengaruhi oleh tebalnya selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran.
3. Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan aspal beton untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas ataupun akibat beban sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli.
4. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*) adalah kemampuan aspal beton untuk menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika menggunakan kadar aspal yang tinggi.

5. Kekesatan/tahanan geser adalah kemampuan permukaan aspal beton terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir ataupun slip.
6. Kedap air adalah kemampuan aspal beton untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara lapisan aspal beton.
7. *Workability* adalah kemampuan campuran aspal beton untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Kemudahan pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekatan aspal terhadap perubahan temperatur dan gradasi serta kondisi agregat.

Ketujuh sifat campuran aspal beton ini tidak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu campuran. Sifat-sifat aspal beton mana yang dominan lebih diinginkan akan menentukan jenis aspal beton yang dipilih. Hal ini sangat perlu diperhatikan ketika merancang tebal perkerasan jalan. Jalan yang melayani lalu lintas ringan seperti mobil penumpang sepantasnya lebih memilih jenis aspal beton yang mempunyai sifat durabilitas dan fleksibilitas yang tinggi daripada memilih jenis aspal beton dengan stabilitas tinggi.

2.3 Konstruksi Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan lentur yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapis permukaan, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah dan tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Muatan yang terjadi pada setiap lapisan berbeda-beda dan semakin ke bawah semakin kecil dikarenakan adanya sifat penyebaran gaya. Lapisan permukaan harus mampu menerima seluruh jenis gaya yang bekerja, oleh karena itu terdapat perbedaan syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh masing-masing lapisan.

Adapun susunan lapisan konstruksi perkerasan lentur terdiri atas :

1. Lapis permukaan (*surface course*)

Lapis permukaan (*Surface Course*) adalah lapisan perkerasan yang paling atas dan lapisan yang bersentuhan langsung dengan beban roda kendaraan. Selain memiliki stabilitas yang tinggi dan kedap air, lapis permukaan ini dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu, sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan. Lapis permukaan ini memiliki fungsi utama sebagai berikut :

- a. Lapis perkerasan penahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
- b. Lapis aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menerima gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
- c. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atas lapis permukaan tidak meresap ke lapis di bawahnya yang berakibat rusaknya struktur perkerasan jalan dan air mengalir ke saluran di samping jalan.
- d. Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang punya daya dukung lebih jelek.

2. Lapis pondasi atas (*base course*)

Lapis pondasi atas (*base course*) adalah lapisan perkerasan yang terletak antara lapis pondasi bawah dan permukaan. Karena tepat di bawah permukaan perkerasan, maka lapis ini menerima pembebanan yang berat. Material yang digunakan untuk lapisan ini diharuskan material dengan kualitas yang tinggi sehingga kuat untuk menahan beban yang direncanakan.

3. Lapis pondasi bawah (*subbase course*)

Lapis pondasi bawah (*subbase course*) adalah bagian perkerasan yang terletak antara perkerasan atas dan tanah dasar. Dengan demikian jenis lapisan ini merupakan pondasi yang mendukung perkerasan atas dan lapisan permukaan. Fungsi *subbase course* adalah :

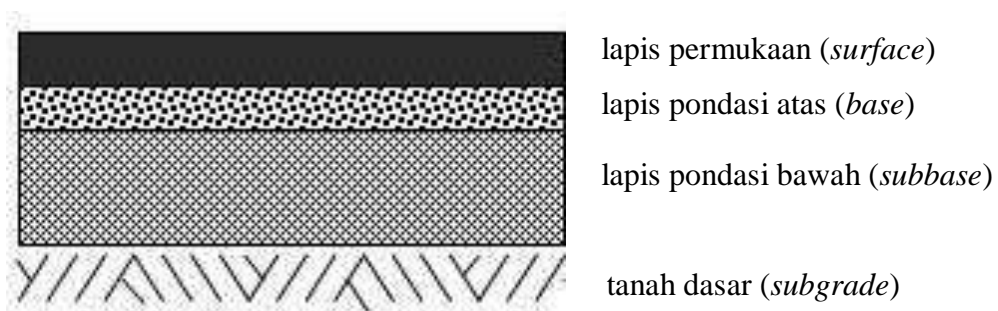
- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan yang menyebarkan beban-beban roda ke tanah dasar.
- b. Untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.

- c. Sebagai lapis peresapan agar air tanah tidak mengumpul pada pondasi maupun tanah dasar.
- d. Untuk memudahkan pekerjaan awal atau membuat jalan sementara.

Material yang digunakan untuk lapisan pondasi bawah mempunyai CBR 20 % dan Plastisitas Indeks (PI) ≤ 10 %. Biasanya di Indonesia lapisan ini memakai lapisan pasir dan batu (Sirtu) kelas A, B atau kelas C atau tanah lempung/kepasiran. Selain itu juga dapat pula digunakan stabilitas agregat atau tanah dengan semen atau kapur.

4. Tanah dasar (*subgrade*)

Tanah dasar (*Subgrade*) adalah permukaan galian tanah yang berasal dari lokasi itu sendiri atau didekatnya, yang telah dipadatkan sampai tingkat kepadatan tertentu sehingga mempunyai daya dukung yang baik serta berkemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan, walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat. Lapisan ini berada terbawah dari perkerasan jalan raya. Fungsi utamanya adalah sebagai tempat perletakan suatu perkerasan jalan. Lapisan perkerasan lentur dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3: Lapisan perkerasan lentur (Sukirman, 1999).

Masalah-masalah yang sering ditemui menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut :

- a. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) akibat beban lalu lintas.
- b. Sifat mengembang dan menyusutnya tanah akibat perubahan kadar air.

- c. Daya dukung tanah yang tidak merata akibat adanya perbedaan sifat-sifat tanah pada lokasi yang berdekatan atau akibat kesalahan pelaksanaan yang mengakibatkan kepadatan yang kurang baik.

2.3.1 Asphalt Treated Base (ATB)

Asphalt Treated Base (ATB) merupakan jenis campuran yang digunakan untuk jalan dengan lalu lintas sedang dan padat, dimana tipe ini digunakan sebagai pondasi sebelum lapisan atas. Lapisan ini juga biasa digunakan sebagai lapis sementara sebelum lapisan atas selesai dikerjakan. *Asphalt treated base* adalah aspal beton campuran panas (*hotmix*) yang berfungsi sebagai lapis pondasi. ATB tersusun dari fraksi-fraksi material berbutir (agregat) dan aspal sebagai bahan pengikat sesuai dengan spesifikasi campuran yang telah ditentukan.

Sebagai lapis pondasi bawah perkerasan jalan, *asphalt treated base* mempunyai kriteria sebagai berikut :

- a. Sebagai bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban dan menyebarkan beban lapisan di bawahnya.
- b. Sebagai lapisan peresapan untuk pondasi bawah.
- c. Sebagai bantalan terhadap lapisan permukaan.

2.4 Material Konstruksi Perkerasan

Dalam pelaksanaan konstruksi perkerasan ATB terdiri dari tiga komposisi utama yaitu, agregat yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus, *filler* dan bahan ikat berupa aspal.

2.4.1 Agregat

Pengertian agregat menurut Sukirman (1999), agregat/batuan merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90%-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75%-80% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Jenis agregat berdasarkan jenis dan ukuran butirannya

agregat dibedakan menjadi agregat kasar, agregat halus dan *filler*. Batasan dari masing-masing agregat ini sering kali berbeda, sesuai institusi yang menentukannya.

2.4.1.1 Agregat Kasar

Agregat kasar yaitu agregat yang tertahan pada saringan no.4 (4,76 mm), agregat kasar untuk campuran aspal harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya serta mempunyai tekstur permukaan yang kasar dan tidak bulat agar dapat memberikan sifat *interlocking* yang baik dengan material yang lain. Persyaratan umum agregat kasar sesuai ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 diperlihatkan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3: Ketentuan agregat kasar untuk campuran aspal (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010).

Jenis pemeriksaan	Standart	Syarat maks/min
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%
Abrasi dengan Mesin Los Angeles	SNI-2417-2008	Maks. 30%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	Min. 95%
Angularitas	SNI 03-6877-2002	95/90(*)
Partikel pipih dan lonjong(**)	ASTDM D4791	Maks. 10%
Material lolos saringan No.200	SNI 03-4142-1996	Maks. 2%

Catatan:

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

2.4.1.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butir lebih kecil dari saringan no.4 (4,76 mm). Agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian antara butiran, agregat halus juga mengisi ruang antar butir. Bahan ini dapat terdiri dari butiran-butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari

keduanya. Persyaratan umum agregat halus sesuai ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 diperlihatkan dalam Tabel 2.4

Tabel 2.4: Ketentuan agregat halus untuk campuran aspal (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010).

Jenis Pemeriksaan	Standar	Syarat Maks/Min
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 60%
Material lolos saringan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%
Angularitas	SNI 03-6877-2002	Min 45%
Kadar Lempung	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%

2.4.2 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi adalah bahan yang lolos ukuran saringan no. 30 (0,59 mm) dan paling sedikit 65% lolos saringan no. 200 (0.075 mm). Pada waktu digunakan bahan pengisi harus cukup kering untuk dapat mengalir bebas dan tidak boleh menggumpal. Macam bahan pengisi yang dapat digunakan ialah: abu batu, kapur padam, *portland cement* (PC), debu dolomit, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral tidak plastis lainnya. Banyaknya bahan pengisi dalam campuran aspal beton sangat dibatasi. Kebanyakan bahan pengisi, maka campuran akan sangat kaku dan mudah retak disamping memerlukan aspal yang banyak untuk memenuhi *workability*. Sebaliknya kekurangan bahan pengisi campuran menjadi sangat lentur dan mudah terdeformasi oleh roda kendaraan sehingga menghasilkan jalan yang bergelombang. Gradasi bahan pengisi dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5: Gradasi bahan pengisi (SNI,2002).

Ukuran Saringan	Persen Lolos
No. 30 (600 mikron)	100
No. 50 (300 mikron)	95-100
No. 200 (75 mikron)	70-100

Material *filler* bersama-sama dengan aspal membentuk mortar dan berperan sebagai pengisi rongga sehingga meningkatkan kepadatan dan ketahanan campuran serta meningkatkan stabilitas campuran, sedangkan pada campuran laston *filler* berfungsi sebagai bahan pengisi rongga dalam campuran. Pada prakteknya fungsi dari *filler* adalah untuk meningkatkan viskositas dari aspal dan mengurangi kepekaan terhadap temperatur. Meningkatkan komposisi *filler* dalam campuran dapat meningkatkan stabilitas campuran tetapi menurunkan kadar rongga udara (*air void*) dalam campuran.

2.4.2.1 Limbah Karbit

Limbah karbit adalah sisa dari reaksi karbit terhadap air yang menghasilkan gas asitilen, digolongkan dalam jenis kapur padam yang memiliki sifat-sifat kapur untuk bahan bangunan sesuai dengan SII 0024-80 dengan adanya dua parameter yang menyimpang yaitu kadar $\text{CaO} + \text{MgO}$ lebih rendah dan CO_2 yang cukup tinggi. Berdasarkan pengujian mengandung kalsium yang cukup tinggi, yaitu 72,33%.

Gas *Calcium Dicarbide* atau lebih dikenal dengan gas karbit adalah suatu senyawa tak berwarna CaC_2 . Di Negara yang mempunyai tenaga listrik kuat dibuat dengan memanaskan Kalsium Oksida (CaO) atau batu gamping dengan kokas atau etuna pada suhu diatas 2000°C didalam tungku busur elektrik. Kristal hasil pembakaran terdiri dari ion Ca^{2+} dan Ca^{2-} dengan susunan Natrium Klorida. Jhon Daith yang dikutip oleh M.Istiwarni (1999) menjelaskan bila air ditambahkan pada kalsium karbida dihasilkan bahan dasar etuna organik yang berupa gas dan endapan.

Menurut Kirk dan Othmer yang dikutip P. Sumardi (1991) menyatakan bahwa karbit yang diperdagangkan bukan senyawa murni tetapi merupakan campuran yang terdiri dari CaC_2 kelebihan CaO dan sedikit zat pengotor.

Kalsium karbit yang merupakan hasil sampingan pembuatan gas asitelin adalah berupa padatan berwarna putih kehitaman atau keabu-abuan dengan berat jenis sebesar 2,22. Awal dihasilkannya limbah karbit berupa koloid (semi cair) karena gas ini mengandung gas dan air. Setelah 3-7 hari, gas yang terkandung

menguap perlahan seiring dengan penguapan gas dan air kapur limbah mulai mengering, berubah menjadi gumpalan-gumpalan yang rapuh dan mudah di hancurkan serta dapat menjadi serbuk. Berikut adalah komposisi kimia limbah karbit secara umum diperlihatkan dalam Tabel 2.6.

Tabel 2.6: Komposisi kimia limbah karbit (Budirto, 2007).

Komposisi Kimia	Kandungan (%)
SiO ₂	0,50
Fe ₂ O ₃	0,04
Al ₂ O ₃	3,20
CaO	72,33
Lain-lain	23,93

2.4.3 Aspal

Aspal adalah material utama pada konstruksi lapis permukaan lentur jalan raya, yang berfungsi sebagai bahan pengikat karena mempunyai daya lekat yang kuat, mempunyai sifat adhesif, kedap air dan mudah dikerjakan. Aspal merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang bersifat *viskoelastis* sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya. Sifat *viskoelastis* inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya.

Fungsi aspal adalah sebagai bahan pengikat aspal dan agregat atau antara aspal itu sendiri, juga sebagai pengisi rongga pada agregat. Daya tahannya (*durability*) berupa kemampuan aspal mempertahankan sifat aspal akibat pengaruh cuaca dan tergantung pada sifat campuran aspal dan agregat. Sedangkan sifat adhesi dan kohesi yaitu kemampuan aspal mempertahankan ikatan yang baik. Sifat kepekaan terhadap temperaturnya aspal adalah material termoplastik yang bersifat lunak/cair apabila temperaturnya bertambah.

2.4.3.1 Jenis-Jenis Aspal

Berdasarkan asal dan proses pembentukannya aspal diklasifikasikan berdasarkan:

1. Aspal alam, dibedakan menjadi:
 - a. Aspal gunung (*rock asphalt*), contohnya aspal dari Pulau Buton.
 - b. Aspal danau (*lake asphalt*), contohnya aspal dari Bermudez, Trinidad.
2. Aspal buatan, dibedakan menjadi:
 - a. Aspal minyak, merupakan hasil penyulingan minyak bumi.
 - b. Ter, merupakan hasil penyulingan batu bara.

Aspal minyak dapat dibedakan lagi menjadi:

1. Aspal keras (*asphalt cement*)

Aspal keras merupakan aspal hasil destilasi yang bersifat *viskoelastis* sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan akan mengeras pada saat penyimpanan (suhu kamar). Aspal keras/panas adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas untuk pembuatan *Asphalt concrete*. Terdapat bermacam-macam tingkat penetrasi aspal yang dapat digunakan dalam campuran. Di Indonesia, aspal yang biasa digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 atau penetrasi 80/100, Adapun jenis penetrasinya adalah sebagai berikut:

- a. Aspal penetrasi rendah 40/55, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan daerah dengan cuaca iklim panas.
- b. Aspal penetrasi rendah 60/70, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas sedang atau tinggi, dan daerah dengan cuaca iklim panas.
- c. Aspal penetrasi rendah 80/100, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas sedang/rendah dan daerah dengan cuaca iklim dingin.
- d. Aspal penetrasi rendah 100/110, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas rendah dan daerah dengan cuaca iklim dingin.

Umumnya aspal yang digunakan di Indonesia adalah penetrasi 60/70. Spesifikasi aspal keras pen 60/70 dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7: Spesifikasi aspal keras pen 60/70 (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010).

Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan
Berat yang hilang	SNI 06-2440-1991	$\geq 0,8$

2. Aspal cair (*cut back asphalt*)

Aspal cair adalah campuran antara aspal semen dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Dengan demikian berbentuk cair dalam temperatur ruang. Aspal cair digunakan untuk keperluan lapis resap pengikat (*prime coat*). Berdasarkan bahan pencairnya dan kemudahan menguap bahan pelarutnya, aspal cair dapat dibedakan atas

Penetrasi, 25° C, 100 gr	SNI 06-2456-1991	60 – 70
Viskositas 135° C	SNI 06-6441-1991	385
Titik lembek	SNI 06-2434-1991	≥ 48
Daktilitas pada 25° C (cm)	SNI 06-2432-1991	≥ 100
Titik nyala	SNI 06-2433-1991	≥ 232
Berat jenis	SNI 06-2441-1991	$\geq 1,0$

:

- a. RC (*Rapid Curing Cut Back*).
- b. MC (*Medium Curing Cut Back*).
- c. SC (*Slow Curing Cut Back*).

3. Aspal emulsi

Aspal emulsi adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi. Pada proses ini partikel-partikel aspal padat dipisahkan dan didispersikan dalam air.

