

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN *CRUMB RUBBER* SEBAGAI
BAHAN PENAMBAH ASPAL DENGAN *FILLER* ABU CANGKANG
SAWIT UNTUK CAMPURAN *ASPHALT CONCRETE-BINDER COURSE*
(AC-BC)**

(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

**DENNY AZHARI
1407210205**



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2018



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jl Kapten Mukhtar Basri No 3 Medan 20238 Telp (061) 6623301
Website: <http://www.umsu.ac.id> Email: rektor@umsu.ac.id

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Denny Azhari

NPM : 1407210205

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Penggunaan *Crumb Rubber* Sebagai Bahan Penambah Aspal Dengan Filler Abu Cangkang Sawit Untuk Campuran *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)*.

Bidang Ilmu : Transportasi.

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada
Panitia Ujian

Medan, 8 Januari 2019

Pembimbing I

Muhammad Husin Gultom, ST, MT

Pembimbing II

Ir. Zurkiyah, MT

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Denny Azhari

NPM : 1407210205

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : “Analisis Pengaruh Penggunaan *Crumb Rubber* Sebagai Bahan Penambah Aspal Dengan *Filler Abu Cangkang Sawit* Untuk Campuran *Asphalt Concrete-Binder Course (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, 8 Januari 2018

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



M. Husin Gultom, ST, MT

Dosen Pembimbing II / Peguji



Ir. Zurkiyah, MT

Dosen Pembanding I / Penguji



Hj. Irma Dewi, ST, M.Si

Dosen Pembanding II / Peguji



Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, M.Sc



Program Studi Teknik Sipil
Ketua,


Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Denny Azhari
Tempat /Tanggal Lahir : Simpang Empat / 11 Mei 1996
NPM : 1407210205
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil,

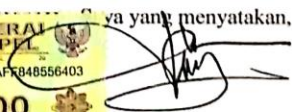
Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul: “Analisis Pengaruh Penggunaan *Crumb Rubber* Sebagai Bahan Penambah Aspal Dengan *Filler* Abu Cangkang Sawit Untuk Campuran *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)* (Studi Penelitian)”.


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

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

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

Medan, 8 Januari 2019

Saya yang menyatakan,

Denny Azhari



**Analisis Pengaruh Penggunaan *Crumb Rubber* Sebagai Bahan Penambah
Aspal Dengan *Filler* Abu Cangkang Sawit Untuk Campuran *Asphalt
Concrete-Binder Course (AC-BC)*
(*Study Penelitian*)**

Denny Azhari
1407210205
Muhammad Husin Gultom. ST, MT
Ir.Zurkiyah, MT

ABSTRAK

Crumb Rubber (CR) merupakan karet ban yang tidak terpakai lagi yang dikategorikan limbah. *Crumb Rubber* ini biasanya berbentuk partikel-partikel halus yang keberadaannya dapat dimanfaatkan. *Filler* merupakan salah satu bahan yang berfungsi sebagai pengisi rongga-rongga dari suatu campuran beraspal. Pengaruh *filler* sangat penting karena mampu mengikat rongga-rongga agregat yang kosong. Banyaknya limbah abu cangkang sawit di pengolahan kelapa sawit (PKS) yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi campuran aspal. Tulisan ini mencoba meneliti perbandingan antara aspal normal, KAO+ *filler*, KAO+CR, KAO+CR+*filler* terhadap sifat campuran dan untuk mengetahui pengaruh nilai vim, vfa, vma, *flow*, stabilitas dengan parameter marshall test. Langkah pertama penelitian yang dilakukan adalah pengecekan bahan yaitu aspal dan agregat harus memenuhi persyaratan. Kemudian dicari Kadar Aspal Optimum pada aspal normal dimana didapatkan sebesar (5,85%). Lalu dilakukan pengujian terhadap KAO+ *filler*, KAO+CR, KAO+CR+*filler*. Penggunaan *filler* sebesar (2%) dan penambahan CR (3%,4%,5%,6%, dan 7%). Setelah dilakukan pengujian terhadap semuanya di dapatkan data Marshall Test, dan yang memenuhi persyaratan pada spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi III adalah KAO+*filler* dan KAO+*filler*+CR (3% dan 4%). Dan nilai-nilainya adalah sebagai berikut. KAO+*filler*: stabilitas (818,96 kg), vim (3,28%), vfa (78,55%), vma (15,30%), *flow* (2.15 mm). Sedangkan KAO+*filler*+CR (3% dan 4%): stabilitas (891,26 kg, 808,67 kg), vim (3,65%, 3,47%), vfa (76,35%, 77,73%), vma (15,41%, 15,25%), *flow* (2,98mm, 3,32mm).

Kata kunci: *crumb rubber*, abu cangkang sawit, lapisan AC-BC, spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3.

