

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN PENGGUNAAN LIMBAH KARBIT
DAN ABU BATU SEBAGAI *FILLER* TERHADAP
CAMPURAN ASPAL PADA LAPISAN AC-BC
(*Studi Penelitian*)**

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

Disusun Oleh:

**BOBIE PRAYOGA
1207210099**



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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Bobie Prayoga

NPM : 1207210099

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Perbandingan Penggunaan Limbah Karbit dan Abu Batu Sebagai Filler Terhadap Campuran Aspal Pada Lapisan AC-BC
(*Studi Penelitian*)

Bidang ilmu : Transportasi

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

Medan, 20 Oktober 2016

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I
Penguji

Dosen Pembimbing II /

Ir. Sri Asfiati, M.T

Rhini Wulan Dary, S.T, M.T

Dosen Penguji

Dosen Pembanding I / Penguji

Hj. Irma Dewi S.T, M.Si

Ir. Zurkiyah, M.T

Dosen Pembanding II / Penguji,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ade Faisal
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Bobby Prayoga
Tempat /Tanggal Lahir : Medan / 05 April 1993
NPM : 1207210099
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 AC-BC”

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.

2017

Medan, 06 april

menyatakan,

Saya yang



Bobby Prayoga

ABSTRAK

PERBANDINGAN PENGGUNAAN LIMBAH KARBIT DAN ABU BATU SEBAGAI FILLER TERHADAP CAMPURAN ASPAL PADA LAPISAN AC-BC (Asphalt concrete binder course)

Bobie Prayoga

1207210099

Ir. Sri Asfiati, M.T

Ir. Zurkiyah, M.T

Lapis beton aspal adalah lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural. Salah satu jenis lapis beton aspal tersebut adalah *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) yang merupakan lapisan perkerasan yang terletak di bawah lapisan aus (*Wearing Course* atau WC) dan di atas lapisan pondasi (*base course*). Material utama penyusun adalah agregat dan aspal, termasuk jenis *filler* dalam penggunaannya. Penelitian ini mencoba menggunakan limbah karbit sebagai alternatif agregat halus dalam campuran aspal panas jenis AC-BC yang diharapkan menambah daya tahan lapis perkerasan beton aspal terhadap kerusakan yang disebabkan oleh cuaca dan beban lalu lintas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai karakteristik *Marshall* pada campuran beton aspal dengan menggunakan limbah karbit sebagai agregat halus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan limbah karbit akan mempengaruhi karakteristik campuran beton aspal. Dari data *Marshall Test* yang didapatkan diperoleh nilai tertinggi stabilitasnya sebesar 1,681 kg, *bulk density* sebesar 2,332 gr/cc, *flow* sebesar 2,65 mm, *marshall quotient* sebesar 700 kg/mm, *void in mix* sebesar 5,91% , *void in mineral aggregate* sebesar 19,31%, dan *void filled bitumen* sebesar 75,93%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kandungan limbah karbit memenuhi persyaratan *Marshall Test*.

Kata kunci : agregat halus, limbah karbit, lapisan AC-BC

ABSTRACT

COMPARISON OF THE USE OF WASTE CARBIDE AND ASH AS FILLER IN THE ASPHALT MIXTURE LAYER TO THE ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE (AC-BC) (RESEARCH STUDIES)

Bobie Prayoga
1207210099
Ir. Sri Asfiati, M.T
Ir. Zurkiyah, M.T

Asphalt concrete layer is layer pavement construction which has structural value. One of the types of asphalt concrete layer is Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) which is pavement that is put under wearing course and on the top of foundation layer. The major composer material is aggregate and asphalt, including type of filler in the usage. This research tried using waste carbide as alternative of fine aggregate in hot mix asphalt type AC-BC which was expected to add the durability of asphalt concrete pavement on the damage caused by weather and traffic load. The purpose of this research is to know how bid the value of Marshall characteristic is on asphalt concrete mixture by using waste carbide as fine aggregate. The result of the research showed that the use of waste carbide would affect the characteristic of asphalt concrete mixture. From the data of Marshall test can be gained the highest stability is 1,681 kg, bulk density is 2,332 gr/cc, flow is 2,65 mm, marshall quotient is 700 kg/mm, void in mix is 5,91%, void in mineral aggregate is 19,31%, and void filled bitumen is 75,93%. So can be conclude that the consist of waste carbide fulfilled the condition of Marshall test.

Keyword : fine aggregate, waste carbide, layer AC-BC

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat 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 AC-BC” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Ibu Ir. Sri Asfiati, M.T, selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Ir. Zurkiyah M.T, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Hj. Irma Dewi, S.T, M.Si selaku pembimbing I dan Penguji sekaligus sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
4. Bapak Dr. Ade Faisal, 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. Bapak Rahmatullah S.T, M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.

7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
8. Orang tua penulis: Bapak Hasbullah SH dan Ibu Isna 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.
9. Sahabat-sahabat penulis: Teman penelitian Rahmat Saleh Siregar, sehingga terselesainya Tugas akhir ini. 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, 06

April 2017

Bobie prayoga

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 GRAFIK	xiii
DAFTAR NOTASI	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup penelitian	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. Jenis Perkerasan Jalan	6
2.1.1 Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>)	6
2.1.2 Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>)	7
2.1.3 Perkerasan Komposit (<i>Composite Pavement</i>)	8
2.1.4 Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku	8
2.2. Agregat	9
	viii

2.2.1.	Agregat Kasar	12
2.2.2.	Agregat Halus	13
2.2.3.	Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	13
2.2.4.	Limbah Karbit	14
2.3.	Aspal	15
2.3.1.	Daya Tahan (<i>Durability</i>)	17
2.3.2.	Adhesi dan Kohesi	17
2.3.3.	Kepekaan Terhadap Temperatur	17
2.3.4.	Kekerasan Aspal	17
2.4.	Pengujian <i>Properties</i> Bahan	18
2.4.1	Aspal <i>Properties</i>	18
2.4.2	Agregat <i>Properties</i>	20
2.5.	<i>Marshall Test</i>	21
2.5.1.	Pengaruh Marshall Untuk Perencanaan Campuran	22
2.5.2.	Berat Isi Benda Uji Padat	23
2.5.3.	Pengujian Stabilitas dan Kelelehan (<i>Flow</i>)	24
2.5.4.	Pengujian Volumetrik	24
2.6.	Evaluasi Hasil Uji <i>Marshall</i>	25
2.6.1.	Stabilitas	25
2.6.2.	Pelelehan	26
2.6.3.	Evaluasi VMA	26
2.6.4.	Pengaruh Rongga Udara dalam Campuran	27
2.6.5.	Pengaruh Rongga Udara Terisi Aspal (VFA)	28
2.6.6.	Pengaruh Pematatan	28
 BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		
3.1.	Umum	29
3.2.	Tempat dan Waktu Penelitian	30
3.3.	Metode Penelitian	30
3.4.	Material Untuk Penelitian	30
3.5.	Pengumpulan Data	30
3.6.	Metode yang Digunakan Dalam Penelitian	30
3.7.	Prosedur Penelitian	31
3.8.	Pemeriksaan Bahan Campuran	31

3.8.1.	Pemeriksaan Terhadap Agregat Kasar dan Halus	31
3.8.2.	Pemeriksaan Terhadap Aspal	32
3.8.3.	Alat Yang Digunakan	33
3.9.	Prosedur Kerja	33
3.9.1.	Perencanaan Campuran (<i>Mix Design</i>)	33
3.9.2.	Tahapan Pembuatan Benda Uji	35
3.9.3.	Metode Pengujian Sampel	36
3.9.4.	Penentuan Berat Jenis (<i>Bulk Specific Gravity</i>)	37
3.9.5.	Pengujian <i>Stability</i> dan <i>Flow</i>	37
3.10.	Penyajian Data	38
BAB 4 HASIL DAN ANALISA DAN PEMBAHASAN		
4.1.	Hasil Penelitian	43
4.1.1.	Pemeriksaan Gradasi Agregat Standar	43
4.1.2.	Hasil Uji Berat Jenis Agregat	51
4.1.3.	Hasil Pemeriksaan Aspal	53
4.1.4.	Pemeriksaan Terhadap Campuran Aspal	54
4.1.5.	Penentuan Kadar Aspal Optimum	63
4.2.	Pembahasan dan Analisa	65
4.2.1.	Perbandingan Sifat <i>Marshall</i>	65
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	71
5.2	Saran	71
DAFTAR PUSTAKA		72
LAMPIRAN		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku	9
Tabel 2.2	Ketentuan agregat kasar untuk campuran beton aspal	12
Tabel 2.3	Ketentuan agregat halus untuk campuran beton aspal	13
Tabel 2.4	Komposisi kimia limbah karbit	14
Tabel 2.5	Komposisi limbah karbit	15
Tabel 2.6	Ketentuan sifat-sifat campuran laston	16
Tabel 3.1	Presentase limbah karbit dan abu batu	34
Tabel 3.2	Data analisa saringan agregat kasar	39
Tabel 3.3	Data analisa saringan agregat halus	39
Tabel 3.4	Data berat jenis agregat kasar	40
Tabel 3.5	Data berat jenis agregat halus	41
Tabel 3.6	Data <i>Marshall</i>	41
Tabel 4.1	Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar (CA) 1 inch	43
Tabel 4.2	Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar (CA) $\frac{3}{4}$ inch	44
Tabel 4.3	Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar (MA) $\frac{1}{2}$ inch	44
Tabel 4.4	Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus abu batu (Cr)	45
Tabel 4.5	Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pasir (<i>Sand</i>)	46
Tabel 4.6	Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus limbah karbit	47
Tabel 4.7	Hasil kombinasi gradasi agregat standar	48
Tabel 4.8	Hasil kombinasi gradasi agregat alternatif	49
Tabel 4.9	Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji	50
Tabel 4.10	Data hasil pengujian berat jenis agregat kasar CA 1 inch	50
Tabel 4.11	Data hasil pengujian berat jenis agregat kasar CA $\frac{3}{4}$ inch	51
Tabel 4.12	Data hasil pengujian berat jenis agregat kasar MA $\frac{1}{2}$ inch	51
Tabel 4.13	Data hasil pengujian berat jenis agregat halus abu batu (Cr)	52
Tabel 4.14	Data hasil pengujian berat jenis agregat halus pasir	52
Tabel 4.15	Data hasil pengujian berat jenis agregat halus limbah karbit	52

Tabel 4.16	Data pengujian berat jenis <i>filler</i> limbah karbit	53
Tabel 4.17	Hasil pemeriksaan karakteristik aspal keras Pertamina Pen 60/70	53
Tabel 4.18	Hasil uji <i>Marshall</i> campuran beton aspal agregat halus abu batu dan agregat halus limbah karbit	55
Tabel 4.19	Kadar aspal optimum untuk campuran agregat halus abu batu dan campuran agregat halus limbah karbit	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lapisan perkerasan lentur	7
Gambar 2.2	Lapisan perkerasan kaku	8
Gambar 2.3	Lapisan perkerasan komposit	8
Gambar 3.1	Bagan alir penelitian	29
Gambar 4.1	Grafik hasil kombinasi gradasi agregat standar	48
Gambar 4.2	Grafik hasil kombinasi gradasi agregat alternatif	49
Gambar 4.3	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>bulk density</i> (gr/cc) agregat halus abu batu	56
Gambar 4.4	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>bulk density</i> (gr/cc) agregat halus limbah karbit	56
Gambar 4.5	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>stability</i> (kg) agregat halus abu batu	57
Gambar 4.6	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>stability</i> (kg) agregat halus limbah karbit	57
Gambar 4.7	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VIM (%) agregat halus abu batu	58
Gambar 4.8	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VIM (%) agregat halus limbah karbit	58
Gambar 4.9	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VFB (%) agregat halus abu batu	59
Gambar 4.10	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VFB (%) agregat halus limbah karbit	59
Gambar 4.11	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) agregat halus abu batu	60
Gambar 4.12	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) agregat halus limbah karbit	60
Gambar 4.13	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>flow</i> (mm) agregat halus abu batu	61

Gambar 4.14	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>flow</i> (mm) agregat halus limbah karbit	61
Gambar 4.15	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>marshall quotient</i> (mm) agregat halus abu batu	62
Gambar 4.16	Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>marshall quotient</i> (mm) agregat halus limbah karbit	62
Gambar 4.17	Penentuan rentang (<i>Range</i>) kadar aspal optimum campuran aspal agregat halus abu batu	63
Gambar 4.18	Penentuan rentang (<i>Range</i>) kadar aspal optimum campuran aspal agregat halus limbah karbit	64
Gambar 4.19	Perbandingan nilai <i>bulk density</i> campuran aspal agregat halus abu batu dan agregat halus limbah karbit	65
Gambar 4.20	Perbandingan nilai <i>stability</i> campuran agregat halus abu batu dan agregat halus limbah karbit	66
Gambar 4.21	Perbandingan nilai <i>flow</i> campuran agregat halus abu batu dan agregat halus limbah karbit	67
Gambar 4.22	Perbandingan nilai VIM campuran agregat halus abu batu dan agregat halus limbah karbit	67
Gambar 4.23	Perbandingan nilai VFB campuran agregat halus abu batu dan agregat halus limbah karbit	68
Gambar 4.24	Perbandingan nilai VMA campuran agregat halus abu batu dan agregat halus limbah karbit	69
Gambar 4.25	Perbandingan nilai MQ campuran agregat halus abu batu dan agregat halus limbah karbit	69

DAFTAR NOTASI

A	=	Berat piknometer
B	=	Berat piknometer berisi air
C	=	berat piknometer berisi aspal
D	=	Berat piknometer berisi air dan aspal
V	=	Volume aspal pada temperatur 15°C
V _t	=	Volume aspal pada temperatur tertentu
F _k	=	Faktor koreksi
G _{sb}	=	Berat jenis curah agregat
P _s	=	Agregat, persen berat total campuran
G _{mb}	=	Berat jenis curah campuran padat
P _b	=	Aspal, persen berat agregat
G _{mb}	=	Berat jenis curah campuran padat
G _{sb}	=	Berat jenis curah agregat
VIM	=	Rongga udara dalam campuran padat, persen dari
		total volume.
G _{mm}	=	Berat jenis maksimum campuran.
G _{mb}	=	Berat jenis curah campuran padat.
G _{sbtot agregat}	=	Berat jenis kering agregat gabungan, (gr/cc)
G _{sb1,Gsb2,Gsbn}	=	Berat jenis kering masing-masing agregat (gr/cc)
P _{1,P2,P3,...}	=	Persentase berat dari masing-masing agregat (%)
G _{se}	=	Berat jenis efektif / <i>effective specific gravity</i> (gr/cc)
G _{mm}	=	Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)
P _{mm}	=	Persen berat total campuran (=100)

Pb	=	Persentase kadar aspal terhadap total campuran (%)
Ps	=	Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%)
Gb	=	Berat jenis aspal
Gse	=	Berat jenis efektif / <i>effective specific gravity</i> (gr/cc)
Gsb	=	Berat jenis kering agregat / <i>bulk specific gravity</i> (gr/cc)
Gsa	=	Berat jenis semu agregat / <i>apparent specific gravity</i> (gr/cc)
Gmm	=	Berat jenis maksimum campuran (gr/cc)
Pmm	=	Persen berat total campuran (=100)
Ps	=	Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%)
Pb	=	Persentase kadar aspal terhadap total campuran (%)
Gse	=	Berat jenis efektif / <i>effective specific gravity</i> (gr/cc)
Gb	=	Berat jenis aspal (gr/cc)
Gmb	=	Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)
Vbulk	=	Volume campuran setelah pemadatan (cc)
Wa	=	Berat di udara (gr)
Pbe	=	Kadar aspal efektif, persen total campuran (%)
Pb	=	Kadar aspal, persen total campuran (%)
Pba	=	Penyerapan aspal, persen terhadap berat total campuran (%)