2.5 Pengujian Kualitas Bahan

2.5.1 Pengujian Agregat

Pengujian agregat dilakukan melalui beberapa uji meliputi:

1. Pengujian analisa butir

Seluruh spesifikasi perkerasan mensyaratkan bahwa partikel agregat harus berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Distribusi dari variasi ukuran butir agregat ini disebut gradasi agregat. Gradasi agregat adalah pembagian ukuran butiran yang dinyatakan dalam persen dari berat total. Tujuan utama pekerjaan analisa ukuran butir agregat adalah untuk pengontrolan gradasi agar diperoleh konstruksi campuran yang bermutu tinggi.

Batas gradasi diperlukan sebagai batas toleransi dan merupakan suatu cara untuk menyatakan bahwa agregat yang terdiri dari fraksi kasar, sedang dan halus dengan suatu perbandingan tertentu secara teknis masih diizinkan untuk digunakan. Jika grafik terletak menuju ke bagian atas batas toleransi gradasi, agregat dinyatakan lebih halus dan sebaliknya apabila kurva menuju ke bagian bawah batas toleransi gradasi, agregat dinyatakan lebih kasar dari yang diinginkan.

Apabila lapisan tersebut terdiri atas agregat kasar, sedang dan halus dengan perbandingan yang benar, akan dihasilkan lapisan agregat yang lebih padat dan rongga udara yang kecil.

Lapisan agregat yang berongga kecil dengan ukuran yang tepat, akan lebih kuat dan stabil dibandingkan dengan yang berongga tinggi. Untuk mencapai hal tersebut, jumlah agregat yang sedang dan halus perlu diperhatikan. Akan tetapi kepadatan atau kekuatan lapisan akan berkurang apabila kelebihan agregat halus atau sedang.

Suatu material yang mempunyai grafik gradasi di dalam batas-batas gradasi tetapi membelok dari satu sisi batas gradasi ke batas yang lainnya, dinyatakan sebagai gradasi yang tidak baik karena menunjukkan terlalu banyak untuk ukuran tertentu dan terlalu sedikit untuk ukuran lainnya. Gradasi dilakukan dengan melakukan penyaringan terhadap contoh bahan melalui sejumlah saringan yang tersusun sedemikian rupa dari ukuran besar hingga ukuran kecil, bahan yang tertinggal dalam tiap saringan kemudian ditimbang. Gradasi agregat gabungan untuk campuran laston sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 diperlihatkan dalam Tabel 2.8.

Tabel 2.8: Gradasi agregat gabungan untuk campuran laston (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010).

Ukuran Ayakan (mm)	No. saringan	% Berat yang lolos terhadap total agregat dalam campuran laston (AC)		
		WC	BC	BASE
37,5	1 $\frac{1}{2}$	-	-	100
25	1	-	100	90-100
19	$\frac{3}{4}$	100	90-100	76-90
12,5	$\frac{1}{2}$	90-100	75-90	60-78
9,5	$\frac{3}{8}$	77-90	66-82	52-71
4,75	4	53-69	46-64	35-54
2,36	8	33-53	30-49	23-41
1,18	16	21-40	18-38	13-30
0,600	30	14-30	12-28	10-22
0,300	50	9-22	7-20	6-15
0,150	100	6-15	5-13	4-10
0,075	200	4-9	4-8	3-7

2. Berat jenis (*specivic gravity*)

Berat jenis suatu agregat adalah perbandingan berat dari suatu satuan volume bahan terhadap berat air dengan volume yang sama pada temperatur 20° – 25°C (68° – 77° F). Dikenal ada beberapa macam berat jenis agregat, yaitu :

- a. Berat jenis *bulk* (*bulk specific grafity*) adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan seluruh volume agregat.

- b. Berat jenis kering permukaan (*surface saturated dry*) adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering permukaan. Dengan kata lain merupakan berat kering agregat ditambah berat air yang meresap ke dalam pori agregat dan seluruh volume agregat.
- c. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan volume agregat yang tidak diresapi oleh air.

3. Pemeriksaan keausan dengan mesin abrasi

Pada pekerjaan jalan, agregat akan mengalami proses tambahan seperti pemecahan, pengikisan akibat cuaca, pengausan akibat lalu lintas. Guna mengatasi hal tersebut, agregat harus mempunyai daya tahan yang cukup terhadap pemecahan (*crushing*), penurunan (*degradation*) dan penghancuran (*disintegration*).

Agregat pada atau didekat permukaan perkerasan memerlukan kekerasan dan mempunyai daya tahan terhadap pengausan yang lebih besar dibandingkan dengan agregat yang letaknya pada lapisan lebih bawah, karena bagian atas perkerasan menerima beban terbesar.

Agregat dengan nilai keausan yang besar mudah pecah selama pemadatan atau akibat pengaruh beban lalu lintas atau hal lainnya tidak diizinkan karena beberapa sebab:

- a. Gradasi akan berubah karena agregat yang kasar akan menjadi butiran yang halus. Dengan demikian agregat mempunyai gradasi yang tidak memadai.
- b. Agregat yang lemah tidak akan menghasilkan lapisan yang kuat karena bidang pengunci yang bersudut mudah pecah.

Ketahanan agregat terhadap keausan dapat dilakukan dengan pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi *Los Angeles*. Agregat dengan perbandingan dan ukuran yang benar dimasukkan ke dalam alat (drum) yang diisi bola baja dengan diameter 46,80 mm. Drum diputar sebanyak 500 putaran. Bagian agregat yang hancur yang besarnya lebih kecil dari ukuran saringan 1,7 mm ditimbang dan beratnya dinyatakan dalam persentase terhadap benda uji semula.

4. Angularitas

Angularitas merupakan suatu pengukuran penentuan jumlah agregat berbidang pecah. Susunan permukaan yang kasar yang menyerupai kekasaran kertas amplas mempunyai kecenderungan untuk menambah kekuatan campuran, dibanding dengan permukaan yang licin. Ruang agregat yang kasar biasanya lebih besar sehingga menyediakan tambahan bagian untuk diselimuti oleh aspal.

Agregat dengan permukaan licin dengan mudah dapat dilapisi lapisan aspal tipis (*asphalt film*), tetapi permukaan seperti ini tidak dapat memegang lapisan aspal tersebut tetap pada tempatnya.

2.5.2 Pengujian Aspal

Pengujian aspal keras dilakukan melalui beberapa uji meliputi:

1. Uji penetrasi

Percobaan ini bertujuan untuk menentukan apakah aspal keras atau lembek (*solid* atau *semi solid*) dengan memasukkan jarum penetrasi ukuran tertentu, beban, waktu tertentu ke dalam aspal pada suhu tertentu. Pengujian ini dilakukan dengan membebani permukaan aspal seberat 100 gram pada tumpuan jarum berdiameter 1 mm selama 5 detik pada temperatur 250°C. Besarnya penetrasi di ukur dan dinyatakan dalam angka yang dikalikan dengan 0,1 mm. Semakin tinggi nilai penetrasi menunjukkan bahwa aspal semakin elastis dan membuat perkerasan jalan menjadi lebih tahan terhadap kelelahan/*fatigue*. Hasil pengujian ini selanjutnya dapat digunakan dalam hal pengendalian mutu aspal atau ter untuk keperluan pembangunan, peningkatan atau pemeliharaan jalan. Pengujian penetrasi ini sangat dipengaruhi oleh faktor berat beban total, ukuran sudut dan kehalusan permukaan jarum, temperatur dan waktu.

2. Titik lembek

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal yang berkisar antara 30°C sampai 200°C. Temperatur pada saat dimana aspal mulai menjadi lunak tidaklah sama pada setiap hasil produksi aspal walaupun mempunyai nilai penetrasi yang sama. Titik lembek adalah temperatur pada saat

bola baja dengan berat tertentu mendesak turun suatu lapisan aspal yang tertahan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh plat dasar yang terletak di bawah cincin berukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh plat dasar yang terletak di bawah cincin pada tinggi tertentu sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu. Hasil titik lembek digunakan untuk menentukan temperatur kelelehan dari aspal. Aspal dengan titik lembek yang tinggi kurang peka terhadap perubahan temperatur tetapi lebih untuk bahan pengikat perkerasan.

3. Daktalitas

Tujuan untuk percobaan ini adalah untuk mengetahui sifat kohesi dari aspal, dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Kohesi adalah kemampuan partikel aspal untuk melekat satu sama lain, sifat kohesi sangat penting diketahui dalam pembuatan campuran beraspal karena sifat ini sangat mempengaruhi kinerja dan durabilitas campuran. Aspal dengan nilai daktalitas yang rendah adalah aspal yang mempunyai kohesi yang kurang baik dibandingkan dengan aspal yang memiliki daktalitas yang tinggi. Daktalitas yang semakin tinggi menunjukkan aspal tersebut baik dalam mengikat butir-butir agregat untuk perkerasan jalan.

4. Berat jenis

Percobaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis aspal keras dengan alat piknometer. Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dan berat zat cair suling dengan volume yang sama pada suhu 25°C. Berat jenis diperlukan untuk perhitungan analisis campuran pada Pers. 2.1.

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

(2.1)

Dimana :

A = Berat piknometer (gram).

B = Berat piknometer berisi air (gram).

C = Berat piknometer berisi aspal (gram).

D = Berat piknometer berisi air dan aspal (gram).

5. Titik nyala dan titik bakar

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar dari semua jenis hasil minyak bumi kecuali minyak bakar dan bahan lainnya yang mempunyai titik nyala *open cup* kurang dari 70°C. Dengan percobaan ini akan diketahui suhu dimana aspal akan mengalami kerusakan karena panas, yaitu saat terjadi nyala api pertama untuk titik nyala, dan nyala api merata sekurang-kurangnya 5 detik untuk titik bakar. Titik nyala yang rendah menunjukkan indikasi adanya minyak ringan dalam aspal. Semakin tinggi titik nyala dan bakar menunjukkan bahwa aspal semakin tahan terhadap temperatur tinggi.

6. Kelekatan aspal pada agregat

Percobaan ini dilakukan untuk menentukan kelekatan aspal pada batuan tertentu dalam air. Uji kelekatan aspal terhadap agregat merupakan uji kuantitatif yang digunakan untuk mengetahui daya lekat (adhesi) aspal terhadap agregat. Adhesi adalah kemampuan aspal untuk melekat dan mengikat agregat. Pengamatan terhadap hasil pengujian kelekatan dilakukan secara visual.

2.6 Pengujian Campuran *Asphalt Concrete*

2.6.1 Pengujian Volumetrik

Pengujian volumetrik adalah pengujian untuk mengetahui besarnya nilai densitas, *specific gravity* campuran dan porositas dari masing–masing benda uji. Pengujian meliputi pengukuran tinggi, diameter, berat SSD, berat di udara, berat dalam air dari sampel dan berat jenis agregat, *filler* dan aspal. Sebelum dilakukan pengujian *Marshall*, benda uji dilakukan pengujian volumetrik untuk masing–masing benda uji. Densitas menunjukkan besarnya kepadatan pada campuran *Asphalt Concrete*. Kinerja aspal beton sangat ditentukan oleh volumetrik campuran aspal beton padat yang terdiri dari:

1. Kadar aspal efektif

Kadar efektif campuran aspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya menentukan kinerja perkerasan aspal.

2. Rongga di dalam campuran (VIM)

Rongga di dalam campuran (VIM) adalah volume total udara yang berada di antara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang telah dipadatkan, dan dinyatakan dalam persen volume *bulk*. Rongga udara yang dihasilkan ditentukan oleh susunan partikel agregat dalam campuran serta ketidakseragaman bentuk agregat. Rongga udara merupakan indikator durabilitasnya campuran beraspal sedemikian sehingga rongga tidak terlalu kecil atau terlalu besar. Rongga udara dalam campuran yang terlalu kecil dapat menimbulkan *bleeding*. Semakin kecil rongga udara maka campuran beraspal akan semakin kedap terhadap air, tetapi udara tidak dapat masuk kedalam lapisan beraspal sehingga aspal menjadi rapuh. Semakin besar rongga udara dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan terlalu cepat.

Untuk nilai syarat persen VIM ditentukan berdasarkan jenis lapisan permukaan yang dipilih misalnya untuk lapisan aspal beton nilai VIM rencana dibatasi pada interval 3%-5%.

3. Rongga di antara mineral agregat (VMA)

Rongga di antara mineral agregat (VMA) adalah volume rongga yang terdapat di antara partikel agregat suatu campuran yang telah dipadatkan, yang dinyatakan dalam persen terhadap volume total benda uji. Agregat bergradasi menerus memberikan rongga antar butiran VMA yang kecil dan menghasilkan stabilitas yang tinggi tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. VMA yang kecil menyebabkan aspal menyelimuti agregat terbatas, sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan. Nilai VMA akan meningkat seiring dengan bertambahnya selimut aspal atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka.

4. Rongga terisi aspal (VFA)

Rongga terisi aspal (VFA) adalah persen rongga yang terdapat di antara partikel agregat yang terisi oleh aspal, tidak termasuk didalamnya aspal yang terarbsorbsi oleh masing-masing butir agregat. Dengan demikian, aspal yang mengisi VFA inilah yang merupakan persentase volume aspal beton padat yang menjadi film atau selimut aspal. Dasar perhitungan dilakukan berdasarkan volume aspal beton padat. Untuk mendapatkan rongga terisi aspal (VFA) dapat ditentukan dengan Pers. 2.2.

$$VFA = \frac{100.(VMA-VIM)}{VIM}$$

(2.2)

VFA = Pori antar butir agregat yang terisi aspal, persen dari VMA (%).

VMA = Rongga di antara mineral agregat, persen volume *bulk* (%).

VIM = Rongga udara campuran, persen total campuran (%).

2.6.2 Parameter Pengujian *Marshall*

Pengujian *Marshall* adalah pengujian terhadap benda uji untuk menentukan nilai kadar aspal optimum dan karakteristik campuran dengan cara mengetahui nilai ketahanan dan kelelahan yang dihasilkan pada pengujian. Sifat-sifat campuran beraspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian *Marshall* antara lain :

1. *Stability*

Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban yang bekerja tanpa mengalami deformasi permanen seperti gelombang, alur ataupun *bleeding* yang dinyatakan dalam satuan kg atau lb. Nilai stabilitas diperoleh dari hasil pembacaan langsung pada alat *Marshall* Test sewaktu melakukan pengujian *Marshall*. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetannya berkurang.

2. Kelelahan (*flow*)

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas, nilai *flow* merupakan nilai dari masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum *dial* (dalam satuan mm) pada saat melakukan pengujian *Marshall*. Suatu campuran yang memiliki keelehan yang rendah akan lebih kaku dan cenderung untuk mengalami retak dini pada usia pelayanannya, sedangkan nilai keelehan yang tinggi mengindikasikan campuran bersifat plastis.

3. *Marshall Quotient*

Marshall Quotient merupakan hasil perbandingan antara stabilitas dengan *flow*. Semakin tinggi MQ, maka akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Nilai MQ dapat ditentukan dengan Pers. 2.3.

$$MQ = \frac{S}{F} \quad (2.3)$$

Keterangan:

MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm).

S = Nilai stabilitas terkoreksi (kg).

F = Nilai *flow* (mm).