Ps = Kadar agregat, persen terhadap berat total
campuran (%)

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

AC	:	<i>Asphalt Concrete</i>
AC-WC	:	<i>Asphalt Concrete Wearing Course</i>
AC-BC	:	<i>Asphalt Concrete Binder Course</i>
Cr	:	<i>Crusted dust</i>
CA	:	<i>Course Aggregate</i>
MA	:	<i>Medium Aggregate</i>
FA	:	<i>Fine Aggregate</i>
VFA	:	<i>Void in Mineral Aggregate</i>
VIM	:	<i>Void in Mix</i>
SSD	:	<i>Saturated Surface Dry (Berat dalam air)</i>
VMA	:	<i>Rongga dalam agregat mineral (Void in meinerat agregate)</i>
VFWA	:	<i>Void Filled with Asphalt</i>
VFB	:	<i>Rongga terisi aspal</i>

MQ	:	<i>Marshall Quotient</i>
<i>FLOW</i>	:	Kelelehan
STABILITY	:	Stabilitas
LPA	:	Lapis Pondasi Atas
USA	:	<i>United State of America</i>
TFOT	:	<i>Thin Film Oven Asphalt</i>
SNI	:	Standar Nasional Indonesia
AASHTO	:	<i>Association of American Society Higway Transport Organization</i>
ASTM	:	<i>American Society for Testing and Material</i>
PC	:	<i>Portland Cement</i>
AMP	:	<i>Asphalt Mixing Plant</i>
SP	:	Semen Portlan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan infrastruktur dasar dan utama dalam menggerakkan roda perekonomian nasional dan daerah. Kerusakan jalan di Indonesia umumnya disebabkan oleh pembebanan yang terjadi berlebihan (*overload*), banyaknya arus kendaraan yang lewat (repetisi beban) sebagai akibat pertumbuhan jumlah kendaraan yang cepat terutama kendaraan komersial dan perubahan lingkungan atau oleh karena fungsi drainase yang kurang baik. Untuk itu, dibutuhkan penggunaan material untuk perkerasan jalan (beton aspal) dengan kualitas yang lebih tinggi, yang berupa agregat sebagai bahan pengisi dan aspal sebagai bahan pengikat.

Laston lapis permukaan antara (*Asphalt Concrete Binder Course* atau *AC-BC*) merupakan lapisan perkerasan yang terletak di bawah lapisan aus (*Wearing Course*) dan di atas lapisan pondasi (*base course*). Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan di bawahnya yaitu *base* dan *sub grade* (tanah dasar). Karakteristik yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas.

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.

Limbah karbit adalah sebagai bahan pengganti filler, dalam penelitian ini penulis melakukan penelitian terhadap kekuatan campuran aspal panas dengan menggunakan limbah karbit sebagai filler dalam campuran aspal panas jeni AC-BC. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan limbah

karbit terhadap campuran aspal panas, yang mengandung CaO yang cukup tinggi dan bahan ini sering ditemukan pada bengkel-bengkel las. Dalam hal ini penulis menggunakan limbah karbit sebagai filler dalam campuran aspal panas jenis AC-BC. Yang diharapkan dapat memberikan manfaat yang lebih besar pada penggunaannya dibidang konstruksi lainnya. Dari permasalahan di atas, perlu dilakukan penelitian dengan melakukan uji laboratorium dengan mengacu pada Spesifikasi Bina Marga, 2010.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah penelitian ini dirumuskan sebagai berikut.:

1. Seberapa besar nilai karakteristik *Marshall* pada campuran aspal dengan menggunakan limbah karbit?
2. Melihat ada atau tidaknya manfaat *filler* limbah karbit terhadap penelitian ini?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah:

1. Menyelidiki pengaruh penggunaan limbah karbit sebagai pengganti agregat halus terhadap sifat karakteristik campuran aspal panas AC-BC dan adakah perbedaannya dibandingkan dengan menggunakan agregat halus 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 AC-BC.
2. Metode yang digunakan sesuai dengan spesifikasi umum Bina Marga 2010, yaitu Metode Uji Marshall.

3. Penggunaan variasi kadar aspal untuk limbah karbit dan abu batu sebesar 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7% 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

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 agregat halus 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 agregat halus dalam campuran laston (AC-BC) 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

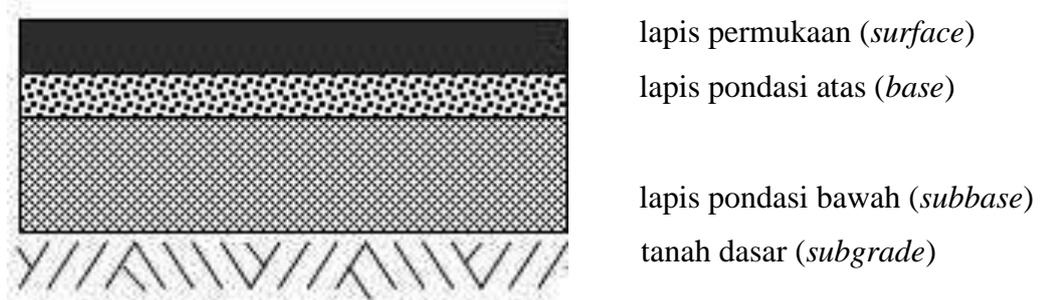
2.1 Jenis Perkerasaan Jalan

Menurut Silvia Sukirman, 2007, berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasaan jalan terbagi menjadi :

1. Kontruksi perkerasaan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*Portland cement*) sebagai bahan pengikatnya.
3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur dapat berupaperkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

2.1.1 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur merupakan perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Perkerasan lentur memiliki umur rentang antara 10-20 tahun masa pemakaian saja. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya. Perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis bertujuan untuk menerima beban kendaraan yang melaluinya dan meneruskan ke lapisan di bawahnya. Biasanya material yang digunakan pada lapisan-lapisan perkerasan jalan semakin ke bawah akan semakin berkurang kualitasnya. Karena lapisan yang berada di bawah lebih sedikit menahan beban. Lapisan perkerasan lentur dapat dilihat pada gambar 2.1.,



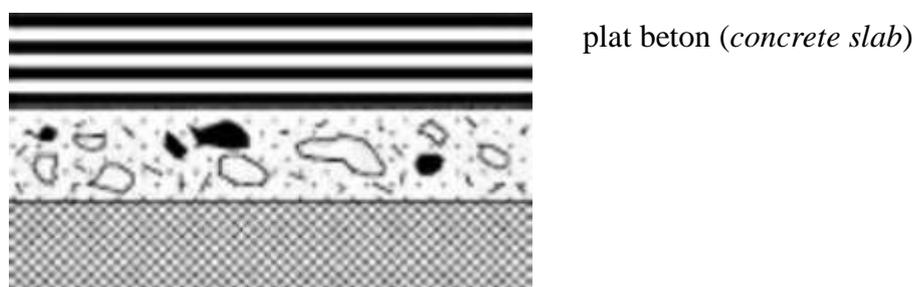
Gambar 2.1: Lapisan perkerasan lentur (Sukirman, 1999).

Lapisan permukaan pada umumnya dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal, sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama. Lapisan ini terletak paling atas, yang berfungsi sebagai berikut:

1. Menahan beban roda, oleh karena itu lapisan perkerasan ini harus mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa layan.
2. Lapisan kedap air, sehingga air hujan tidak meresap ke lapisan di bawahnya yang akan mengakibatkan kerusakan pada lapisan tersebut.
3. Lapis aus, lapisan yang langsung terkena gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
4. Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawahnya, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain.

2.1.2 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavemet*)

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 2.2.



lapis pondasi bawah (*subbase*)

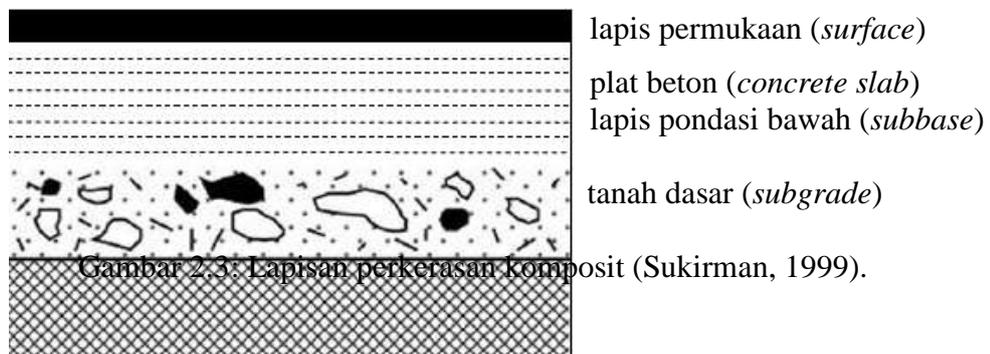
tanah dasar (*subgrade*)

Gambar 2.2: 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*).

2.1.3 Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan komposit merupakan perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur. Perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau sebaliknya.



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

2.1.4 Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

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 Agregat

Agregat diartikan sebagai suatu kumpulan butiran batuan yang berukuran tertentu yang diperoleh dari hasil alam langsung maupun dari pemecahan batu besar ataupun agregat yang sengaja dibuat untuk tujuan tertentu. Seringkali agregat diartikan pula sebagai suatu bahan yang bersifat keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan pengisi suatu campuran. Agregat dapat berupa berbagai jenis butiran atau pecahan batuan, termasuk di dalamnya antara lain, pasir, kerikil, agregat pecah, abu/debu agregat, dan lain-lain.

Agregat merupakan bahan pengisi dominan dalam suatu campuran aspal. Persentase agregat dalam suatu campuran berkisar antar 75-85% dari volume total atau 90-95% dari berat total (Sukirman, 1999). Oleh karenanya sebagai lapisan *wearing course* atau lapisan permukaan, mutu dan kualitas agregat yang akan digunakan harus lebih baik dari pada lapisan perkerasan di bawahnya. Hal ini disebabkan, lapisan permukaan (*wearing course*) menerima repetisi beban secara langsung sebagai akibat beban lalu-lintas dan pengaruh lingkungan serta menerima beban lebih besar jika dibandingkan lapisan di bawahnya, oleh karena itu suatu pengujian terhadap material yang akan digunakan sangat penting artinya dalam perencanaan konstruksi perkerasan suatu jalan.

Menurut sumbernya atau cara mempersiapkannya, agregat dibagi atas tiga jenis, yaitu:

1. Agregat alam (*natural aggregate*)

Agregat jenis ini, bisa diperoleh langsung di alam dan dapat langsung digunakan sebagai bahan lapis perkerasan jalan. Jenis agregat alam yang biasa digunakan misalnya kerikil (*gravel*) dan pasir kali (*sand*).

2. Agregat hasil pengolahan (*manufactured aggregate*)

Agregat jenis ini merupakan hasil pengolahan dengan mesin pemecah batu (*stone crusher*). Diharapkan dari hasil pengolahan ini, ukuran agregat yang dihasilkan sesuai dengan gradasi yang digunakan, serta mempunyai tekstur yang kasar dengan bentuk agregat bersudut (*angular*).

3. Agregat buatan (*synthetic aggregate*)

Agregat buatan merupakan agregat hasil perkerasan yang dibuat khusus untuk tujuan tertentu. Agregat jenis ini, juga bisa diperoleh dari hasil sampingan industri tertentu seperti pabrik baja yang menghasilkan limbah logam (*slag*).

Secara umum bahan penyusunan beton aspal terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi dan aspal sebagai bahan pengikat. Dimana bahan bahan tersebut sebelum digunakan harus diperiksa di laboratorium. Agregat yang akan dipergunakan sebagai material campuran perkerasan jalan haruslah memenuhi persyaratan sifat dan gradasi agregat seperti yang ditetapkan di dalam buku spesifikasi pekerjaan jalan atau ditetapkan badan yang berwenang. Menurut Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi VI untuk Campuran Beraspal Panas, Departemen Pekerjaan Umum,.

Sifat-sifat agregat yang sangat mempengaruhi kekuatan dan kualitas suatu campuran aspal diantaranya adalah:

1. Ukuran dan gradasi agregat (*size and grading*)

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat sangat berpengaruh pada besarnya rongga antar butiran yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaannya. Tujuannya dalam pelaksanaan ukuran dan gradasi agregat antara lain:

- a. Ukuran agregat sangat terkait dengan pelaksanaan tebal penyebaran/penghamparan yang dilakukan serta tebalnya pemadatan.
- b. Gradasi sangat terkait dalam pelaksanaan pemadatan antara lain, kestabilan lapisan, kecepatan/waktu pemadatan.

2. Kebersihan

Agregat yang mengandung substansi asing merusak perkerasan seperti zat-zat organik, lempung dan yang lainnya harus dihilangkan sebelum digunakan dalam

campuran perkerasan. Substansi ini akan menghalangi aspal terserap ke dalam pori-pori batuan, sehingga terjadi pengelupasan aspal dari agregat.

3. Keausan dan kekerasan

Proses kerusakan agregat dapat disebabkan oleh pengaruh cuaca, pelaksanaan yang kurang baik serta pengaruh beban lalu lintas. Oleh karena itu, agregat yang digunakan harus cukup tahan terhadap pemecahan, penurunan mutu dan penghancuran. Ketahanan agregat terhadap cuaca atau pengikisan dapat diukur/ditentukan dengan menggunakan mesin *Los Angeles* atau dengan uji penumbukan.

4. Tekstur permukaan

Tekstur permukaan juga berperan dalam mempengaruhi lekatan antara aspal dan agregat. Selain itu, juga berpengaruh terhadap cara pengerjaan dan kekuatan campuran aspal. Tekstur permukaan dari agregat sendiri dibagi atas tiga macam yaitu :

- a. Batuan kasar, tekstur permukaan yang kasar dan kasap akan memberikan gaya gesek yang lebih besar sehingga dapat menahan gaya-gaya pemisah yang bekerja pada agregat. Tekstur kasar juga memberikan daya adhesi yang lebih baik antar aspal dan agregat.
- b. Batuan halus, agregat yang halus lebih mudah terselimuti aspal namun tidak memberikan kelekatan yang baik dengan aspal sehingga pada batuan jenis ini lebih mudah dikerjakan namun sulit untuk dipadatkan.
- c. Batuan mengkilat, batuan jenis memberikan *internal friction* yang rendah dan sulit dilekati aspal.

5. Absorpsi

Porositas suatu agregat mempengaruhi jumlah aspal yang dapat diserap/terabsorpsi dalam campuran. Sehingga semakin tinggi porositasnya, makin banyak aspal yang terabsorpsi sehingga campuran menjadi semakin mahal. Umumnya agregat yang berpori banyak biasanya tidak dapat digunakan, kecuali bilamana agregat tersebut mempunyai sifat-sifat lainnya seperti abrasi, daya tahan terhadap pelapukan, dan lain-lain.

6. Kelekatan terhadap aspal

Adhesi antara aspal dan batu terjadi karena adanya penyerapan dan tarik-menarik antara molekul. Agregat yang mudah tergelincir biasanya mempunyai sifat hidrofilik (suka air), jenis agregat ini tidak baik digunakan dalam konstruksi lapis keras, agregat hidrofilik umumnya mengandung asam atau silikat seperti kuarsa. Namun, sebaliknya agregat yang bersifat menolak air (hidrofobik) akan mengikat aspal dengan baik dan akan mengusir air yang mungkin dapat menyebabkan terjadinya penggelinciran, contoh agregat ini adalah batu kapur.

2.2.1 Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar yang digunakan adalah agregat yang tertahan ayakan No.8 (2,36 mm). Agregat ini harus dipastikan bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki. Agregat kasar terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah dan harus disiapkan dalam ukuran nominal tunggal. Agregat kasar harus mempunyai angularitas yaitu persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 2,36 mm dengan muka bidang pecah satu atau lebih.

Tabel 2.2: Ketentuan Agregat Kasar untuk Campuran Beton Aspal (Departemen Pekerjaan Umum, 2010).

Jenis pemeriksaan	Standar	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%

Tabel 2.2: Lanjutan.

Jenis pemeriksaan	Standar	Syarat maks/min
Material lolos saringan No.200	SNI 03-4142-19966	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.

2.2.2 Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan merupakan pasir atau pengayakan batu pecah yang lolos ayakan No.8 (2,36 mm). Dalam pencampuran aspal persentase maksimum agregat halus yang disarankan untuk Laston (AC) adalah 15%. Sama halnya dengan agregat kasar, agregat halus yang digunakan merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung ataupun bahan lainnya yang tidak dikehendaki.

Tabel 2.3: Ketentuan Agregat Halus untuk Campuran Beton Aspal (Departemen Pekerjaan Umum, 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%

2.2.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi atau *filler* adalah material berbutir halus yang lolos saringan no.200 (diameter 0,075 mm) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya dan mempunyai sifat *non plastis*. *Filler* dapat terdiri dari debu batu, kapur padam dan semen Portland, atau bahan non plastis lainnya. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu.

2.2.4 Limbah karbit

Limbah karbit adalah sisa dari reaksi karbit terhadap air yang menghasilkan gas asitilen, digolongkan dalam jenis kapur padam seperti dinyatakan Zainal Abidin (1984) memiliki sifat-sifat kapur untuk bahan bangunan sesuai dengan SII 0021-80 dengan adanya dua parameter yang menyimpang yaitu kadar CaO +

MgO lebih rendah dan CO₂ 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 CaC₂. 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 Ca²⁺ dan Ca²⁻ dengan susunan natrium klorida. Jhon Daith yang dikutip P. Smardi (1991 : 38) menyatakan bahwa karbit yang diperdagangkan bukan senyawa murni tetapi merupakan campuran yang terdiri dari CaC₂ 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 dihasilkan 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 dihancurkan serta dapat menjadi serbuk.

Berikut adalah komposisi kimia limbah karbit secara umum diperlihatkan dalam tabel 2.4.

Tabel 2.4: Komposisi kimia limbah karbit (*Budirto, 2007*)

No	Komposisi kimia	Kandungan (%)
1	SiO ₂	0,50
2	Fe ₂ O ₃	0,04
3	Al ₂ O ₃	3,20
4	CaO	72,33

Tabel 2.4: *Lanjutan.*

No	Komposisi kimia	Kandungan (%)
5	Lain-lain	23,93

Komposisi limbah karbit berdasarkan pengujian oleh PT. IGA Murni Sejahtera diperlihatkan dalam tabel 2.5.

Tabel 2.5 komposisi limbah karbit (PT. IGA MURNI SEJAHTERA)

Komposisi Kimia	Kandungan (%)
SiO ₂ , Silika	2,7
Fe ₂ O ₃ , Besi Oksida	0,41
CaO, Kalsium	61,95
Al ₂ O ₃ , Aluminium Oksida	1,19
MgO, Magnesium	0,75
Hilang pijar termasuk CO ₂	33,55
SO, Sulfat	0
Ca(OH) ₂	42,75

2.3 Aspal

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya.

Aspal minyak dengan bahan dasar aspal dapat dibedakan atas:

1. Aspal Keras/semen (AC)

Asphalt Concrete(AC) adalah lapisan atas konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal dengan agregat yang dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu. AC merupakan jenis lapisan permukaan struktural yang berfungsi sebagai lapisan aus dan pelindung konstruksi di bawahnya, tidak licin, permukaannya rata, sehingga memberikan kenyamanan pengguna jalan. Aspal keras/aspal semen adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas. Aspal ini berbentuk padat pada keadaan penyimpanan (temperatur ruang). Aspal semen pada temperatur ruang (25°C–30°C) berbentuk padat. Aspal semen terdiri dari beberapa jenis tergantung dari proses pembuatannya dan jenis minyak bumi asalnya.

Di Indonesia, aspal semen biasanya dibedakan berdasarkan nilai penetrasinya yaitu:

- a. AC pen 40/50, yaitu AC dengan penetrasi antara 40-50.
- b. AC pen 60/70, yaitu AC dengan penetrasi antara 60-70.
- c. AC pen 80/100, yaitu AC dengan penetrasi antara 80-100.

Tabel 2.6: Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC) (Departemen Pekerjaan Umum, 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 Marshall (kg)	Min.	800		1800
Pelelehan (mm)	Min. Maks.	2 4		3 6
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam 60°C	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepatan membal (refusal)	Min.	2		

2. Aspal dingin/cair

Aspal cair adalah campuran antara aspal semen dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Dengan demikian berbentuk cair dalam temperatur ruang. Berdasarkan bahan pencairnya dan kemudahan menguap bahan pelarutnya, aspal cair dapat dibedakan atas:

- 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. Aspal yang dipergunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai:

- a. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara aspal itu sendiri.
- b. Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Berarti aspal haruslah mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca, mempunyai adhesi dan kohesi yang baik dan memberikan sifat elastis yang baik.

2.3.1 Daya Tahan (*Durability*)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat dari campuran aspal, jadi tergantung dari sifat agregat, campuran dengan aspal, faktor pelaksanaan dan lain-lain. Meskipun demikian sifat ini dapat diperkirakan dari pemeriksaan TFOT (*Thin Film Oven Test*).

2.3.2 Adhesi dan Kohesi

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah jadi pengikatan.

2.3.3 Kepekaan Terhadap Temperatur

Aspal adalah material yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur. Kepekaan terhadap perubahan temperatur dari setiap hasil produksi aspal berbeda-beda tergantung dari asalnya walaupun aspal tersebut mempunyai jenis yang sama.

2.3.4 Kekerasan Aspal

Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga agregat dilapisi aspal atau aspal panas disiramkan ke permukaan agregat yang telah disiapkan pada proses pelaburan. Pada waktu pelaksanaan, terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas (viskositas bertambah tinggi). Peristiwa perapuhan terus berlangsung setelah masa pelaksanaan selesai. Jadi selama masa pelayanan, aspal mengalami oksidasi dan polimerisasi yang besarnya

dipengaruhi juga oleh ketebalan aspal yang menyelimuti agregat. Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi.

2.4 Pengujian *Properties* Bahan

2.4.1 Aspal *Properties*

Pemeriksaan sifat (*asphalt properties*) dari campuran 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 kelelahan dari aspal. Aspal dengan titik leleh 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 di tarik 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.

$$\text{Berat jenis} = \frac{(C-A)}{(B-A)-(D-C)} \quad (2.1)$$

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)

Data temperatur dan berat jenis aspal diperlukan dalam penentuan faktor koreksi volume berdasarkan SNI 06-2441-2011 pada Pers. 2.2.

$$V = V_t \times F_k \quad (2.2)$$

Dimana :

V = Volume aspal pada temperatur 150°C

V_t = Volume aspal pada temperatur tertentu

F_k = Faktor Koreksi

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.

2.4.2 Agregat *Properties*

Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan akan sangat menentukan dalam keberhasilan pembangunan atau pemeliharaan jalan. Pada campuran beraspal, agregat memberikan kontribusi sampai 90-95% terhadap berat campuran, sehingga sifat-sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu dari kinerja campuran tersebut. Untuk tujuan ini, sifat agregat yang harus diperiksa antara lain:

- a) Ukuran butir. ;
- b) Gradasi.
- c) Kebersihan.
- d) Kekerasan.

- e) Bentuk partikel.
- f) Tekstur permukaan.
- g) Penyerapan.
- h) Kelekatan terhadap aspal.

Berat jenis suatu agregat adalah perbandingan berat dari suatu satuan volume bahan terhadap berat air dengan volume yang sama pada temperatur $20^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$ ($68^{\circ}\text{F} - 77^{\circ}\text{F}$). Dikenal beberapa macam berat jenis agregat, yaitu:

- a) Berat jenis semu (*apparent specific gravity*), berat jenis semu, volume dipandang sebagai volume menyeluruh dari agregat, tidak termasuk volume pori yang dapat terisi air setelah perendaman selama 24 jam.
- b) Berat Jenis bulk (*bulk specific gravity*), berat jenis *bulk*, volume dipandang volume menyeluruh agregat, termasuk volume pori yang dapat terisi oleh air setelah direndam selama 24 jam.
- c) Berat jenis efektif (*effective specific gravity*), berat jenis efektif, volume dipandang volume menyeluruh dari agregat tidak termasuk volume pori yang dapat menghisap aspal.

2.5 Marshall Test

Pemeriksaan ini pertama kali di kembangkan oleh Bruce Marshall bersama dengan *The Mississippi State Highway Departement*. Penelitian ini dilanjutkan *the u.s. army corps of engineers* dengan lebih ekstensif dan menambah kelengkapan pada prosedur pengujian *Marshall* dan akhirnya mengembangkan kriteria rancangan campuran. Kinerja campuran aspal beton dapat diperiksa dengan menggunakan alat pemeriksaan *Marshall* yang terdiri dari *Volumetric Characteristic* dan *Marshall Properties*. *Volumetric Characteristic* akan menghasilkan parameter-parameter: *Void in Mineral Agregate* (VMA), *Void In Mix* (VIM), *Void Filled With Asphalt* (VFWA) dan *density*. Sedangkan *Marshall properties* menghasilkan stabilitas dan kelelahan (*flow*) yang diperoleh dari hasil pengujian dengan alat *Marshall*. Pemeriksaan dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal dan agregat.

Akan sangat sulit mencari metode pengujian yang dapat meneliti semua faktor tersebut hanya dalam satu cara. Tetapi sebagian besar dari faktor-faktor tersebut dapat di uji dengan menggunakan alat *Marshall*. Hasil yang diperoleh dari pengujian dengan alat *Marshall*, antara lain:

- a. Stabilitas
- b. *Marshall Quotient* (MQ)
- c. Kelelehan
- d. Rongga dalam campuran (VIM)
- e. Rongga dalam agregat (VMA)

Saat ini pemeriksaan *Marshall* mengikuti prosedur PC-0201-76 atau AASHTO T 245-74, atau ASTM D 1559-624T. Beban maksimum yang dapat diterima oleh benda uji sebelum hancur adalah kelelehan (*flow*) *Marshall* dan perbandingan stabilitas dan kelelehan (*flow*) *Marshall* disebut *Marshall Quotient*, yang merupakan ukuran ketahanan material terhadap deformasi tetap. Alat yang digunakan terdiri dari mesin uji *Marshall*. Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelehan plastis atau *flow*. Benda uji *Marshall* berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm).

2.5.1 Pengaruh *Marshall* Untuk Perencanaan Campuran

Untuk keperluan pencampuran, agregat dan aspal di panaskan pada suhu dengan nilai viskositas aspal 170 ± 20 centistokes (cst) dan di padatkan pada suhu dengan nilai viskositas aspal 280 ± 30 cst. Alat yang digunakan untuk proses pemadatan adalah *Marshall compaction hammer*. Benda uji berbentuk silinder dengan tinggi 64 mm dan diameter 102 mm ini di uji pada temperatur $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ dengan tingkat pembebanan konstan 51 mm/menit sampai terjadi keruntuhan. Pengujian *Marshall* untuk perencanaan campuran pada penelitian ini adalah metode pengujian *Marshall* standart dengan ukuran agregat maksimum 25 mm (1 inchi) dan menggunakan aspal keras. Pengujian *Marshall* di mulai dengan persiapan benda uji. Untuk keperluan ini perlu di perhatikan hal sebagai berikut :

- a. Bahan yang digunakan masuk dalam spesifikasi yang ada.
- b. Kombinasi agregat memenuhi gradasi yang disyaratkan .
- c. Untuk keperluan analisa volumetrik (*density-voids*), berat jenis *bulk* dari semua agregat yang digunakan pada kombinasi agregat, berat jenis aspal keras harus dihitung lebih dahulu.

Dua prinsip penting pada pencampuran dengan pengujian *Marshall* adalah analisa volumetrik dan analisa stabilitas kelelahan (*flow*) dari benda uji padat. Stabilitas benda uji adalah daya tahan beban maksimum benda uji pada temperatur 60°C. Nilai kelelahan adalah perubahan bentuk suatu campuran beraspal yang terjadi pada benda uji sejak tidak ada beban hingga beban maksimum yang diberikan selama pengujian stabilitas. Pada penentuan kadar aspal optimum untuk suatu kombinasi agregat atau gradasi tertentu dalam pengujian *Marshall*, perlu dipersiapkan suatu seri dari contoh uji dengan interval kadar aspal yang berbeda sehingga didapatkan suatu kurva lengkung yang teratur. Pengujian agar direncanakan dengan dasar 1/2 % kenaikan kadar aspal dengan perkiraan minimum 2 kadar aspal di bawah optimum.

2.5.2 Berat Isi Benda Uji Padat

Setelah benda uji selesai, kemudian dikeluarkan menggunakan ekstruder dan dinginkan. Berat isi untuk benda uji porus ditentukan dengan melakukan beberapa kali pertimbangan seperti prosedur (ASTM D 1188). Secara garis besar adalah sebagai berikut:

- a. Timbang benda uji di udara.
- b. Selimuti benda uji dengan parafin.
- c. Timbang benda uji berparafin di udara.
- d. Timbang benda uji berparafin di air.

Berat isi untuk benda uji tidak porus atau bergradasi menerus dapat ditentukan menggunakan benda uji kering permukaan jenuh (SSD) seperti prosedur ASTM D-2726. Secara garis besar adalah sebagai berikut:

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

- d. Timbang benda uji SSD di dalam air.

2.5.3 Pengujian Stabilitas dan Kelelahan (*flow*)

Setelah penentuan berat jenis *bulk* benda uji dilaksanakan pengujian stabilitas dan kelelahan dilaksanakan dengan menggunakan alat uji. Prosedur pengujian berdasarkan SNI 06-2489-1991, secara garis besar adalah sebagai berikut:

- a. Rendam benda uji pada temperatur 60°C selama 30-40 menit sebelum pengujian.
- b. Keringkan permukaan benda uji dan letakkan pada tempat yang tersedia pada alat uji, deformasi konstan 51 mm (2 inchi/menit) sampai terjadi runtuh.

2.5.4 Pengujian Volumetrik

Tiga sifat dari benda uji campuran aspal panas ditentukan pada analisa rongga-density, sifat tersebut adalah:

- a. Berat isi atau berat jenis benda uji padat.
- b. Rongga dalam agregat mineral.
- c. Rongga udara dalam campuran padat.

Dari berat contoh dan persentase aspal dan agregat dan berat jenis masing-masing volume dari material yang bersangkutan dapat ditentukan.