2.7 Pengaruh Pematatan

Pada kadar aspal yang sama, maka usaha pematatan yang lebih tinggi akan mengakibatkan VIM dan VMA berkurang. Bila kadar aspal campuran rencana yang dipadatkan sebanyak 2 x 50 tumbukan, diambil sebelah kiri VMA terendah, tapi lalu lintas ternyata termasuk kategori lalu lintas berat (yang mana harus dipadatkan sebanyak 2 x 75 tumbukan) maka akibat pematatan oleh lalu lintas, keadaan kadar aspal yang sebenarnya akan lebih tinggi. Sebaliknya bila campuran dirancang untuk 2 x 75 tumbukan tetapi ternyata lalu lintas cenderung rendah, maka rongga udara akhir akan lebih tinggi sehingga air dan udara akan mudah masuk. Akibatnya campuran akan cepat mengeras, rapuh dan mudah terjadi retak serta adhesivitas aspal berkurang yang dapat menyebabkan pelepasan butir atau

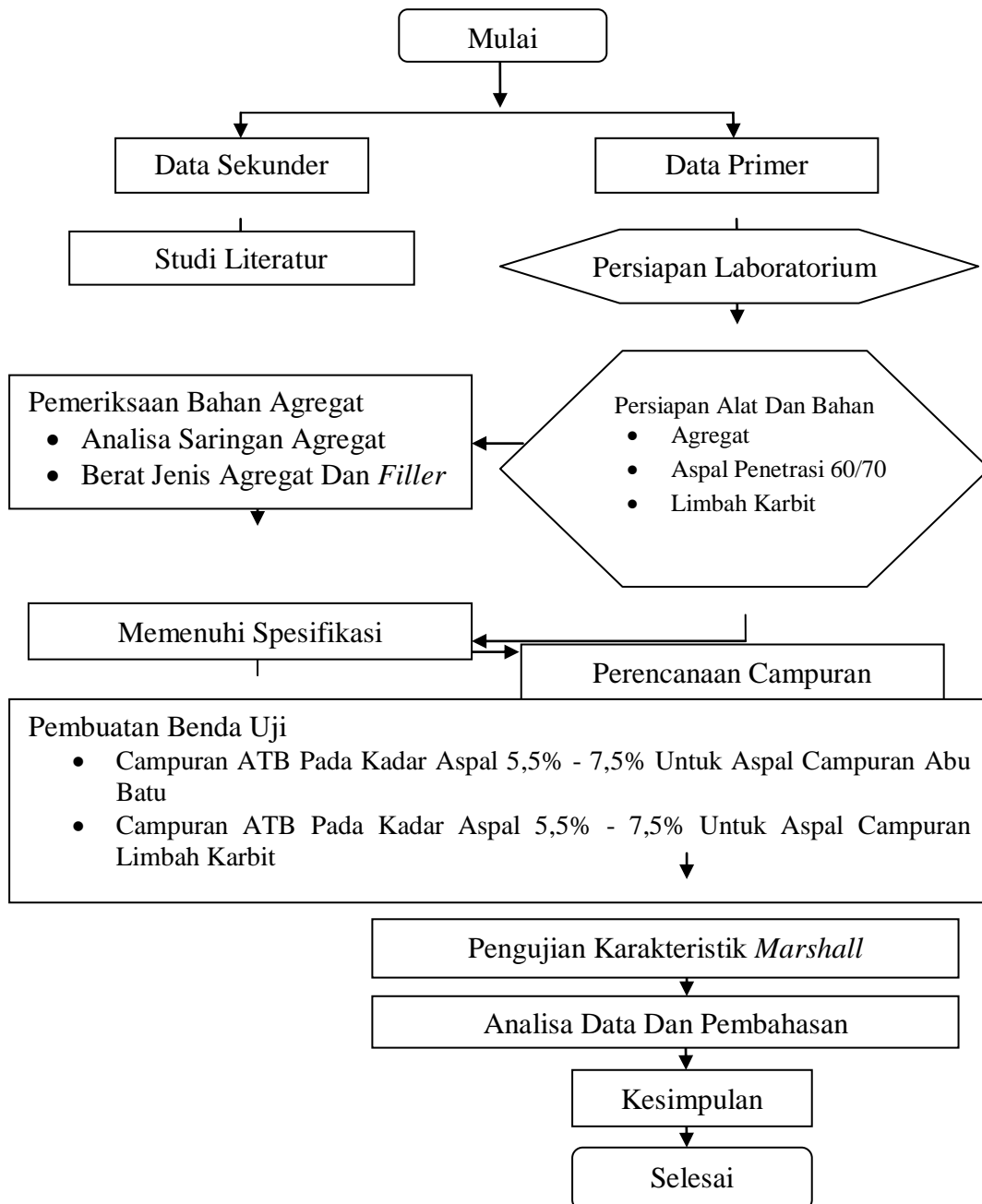
pengelupasan. Karena itu maka usaha pemadatan yang direncanakan di laboratorium harus dipilih yang menggambarkan keadaan lalu lintas di lapangan.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Secara garis besar kegiatan penelitian yang dilaksanakan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian

Tempat dan waktu penelitian adalah sebagai berikut:

1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Jalan Raya Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang berlokasi di Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan.

2. Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 12 Desember 2016 s/d 31 Januari 2017.

3.3 Metode Penelitian

Tahap awal penelitian yang dilakukan di Laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan adalah pengambilan data dan memeriksa mutu bahan aspal dan mutu agregat yang akan digunakan pada percobaan campuran.

3.4 Material Untuk Penelitian

Bahan-bahan dan material yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar, agregat halus, dan aspal Pertamina yang didapatkan dari *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT. Bangun Cipta Kontraktor Medan.

3.5 Pengumpulan Data

Data sekunder adalah data yang digunakan dari benda uji material yang telah dilakukan perusahaan dan diuji di Balai Pengujian Material. Data literatur adalah data dari bahan kuliah laporan dari praktikum dan konsultasi langsung dengan pembimbing dan asisten laboratorium tempat penelitian berlangsung.

3.6 Metode Yang Digunakan Dalam Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian analisa saringan kasar dan halus (SNI 03-1968-1990).
2. Pengujian dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969-2008).
3. Pengujian dan penyerapan agregat halus (SNI 1970-2008).

4. Pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi *Los Angeles* (SNI 2417-2008).
5. Pengujian campuran aspal dengan alat *Marshall* (SNI 06-2489-1991).

3.7 Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah dalam pelaksanaan perencanaan penelitian laboratorium adalah sebagai berikut:

1. Pengadaan alat dan penyediaan bahan yang akan digunakan untuk melakukan penelitian.
2. Pemeriksaan terhadap bahan material yang akan digunakan untuk melakukan penelitian.
3. Merencanakan contoh campuran lapis aspal beton ATB.
4. Merencanakan contoh campuran dengan pembuatan sampel benda uji.
5. Melakukan pengujian dengan alat *Marshall Test*.
6. Analisa hasil pengujian sehingga diperoleh hasil dari pengujian.

3.8 Pemeriksaan Bahan Campuran

Untuk mendapatkan lapis aspal beton ATB yang berkualitas ditentukan dari penyusunan campuran agregat. Bahan terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan sifat dan karekateristiknya.

3.8.1 Pemeriksaan Terhadap Agregat Kasar dan Halus

Agar kualitas agregat dapat dijamin untuk mendapatkan lapis aspal beton ATB yang berkualitas maka beberapa hal yang perlu diadakan pengujian adalah:

1. Diperlukan analisa saringan untuk agregat kasar maupun agregat halus.
2. Pengujian terhadap berat jenis untuk penyerapan agregat kasar.
3. Pengujian terhadap berat jenis untuk penyerapan agregat halus.
4. Pengujian pemeriksaan sifat-sifat campuran dengan *Marshall Test*.
5. Metode pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat.

3.8.2 Pemeriksaan Terhadap Aspal

Aspal yang digunakan terdiri dari aspal minyak. Aspal minyak diambil dari AMP PT. Bangun Cipta Kontraktor, Patumbak, Deli Serdang. Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal Pertamina penetrasi 60/70. Pemeriksaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pemeriksaan penetrasi aspal mengikuti prosedur (SNI 2456-2011) untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal. Kekerasan aspal diukur dengan menggunakan jarum penetrasi standart yang masuk kedalam permukaan aspal umumnya dilakukan pada suhu 25°C, dengan berat beban jarum 100 gr dalam jangka waktu 5 detik. Semakin besar angka penetrasi aspal maka aspal tersebut semakin lunak, dan penetrasi dilakukan setelah kehilangan berat.
2. Pemeriksaan titik lembek (dengan suhu yang diamati dimulai 50°C-55°C) mengikuti SNI 2434-1991 berfungsi untuk mengetahui pada suhu berapa aspal akan digunakan meleleh. Titik lembek adalah suhu pada saat bola baja dengan berat tertentu mendesak turun suatu aspal yang terletak di dalam cincin yang berukuran tertentu sehingga menyentuh plat dasar yang terletak di bawah cincin dengan tinggi tertentu.
3. Pemeriksaan berat jenis mengikuti SNI 2441-2011. Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.
4. Pemeriksaan daktilitas mengikuti SNI 2432-2011. Untuk mengetahui sifat kohesi antar aspal dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tertentu.
5. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar dengan alat (*cleveland oven cup*) yang mengikuti SNI 2433-2011 untuk mengikuti suhu. Dimana aspal mulai memercikkan api dan mulai terbakar. Titik nyala adalah suhu pada saat terlihatnya nyala singkat sekurang kurangnya 2 detik pada suhu titik di atas permukaan aspal. Titik bakar adalah suhu pada saat terlihatnya.

3.8.3 Alat Yang Digunakan

1. Saringan atau ayakan ayakan $1\frac{1}{2}$, 1, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No.200 dan pan.
2. Sekop digunakan sebagai alat mengambil sampel material di laboratorium maupun pada saat pengambilan material di AMP.
3. Goni dan juga pan sebagai tempat atau wadah tempat material.
4. Timbangan kapasitas 20 kg dan timbangan kapasitas 3000 gr dengan ketelitian 0,1 gram.
5. *Shieve shaker* berfungsi sebagai alat mempermudah pengayakan material.
6. Sendok pengaduk dan spatula.
7. *Thermometer* sebagai alat pengukur suhu aspal dan juga material.
8. Piknometer dengan kapasitas 500 ml, untuk pemeriksaan berat jenis penyerapan agregat halus.
9. Cetakan *mold* berbentuk silinder yang berdiameter 101,6 mm (4 in) dan tinggi 76,2 (3 in), beserta *jack hammer marshall*.
10. *Extruder* berfungsi sebagai alat untuk mengeluarkan banda uji *Marshall* dari *mold*.
11. Cat dan spidol untuk menandai benda uji.
12. Penangas air (*water bath*) dengan kedalaman 152,4 mm (6 in) yang dilengkapi dengan pengatur temperatur air $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.
13. Oven pengering material
14. Alat uji *Marshall Test* dilengkapi dengan kepala penekan (*breaking head*), cincin penguji (*proving ring*) dan arloji (*dial*).

3.9 Prosedur Kerja

3.9.1 Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Perencanaan aspal beton meliputi perencanaan gradasi dan komposisi agregat untuk campuran serta jumlah benda uji untuk pengujian. Gradasi agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gradasi menerus lapisan antara laston/ATB (*Asphalt Treated Base*). Dan dilihat pada gradasi yang ideal.

Sebelum melakukan pencampuran terlebih dahulu dilakukan analisa saringan masing-masing fraksi, komposisi campuran didasarkan pada fraksi agregat kasar CA (*Coarse Aggregate*), MA (*Medium Aggregate*), dan agregat halus FA (*Fine Aggregate*) dari analisa komposisi gradasi diperoleh komposisi campuran agregat untuk benda uji standart sebagai berikut:

1. Agregat kasar (CA) 1 inci = 25 %
2. Agregat kasar (CA) $\frac{3}{4}$ inci = 15 %
3. Agregat kasar (MA) $\frac{1}{2}$ inci = 15 %
4. *Filler* abu batu (Cr) = 30 %
5. Agregat halus (*Sand*) = 15 %

Adapun diperoleh komposisi campuran agregat untuk benda uji alternatif (limbah karbit) sebagai berikut:

1. Agregat kasar (CA) 1 inci = 25 %
2. Agregat kasar (CA) $\frac{3}{4}$ inci = 15 %
3. Agregat kasar (MA) $\frac{1}{2}$ inci = 15 %
4. *Filler* limbah karbit+abu batu = 30 %
5. Agregat halus = 15 %

Dalam penelitian ini limbah karbit dikombinasikan dengan abu batu dengan persentase yang berbeda pada setiap kadar aspal. Perbandingan limbah karbit dan abu batu pada setiap kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Persentase limbah karbit dan abu batu yang digunakan pada setiap kadar aspal.

Kadar aspal (%)	Kombinasi limbah karbit dan abu batu yang digunakan sebagai <i>filler</i> (%)	
	Abu batu	Limbah karbit
5,5%	20%	80%
6,0%	25%	75%
6,5%	30%	70%
7,0%	35%	65%
7,5%	40%	60%

Komposisi aspal campuran ditentukan oleh nilai kadar aspal optimum. Untuk mengetahui besarnya kadar aspal optimum untuk suatu campuran aspal dilakukan dengan cara coba-coba. Langkah yang ditempuh adalah melakukan uji *Marshall* untuk berbagai kadar aspal. Variasi kadar aspal ditentukan dengan sedemikian rupa sehingga perkiraan besarnya kadar aspal optimum berada di dalam variasi tersebut, yaitu mulai dari 5,5%, 6%, 6,5%, 7% dan 7,5%.

3.9.2 Tahapan Pembuatan Benda Uji

Adapun tahap pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

1. Merupakan tahap persiapan untuk mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan. Menentukan persentase masing-masing butiran untuk mempermudah pencampuran dan melakukan penimbangan secara kumulatif untuk mendapatkan proporsi campuran yang lebih tepat.
2. Pisahkan agregat ke dalam fraksi-fraksi yang sudah ditentukan dengan cara penyaringan dan lakukan penimbangan.
3. Pencampuran benda uji
 - a. Untuk setiap benda uji diperlukan agregat dan aspal sebanyak ± 1200 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira $63,5 \text{ mm} \pm 1,27 \text{ mm}$ ($2,5 \pm 0,05$ inci).
 - b. Panaskan agregat hingga suhu 150°C .
 - c. Tuangkan aspal yang sudah mencapai tingkat kekentalan sebanyak yang dibutuhkan ke dalam agregat yang sudah dipanaskan, kemudian aduk dengan cepat sampai agregat terselimuti aspal secara merata.
4. Pemasakan benda uji
 - a. Bersihkan perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dengan seksama dan panaskan sampai suhu antara 90°C - 150°C .
 - b. Letakan cetakan di atas landasan pematat dan ditahan dengan pemegang cetakan.
 - c. Letakkan kertas saring atau kertas penghisap dengan ukuran sesuai ukuran dasar cetakan.

- d. Masukkan seluruh campuran ke dalam cetakan dan tusuk-tusuk campuran dengan spatula yang telah dipanaskan sebanyak 15 kali sekeliling pinggirannya dan 10 kali bagian tengahnya.
- e. Letakkan kertas saring atau kertas penghisap di atas permukaan benda uji dengan ukuran sesuai cetakan.
- f. Padatkan campuran dengan temperatur yang disesuaikan dengan kekentalan aspal yang digunakan dengan jumlah tumbukan 75 kali untuk sisi atas dan 75 kali untuk sisi bawah.
- g. Setelah kira-kira temperatur hangat keluarkan benda uji dari cetakan dengan menggunakan *extruder* dan letakkan benda uji di atas permukaan yang rata dan beri tanda pengenal serta biarkan selama 24 jam pada temperatur ruang.

3.9.3 Metode Pengujian Sampel

Pengujian sampel dilakukan sesuai dengan prosedur *Marshall Test* yang dikeluarkan oleh RSNI M-01-2003. Pengujian sampel terbagi atas 2 bagian pengujian, yaitu:

1. Penentuan *bulk specific gravity* sampel.
2. Pengujian *stability* dan *flow*.

Peralatan yang digunakan untuk pengujian sampel sebagai berikut:

1. Alat uji *Marshall*, alat uji listrik yang berkekuatan 220 volt, didesain untuk memberikan beban pada sampel untuk menguji semi *circular testing head* dengan kecepatan konstan 51 mm (2 inci) per menit. Alat ini dilengkapi dengan sebuah *proving ring* (arloji tekan) untuk mengetahui stabilitas pada beban maksimum pengujian. Selain itu juga dilengkapi dengan *flow meter* (arloji kelelahan) untuk menentukan besarnya kelelahan pada beban maksimum pengujian.
2. *Water Bath*, alat ini dilengkapi pengaturan suhu minimum 20°C dan mempunyai kedalaman 150 mm (6 inci) serta dilengkapi rak bawah 50 mm.

3. *Thermometer*, ini adalah sebagai pengukur suhu air dalam *water bath* yang mempunyai menahan suhu sampai $\pm 200^{\circ}\text{C}$.

3.9.4 Penentuan Berat Jenis (*Bulk Specific Gravity*)

Setelah benda uji selesai, kemudian dikeluarkan dengan menggunakan *extruder* dan didinginkan. Berat isi untuk benda uji tidak porus atau gradasi menerus dapat ditentukan menggunakan benda uji kering permukaan jenuh (SSD). Pengujian dilakukan sesuai dengan SNI 03-6557-2002 metode pengujian berat jenis nyata campuran berasal didapatkan menggunakan benda uji kering permukaan jenuh.

Pengujian *bulk specific gravity* ini dilakukan dengan cara menimbang benda uji *Marshall* yang sudah dikeluarkan dari *mold*, dengan menimbang berat dalam keadaan kering udara, kemudian di dalam air dan berat jenuh. Perbedaan berat benda uji kering permukaan dengan berat uji dalam air adalah volume *bulk specific gravity* benda uji (cm^3). Sedangkan *bulk specific gravity* sampel merupakan perbandingan antara benda uji di udara dengan volume bulk benda uji (gr/cm^3). Adapun proses tahapan penimbangan sebagai berikut:

- a. Timbang benda uji di udara.
- b. Rendam benda uji di dalam air.
- c. Timbang benda uji SSD di udara.
- d. Timbang benda uji di dalam air.

3.9.5 Pengujian *Stability Dan Flow*

Setelah penentuan berat *bulk specific gravity* benda uji dilaksanakan, pengujian *stabilitas* dan *flow* dilaksanakan dengan menggunakan alat uji *Marshall* sebagai berikut:

1. Rendamlah benda uji dalam penangas air selama 30-40 menit dengan temperatur tetap $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ untuk benda uji.
2. Permukaan dalam *testing head* dibersihkan dengan baik. Suhu *head* harus dijaga dari 21°C - 37°C dan digunakan bak air apabila perlu. *Guide road* dilumasi dengan minyak tipis sehingga bagian atas *head* akan meluncur

tanpa terjepit. Periksa indikator *proving ring* yang digunakan untuk mengukur beban yang diberikan. Pada setelah dial *proving ring* disetel dengan jarum menunjukkan angka nol dengan tanpa beban.