Rongga pada agregat mineral (VMA) dinyatakan sebagai persen dari total volume rongga dalam benda uji, merupakan volume rongga dalam campuran yang tidak terisi agregat dan aspal yang terserap agregat. Rongga dalam campuran, V_a atau sering disebut VIM, juga dinyatakan sebagai persen dari total volume benda uji, merupakan volume pada campuran yang tidak terisi agregat dalam dan aspal.

Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran beraspal untuk menerima beban sampai terjadi alir (*flow*) pada suhu tertentu yang dinyatakan dalam kilogram. Stabilitas merupakan kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas

tinggi. Sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai stabilitas yang tinggi.

Kelelahan (*flow*) merupakan keadaan perubahan bentuk suatu campuran beraspal yang terjadi akibat suatu beban yang diberikan selama pengujian, dinyatakan dalam milimeter. Ketahanan terhadap kelelahan (*flow*) merupakan kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi.

Marshall Quotient (MQ) adalah rasio antara nilai stabilitas dan kelelahan. Rongga di antara mineral agregat (VMA) adalah ruang di antara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Rongga udara dalam campuran atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara di antara partikel agregat yang terselimuti aspal. VIM dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal padat.

2.6 Evaluasi Hasil Uji *Marshall*

Untuk mengetahui karakteristik campuran yang direncanakan memenuhi kriteria yang telah ditentukan, maka perlu dilakukan evaluasi hasil pengujian *Marshall*, meliputi: nilai stabilitas, pelelehan, dan stabilitas sisa, juga termasuk evaluasi hasil perhitungan volumetrik.

2.6.1 Stabilitas

Pengukuran nilai stabilitas pada uji Marshall yang dilakukan pada benda uji harus mempunyai tebal standar 2,5 in (63,5), apabila diperoleh tinggi benda uji tidak standar, maka perlu dilakukan koreksi, yaitu dengan mengalikan hasil yang diperoleh dari uji stabilitas dengan nilai yang telah ditetapkan.

2.6.2 Pelelehan

Nilai pelelehan yang diperoleh dari uji *Marshall* adalah nilai batas kekuatan stabilitas dari benda uji yang telah mengalami kehancuran antara komponen bahan pada benda uji.

Setelah diketahui nilai stabilitas dan pelelehan perlu diketahui *quotient Marshall* yang merupakan hasil bagi keduanya. Pada penggambaran hubungan stabilitas, kelelehan dan *quotient Marshall* dengan kadar aspal akan mempunyai trend umum:

- a. Nilai stabilitas sejalan dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran sampai nilai maksimum saat nilai stabilitas berkurang.
- b. Nilai pelelehan bertambah sejalan dengan bertambahnya kadar aspal.
- c. Nilai *quotient Marshall* bertambah sejalan dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran sampai suatu nilai maksimum setelah nilai kuosien *Marshall* berkurang.

Apabila hasil penggambaran tidak sesuai, maka perlu dilakukan evaluasi dari hasil pengujian, apakah alat yang digunakan untuk pengujian tidak standar atau terdapat kekeliruan dalam perhitungan.

2.6.3 Evaluasi VMA

VMA merupakan fungsi dari G_{mb} , G_{sb} , dan P_b atau P_{agg} . Kesalahan perhitungan akan menyebabkan kesalahan pada penilaian nilai VMA.

Sebagai contoh penyimpangan nilai VMA akibat kesalahan perhitungan yang mana kesalahan ini akan menyebabkan pergeseran puncak lengkung hiperbola (titik terendah) kurva hubungan antara VMA dengan kadar aspal. Pergeseran tersebut akan menyebabkan kesalahan penentuan kadar aspal dan selanjutnya akan sangat mempengaruhi kinerja campuran beraspal yang dihasilkan pada Pers. 2.13.

$$VMA = 100 (1 - G_{mb}(1 - P_{ht}) / G_{sb}) \quad (2.3)$$

2.6.4 Pengaruh Rongga Udara dalam Campuran Padat (VIM)

Rongga udara (VIM) setelah selesai dipadatkan di lapangan idealnya adalah 7%. Rongga udara yang kurang jauh dari 7% akan rentan terhadap pelelehan, alur dan deformasi plastis. Sementara VIM setelah selesai pemadatan yang jauh dari

7% akan rentan terhadap retak dan perlepasan butir (disintegrasi). Untuk mencapai nilai lapangan tersebut dalam spesifikasi, nilai VIM rencana dibatasi pada interval 3,5% sampai 5,5%. Dengan kepadatan lapangan dibatasi minimum 98%.

Hasil penelitian di jalan-jalan utama (lalu-lintas berat) menunjukkan perkerasan Laston yang mempunyai nilai VIM lapangan diatas 7% umumnya sudah menampakkan indikasi awal terjadinya retak. Sementara perkerasan yang dimulai menampakkan indikasi awal terjadinya deformasi plastis umumnya sudah mempunyai VIM lapangan di bawah 3%. Tujuan perencanaan VIM adalah untuk membatasi penyesuaian kadar aspal rencana pada kondisi VIM mencapai tengah-tengah rentang spesifikasi, atau dalam hal khusus agar mendekati batas terendah rentang yang disyaratkan serta agar campuran mendekati kesesuaian dengan hasil uji di laboratorium.

2.6.5 Pengaruh Rongga Udara Terisi Aspal (VFA)

Kriteria VFA bertujuan menjaga keawetan campuran beraspal dengan memberi batasan yang cukup. Pada gradasi yang sama, semakin tinggi nilai VFA makin banyak kadar aspal campuran tersebut. Sehingga kriteria VFA dapat menggantikan kriteria kadar aspal dan tebal lapisan film aspal. VFA, VMA, dan VIM saling berhubungan karena itu bila dua diantaranya diketahui maka dapat mengevaluasi yang lainnya. Kriteria VFA membantu perencanaan campuran dengan memberikan VMA yang dapat diterima atau memenuhi persyaratan.

Kriteria VFA menyediakan tambahan faktor keamanan dalam merencanakan dan melaksanakan campuran beraspal panas. Karena perubahan dapat terjadi antara tahap perencanaan dan pelaksanaan, maka kesalahan dapat ditampung dengan memperlebar rentang yang dapat diterima.

2.6.6 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,

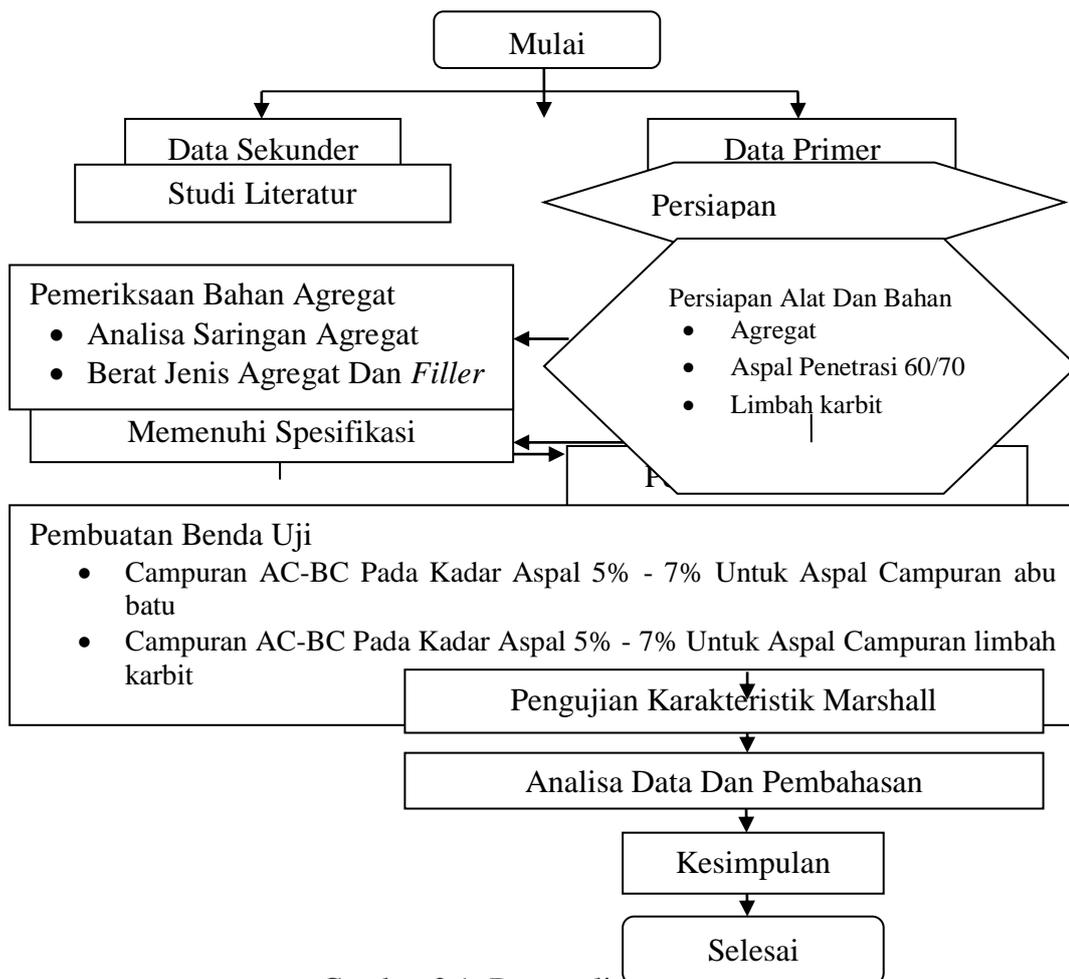
tapi lalu-lintas ternyata termasuk kategori lalu-lintas berat (yang mana harus dipadatkan sebanyak 2 x 75 tumbukan) maka akibat pemadatan oleh lalu-lintas, keadaan kadar aspal yang sebenarnya akan lebih tinggi. Sebaliknya bila campuran dirancang untuk 2 x 75 tumbukan tetapi ternyata lalu-lintas cenderung 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 penentuan.

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 di dapatkan 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 di uji 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 campuran aspal dengan alat *Marshall* (SNI 06-2489-1991).

3.7 Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah dalam pelaksanaan perencanaan yaitu dengan 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 AC-BC.
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 AC-BC 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 AC-BC 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^{1/2}, 1, ³/₄, ¹/₂, 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 AC-BC*.
10. *Extruder* berfungsi sebagai alat untuk mengeluarkan banda uji *Marshall* dari mold.
11. Cat dan spidol untuk menandai benda uji.
12. *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/AC-BC (*Asphalt Concrete Binder Course*). 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 inch = 10 %
2. Agregat kasar (CA) $\frac{3}{4}$ inch = 20 %

3. Agregat kasar (MA) ½ inch = 25 %
4. Agregat halus (Cr) = 35 %
5. Agregat halus (Sand) = 10 %

Adapun diperoleh komposisi campuran agregat untuk benda uji alternatif (serbuk besi) sebagai berikut:

1. Agregat kasar (CA) 1 inch = 10 %
2. Agregat kasar (CA) ¾ inch = 20 %
3. Agregat kasar (MA) ½ inch = 25 %
4. Agregat halus (Limbah karbit) = 35 %
5. Agregat halus (Sand) = 10 %

Dalam penelitian ini limbah karbit dikombinasikan dengan abu batu dengan presentase 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: Presentase 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
5,0%	20%	80%
5,5%	25%	75%
6,0%	30%	70%
6,5%	35%	65%
7,0%	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 didalam variasi tersebut, yaitu mulai dari 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%.

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 kedalam 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 $63,5 \text{ mm} \pm 1,27 \text{ mm}$ ($2,5 \pm 0,05 \text{ inch}$).
 - 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 terbagai atas 2 bagian pengujian, yaitu:

1. Penentuan *bulk spesific 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 inch) 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 inch) 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)
	$\frac{3}{4}$	2836	3760
	$\frac{1}{2}$	3398	4960

	3/8	1433	1030
	4	2243	239
Agregat kasar lolos saringan 3/4" (5 kg)	No. Saringan (Tertahan)	Benda Uji 1 (gr)	Benda Uji 2 (gr)
	1/2	3009	3960
	3/8	1007	826
	4	912	210
Agregat kasar lolos saringan 1/2" (2,5 kg)	No. Saringan (Tertahan)	Benda Uji 1 (gr)	Benda Uji 2 (gr)
	3/8	702	554
	4	1048	1495
	8	462	388
	16	267	59

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	122	130
	16	138	70
	30	82	149
	50	32	34
	100	60	55
	200	8	7
	Pan	34	28
Agregat halus (abu batu) lolos saringan No. 4 (500 gr)	No. Saringan (Tertahan)	Benda Uji 1 (gr)	Benda Uji 2 (gr)
	8	62	60
	16	209	220
	30	340	320
	50	210	210
	100	54	57
	200	12	13
	Pan	67	57

Tabel 3.3: Lanjutan.

Agregat halus (limbah karbit) lolos saringan No. 4 (1 kg)	No. Saringan (Tertahan)	Benda Uji 1 (gr)	Benda Uji 2 (gr)
	8	80	89
	16	96	95
	30	87	89
	50	73	70
	100	50	53
	200	20	23

	Pan	86	76
--	-----	----	----

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 inch	Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
	Berat benda uji kering oven	A	3980	3980	gram
	Berat benda uji jenuh kering permukaan di udara	B	4001	4003	gram
	Berat benda uji dalam air	C	2510	2515	gram
MA $\frac{3}{4}$ inch	Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
	Berat benda uji kering oven	A	2984	2985	gram
	Berat benda uji jenuh kering permukaan di udara n di udara	B	3015	3016	gram
	Berat benda uji dalam air	C	1900	1905	gram
FA $\frac{1}{2}$ inch	Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
	Berat benda uji kering oven	A	1987	1985	Gram
	Berat benda uji jenuh kering permukaan di udara	B	2014	2012	Gram
	Berat benda uji dalam air	C	1270	1273	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

Pasir (sand)	Pengujian	Notasi	Benda uji 1	Benda uji 2	Satuan

	Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	500	500	Gram
	Berat benda uji kering oven	A	491	492	Gram
	Berat piknometer yang berisi air	B	694	698	Gram
	Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	1001	1004	Gram
imbal karbit	Pengujian	Notasi	Benda uji 1	Benda uji 2	Satuan
	Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	500	500	Gram
	Berat benda uji kering oven	A	486	489	Gram
	Berat piknometer yang berisi air	B	700	697	Gram
	Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	1096	1093	Gram
Abu batu (<i>filler</i>)	Pengujian	Notasi	Benda uji 1	Benda uji 2	Satuan
	Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	500	500	Gram
	Berat benda uji kering oven	A	494	490	Gram
	Berat piknometer yang berisi air	B	695	691	Gram
	Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	1007	1004	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 %	1	1190	681	1202	123	201
	2	1181	677	1190	95	210
	3	1191	748	1292	115	215

5,5 %	1	1180	678	1183	138	204
	2	1189	685	1192	160	241
	3	1175	678	1181	159	230
6 %	1	1186	682	1188	115	232
	2	1130	653	1132	105	205
	3	1186	680	1190	120	230
6,5 %	1	1185	688	1186	149	238
	2	1200	689	1209	100	212
	3	1190	689	1193	118	178
7 %	1	1183	681	1184	128	168
	2	1167	675	1172	119	205
	3	1190	686	1195	99	220
Benda Uji Alternatif						
Kadar aspal	Benda Uji	Berat (gr)			Stabilitas	Flow
		Kering	Dalam air	SSD		
5 %	1	1181	679	1189	233	250
	2	1127	649	1133	173	272
	3	1131	651	1140	183	267
5,5 %	1	1174	673	1179	199	250
	2	1181	679	1189	168	202
	3	1181	678	1188	233	250
s6 %	1	1172	674	1181	190	250
	2	1200	674	1181	192	215
	3	1156	664	1163	241	255
6,5 %	1	1168	665	1178	198	273
	2	1200	686	1210	210	222
	3	1180	678	1191	195	135
7 %	1	1180	673	1196	180	171
	2	1171	666	1174	110	239
	3	1185	673	1195	200	325

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Pemeriksaan Gradasi Agregat Standar

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

1. Analisa saringan agregat kasar (CA) 1 inch

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 inch.

No. Saringan	Ukuran (mm)	% lolos saringan
1 ½	37.50	100.00
1	25.40	100.00
¾	19.00	67.02
½	12.50	25.23
3/8	9.50	12.92
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) $\frac{3}{4}$ inch

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) $\frac{3}{4}$ inch.

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	49,53
$\frac{3}{8}$	9.50	34,78
No.4	4.75	0,21
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) $\frac{1}{2}$ inch

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) $\frac{1}{2}$ inch.

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	30.31
$\frac{3}{8}$	9.50	11.98
No.4	4.75	0.76
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

4. Analisa saringan filler 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 filler 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	74.80

Tabel 4.4: *Lanjutan.*

No. Saringan	Ukuran (mm)	% lolos saringan
No. 16	1.18	54.00
No. 30	0.60	30.90
No. 50	0.30	24.30
No. 100	0.15	12.80
No. 200	0.075	11.30

5. Analisa saringan filler 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 filler pasir (*sand*).

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	93.90
No. 16	1.18	72.45
No. 30	0.60	39.45
No. 50	0.30	18.45
No. 100	0.15	12.90
No. 200	0.075	11.65

6. Analisa saringan *filler* limbah karbit

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

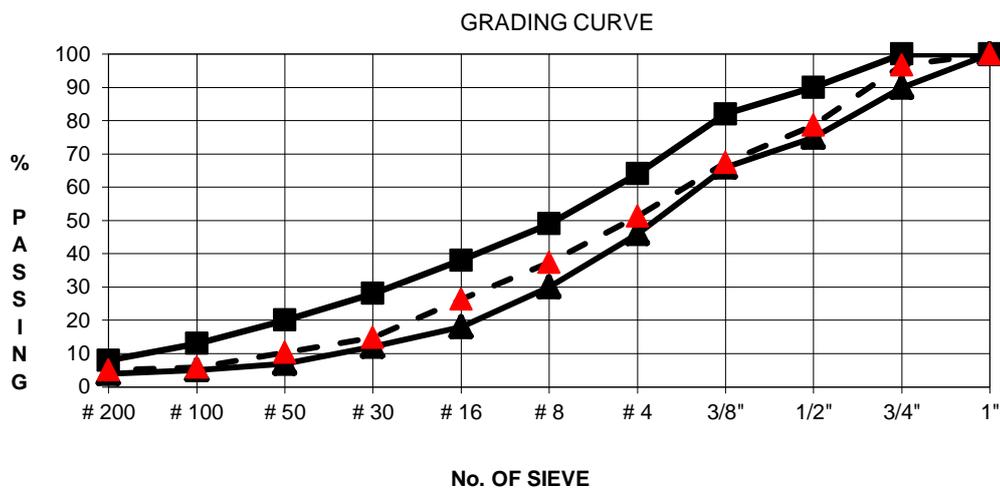
Tabel 4.6: Hasil pemeriksaan analisa saringan *filler* limbah karbit.

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	83.10
No. 16	1.18	64.00
No. 30	0.60	46.40
No. 50	0.30	32.10
No. 100	0.15	21.80
No. 200	0.075	17.50

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 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
			1	2	3	4	5	
			10%	20%	25%	35%	10%	100
11/2"	100	100	10.00	20.00	25.00	35.00	10.00	100,00
1"	100	100	10.00	20.00	25.00	35.00	10.00	100,00
3/4"	90	100	6.70	20.00	25.00	35.00	10.00	96.70
1/2"	75	90	2.52	6.06	25.00	35.00	10.00	78.59
3/8"	66	82	1.29	2.40	18.72	35.00	10.00	67.41
No. 4	46	64	0.05	0.15	6.01	35.00	10.00	51.21
No. 8	30	49	0.00	0.00	1.76	26.18	9.39	37.33
No. 16	18	38	0.00	0.00	0.13	18.90	7.25	26.27
No. 30	12	28	0.00	0.00	0.00	10.82	3.95	14.76
No. 50	7	20	0.00	0.00	0.00	8.51	1.85	10.35
No. 100	5	13	0.00	0.00	0.00	4.48	1.29	5.77
No. 200	4	8	0.00	0.00	0.00	3.96	1.17	5.12



Gambar 4.1: Grafik hasil kombinasi gradasi agregat standar.

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

Data persen agregat yang diperoleh:

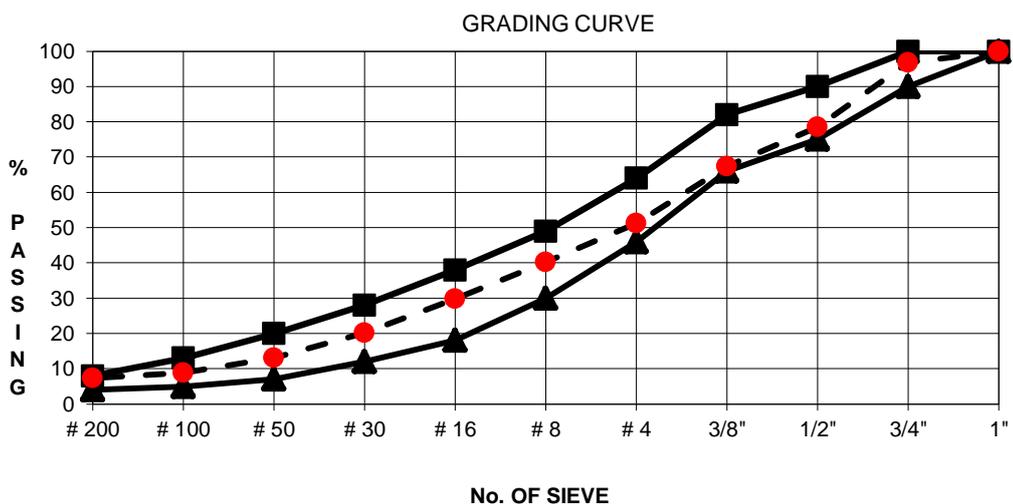
1. Agregat kasar CA 1 inch = 10 %
2. Agregat kasar CA ¾ inch = 20 %
3. Agregat medium MA ½ inch = 25 %

- 4. *filler* abu batu (Cr) = 35 %
- 5. *Filler* pasir (*sand*) = 10 %

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

Tabel 4.8: Hasil kombinasi gradasi agregat alternatif (limbah karbit).

No. Saringan	Batas spesifikasi		Kombinasi Agregat					AVG
			1	2	3	4	5	
			10%	20%	25%	35%	10%	100%
11/2"	100	100	10.00	20.00	25.00	35.00	10.00	100,00
1"	100	100	10.00	20.00	25.00	35.00	10.00	100,00
3/4"	90	100	6.70	20.00	25.00	35.00	10.00	96.70
1/2"	75	90	2.52	6.06	25.00	35.00	10.00	78.59
3/8"	66	82	1.29	2.40	18.72	35.00	10.00	67.41
No. 4	46	64	0.05	0.15	6.01	35.00	10.00	51.21
No. 8	30	49	0.00	0.00	1.76	29.09	9.39	40.23
No. 16	18	38	0.00	0.00	0.13	22.40	7.25	29.77
No. 30	12	28	0.00	0.00	0.00	16.24	3.95	20.19
No. 50	7	20	0.00	0.00	0.00	11.24	1.85	13.08
No. 100	5	13	0.00	0.00	0.00	7.63	1.29	8.92
No. 200	4	8	0.00	0.00	0.00	6.13	1.17	7.29



Gambar 4.2: Grafik hasil kombinasi gradasi agregat alternatif.

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

Data persen agregat yang diperoleh:

1. Agregat kasar CA 1 inch = 10 %
2. Agregat kasar CA $\frac{3}{4}$ inch = 20 %
3. Agregat medium MA $\frac{1}{2}$ inch = 25 %
4. *filler* limbah karbit + abu batu = 35 %
5. Filler pasir (*sand*) = 10 %

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 inch (gram)	CA $\frac{3}{4}$ inch (gram)	MA $\frac{1}{2}$ inch (gram)	Abu Batu (gram)	Pasir (gram)
5,0	60	114.0	228.0	285.0	399.0	114.0
5,5	66	113.4	226.8	283.5	396.9	113.4
6,0	72	112.8	225.6	282.0	394.8	112.8
6,5	78	112.2	224.4	280.5	392.7	112.2
7,0	84	111.6	223.2	279.0	390.6	111.6

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

Kadar Aspal (%)	Aspal (gram)	CA 1 inch (gram)	CA $\frac{3}{4}$ inch (gram)	MA $\frac{1}{2}$ inch (gram)	Pasir (gram)	Abu Batu (gram)	Limbah karbit (gram)
5,0	60	114.0	228.0	285.0	114.0	79.8	319.2
5,5	66	113.4	226.8	283.5	113.4	99.2	297.7
6,0	72	112.8	225.6	282.0	112.8	118.4	276.4
6,5	78	112.2	224.4	280.5	112.2	137.4	255.3
7,0	84	111.6	223.2	279.0	111.6	156.2	234.4

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 filler 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 inch

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

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

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2.669	2.671	2.670
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	2.683	2.690	2.687
Berat jenis semu (Sa)	2.707	2.723	2.715
Penyerapan (Sw)	0.528	0.704	0.616

2. Berat jenis agregat CA ¾ inch

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

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

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2.676	2.687	2.682
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	2.704	2.715	2.709
Berat jenis semu (Sa)	2.753	2.764	2.758
Penyerapan (Sw)	1.039	1.039	1.039

3. Berat jenis agregat MA ½ inch

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

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

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2.671	2.686	2.678
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	2.707	2.723	2.715
Berat jenis semu (Sa)	2.771	2.788	2.780
Penyerapan (Sw)	1.359	1.360	1.360

4. Berat jenis filler 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	2.620	2.624
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	2,660	2,674	2,667
Berat jenis semu (Sa)	2,714	2,768	2,699
Penyerapan (Sw)	1,215	2,041	1,628

5. Berat jenis filler pasir (*sand*)

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

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

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,544	2,536	2,540
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	2,591	2,577	2,584
Berat jenis semu (Sa)	2,668	2,645	2,657
Penyerapan (Sw)	1,883	1,626	1,730

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)	4,673	4,702	4,688
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	4,808	4,808	4,808
Berat jenis semu (Sa)	5,400	5,285	5,329
Penyerapan (Sw)	2,881	2,249	2,565

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 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.

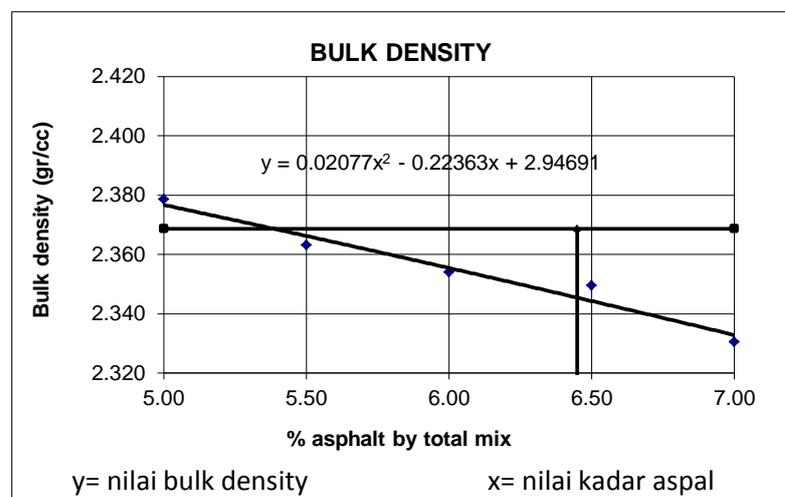
Tabel 4.18: Hasil uji *Marshall* campuran beton aspal *filler* abu batu dan *filler* limbah karbit.

No.	Karakteristik Campuran	Jenis Agregat	Kadar Aspal (%)				
			5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
1	Bulk Density g(gr/cc)	abu batu	2,379	2,363	2,354	2,349	2,330
		limbah karbit	2,319	2,317	2,332	2,289	2,277
2	Stability (kg)	abu batu	938	1,248	919	998	941
		limbah karbit	1,640	1,590	1,681	1,639	1,332
3	Air Voids (%)	abu batu	4,92	4,84	4,50	3,99	4,07
		limbah karbit	5,91	5,30	4,02	5,10	4,92
4	PRD (%)	abu batu		4,98	4,80	4,60	
		limbah karbit		5,36	3,61	4,85	
5	Voids Filled (%)	abu batu	68,42	70,80	74,36	78,06	78,75
		limbah karbit	63,16	67,95	75,93	72,31	74,64
6	VMA (%)	abu batu	15,59	16,59	17,34	17,94	19,04
		limbah karbit	16,06	16,57	16,48	18,46	19,31
7	Flow (mm)	abu batu	2,09	2,25	2,22	2,22	2,12
		limbah karbit	2,63	2,34	2,40	2,42	2,65
8	Marshall Quotient (kg/mm)	abu batu	450	555	414	448	446
		limbah karbit	627	678	700	685	502

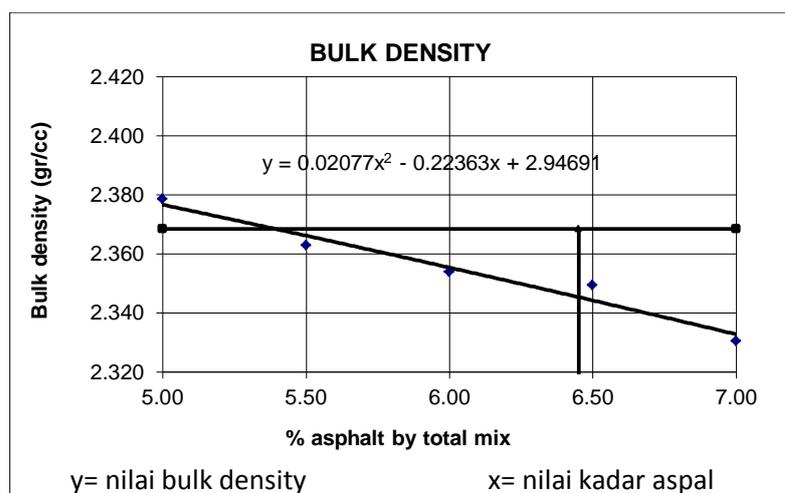
Untuk hasil nilai *bulk density*, *stability*, *air voids*, *voids filled*, *void in mineral aggregate*, *flow* dan *marshall quotient* pada campuran aspal filler pasir dan filler abu batu dapat juga dilihat pada grafik-grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.