3. Sampel percobaan yang telah direndam dalam *water bath* diletakkan di tengah bagian bawah dari *test head*. *Flow* meter diletakkan diatas tanpa *guide road* dan jarum petunjuk dinolkan.
4. Pasang bagian atas alat penekan uji *Marshall* di atas benda uji dan letakkan seluruhnya dalam mesin uji *Marshall*.
5. Pasang arloji pengukur pelelehan (*flow*) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh pada bagian atas kepala penekan.
6. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji.
7. Atur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.
8. Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50,8 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, untuk pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (stabilitas) yang dicapai. Untuk benda uji dengan tebal tidak sama dengan 63,5 mm, beban harus dikoreksi dengan faktor pengali.
9. Catat nilai pelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai.
10. Bersihkan alat dan selesai.

3.10 Penyajian Data

Penyajian data yang dimaksud adalah penyajian data sifat bahan dan karakteristik campuran *Marshall* dari hasil pengujian yang telah dilakukan. Pengujian ini dimaksudkan sebagai bahan didalam menganalisis data dari pengujian yang dimaksud, yaitu analisis penentuan karakteristik *Marshall* dari jenis campuran beton aspal. Berikut adalah data yang diperoleh dari hasil penelitian di laboratorium sebagai berikut:

1. Data hasil pengujian analisa saringan agregat kasar.

Dari hasil pengujian diperoleh analisa saringan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2: Data analisa saringan agregat kasar.

Agregat kasar lolos saringan 1" (10 kg)	No. Saringan (Tertahan)	Benda Uji 1 (gr)	Benda Uji 2 (gr)
	$\frac{3}{4}$	5673	5820
	$\frac{1}{2}$	2231	2170
	$\frac{3}{8}$	1103	1120
	4	993	789
Agregat kasar lolos saringan $\frac{3}{4}$ " (5 kg)	No. Saringan (Tertahan)	Benda Uji 1 (gr)	Benda Uji 2 (gr)
	$\frac{1}{2}$	2281	2256
	$\frac{3}{8}$	870	884
	4	1820	1798
agregat kasar lolos saringan $\frac{1}{2}$ " (2,5 kg)	No. Saringan (Tertahan)	Benda Uji 1 (gr)	Benda Uji 2 (gr)
	$\frac{3}{8}$	540	532
	4	1100	1128
	8	590	587
	16	254	226

2. Data hasil pengujian analisa saringan agregat halus.

Dari hasil pengujian diperoleh analisa saringan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3: Data analisa saringan agregat halus.

Agregat halus (sand) lolos saringan No. 4 (1 kg)	No. Saringan (Tertahan)	Benda Uji 1 (gr)	Benda Uji 2 (gr)
	8	178	189
	16	232	227
	30	243	258
	50	218	214
	100	25	28
	200	14	17
	Pan	9	11
Agregat halus (abu batu) lolos saringan No. 4 (500 gr)	No. Saringan (Tertahan)	Benda Uji 1 (gr)	Benda Uji 2 (gr)
	8	135	128
	16	150	156
	30	87	79
	50	49	46

Tabel 3.3: *Lanjutan.*

Agregat halus (abu batu) lolos saringan No. 4 (500 gr)	No. Saringan (Tertahan)	Benda Uji 1 (gr)	Benda Uji 2 (gr)
	100	28	24
	200	13	11
	Pan	6	8
<i>filler</i> (limbah karbit) lolos saringan No. 4 (500 gr)	No. Saringan (Tertahan)	Benda Uji 1 (gr)	Benda Uji 2 (gr)
	8	98	95
	16	71	76
	30	83	87
	50	72	79
	100	69	72
	200	24	35
	Pan	73	44

3. Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

Dari hasil pengujian diperoleh analisa saringan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4: Data berat jenis agregat kasar.

CA 1 inci	Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
	Berat benda uji kering oven	A	3975	3963	gram
	Berat benda uji jenuh kering permukaan di udara	B	4012	4008	gram
	Berat benda uji dalam air	C	2520	2508	gram
MA $\frac{3}{4}$ inci	Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
	Berat benda uji kering oven	A	2986	2983	gram
	Berat benda uji jenuh kering permukaan di udara n di udara	B	3015	3008	gram
	Berat benda uji dalam air	C	1898	1896	gram
FA $\frac{1}{2}$ inci	Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
	Berat benda uji kering oven	A	1988	1985	gram
	Berat benda uji jenuh kering permukaan di udara	B	2014	2009	gram
	Berat benda uji dalam air	C	1264	1270	gram

4. Data hasil pengujian dan penyerapan agregat halus.

Dari hasil pengujian diperoleh analisa saringan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5: Data berat jenis agregat halus.

	Pengujian	Notasi	Benda uji 1	Benda uji 2	Satuan
	Pasir (<i>sand</i>)	Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	500	500
Berat benda uji kering oven		A	491	487	gram
Berat piknometer yang berisi air		B	692	694	gram
Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan		C	1001	1002	gram
	Pengujian	Notasi	Benda uji 1	Benda uji 2	Satuan
	Limbah karbit (<i>filler</i>)	Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	500	500
Berat benda uji kering oven		A	487	486	gram
Berat piknometer yang berisi air		B	691	692	gram
Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan		C	1001	1002	gram
	Pengujian	Notasi	Benda uji 1	Benda uji 2	Satuan
	Abu batu (<i>filler</i>)	Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	500	500
Berat benda uji kering oven		A	494	486	gram
Berat piknometer yang berisi air		B	691	692	gram
Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan		C	1003	1001	gram

5. Data pengujian dengan alat *Marshall*.

Dari hasil pengujian diperoleh data pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6: Data *Marshall*.

Benda Uji Standar						
Kadar aspal	Benda uji	Berat (gr)			Stabilitas	Flow
		Kering	Dalam air	SSD		
5,5 %	1	1180	683	1187	228	335
	2	1185	688	1186	219	329
	3	1186	689	1188	235	305

Tabel 3.6 : *Lanjutan.*

Kadar aspal	Benda uji	Berat (gr)			Stabilitas	Flow
		Kering	Dalam air	SSD		
6 %	1	1198	688	1201	231	300
	2	1184	679	1186	223	355
	3	1181	676	1183	235	320
6,5 %	1	1181	677	1183	210	323
	2	1189	675	1191	243	305
	3	1192	683	1194	251	310
7 %	1	1187	679	1188	245	370
	2	1196	679	1198	236	355
	3	1194	681	1196	225	379
7,5 %	1	1186	673	1188	232	325
	2	1193	684	1195	221	395
	3	1191	679	1193	229	375
Benda Uji Alternatif						
Kadar aspal	Benda Uji	Berat (gr)			Stabilitas	Flow
		Kering	Dalam air	SSD		
5,5 %	1	1193	692	1196	214	262
	2	1196	702	1198	231	321
	3	1183	681	1189	208	363
6 %	1	1196	690	1201	246	255
	2	1193	690	1198	241	395
	3	1191	689	1195	238	361
6,5 %	1	1195	686	1199	251	330
	2	1189	685	1194	233	395
	3	1184	680	1188	242	329
7 %	1	1186	677	1188	251	395
	2	1184	676	1187	234	335
	3	1192	679	1199	242	345
7,5 %	1	1190	675	1190	218	330
	2	1195	681	1197	225	277
	3	1198	685	1208	227	301

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Pemeriksaan Gradasi Agregat Standar

Untuk memperoleh campuran aspal beton ATB yang baik, maka gradasi dari agregat harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh Bina Marga 2010.

1. Analisa saringan agregat kasar (CA) 1 inci

Dari percobaan pencampuran agregat diperoleh hasil perbandingan campuran agregat hasil analisa saringan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar (CA) 1 inci.

No. Saringan	Ukuran (mm)	% lolos saringan
1 ½	37,50	100,00
1	25,40	100,00
¾	19,00	42,54
½	12,50	20,53
3/8	9,50	9,42
No.4	4,75	0,51
No. 8	2,36	0,00
No. 16	1,18	0,00
No. 30	0,60	0,00
No. 50	0,30	0,00
No. 100	0,15	0,00
No. 200	0,075	0,00

2. Analisa saringan agregat kasar (CA) $\frac{3}{4}$ inci

Dari percobaan pencampuran agregat diperoleh hasil perbandingan campuran agregat hasil analisa saringan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar (CA) $\frac{3}{4}$ inci.

No. Saringan	Ukuran (mm)	% lolos saringan
1 $\frac{1}{2}$	37,50	100,00
1	25,40	100,00
$\frac{3}{4}$	19,00	100,00
$\frac{1}{2}$	12,50	54,63
$\frac{3}{8}$	9,50	37,09
No.4	4,75	0,91
No. 8	2,36	0,00
No. 16	1,18	0,00
No. 30	0,60	0,00
No. 50	0,30	0,00
No. 100	0,15	0,00
No. 200	0,075	0,00

3. Analisa saringan agregat kasar (MA) $\frac{1}{2}$ inci

Dari percobaan pencampuran agregat diperoleh hasil perbandingan campuran agregat hasil analisa saringan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar (MA) $\frac{1}{2}$ inci.

No. Saringan	Ukuran (mm)	% lolos saringan
1 $\frac{1}{2}$	37,50	100,00
1	25,40	100,00

Tabel 4.3: *Lanjutan.*

No. Saringan	Ukuran (mm)	% lolos saringan
$\frac{3}{4}$	19,00	100,00
$\frac{1}{2}$	12,50	100,00
$\frac{3}{8}$	9,50	78,56
No.4	4,75	34,00
No. 8	2,36	10,46
No. 16	1,18	0,86
No. 30	0,60	0,00
No. 50	0,30	0,00
No. 100	0,15	0,00
No. 200	0,075	0,00

4. Analisa saringan agregat halus abu batu (Cr)

Dari percobaan pencampuran agregat diperoleh hasil perbandingan campuran agregat hasil analisa saringan pada Tabel 4.4.

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

No. Saringan	Ukuran (mm)	% lolos saringan
1 $\frac{1}{2}$	37,50	100,00
1	25,40	100,00
$\frac{3}{4}$	19,00	100,00
$\frac{1}{2}$	12,50	100,00
$\frac{3}{8}$	9,50	100,00
No.4	4,75	100,00
No. 8	2,36	73,70

Tabel 4.4: *Lanjutan.*

No. Saringan	Ukuran (mm)	% lolos saringan
No. 16	1,18	43,10
No. 30	0,60	26,50
No. 50	0,30	20,50
No. 100	0,15	15,30
No. 200	0,075	12,90

5. Analisa saringan agregat halus pasir (*sand*)

Dari percobaan pencampuran agregat diperoleh hasil perbandingan campuran agregat hasil analisa saringan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pasir.

No. Saringan	Ukuran (mm)	% lolos saringan
1 ½	37,50	100,00
1	25,40	100,00
¾	19,00	100,00
½	12,50	100,00
3/8	9,50	100,00
No.4	4,75	100,00
No. 8	2,36	81,65
No. 16	1,18	58,70
No. 30	0,60	33,65
No. 50	0,30	12,05
No. 100	0,15	9,40
No. 200	0,075	7,85

6. Analisa saringan *filler* limbah karbit

Dari percobaan pencampuran agregat diperoleh hasil perbandingan campuran agregat hasil analisa saringan pada Tabel 4.6.

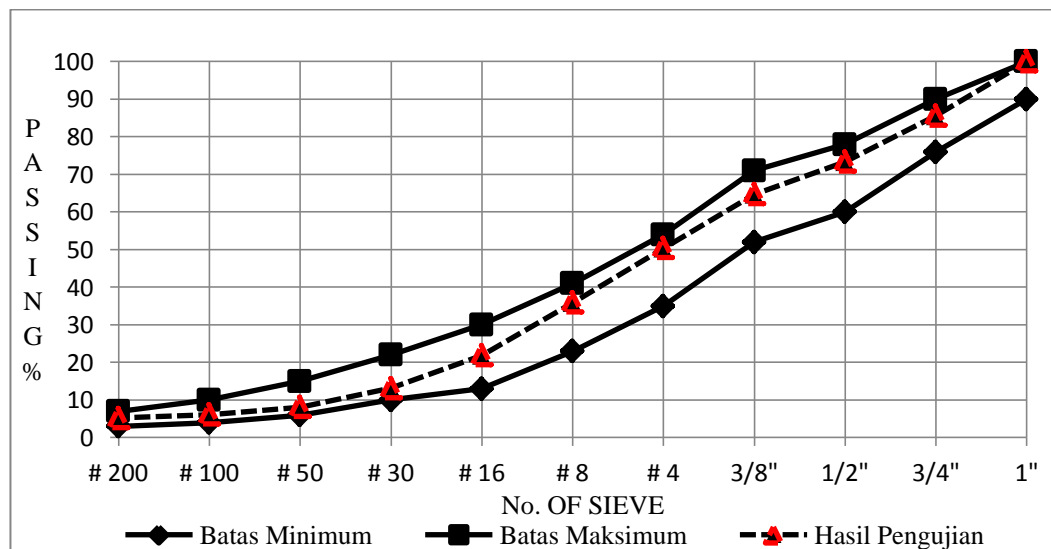
Tabel 4.6: Hasil pemeriksaan analisa saringan *filler* limbah karbit.

No. Saringan	Ukuran (mm)	% lolos saringan
1 ½	37,50	100,00
1	25,40	100,00
¾	19,00	100,00
½	12,50	100,00
3/8	9,50	100,00
No.4	4,75	100,00
No. 8	2,36	80,70
No. 16	1,18	66,00
No. 30	0,60	49,00
No. 50	0,30	33,90
No. 100	0,15	19,80
No. 200	0,075	13,90

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat harus memenuhi batas-batas dan khusus untuk pekerasan Laston ATB harus berada di luar daerah larangan (*restriction zone*) yang sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Dari hasil pemeriksaan analisa saringan maka gradasi agregat diperoleh seperti pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Hasil kombinasi gradasi agregat standar.

No. Saringan	Batas spesifikasi		Kombinasi Agregat					AVG
	min	maks	1	2	3	4	5	
			25%	15%	15%	30%	15%	100
11/2"	100	100	25,00	15,00	15,00	30,00	15,00	100,00
1"	90	100	25,00	15,00	15,00	30,00	15,00	100,00
3/4"	76	90	10,63	15,00	15,00	30,00	15,00	85,63
1/2"	60	78	5,13	8,19	15,00	30,00	15,00	73,33
3/8"	52	71	2,35	5,56	11,78	30,00	15,00	64,70
No. 4	35	54	0,13	0,14	5,10	30,00	15,00	50,36
No. 8	23	41	0,00	0,00	1,57	22,11	12,25	35,93
No. 16	13	30	0,00	0,00	0,13	12,93	8,81	21,86
No. 30	10	22	0,00	0,00	0,00	7,95	5,05	13,00
No. 50	6	15	0,00	0,00	0,00	6,15	1,81	7,96
No. 100	4	10	0,00	0,00	0,00	4,59	1,41	6,00
No. 200	3	7	0,00	0,00	0,00	3,87	1,18	5,05



Gambar 4.1: Grafik hasil kombinasi gradasi agregat standar.

Dari hasil pemeriksaan analisa saringan didapat hasil kombinasi gradasi agregat yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.

Data persen agregat yang diperoleh:

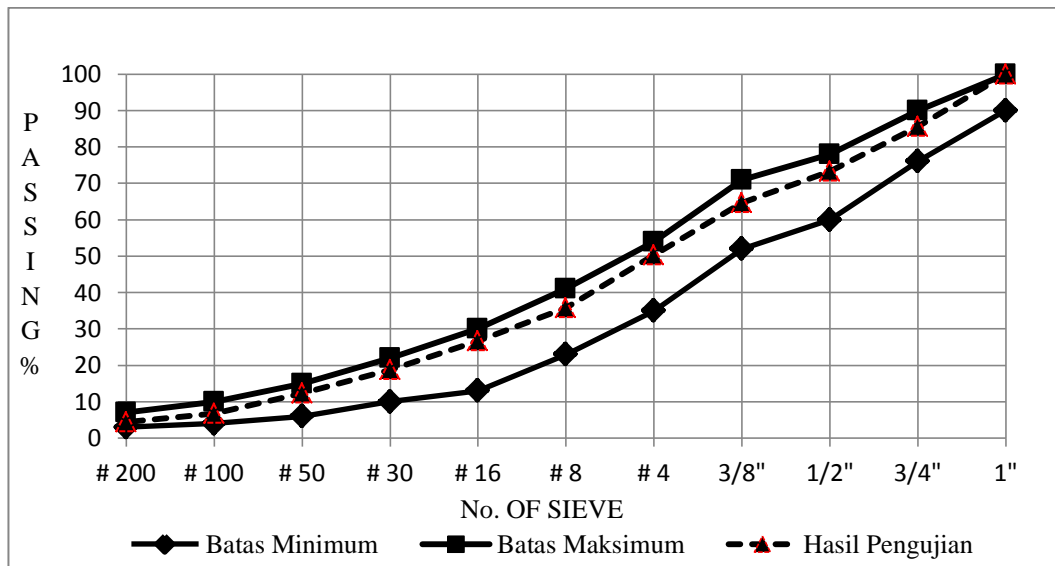
1. Agregat kasar CA 1 inci = 25 %
2. Agregat kasar CA ¾ inci = 15 %

3. Agregat medium MA ½ inci = 15 %
4. *Filler* abu batu (Cr) = 30 %
5. Agregat halus pasir (*sand*) = 15 %

Dari hasil pemeriksaan analisa saringan maka gradasi agregat alternatif diperoleh seperti pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Hasil kombinasi gradasi agregat alternatif.