1. Bulk Density

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



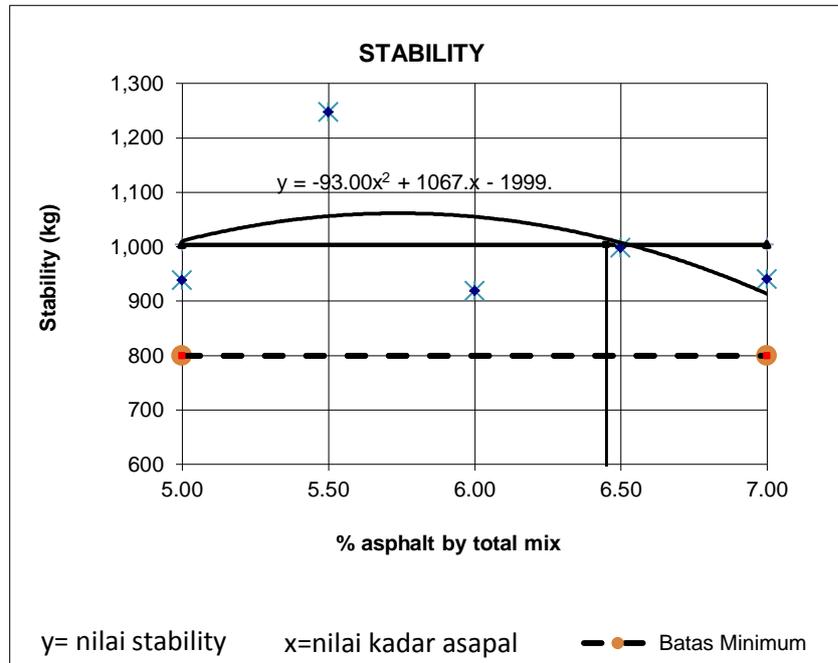
Gambar 4.3: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *bulk density* (gr/cc) filler abu batu.



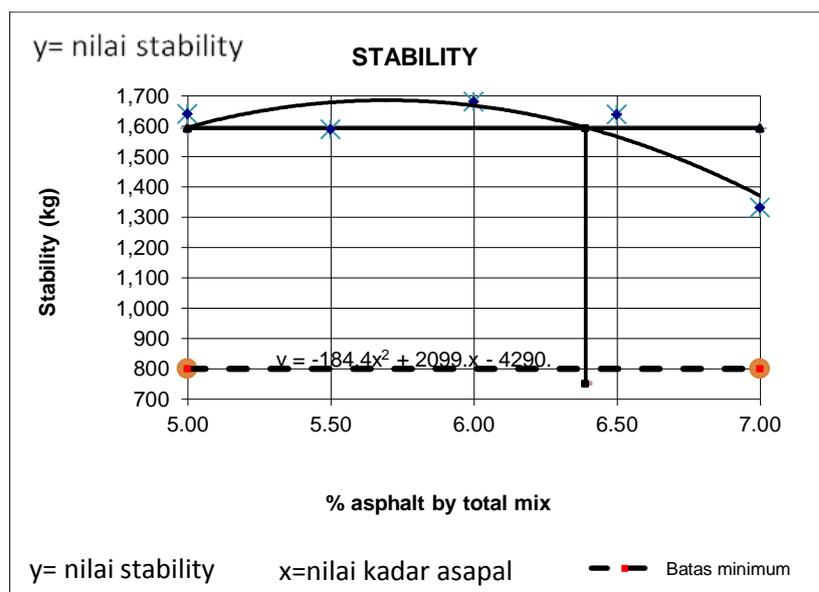
Gambar 4.4: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *bulk density* (gr/cc) filler limbah karbit+abu batu

2. Stability

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



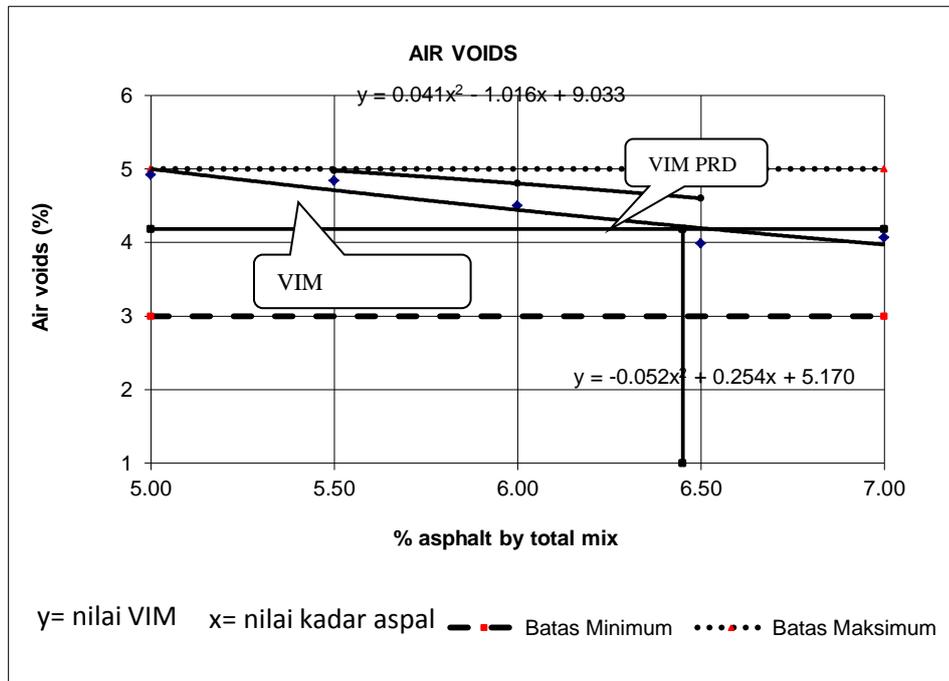
Gambar 4.5: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dan *stability* (kg) filler abu batu.



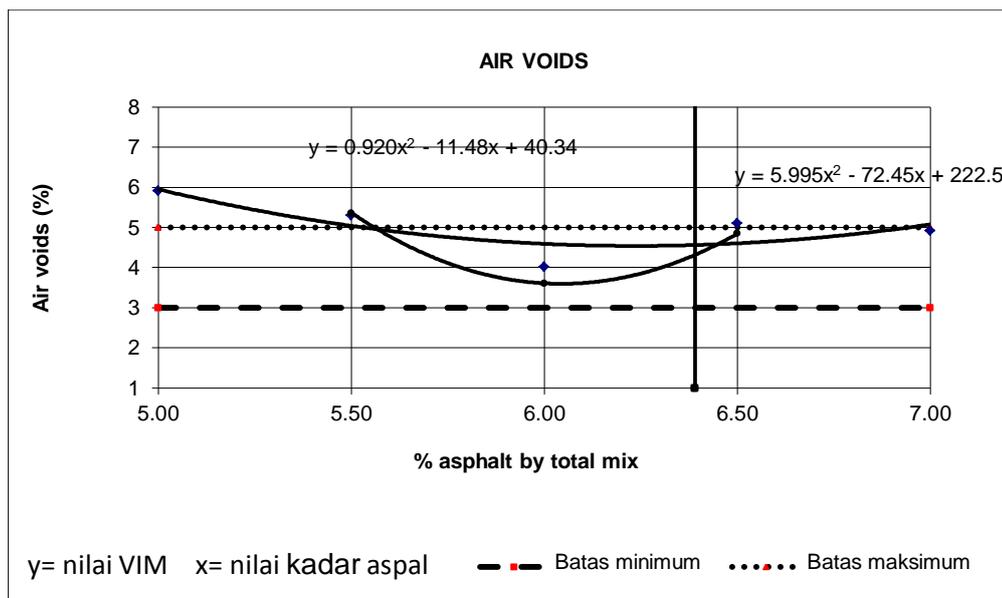
Gambar 4.6: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dan *stability* (kg) filler limbah karbit+abu batu.

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 dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan 4.8.



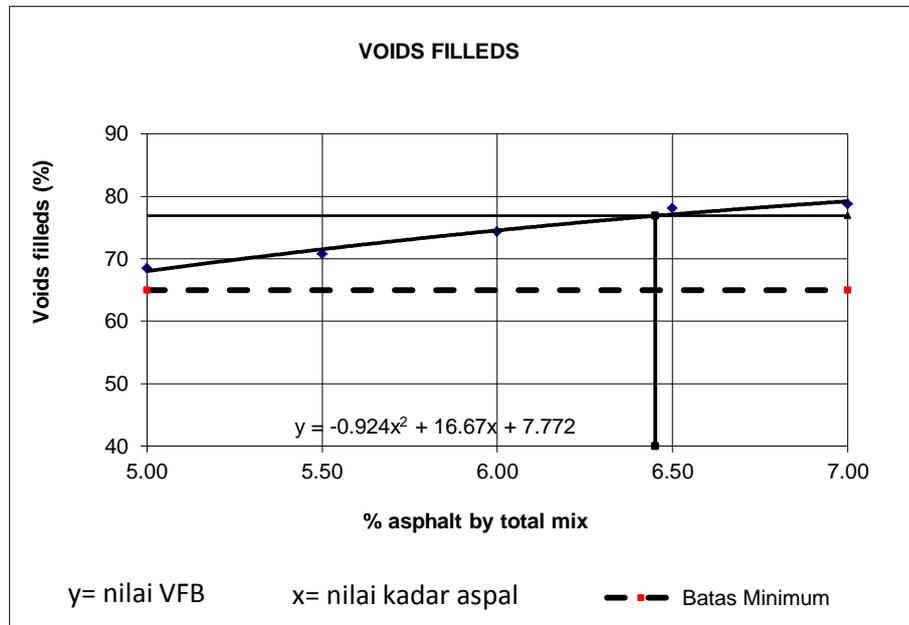
Gambar 4.7: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VIM (%) *filler* abu batu.



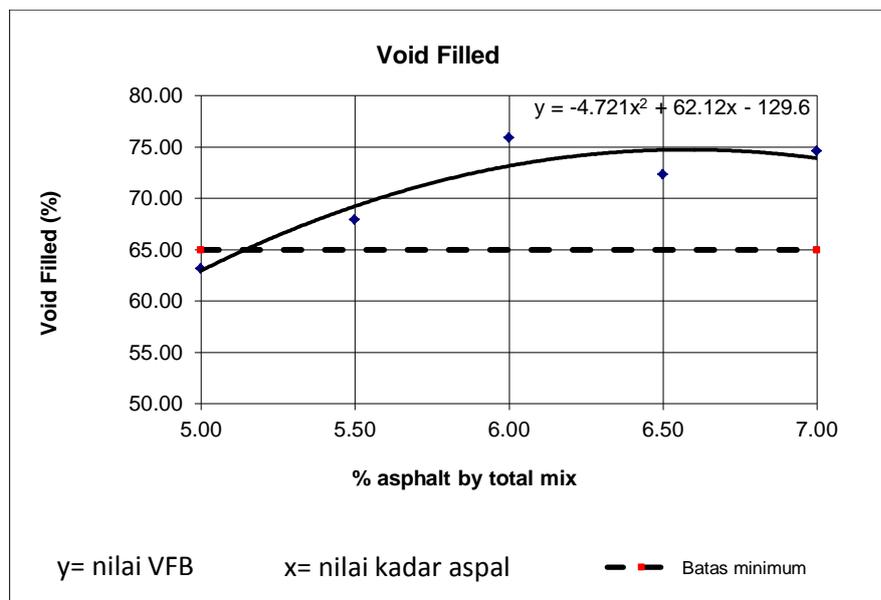
Gambar 4.8: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VIM (%) *filler* abu batu+limbah karbit

4. *Voids Filled* (VFB)

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



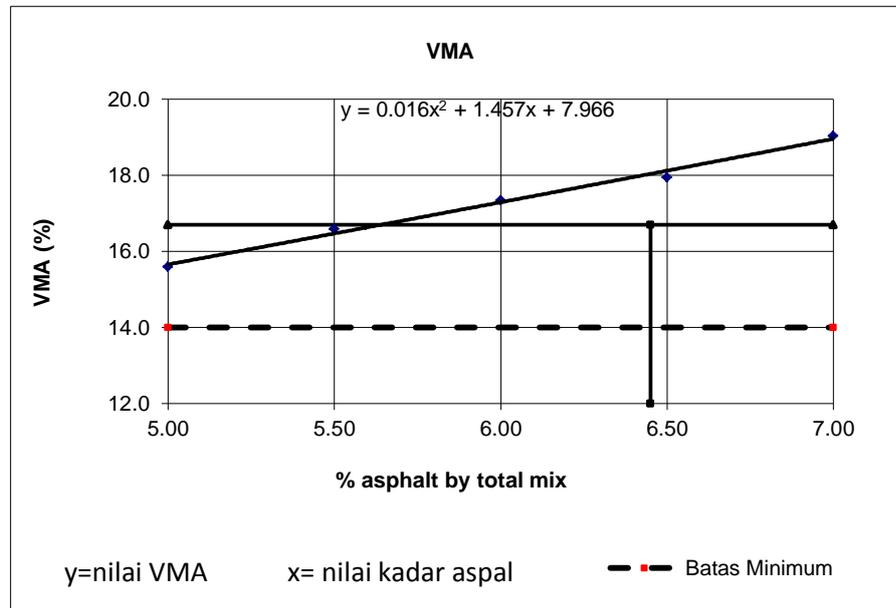
Gambar 4.9: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VFB (%) *filler* abu batu.



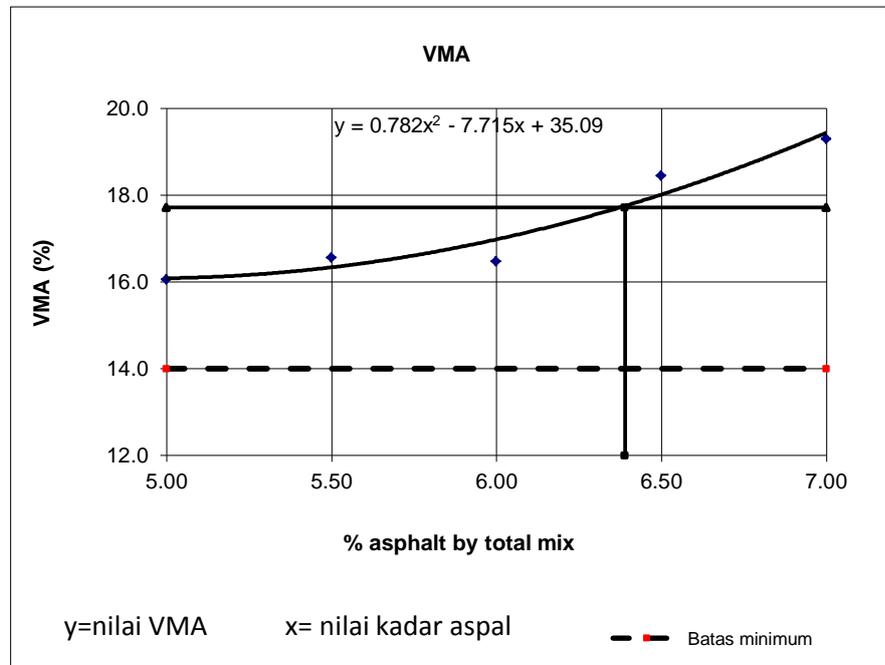
Gambar 4.10: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VFB (%) *filler* abu batu+limbah karbit.