No. Saringan	Batas spesifikasi		Kombinasi Agregat					AVG
			1	2	3	4	5	
			25%	15%	15%	30%	15%	100%
11/2"	100	100	25,00	15,00	15,00	30,00	15,00	100,00
1"	90	100	25,00	15,00	15,00	30,00	15,00	100,00
3/4"	76	90	10,63	15,00	15,00	30,00	15,00	85,63
1/2"	60	78	5,13	8,12	15,00	30,00	15,00	73,25
3/8"	52	71	2,35	5,53	11,78	30,00	15,00	64,67
No. 4	35	54	0,13	0,12	5,09	30,00	15,00	50,34
No. 8	23	41	0,00	0,00	1,49	24,21	10,03	35,73
No. 16	13	30	0,00	0,00	0,02	19,80	6,80	26,61
No. 30	10	22	0,00	0,00	0,00	14,70	4,02	18,72
No. 50	6	15	0,00	0,00	0,00	10,17	2,15	12,32
No. 100	4	10	0,00	0,00	0,00	5,94	0,80	6,74
No. 200	3	7	0,00	0,00	0,00	4,17	0,28	4,45



Gambar 4.2: Grafik hasil kombinasi gradasi agregat alternatif.

Dari hasil pemeriksaan analisa saringan didapat hasil kombinasi gradasi agregat yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.

Data persen agregat yang diperoleh:

1. Agregat kasar CA 1 inci = 25 %
2. Agregat kasar CA $\frac{3}{4}$ inci = 15 %
3. Agregat medium MA $\frac{1}{2}$ inci = 15 %
4. *Filler* limbah karbit + abu batu = 30 %
5. Agregat halus pasir (*sand*) = 15 %

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 4.9.

Tabel 4.9: Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji standar.

Kadar Aspal (%)	Aspal (gram)	CA 1 inci (gram)	CA $\frac{3}{4}$ inci (gram)	MA $\frac{1}{2}$ inci (gram)	Abu Batu (gram)	Pasir (gram)
5,5%	66,0	283,5	170,1	170,1	340,2	170,1
6,0%	72,0	282,0	169,2	169,2	338,4	169,2
6,5%	78,0	280,5	168,3	168,3	336,6	168,3
7,0%	84,0	279,0	167,4	167,4	334,8	167,4
7,5%	90,0	277,5	166,5	166,5	333,0	166,5

Tabel 4.10: Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji alternatif.

Kadar Aspal (%)	Aspal (gram)	CA 1 inci (gram)	CA $\frac{3}{4}$ inci (gram)	MA $\frac{1}{2}$ inci (gram)	Pasir (gram)	Abu Batu (gram)	Limbah karbit (gram)
5,5%	66,0	283,5	170,1	170,1	170,1	68,0	272,2
6,0%	72,0	282,0	169,2	169,2	169,2	84,6	253,8
6,5%	78,0	280,5	168,3	168,3	168,3	101,0	235,62
7,0%	84,0	279,0	167,4	167,4	167,4	117,2	217,62

7,5%	90,0	277,5	166,5	166,5	166,5	133,2	199,8
------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

4.1.2 Hasil Uji 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 1971-2008 dan agregat halus prosedur pemeriksaan mengikuti prosedur SNI 1970-2008. Hasil uji berat jenis agregat yang dilakukan di laboratorium jalan raya dapat dilihat pada Tabel 4.11- Tabel 4.16.

1. Berat jenis agregat CA 1 inci

Dari percobaan berat jenis agregat kasar CA 1 inci diperoleh hasil pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Data hasil pengujian berat jenis agregat kasar CA 1 inci.

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,664	2,642	2,653
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	2,689	2,672	2,681
Berat jenis semu (Sa)	2,732	2,724	2,728
Penyerapan (Sw)	0,931	1,136	1,033

2. Berat jenis agregat CA ¾ inci

Dari percobaan berat jenis agregat kasar CA ¾ inci diperoleh hasil pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12: Data hasil pengujian berat jenis agregat kasar CA ¾ inci.

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,673	2,683	2,678
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	2,699	2,705	2,702
Berat jenis semu (Sa)	2,744	2,744	2,744

Penyerapan (Sw)	0,971	0,838	0,905
-----------------	-------	-------	-------

3. Berat jenis agregat MA ½ inci

Dari percobaan berat jenis agregat kasar MA ½ inci diperoleh hasil pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13: Data hasil pengujian berat jenis agregat medium MA ½ inci.

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,651	2,686	2,668
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	2,685	2,719	2,702
Berat jenis semu (Sa)	2,746	2,776	2,761
Penyerapan (Sw)	1,308	1,209	1,258

4. Berat jenis agregat halus abu batu (Cr)

Dari percobaan berat jenis *filler* abu batu (Cr) diperoleh hasil pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14: Data pengujian berat jenis *filler* abu batu (Cr).

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,628	2,545	2,586
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	2,660	2,618	2,639
Berat jenis semu (Sa)	2,714	2,746	2,730
Penyerapan (Sw)	1,215	2,881	2,048

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

Dari percobaan berat jenis agregat halus pasir (*sand*) diperoleh hasil pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15: Data pengujian berat jenis agregat halus pasir (*sand*).

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,571	2,536	2,554
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	2,618	2,604	2,611
Berat jenis semu (Sa)	2,698	2,721	2,709

Penyerapan (Sw)	1,833	2,669	2,251
-----------------	-------	-------	-------

6. Berat jenis *filler* limbah karbit

Dari percobaan berat jenis *filler* limbah karbit diperoleh hasil pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16: Data pengujian berat jenis *filler* limbah karbit.

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,563	2,558	2,561
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	2,632	2,632	2,632
Berat jenis semu (Sa)	2,751	2,761	2,756
Penyerapan (Sw)	2,669	2,881	2,775

4.1.3 Hasil Pemeriksaan Aspal

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. Bangun Cipta Kontraktor yang dilakukan di laboratorium. Dari pemeriksaan karakteristik aspal keras yang telah dilakukan perusahaan dan diuji di Balai Pengujian Material diperoleh hasilnya seperti pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17: Hasil pemeriksaan karakteristik aspal keras Pertamina pen 60/70 (PT. Bangun Cipta Kontraktor).

No.	Jenis Pengujian	Hasil Uji	Metode Pengujian	Satuan
1	Penetrasi pada 25° C	68	SNI 06-2456-2011	0,1 mm
2	Titik Lembek	49	SNI 06-2434-2011	°C
3	Daktilitas pada 25° C, 5cm/menit	135	SNI 06-2432-2011	cm
4	Titik Nyala	-	SNI 06-2433-2011	°C
5	Berat Jenis	1,035	SNI 06-2441-2011	

Dari pemeriksaan laboratorium diperoleh hasil bahwa aspal keras Pertamina pen 60/70 memenuhi standart pengujian Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 sebagai bahan ikat campuran aspal beton.

4.1.4 Pemeriksaan Terhadap Campuran Aspal

Nilai parameter *Marshall* diperoleh dengan melakukan perhitungan terhadap hasil percobaan laboratorium. Rumus yang digunakan untuk menghitung parameter pengujian *Marshall* adalah sebagai berikut:

- a. Persentase (%) terhadap batuan.
- b. Persentase (%) aspal terhadap campuran.
- c. Berat sampel kering (gram).
- d. Berat sampel jenuh (gram).
- e. Berat sampel dalam air (gram).
- f. Volume sampel (cc).
- g. Berat isi sampel (gram/cc).
- h. Berat jenis maksimum.
- i. Persentase (%) volume aspal.
- j. Persentase (%) volume agregat.
- k. Persentase (%) rongga terhadap campuran.
- l. Persentase (%) rongga terhadap agregat.
- m. Persentase (%) rongga terisi aspal.
- n. Kadar aspal efektif.
- o. Pembacaan arloji stabilitas.
- p. Kalibrasi *proving ring*.
- q. Stabilitas akhir.
- r. Kelelehan (mm).
- s. *Marshall Quotient*.

Dari hasil pemeriksaan uji *Marshall* yang dilakukan pada di Laboratorium Jalan Raya Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara menghasilkan nilai *bulk density*, *stability*, *air voids*, *voids filled*, *void in mineral aggregate*, dan *flow* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.18.

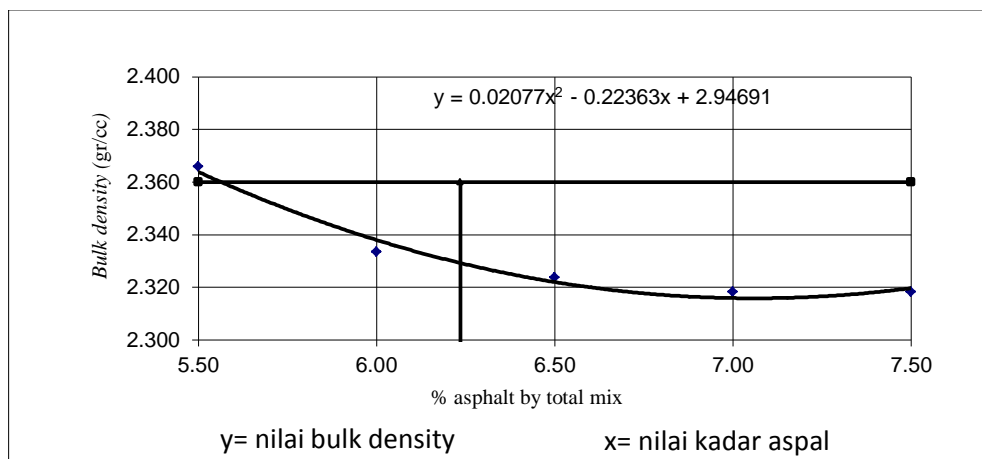
Tabel 4.18: Hasil uji *Marshall* campuran beton aspal *filler* abu batu dan *filler* limbah karbit+abu batu.

No.	Karakteristik Campuran	Jenis Agregat	Kadar Aspal (%)				
			5,5%	6,0%	6,5%	7,0%	7,5%
1	<i>Bulk Density</i> (gr/cc)	Abu batu	2,366	2,333	2,324	2,318	2,318
		Limbah karbit+abu batu	2,369	2,348	2,332	2,310	2,306
2	<i>Stability</i> (kg)	Abu batu	1.864	1.824	1.848	1.919	1.854
		Limbah karbit+abu batu	1.772	1.923	1.914	1.976	1.822
3	<i>Air Voids</i> (%)	Abu batu	3,95	4,58	4,29	3,82	3,14
		Limbah karbit+abu batu	3,83	4,00	3,95	4,17	3,66
4	PRD (%)	Abu batu		4,50	4,50	4,38	
		Limbah karbit+abu batu		4,13	3,92	4,31	
5	<i>Voids Filled</i> (%)	Abu batu	74,28	72,95	75,82	79,21	83,37
		Limbah karbit+abu batu	75,32	75,33	77,11	77,56	80,88
6	VMA (%)	Abu batu	15,36	16,96	17,75	18,37	18,82
		Limbah karbit+abu batu	15,06	16,29	17,28	18,49	19,09
7	<i>Flow</i> (mm)	Abu batu	3,23	3,25	3,13	3,68	3,65
		Limbah karbit+abu batu	3,15	3,37	3,51	3,58	3,03
8	<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Abu batu	579	564	592	522	512
		Limbah karbit+abu batu	572	592	550	553	605

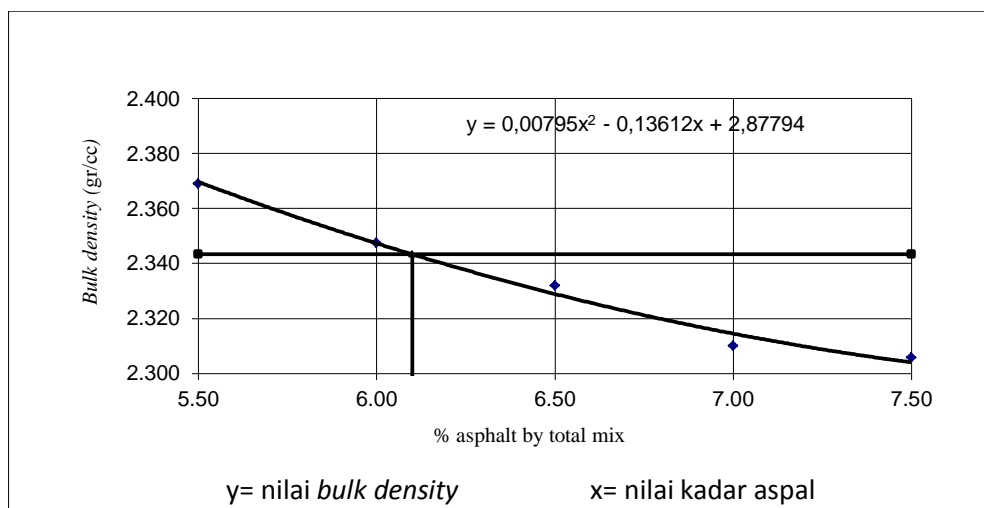
Untuk hasil nilai *bulk density*, *stability*, *air voids*, *voids filled*, *void in mineral aggregate*, *flow* dan *Marshall Quotient* pada campuran aspal *filler* abu batu dan *filler* limbah karbit dapat juga dilihat pada grafik-grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.

1. Bulk Density

Hasil nilai *bulk density* pada campuran aspal *filler* abu batu dan *filler* limbah karbit+abu batu dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan 4.4.



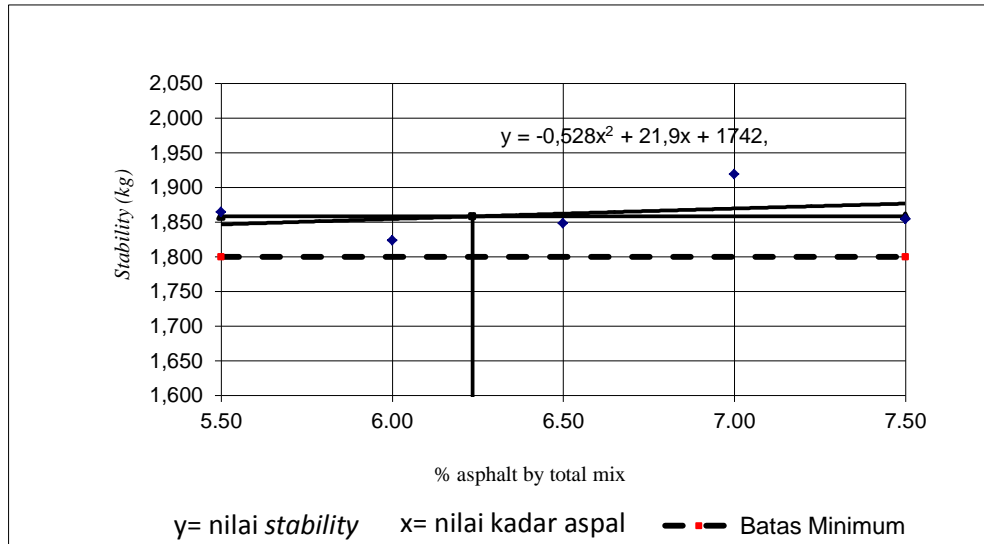
Gambar 4.3: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *bulk density* (gr/cc) *filler* abu batu.



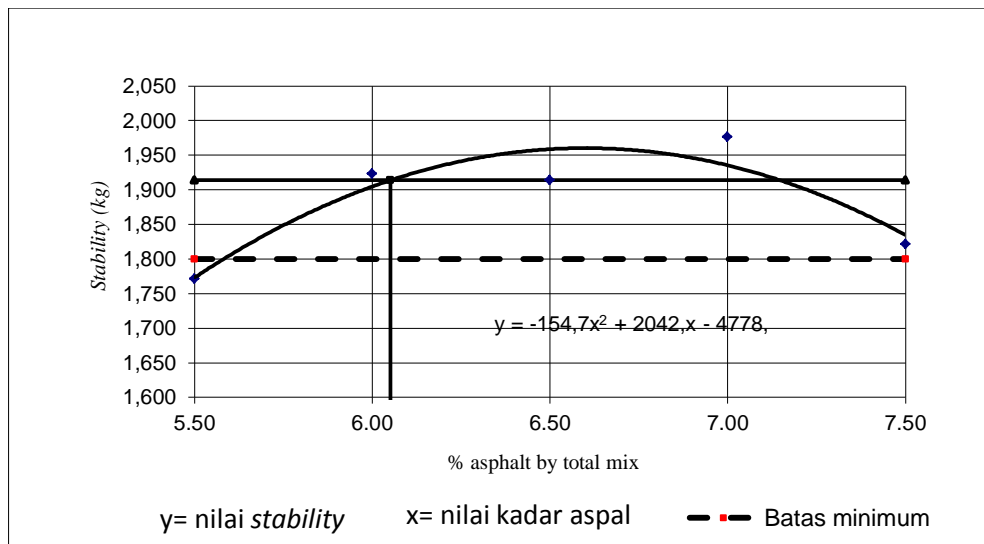
Gambar 4.4: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *bulk density* (gr/cc) *filler* limbah karbit+abu batu.

2. Stability

Hasil nilai *stability* untuk campuran aspal *filler* abu batu dan *filler* limbah karbit+abu batu dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan 4.6.



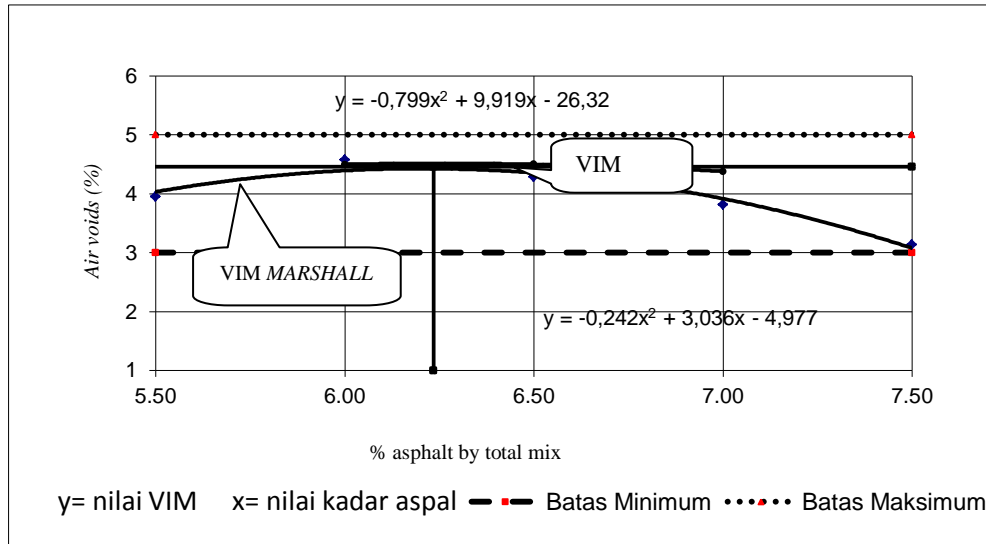
Gambar 4.5: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dan *stability* (kg) *filler* abu batu.



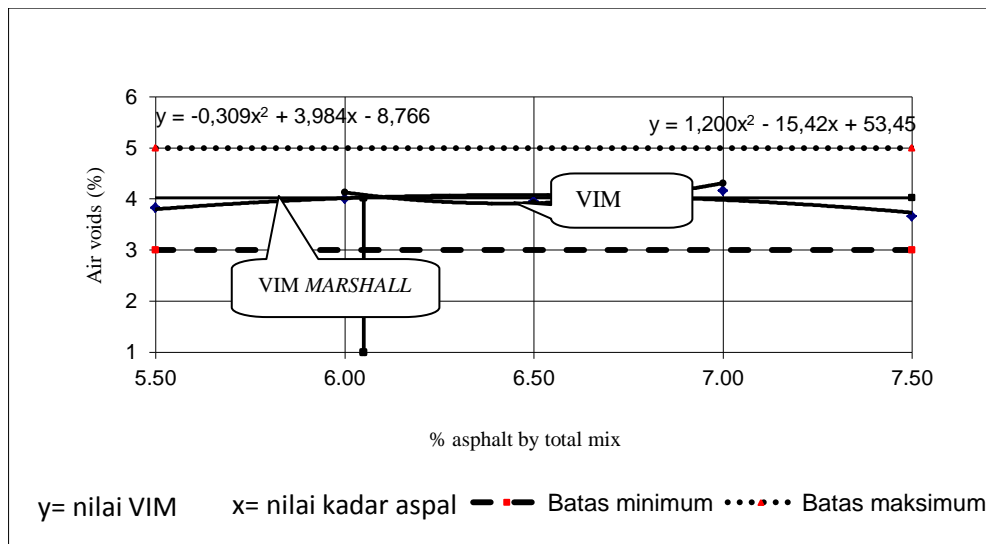
Gambar 4.6: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dan *stability* (kg) limbah karbit+abu batu.

3. Air Voids/Voids in Mix Marshall (VIM)

Hasil nilai *Voids in Mix Marshall* (VIM) untuk campuran aspal *filler* abu batu dan *filler* limbah karbit+abu batu dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan 4.8.



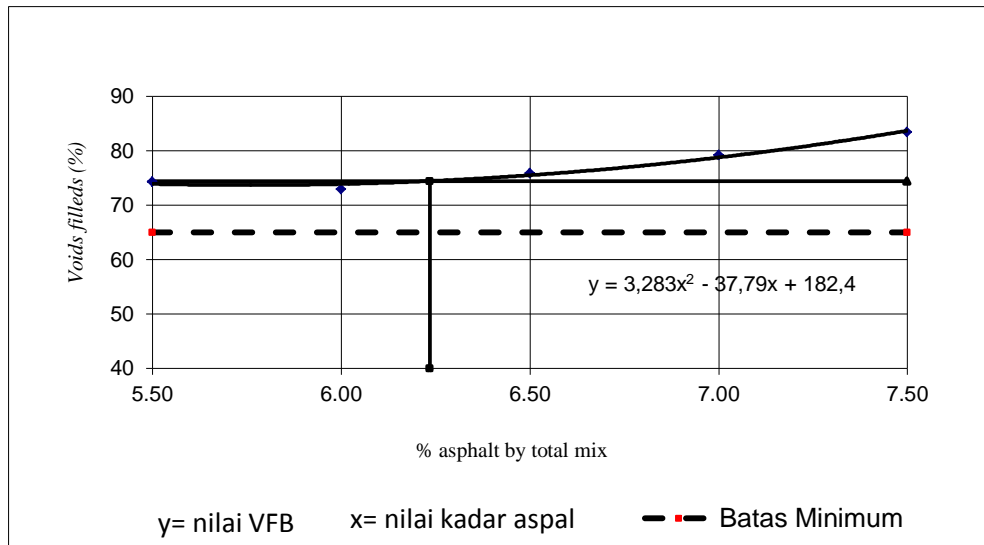
Gambar 4.7: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VIM (%) *filler* abu batu.



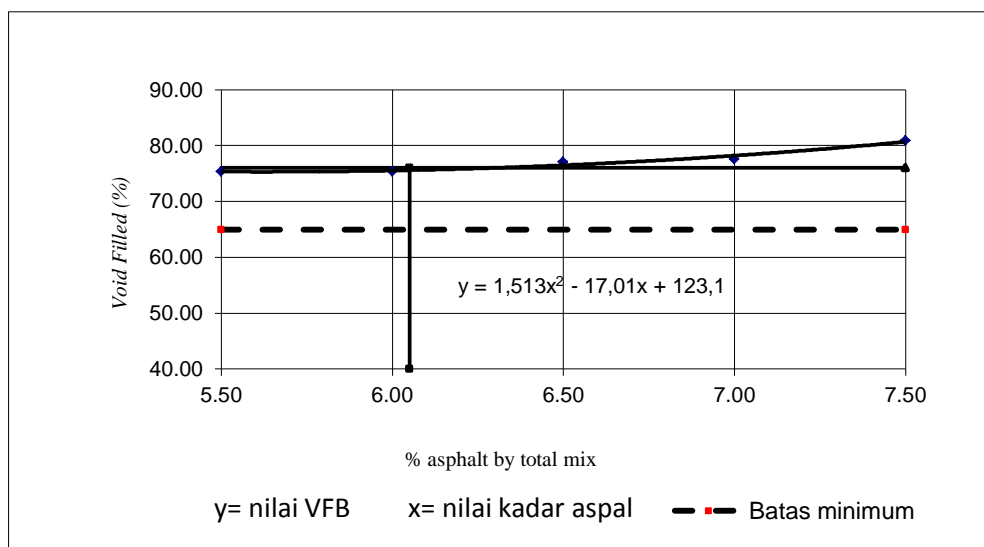
Gambar 4.8: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VIM (%) *filler* limbah karbit+abu batu.

4. Voids Filled (VFB)

Hasil nilai *Voids Filled* (VFB) untuk campuran aspal *filler* abu batu dan *filler* limbah karbit+abu batu dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan 4.10.



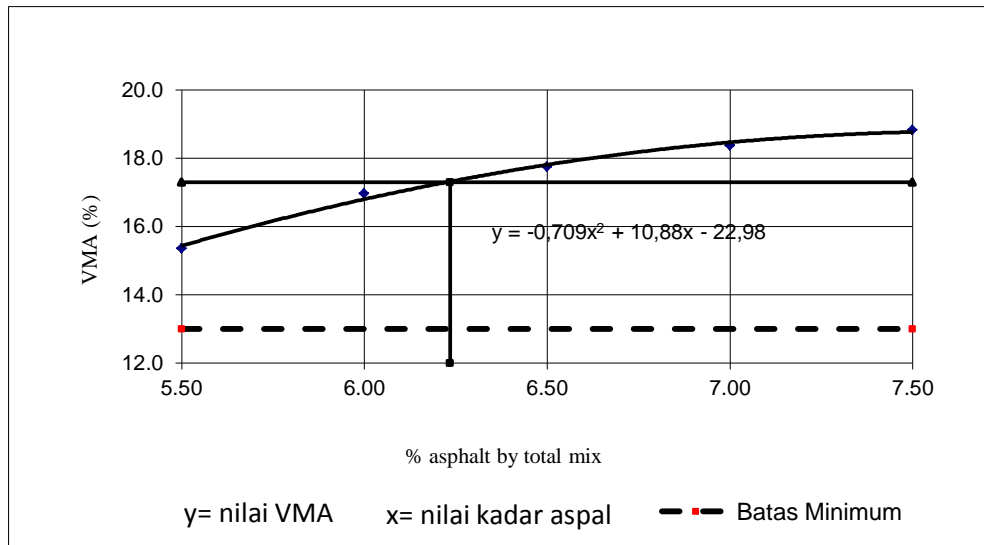
Gambar 4.9: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VFB (%) *filler* abu batu.



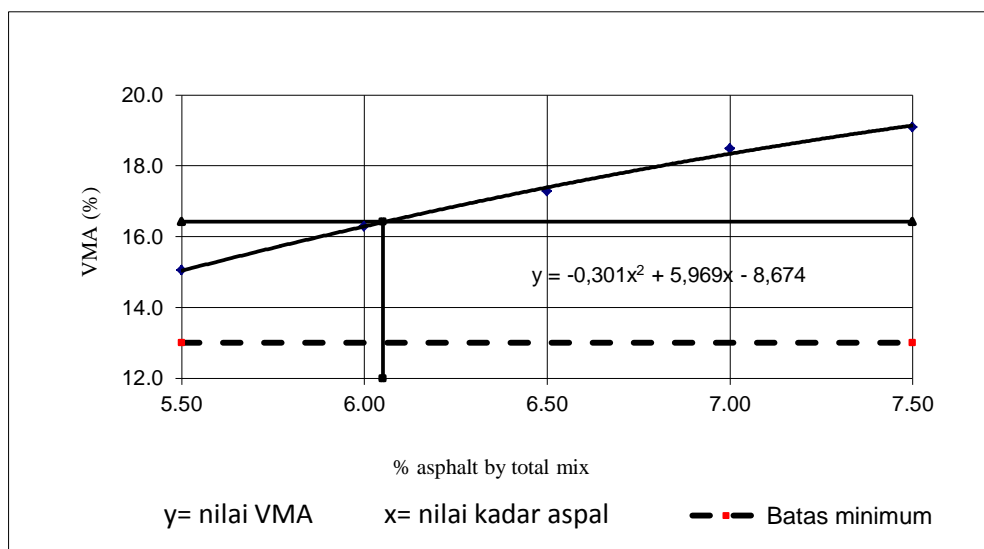
Gambar 4.10: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VFB (%) *filler* limbah karbit+abu batu.

5. Void in Mineral Agregat (VMA)

Hasil nilai *Void in Mineral Agregat* (VMA) untuk campuran aspal *filler* abu batu dan *filler* limbah karbit+abu batu dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan 4.12.



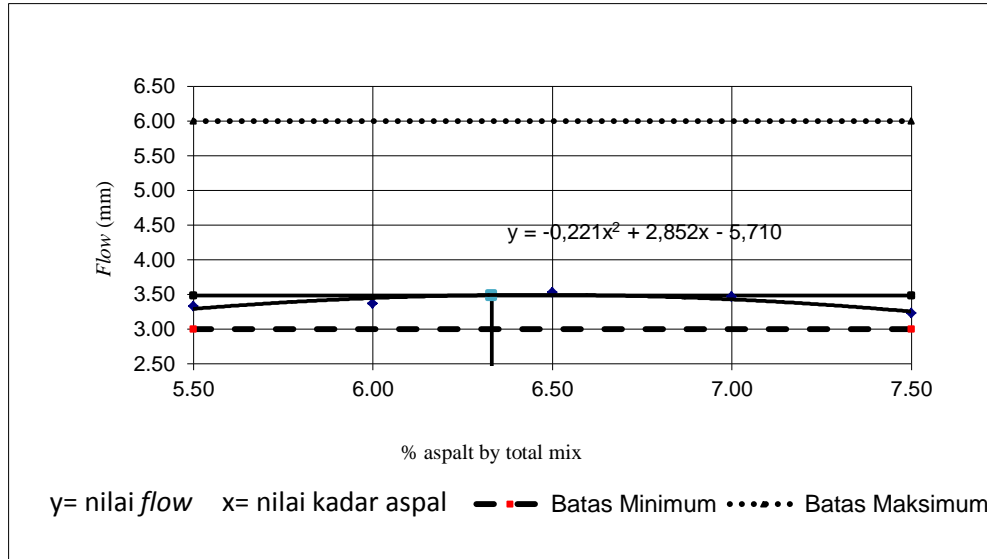
Gambar 4.11: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) *filler* abu batu.



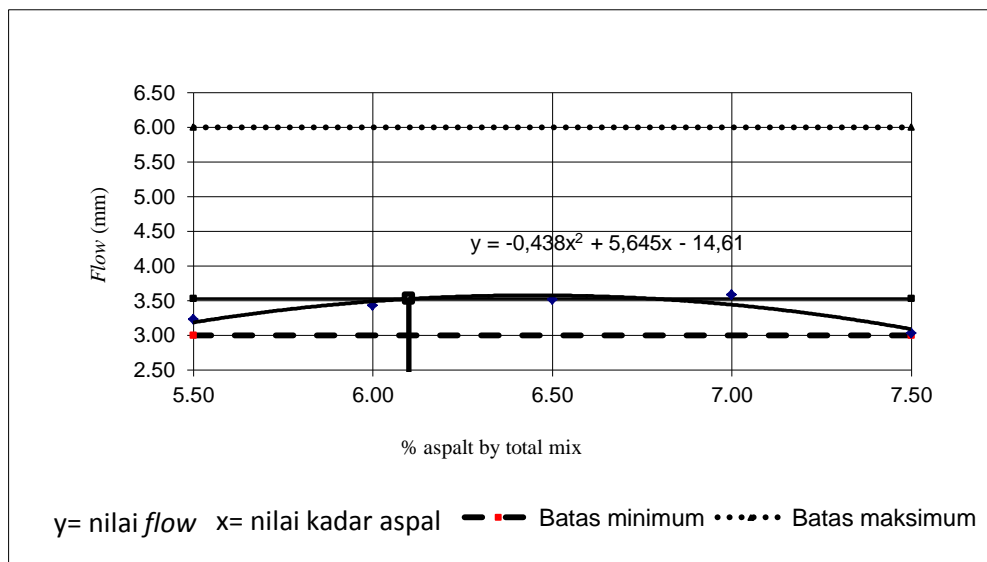
Gambar 4.12: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) *filler* limbah karbit+abu batu.

6. Flow

Hasil nilai *flow* untuk campuran aspal *filler* abu batu dan *filler* limbah karbit+abu batu dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan 4.14.