5. Void in Mineral Agregat (VMA)

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



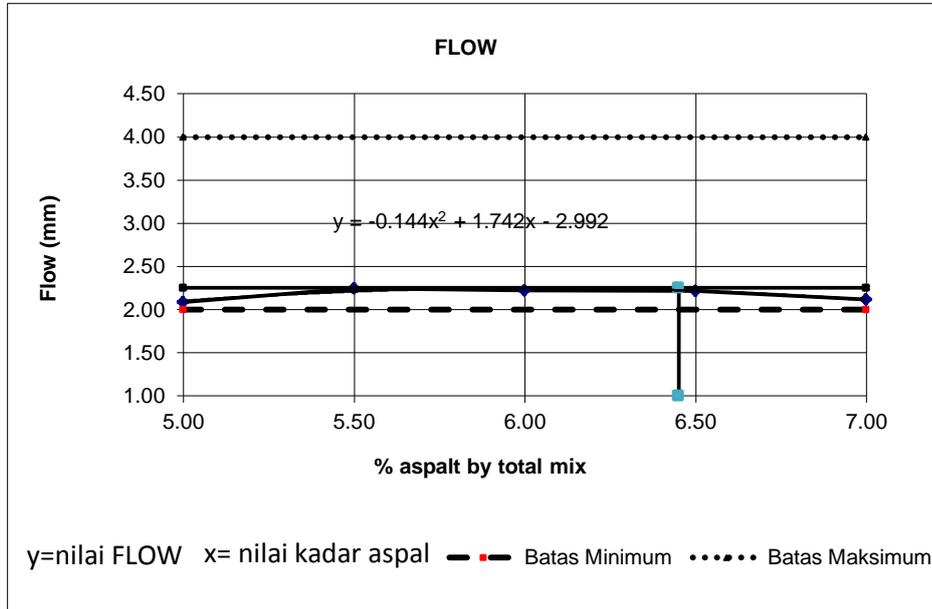
Gambar 4.11: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) filler abu batu.



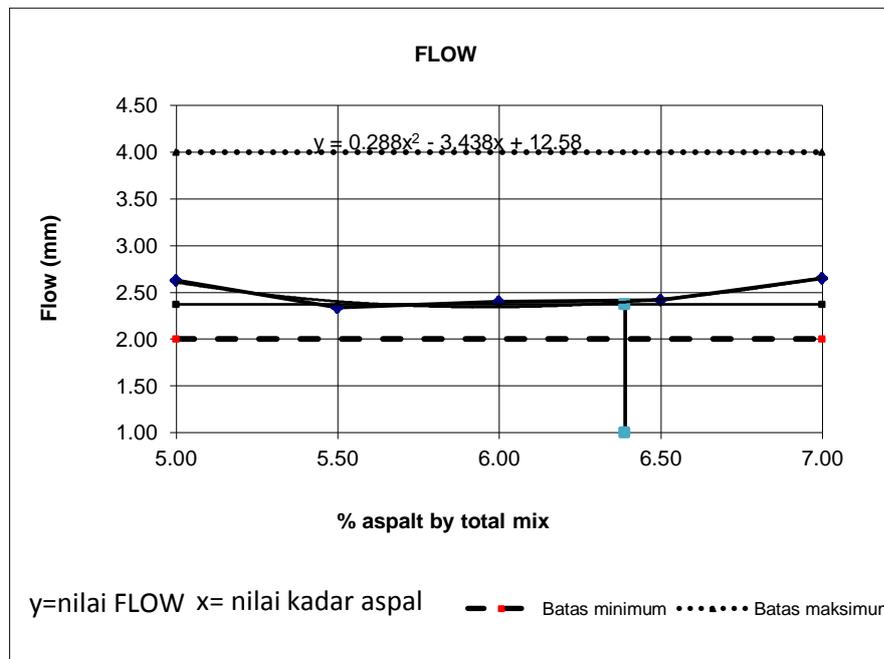
Gambar 4.12: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) filler limbah karbit.

6. *Flow*

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



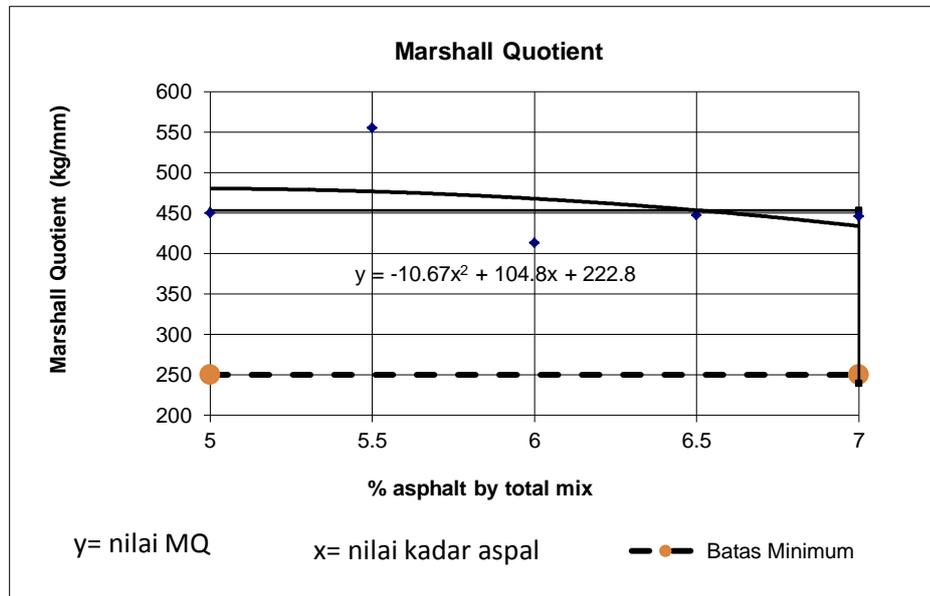
Gambar 4.13: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *flow* (mm) *filler* abu batu.



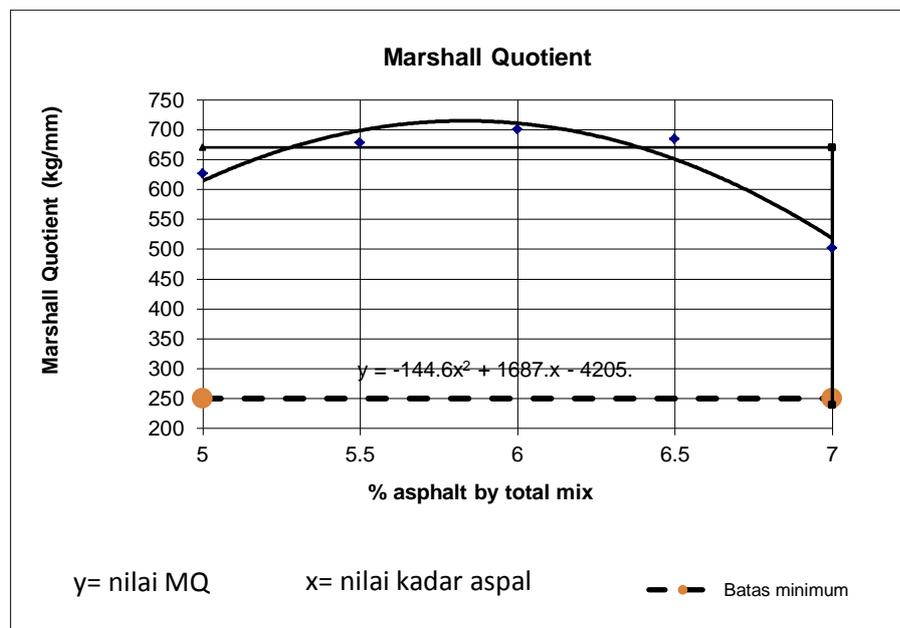
Gambar 4.14: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *flow* (mm) *filler* abu batu+ limbah karbit.

7. Marshall Quotient

Hasil nilai *marshall quotient* untuk campuran aspal filler abu batu dan filler limbah karbit dapat dilihat pada Gambar 4.15 dan 4.16



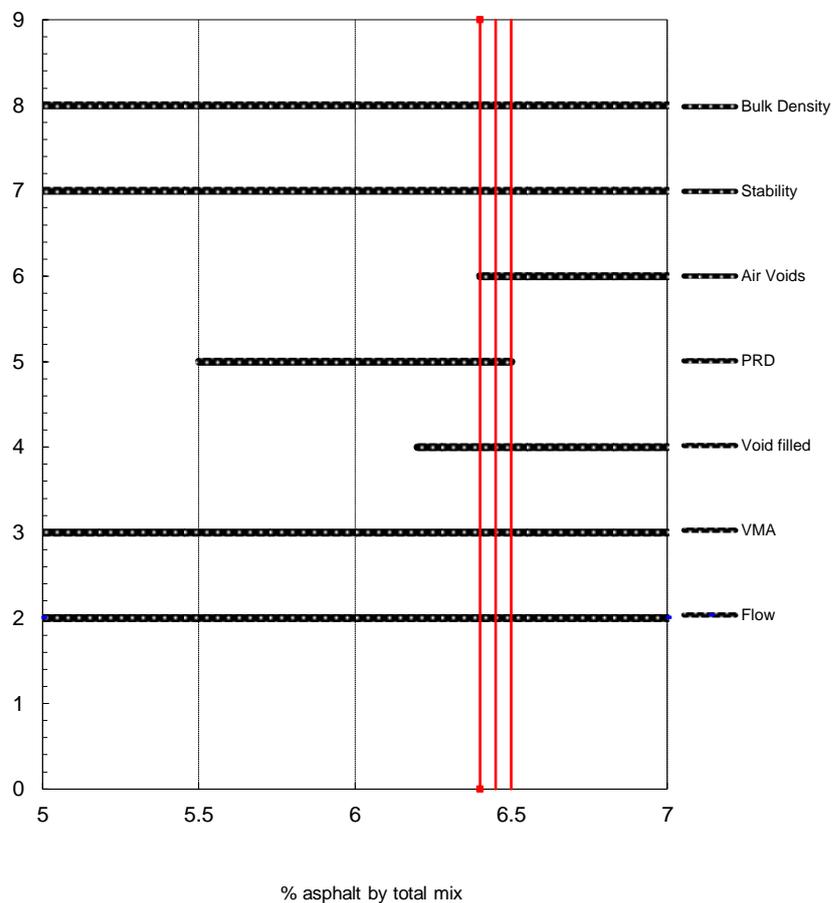
Gambar 4.15: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Marshall quotient* (kg/mm) filler abu batu.



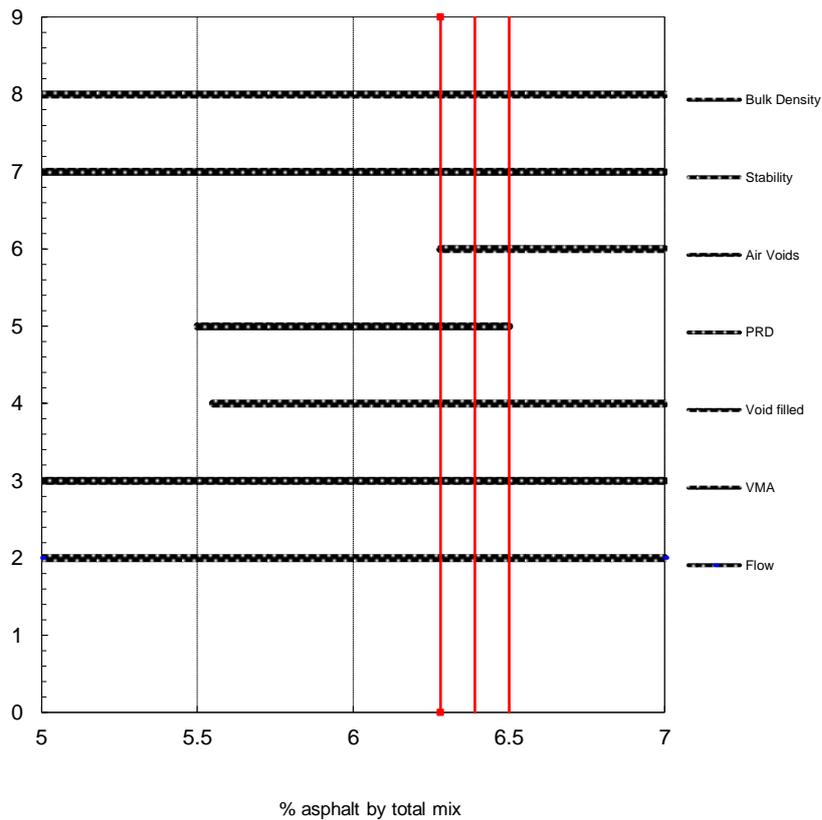
Gambar 4.16: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Marshall quotient* (kg/mm) filler abu batu+limbah karbit.

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 pasir dan campuran aspal beton filler 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.

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 Marshall	Jenis Agregat	
		Abu batu	Limbah Karbit
1	Bulk Density (gr/cc)	2,369	2,306
2	Stability (kg)	1,004	1,593
3	Flow (mm)	2,25	2,37
4	Air Voids (%)	4,19	4,55

5	PRD (%)	4,84	4,33
6	Voids Filled (%)	76,85	74,58

Tabel 4.19: *Lanjutan.*

No.	Karakteristik Sifat Marshall	Jenis Agregat	
		Abu batu	Limbah Karbit
1	VMA (%)	16,70	17,72
2	Marshall Quetient (kg/mm)	453,15	670,61
3	Asphalt Optimum (%)	6,45	6,39

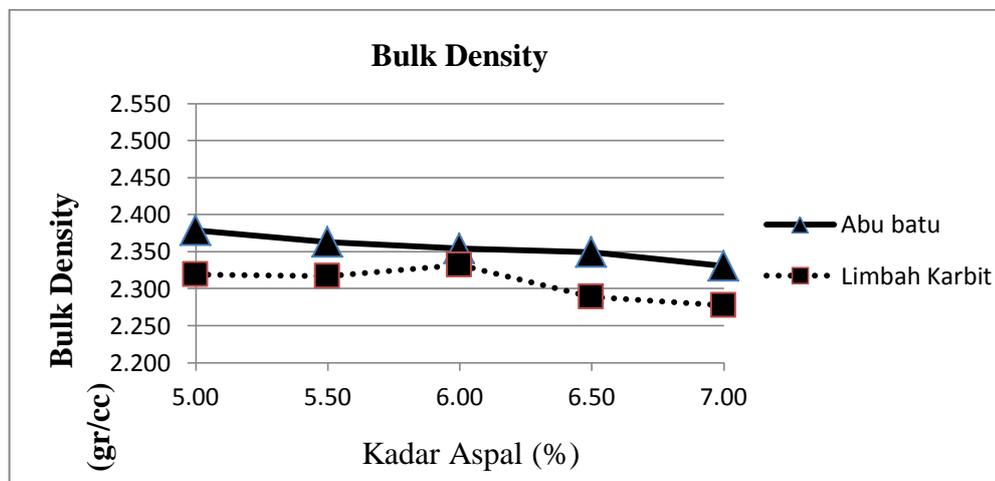
4.2 Pembahasan dan Analisa

4.2.1 Perbandingan Sifat *Marshall*

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

1. *Bulk Density*

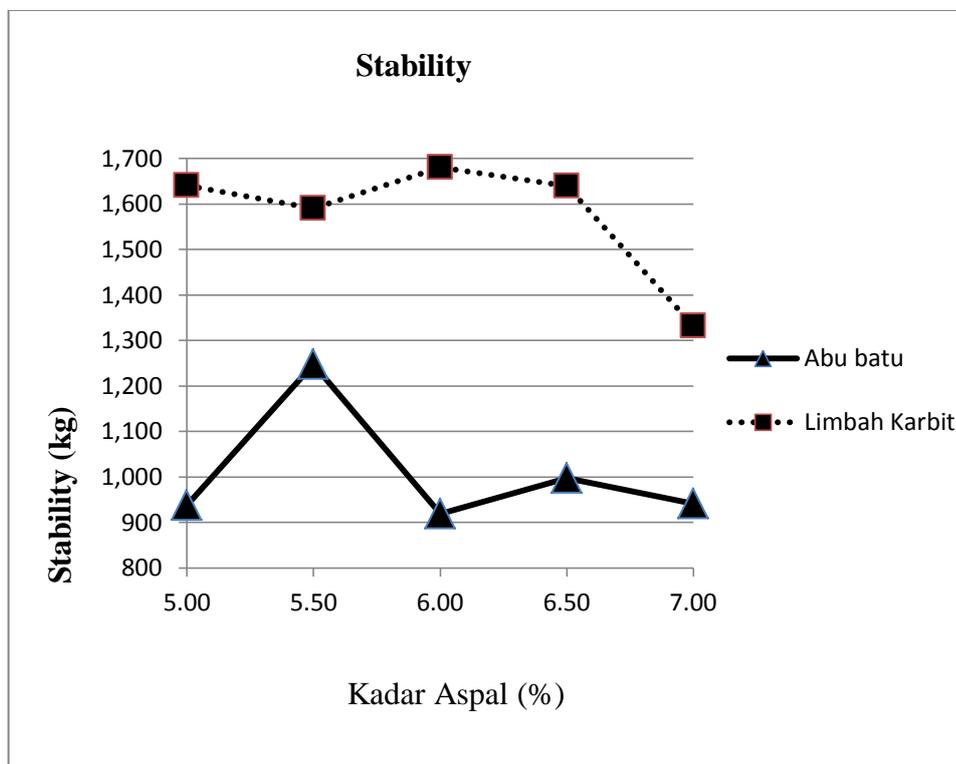
Dari hasil percobaan *bulk density* menunjukkan perbedaan nilai *bulk density* antara filler abu bat dan *filler* limbah karbit. Hasil *bulk density* menunjukkan bahwa nilai *bulk density* filler abu batu lebih tinggi dari pada nilai *bulk density* *filler* limbah karbit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.19.