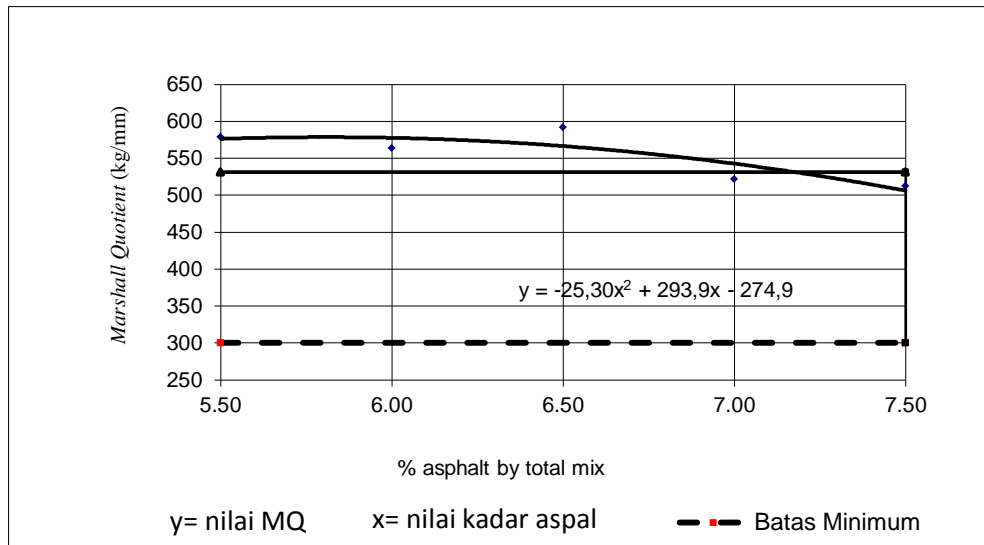
Gambar 4.13: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *flow* (mm) *filler* abu batu.



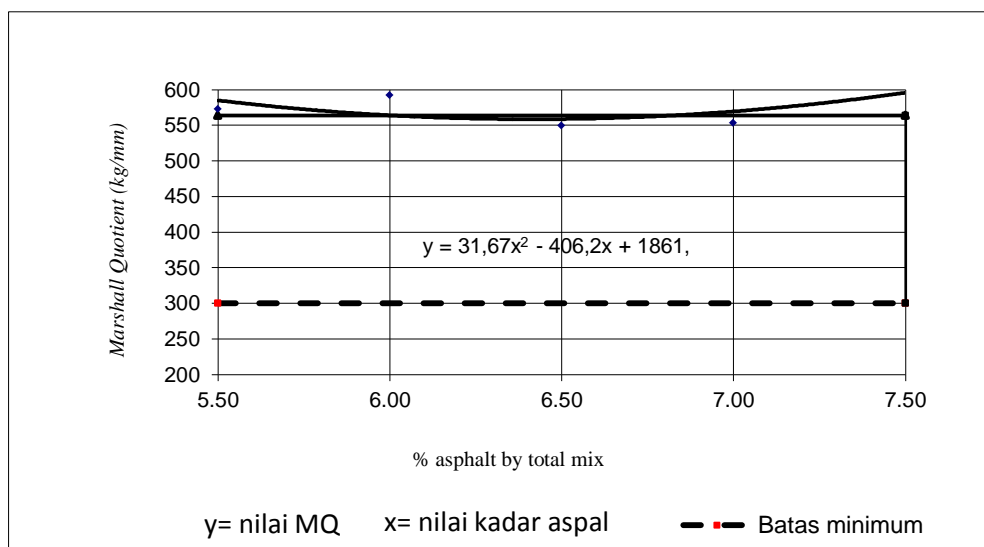
Gambar 4.14: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *flow* (mm) *filler* limbah karbit+abu batu.

7. Marshall Quotient

Hasil nilai *Marshall Quotient* untuk campuran aspal *filler* abu batu dan *filler* limbah karbit+abu batu dapat dilihat pada Gambar 4.15 dan 4.16.



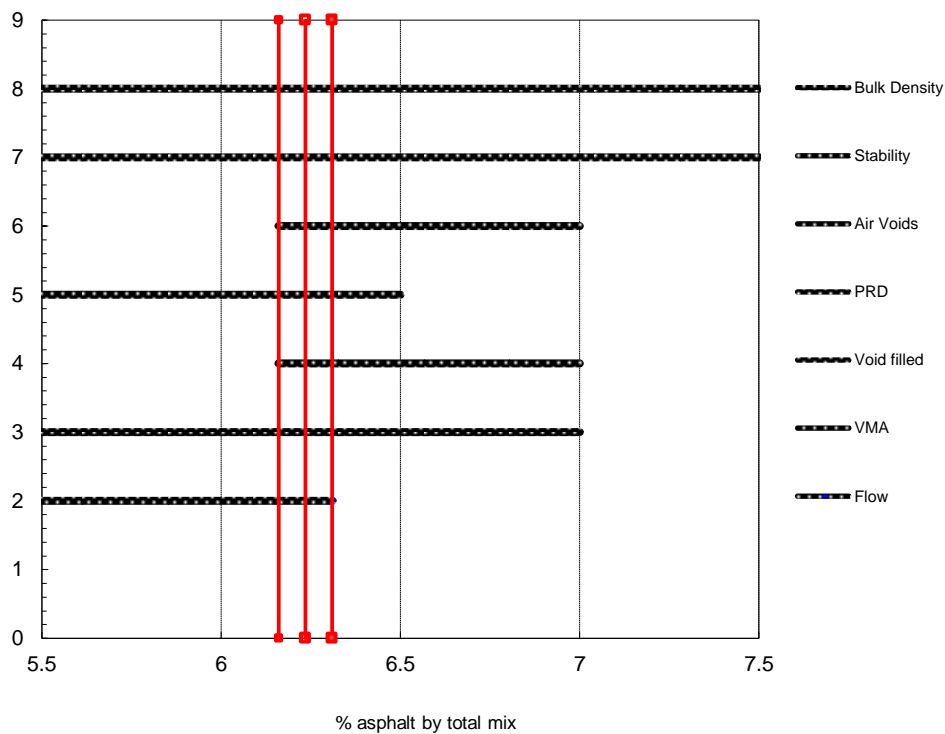
Gambar 4.15: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Marshall Quotient* (kg/mm) *fillers* abu batu.



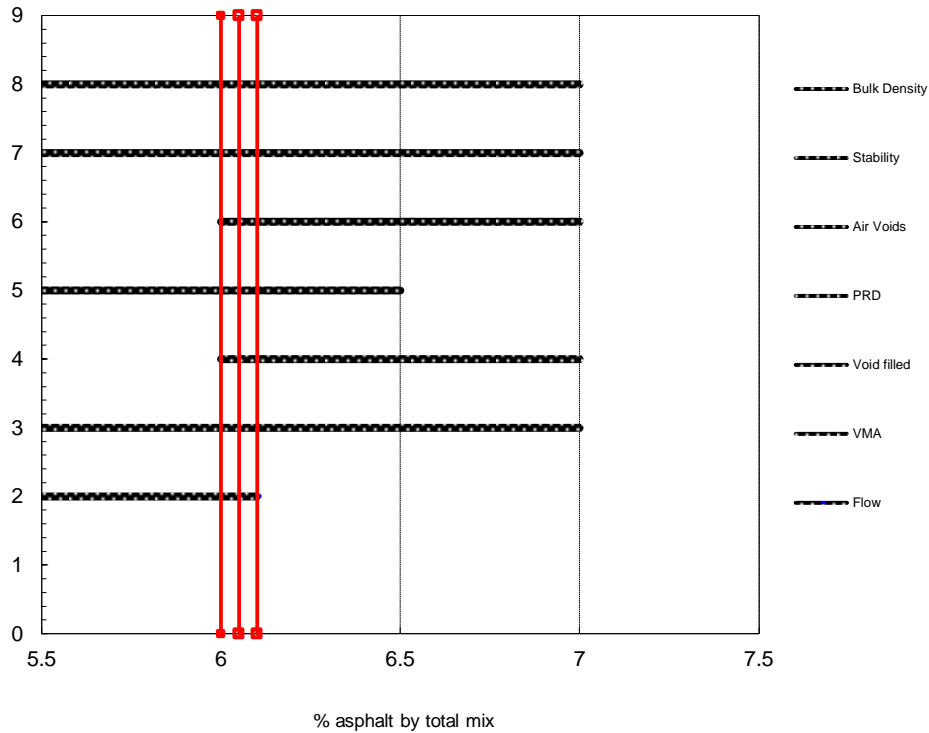
Gambar 4.16: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Marshall Quotient* (kg/mm) *filler* limbah karbit+abu batu.

4.1.5 Penentuan Kadar Aspal Optimum

Setelah selesai melakukan pengujian di laboratorium dan menghitung nilai-nilai *bulk density*, *stability*, *air voids*, *voids filled*, *void in mineral aggregate*, *flow*, maka secara grafis dapat ditentukan kadar aspal optimum campuran dengan cara membuat grafik hubungan antara nilai-nilai tersebut diatas dengan kadar aspal, yang kemudian memplotkan nilai-nilai yang memenuhi spesifikasi terhadap kadar aspal, sehingga diperoleh rentang (*range*) dan batas koridor kadar aspal yang optimum. Penentuan kadar aspal optimum untuk campuran aspal beton *filler* abu batu dan campuran aspal beton *filler* limbah karbit+abu batu dapat dilihat pada Gambar 4.17 dan 4.18.



Gambar 4.17: Penentuan rentang (*range*) kadar aspal optimum campuran aspal *filler* abu batu.



Gambar 4.18: Penentuan rentang (*range*) kadar aspal optimum campuran aspal *filler* limbah karbit+abu batu.

Kadar aspal optimum diperoleh dengan cara mengambil nilai tengah-tengah dari batas koridor seperti yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19: Kadar aspal optimum untuk campuran *filler* abu batu dan campuran *filler* limbah karbit.

No.	Karakteristik Sifat <i>Marshall</i>	Jenis Agregat	
		Abu batu	Limbah karbit+abu batu
1	<i>Bulk Density</i> (gr/cc)	2,360	2,345
2	<i>Stability</i> (kg)	1.858	1.914
3	<i>Flow</i> (mm)	3,23	3,50
4	<i>Air Voids</i> (%)	4,46	4,03
5	PRD (%)	4,54	4,08
6	<i>Void Filled</i> (%)	74,41	75,99

7	VMA (%)	17,29	16,42
8	<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	531,13	564,00
9	<i>Asphalt Optimum</i> (%)	6,24	6,05

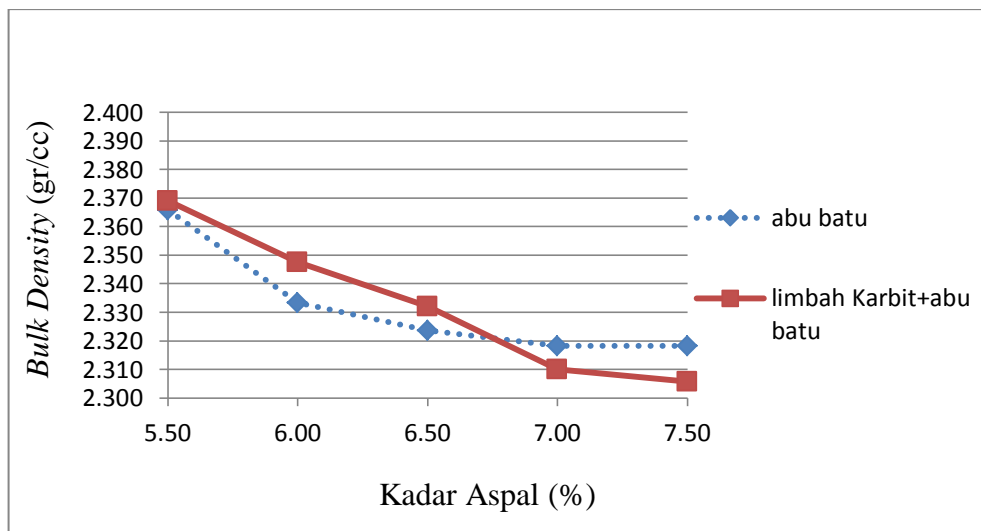
4.2 Pembahasan Dan Analisa

4.2.1 Perbandingan Sifat *Marshall*

Dari hasil nilai pengujian sifat *Marshall* campuran aspal *filler* abu batu dan *filler* limbah karbit+abu batu untuk nilai *bulk density*, *stability*, *air voids*, *voids filled*, *void in mineral aggregate*, *flow* dan *Marshall Quotient* dapat dilihat perbandingan di antara kedua jenis campuran tersebut seperti yang di tunjukan pada gambar berikut.

1. *Bulk Density*

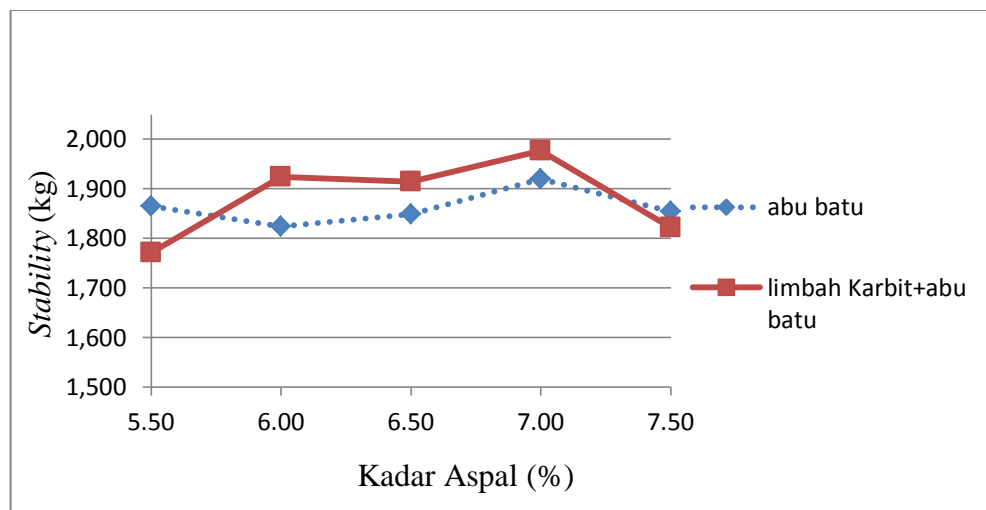
Dari hasil percobaan *bulk density* menunjukkan perbedaan nilai *bulk density* antara *filler* abu batu dan *filler* limbah karbit+abu batu. Hasil *bulk density* menunjukkan bahwa nilai *bulk density filler* abu batu pada kadar aspal 7,0% dan 7,5% lebih tinggi daripada nilai *bulk density filler* limbah karbit+abu batu. Namun pada kadar aspal 5,5%, 6,0%, dan 6,5% nilai *bulk density filler* limbah karbit+abu batu lebih tinggi dibandingkan nilai *bulk density filler* abu batu, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19: Perbandingan nilai *bulk density* campuran aspal *filler* abu batu dan *filler* limbah karbit+abu batu.

2. *Stability*

Hasil nilai *stability* pada campuran *filler* abu batu dan campuran *filler* limbah karbit+abu batu menunjukkan perbandingan di antara kedua jenis campuran tersebut. Nilai *stability filler* limbah karbit+abu batu pada kadar aspal 6,0%, 6,5%, dan 7% mengalami peningkatan dari nilai *stability filler* abu batu. Namun pada kadar aspal 5,5% dan 7,5% nilai *stability filler* limbah karbit+abu batu lebih rendah daripada nilai *stability filler* abu batu, dan nilai *stability filler* limbah karbit+abu batu pada kadar aspal 5,5% tidak memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Perbandingan nilai *stability* di antara kedua campuran aspal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.20.

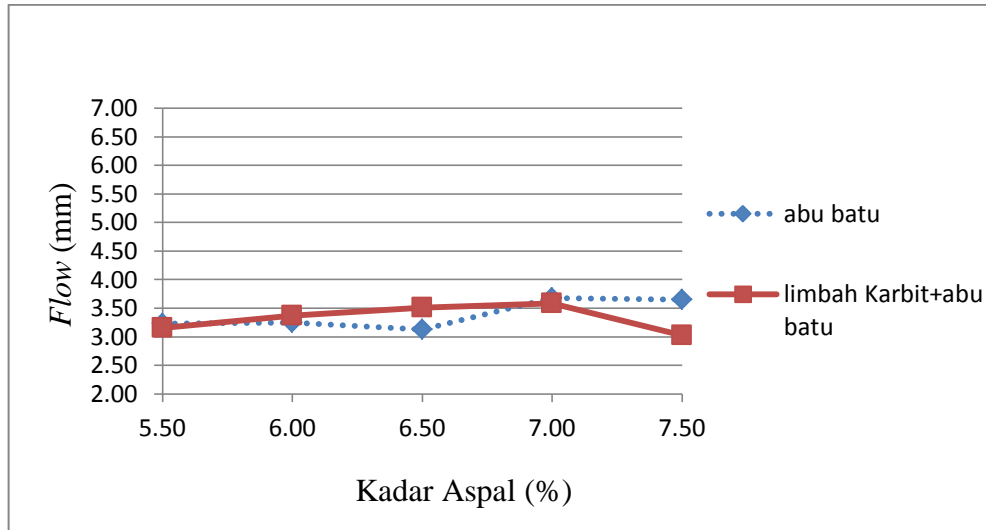


Gambar 4.20: Perbandingan nilai *stability* campuran *filler* abu batu dan *filler* limbah karbit+abu batu.

3. *Flow*

Hasil uji *Marshall flow* menunjukkan bahwa nilai *flow* pada campuran *filler* abu batu dan campuran *filler* limbah karbit+abu batu menunjukkan perbandingan karakteristik *Marshall flow*. Perbandingan di antara dua jenis campuran tersebut

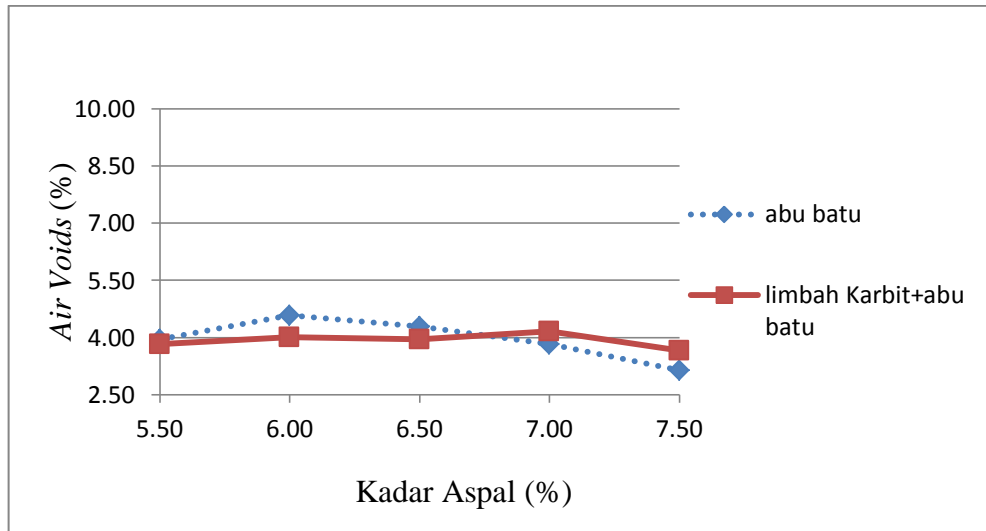
menunjukkan bahwa nilai *flow* campuran *filler* limbah karbit+abu batu pada kadar aspal 6,0% dan 6,5% mengalami sedikit peningkatan terhadap nilai *flow* campuran *filler* abu batu. Namun nilai *flow* campuran *filler* limbah karbit+abu batu pada kadar aspal 5,5%, 7,0% dan 7,5% lebih rendah daripada nilai *flow* campuran *filler* abu batu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21: Perbandingan nilai *flow* campuran *filler* abu batu dan campuran *filler* limbah karbit+abu batu.

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

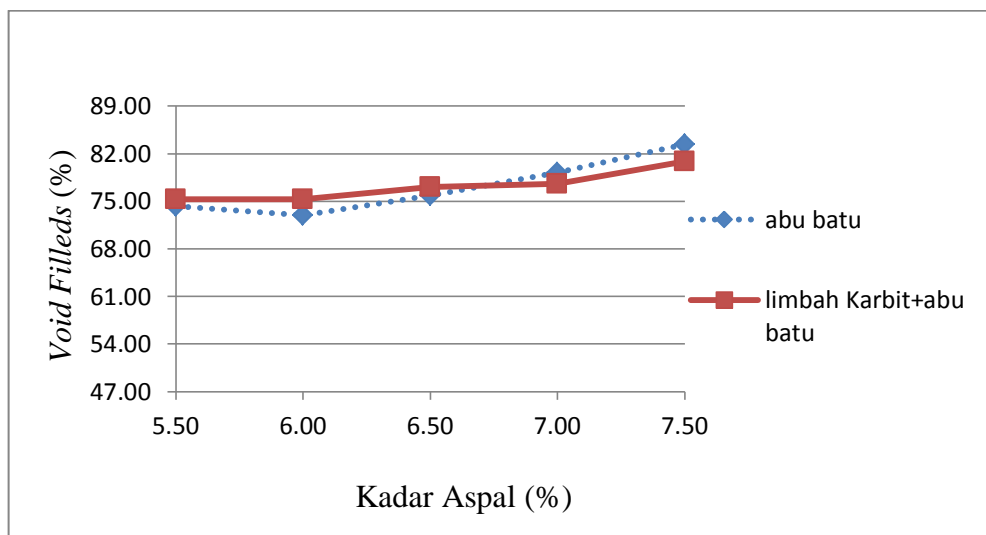
Hasil nilai VIM menunjukkan bahwa nilai VIM campuran *filler* limbah karbit+abu batu pada kadar aspal 5,5%, 6,0%, dan 6,5% lebih rendah dibandingkan nilai VIM pada campuran *filler* abu batu. Namun pada kadar aspal 7,0% dan 7,5% nilai VIM campuran *filler* limbah karbit+abu batu lebih tinggi daripada nilai VIM campuran *filler* abu batu. Hasil perbandingan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.22.



Gambar 4.22: Perbandingan nilai VIM campuran *filler* abu batu dan campuran *filler* limbah karbit+abu batu.

5. Void Filled/Void Filled Bitumen (VFB)

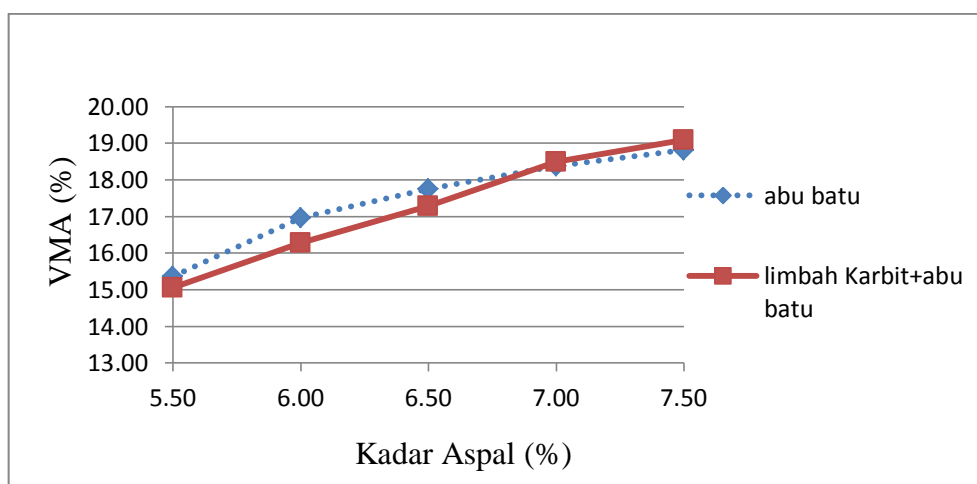
Dari hasil pengujian karakteristik sifat *Marshall* untuk campuran *filler* abu batu dan campuran *filler* limbah karbit+abu batu didapat perbandingan di antara kedua jenis campuran tersebut. Nilai VFB campuran *filler* abu limbah karbit+abu batu pada kadar aspal 5,5%, 6,0%, dan 6,5%, lebih tinggi daripada nilai VFB campuran *filler* limbah karbit+abu batu. Namun pada kadar aspal 7,0% dan 7,5% nilai VFB campuran *filler* abu batu lebih tinggi daripada campuran *filler* limbah karbit+abu batu. Hasil perbandingan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23: Perbandingan nilai VFB campuran *filler* abu batu dan campuran *filler* limbah karbit+abu batu.

6. *Void in Mineral Agregat (VMA)*

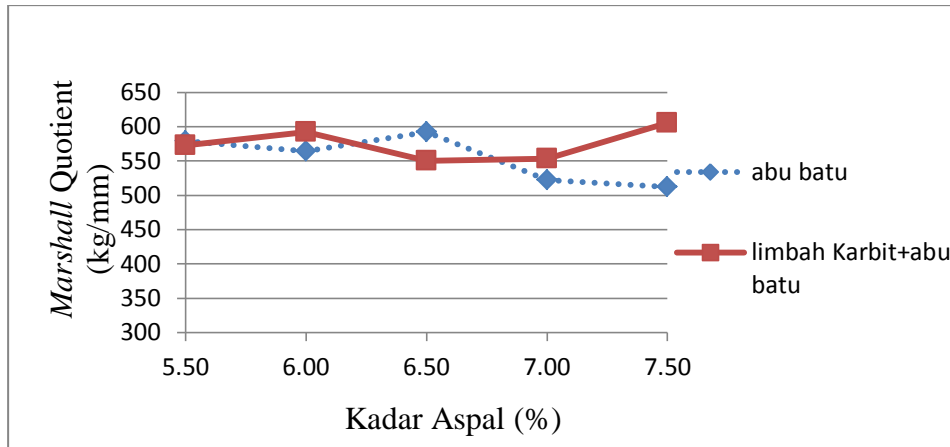
Nilai VMA pada campuran *filler* abu batu dan campuran *filler* limbah karbit+abu batu menunjukkan perbandingan di antara kedua campuran tersebut. Hasil nilai VMA campuran *filler* limbah karbit+abu batu pada kadar aspal 5,5%, 6,0%, dan 6,5% lebih rendah daripada campuran *filler* abu batu. Sedangkan nilai VMA pada campuran *filler* abu batu pada kadar aspal 7,0% dan 7,5% lebih tinggi daripada nilai VMA campuran *filler* limbah karbit+abu batu. Perbandingan nilai VMA kedua campuran agregat tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24: Perbandingan nilai VMA campuran *filler* abu batu dengan campuran *filler* limbah karbit+abu batu.

7. *Marshall Quotient*

Nilai *Marshall Quotient* pada campuran *filler* abu batu dan campuran *filler* limbah karbit+abu batu menunjukkan perbandingan di antara kedua campuran tersebut. Hasil nilai *Marshall Quotient* campuran *filler* limbah karbit+abu batu pada kadar aspal 6,0%, 7,0% dan 7,5% lebih tinggi daripada campuran *filler* abu batu. Sedangkan nilai *Marshall Quotient* campuran *filler* limbah karbit+abu batu pada kadar aspal 5,5% dan 6,5% lebih rendah daripada nilai *Marshall Quotient* campuran *filler* abu batu. Perbandingan nilai *Marshall Quotient* kedua campuran agregat tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.25.



Gambar 4.25: Perbandingan nilai MQ campuran *filler* abu batu dengan campuran *filler* limbah karbit+abu batu.

Hasil pemeriksaan karakteristik sifat campuran *bulk density*, *stability*, *air voids*, *voids filled*, *void in mineral aggregate*, *flow* dan *Marshall Quotient* pada jenis campuran *filler* abu batu dan campuran *filler* limbah karbit+abu batu menunjukkan bahwa pada jenis campuran *filler* abu batu telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010, sedangkan pada campuran *filler* limbah karbit+abu batu ada yang memenuhi spesifikasi dan ada juga yang tidak. Dari hasil nilai *bulk density*, *stability*, *air voids*, *voids filled*, *void in mineral aggregate*, *flow* dan *Marshall Quotient* dapat dilihat bahwa karakteristik kedua jenis campuran tersebut memiliki perbandingan disetiap karakteristik sifat *Marshall*.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Dari hasil percobaan laboratorium dengan menggunakan limbah karbit sebagai *filler* diperoleh data *Marshall Test* dengan nilai *bulk density* 2,345 gr/cc, stabilitas 1,914 kg, *flow* 3,5 mm, VIM 4,03%, VFA 75,99%, VMA 16,42%, *Marshall Quotient* 564 kg/mm, dan kadar aspal optimum 6,05%.
2. Dari data *Marshall Test* yang didapatkan, yang memenuhi seluruh persyaratan yang Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 adalah penggunaan *filler* limbah karbit pada kadar aspal 6,0%, 6,5%, 7,0% dan 7,5%. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan limbah karbit pada kadar aspal 6,0%, 6,5%, 7,0% dan 7,5% dapat berperan sebagai *filler* dalam menggantikan abu batu yang biasa digunakan dalam campuran aspal. Namun pada campuran dengan kadar aspal 5,5% tidak dapat digunakan sebagai alternatif *filler* karena nilai stabilitas yang diperoleh hanya 1772 kg, hal tersebut diakibatkan karena jumlah limbah karbit yang digunakan terlalu banyak dan kadar aspal yang digunakan pada campuran terlalu sedikit sehingga nilai stabilitas yang diperoleh tidak memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.

5.2 Saran

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

1. Dalam melakukan pengujian *Marshall Test* diperlukan ketelitian agar tidak terjadi kesalahan.
2. Diperlukannya pemahaman tentang tahap perencanaan campuran aspal yang sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 agar memperkecil kesalahan dalam tahapan pembuatan campuran beraspal.
3. Perlu dikembangkan jenis-jenis penelitian alternatif *filler* lainnya untuk pemanfaatan bahan-bahan yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga Direktorat Jendral, *Spesifikasi Umum 2007*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Bina Marga Direktorat Jendral, *Spesifikasi Umum 2010*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Bina Marga (2010) *Spesifikasi Umum 2010, Seksi 6.3. Campuran Beraspal Panas*, Jakarta.
- Budirto (2007) *Komposisi Kimia Limbah Karbit*.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2006). *Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas*, Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum (2007) *Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan*, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Jakarta.
- Devisi 6, Perkerasan Aspal, Seksi 6.1. Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3)*.
- Febrian, A. R. K. (2016) *Pengaruh Jumlah Pemasangan Terhadap Parameter Uji Marshall Pada Campuran Asphalt Treated Base (ATB) Menurut Spesifikasi Bina Marga 2010 Rev-2*. Tugas Akhir. Yogyakarta: Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Majestyhaqi, F. B., Septiana, R. (2014) *Pengaruh Penggunaan Limbah Karbit Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Panas Jenis Ac-Wc*. Tugas Akhir. Palembang: Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- SNI 03-1968-1990. *Analisa Saringan Agregat Halus Dan Kasar*, Jakarta.
- SNI 1969-2008. *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar*, Jakarta.
- SNI 1970-2008. *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus*, Jakarta.
- SNI 2417-2008. *Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*, Jakarta.
- SNI 06-2489-1991. *Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*, Jakarta.
- SNI 03-6723-2002. *Spesifikasi Bahan Pengisi Untuk Campuran Beraspal*, Jakarta.
- Sukirman, S. (1999) *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Politeknik Bandung.

LAMPIRAN

LAMPIRAN

Tabel L1: Satu set saringan agregat kasar.

Nomor Saringan	Ukuran Lubang		Keterangan
	mm	Inci	
-	25,00	1	Satu set saringan untuk agregat kasar Ukuran maksimum: 1 inci Berat minimum contoh: 10 kg
-	19,10	3/4	
-	12,50	1/2	
-	9,50	3/8	
No.4	4,76	-	
-	19,10	3/4	Satu set saringan untuk agregat Kasar Ukuran maksimum: 3/4 inci Berat minimum contoh: 5 kg
-	12,50	1/2	
-	9,50	3/8	
No.4	4,76	-	
-	12,50	1/2	Satu set saringan untuk agregat kasar Ukuran maksimum: 1/2 inci Berat minimum contoh: 2,5 kg
-	9,50	3/8	
No.4	4,76	-	
No.8	2,38	-	
No.16	1,19	-	

Tabel L2: Satu set saringan agregat halus.

Nomor saringan	Ukuran		Keterangan
	mm	Inci	
No.4	4,76	-	Satu set saringan untuk agregat halus Ukuran maksimum: 4,67 mm Berat minimum: 500 gram
No.8	2,38	-	
No.16	1,19	-	
No.30	0,59	-	
No.50	0,297	-	
No.100	0,149	-	
No.200	0,075	-	

DOKUMENTASI PADA SAAT PENELITIAN BERLANGSUNG DI
LABORATORIUM JALAN RAYA PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA



Gambar L1: Material agregat kasar yang akan digunakan.



Gambar L2: Material agregat halus yang akan digunakan.



Gambar L3: Limbah karbit yang akan digunakan pada campuran aspal.



Gambar L4: Aspal pen 60/70.



Gambar L5: Proses pencampuran agregat menggunakan *filler* abu batu.



Gambar L6: Proses pencampuran agregat menggunakan *filler* limbah karbit.



Gambar L7: Proses pencampuran aspal dan agregat.



Gambar L8: Proses pemanasan agregat dan aspal.



Gambar L9: Campuran aspal panas.



Gambar L10: Proses pengeluaran benda uji setelah dipadatkan dengan alat *extruder*.



Gambar L11: Hasil sampel benda uji.



Gambar L12: Benda uji menggunakan *filler* abu batu.



Gambar L13: Benda uji menggunakan *filler* limbah karbit.



Gambar L14: Proses perendaman benda uji.



Gambar L15: Proses perendaman benda uji di dalam *waterbath* dengan suhu 60°C.



Gambar L14: Pengujian *Marshall Test*.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DAFTAR IDENTITAS DIRI

Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat/Tgl Lahir : Bontang, 05 - Januari - 1995
Agama : Islam
Alamat : Jalan Lintas Sumatera, Kec. Kualuh Selatan, Kab. Labuhanbatu Utara
No. HP/Tel seluler : 085297205603
Nama Orang Tua
Ayah : Khoiruddin Siregar
Ibu : Erniyati Harahap
E-mail : rahmatsalehcivil@gmail.com

DAFTAR RIWAYAT PENDIDIKAN

No Induk Mahasiswa : 1207210123
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun
1	Sekolah Dasar	SD Negeri No. 101767 Percut Sei Tuan	2006
2	SMP	MTs. Negeri Damuli Pekan	2009
3	SMA	SMA Negeri 1 Kualuh Selatan	2012
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2012 sampai selesai.		