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

2. *Stability*

Hasil nilai *stability* pada campuran *filler* abu batu dan campuran *filler* limbah karbit menunjukkan perbandingan diantara kedua jenis campuran tersebut. Nilai *stability* *filler* abu batu lebih rendah dari pada nilai *stability* *filler* limbah karbit. Peningkatan ny sangat jauh dari *filler* abu batu. Perbandingan nilai *stability* diantara kedua campuran aspal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.20.

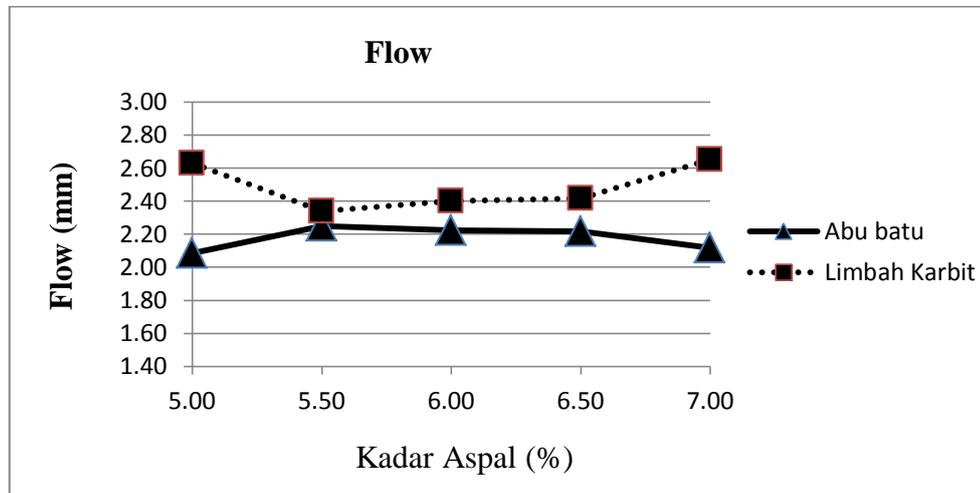


Gambar 4.20: Perbandingan nilai *stability* campuran *filler* abu batu dan *filler* limbah karbit.

3. *Flow*

Hasil uji *Marshall flow* menunjukkan bahwa nilai *flow* pada campuran *filler* abu batu dan campuran *filler* limbah karbit menunjukkan perbandingan karakteristik *marshall flow*. Perbandingan diantara dua jenis campuran tersebut menunjukkan bahwa nilai *flow* campuran *filler* limbah karbit lebih tinggi

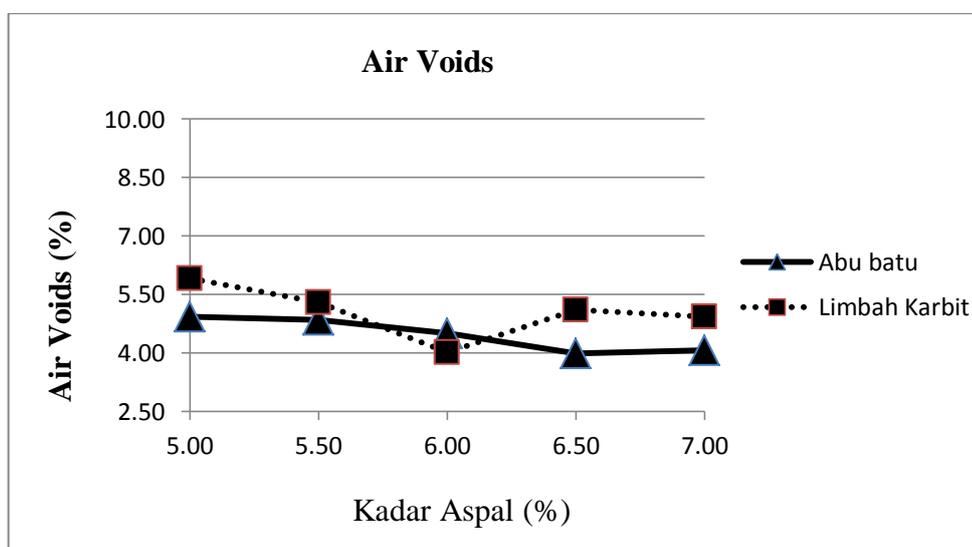
dibandingkan nilai *flow* campuran filler abu batu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.21.



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

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

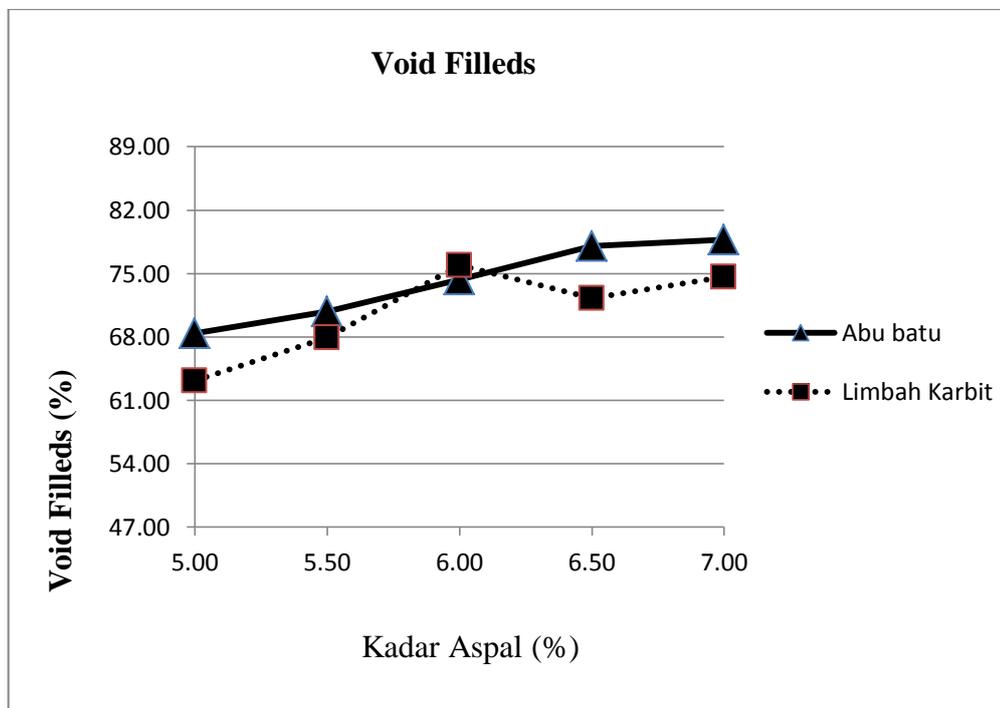
Hasil nilai VIM menunjukkan bahwa nilai VIM campuran *filler* abu batu lebih rendah dibandingkan nilai VIM pada campuran *filler* limbah karbit. Namun pada kadar aspal 6% nilai VIM campuran filler abu batu lebih tinggi dari pada nilai VIM campuran filler limbah karbit. Hasil perbandingan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.22.



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

5. *Void Filled/Void Filled Bitumen (VFB)*

Dari hasil pengujian karakteristik sifat *Marshall* untuk campuran *filler* abu batu dan campuran *filler* limbah karbit didapat perbandingan diantara kedua jenis campuran tersebut. Nilai VIM campuran *filler* abu batu lebih tinggi daripada nilai VIM campuran *filler* limbah karbit. Namun pada kadar aspal 6% nilai VIM campuran *filler* limbah karbit lebih tinggi dari pada campuran *filler* abu batu. Hasil perbandingan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.23.

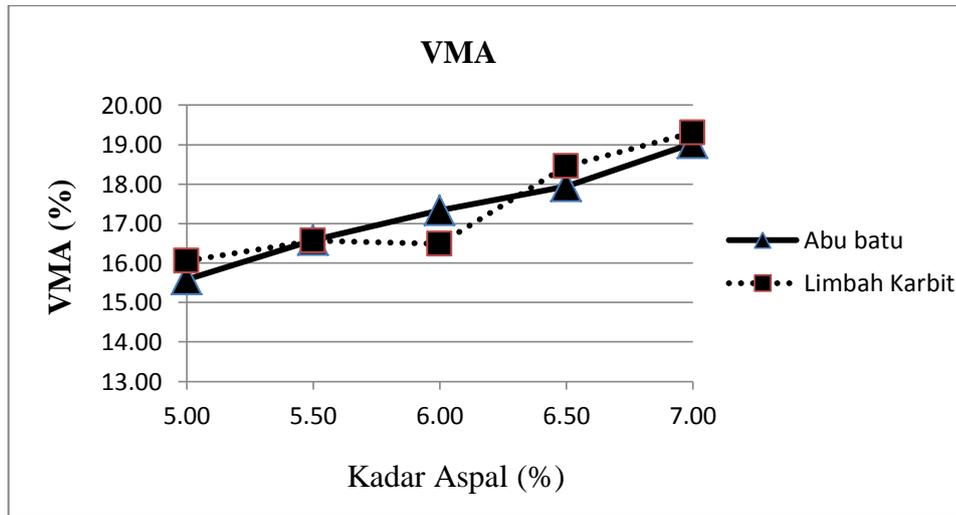


Gambar 4.23: Perbandingan nilai VFB campuran *filler* abu batu dengan campuran *filler* limbah karbit.

6. *Void in Mineral Agregat (VMA)*

Nilai VMA pada campuran *filler* abu batu dan campuran *filler* limbah karbit menunjukkan perbandingan diantara kedua campuran tersebut. Hasil nilai VMA campuran *filler* abu batu lebih rendah dari pada campuran *filler* limbah karbit. Namun pada kadar aspal 6% nilai VMA *filler* abu batu lebih tinggi dari pada *filler*

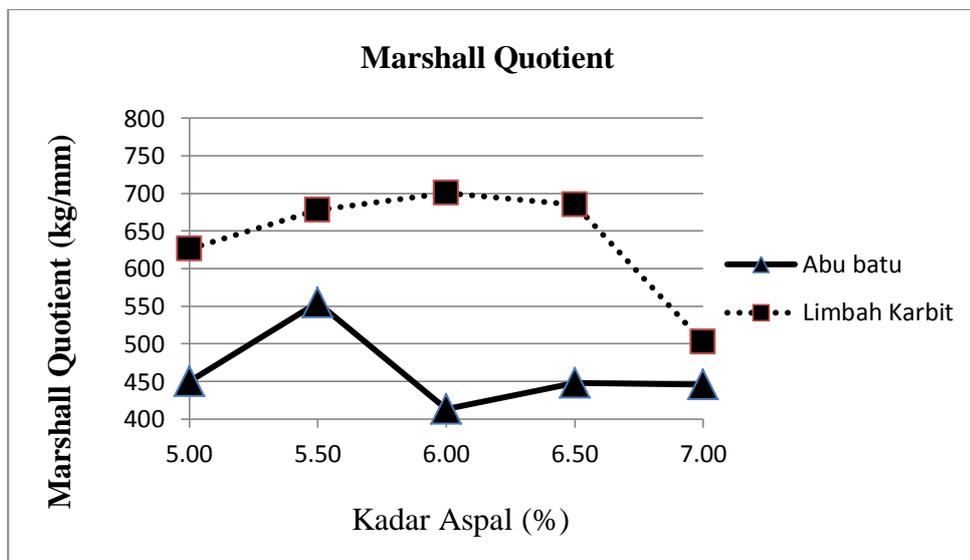
limbah karbit. Perbandingan nilai VMA kedua campuran agregat tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.24.



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

7. Marshall Quotient

Nilai *Marshall Quotient* pada campuran filler abu batu dan campuran filler limbah karbit menunjukkan perbandingan diantara kedua campuran tersebut. Hasil nilai *Marshall Quotient* campuran filler abu batu lebih rendah dari pada campuran filler limbah karbit. 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.

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 menunjukkan bahwa pada jenis campuran filler abu batu telah memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2010, sedangkan pada campuran filler limbah karbit 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* dapat disimpulkan bahwa nilai karakteristik Marshall pada campuran aspal dengan menggunakan limbah karbit. Stabilitas tertinggi terjadi pada kadar aspal 6,0%, dengan nilai sebesar 1681 kg. Nilai flow tertinggi terjadi pada kadar aspal 7,0% dengan nilai sebesar 2,65 mm. Dan nilai KAO yang diperoleh adalah 6,39%.
2. Dari data *Marshall Test* yang didapatkan, Seluruhnya memenuhi persyaratan Spesifikasi Departemen Pekerjaan Umum tahun 2010 adalah penggunaan filler limbah karbit pada kadar aspal 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, dan 7,0%. Dan dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan limbah karbit pada kadar aspal 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5% dan 7,0% dapat berperan sebagai *filler* dalam menggantikan abu batu yang biasa digunakan dalam campuran aspal.

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 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.
- Budiarto, (2007) *Komposisi Limbah Karbi*.
- 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.
- Laboratorium Jalan raya. 2015. *Laporan Praktikum Jalan Raya*, Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- 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.
- Saodang, Hamirhan. 2005. *Konstruksi Jalan Raya, Perancangan Perkerasan Jalan Raya*. Buku 2. Cetak. 1. Nova, Bandung.
- Silvia S, (2007), *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Bandung.
- Sukirman. Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas, Edisi Kedua*. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. 2013. *Panduan penulisan skripsi mahasiswa S1 program studi teknik sipil (Versi 1.0)*, Medan.

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 L16: Pengujian *Marshall Test*.