***Analysis of the Effect of Using Crumb Rubber As Asphalt Enhancer Materials
With Palm Shell Ash Filler For Asphalt Concrete-Binder Course Mixture (AC-
BC)***

(Research Study)

Denny Azhari

1407210205

Muhammad Husin Gultom. ST, MT

Ir.Zurkiyah, MT

ABSTRACT

Crumb Rubber (CR) is an unused tire rubber that is categorized as waste. This crumb rubber is usually in the form of fine particles whose existence can be utilized. Filler is an ingredient that has a function to fill in the spaces of a paved mixture. The use of a filler is very significant since it enables the empty. The amount of palm oil can be used as a filler in the mixture of asphalt. With this research we shall examine the comparisons between normal asphalt, KAO+filler, KAO+CR and KAO+CR+filler against mixed properties and to see whether the value of vim, vfa, vma, and flow will have and effect with the stability of marshall test parameters. During the first phase of this research the materials should be checked, spesifically asphalt and aggregate, to which whether they meet the requirements or not. The next phase of this research is to search for the optimum level of asphalt which would be found within the normal asphalt, where as much as 5,85% can be obtained. KAO+filler, KAO+CR and KAO+CR+filler is then tested, in which the use of filler is 2% and the adding of crumb rubber are 3%,4%,5%,6% and 7%. After testing out everything tha is included within the marshall test data, KAO+filler and KAO+CR+filler are the ones that meet all the requirements that is specified in the Bina Marga on 2010 rev III is KAO+filler and KAO+CR+filler (3% and 4%). and the values are as. KAO+filler: stability (818,96 kg), vim (3,28%), vfa (78,55%), vma (15,30%), flow (2,15mm). While KAO+CR+filler (3% and 4%): stability (891,26% kg, 808,67 kg), vim (3,65%, 3,47%), vfa (76,35%, 77,73%), vma (15,41%, 15,25%), flow (2,98mm, 3,32mm).

Key note: Crumb Rubber, oil palm shell ash, layer AC-BC, Spesification Bina Marga 2010 rev 3.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “analisis pengaruh penggunaan *crumb rubber* sebagai bahan penambah aspal dengan *filler* abu cangkang sawit untuk campuran *asphalt concrete-binder course (ac-bc)*” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Muhammad Husin Gultom ST.MT, selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Ir. Zurkiyah, M.T, selaku Dosen Pimbimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Hj.Irma Dewi, ST.M.Si, selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, selaku Dosen Pembanding II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Hj. Irma Dewi, ST, MSi, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST, MSc selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
8. Yang paling saya sayangi orang tua saya: DTM Azir dan Syarifah Nazliani, terimakasih untuk semua doa dan kasih sayang tulus yang tak ternilai harganya, serta telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
9. Yang paling saya sayangi keluarga saya: Ir. Said Safrizal (ami/om) yang sangat berperan penting dalam pendidikan saya, Andri Azwar (abang), Yudha Effriza (abang), dan semua keluarga.
10. Keluarga kedua saya: Syarifah Nurhidayana (tante) beserta suami, dr. Puspa Ayu Azrina Hrp (sepupu), Harid Hidayat Hrp (sepupu), Bella Ardila (sepupu), Annisa Nadira Putri hrp (sepupu), Handana Perasetiyo (sepupu).
11. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
12. Sahabat-sahabat penulis: Bahrum Saleh Sinaga S.kom, Andra Sukhairi Lbs, Muhammad Ridho, Muhammad Yudha Pratama Srg. ST, Muhammad Sukron Sitorus, Rengga Yonni, Abdur Razak Purba, Marwan Syahputra serta kelas B1 pagi dan seluruh angkatan 2014 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, 9 Januari 2019

Denny Azhari

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Aspal	6
2.1.1 Fungsi Aspal	6
2.1.2 Jenis Aspal	7
2.1.3 Klasifikasi Aspal	9
2.1.4 Campuran Beraspal	11

2.1.4.1	Jenis Campuran Beraspal	11
2.2	Abu Cangkang Sawit	12
2.2.1	<i>Filler</i> Abu Cangkang Sawit	12
2.2.2	Sifat Kimia <i>Fly Ash</i> Cangkang Sawit	13
2.3.	<i>Crumb Rubber</i>	13
2.4.	Agregat	14
2.4.1.	Jenis-Jenis Agregat	14
2.4.2.	Sifat Agregat	16
2.4.3.	Gradasi	17
2.4.4.	Gradasi Agregat Gabungan	18
2.4.5.	Bentuk Butir Agregat	19
2.4.6.	Pengujian Agregat	20
2.4.6.1.	Pengujian Analisis Ukuran Butir	21
2.4.6.2.	Berat Jenis (<i>specific Gravity</i>) dan Penyerapan	22
2.4.6.3.	Pemeriksaan Daya Lekat	
	Agregat Terhadap Aspal	25
2.4.7.	Metode Pengujian Rencana Campuran	26

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1.	Bagan Alir Metode Penelitian	31
3.2.	Metode Penelitian	32
3.3	Material Untuk Penelitian	32
3.4.	Pengumpulan Data	32
3.5.	Prosedur Penelitian	32
3.6.	Pemeriksaan Bahan Campuran	33
3.6.1.	Pemeriksaan Terhadap Agregat Kasar Dan Halus	33
3.6.2.	Pemeriksaan Terhadap Aspal	33
3.6.3.	Alat Yang Digunakan	34
3.7.	Prosedur Kerja	35
3.7.1.	Perencanaan Campuran (<i>Mix Design</i>)	35
3.7.2.	Tahapan Pembuatan Benda Uji	36
3.7.3.	Metode Pengujian Sampel	37

3.7.4. Penentuan Berat Jenis <i>Bulk Gravity</i>	38
3.7.5. Pengujian Stabilitas Dan Kelelehan (<i>Flow</i>)	38
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1. Pemeriksaan Aspal	40
4.2. pemeriksaan Agregat	40
4.2.1. Analisa Saringan	40
4.2.2. Perhitungan Berat Jenis	49
4.3. Pemeriksaan Benda Uji	53
4.3.1. Perhitungan Parameter Pengujian dan Permeriksaan Uji <i>Marshall</i>	53
4.3.1.1. <i>Bulk Density</i>	57
4.3.1.2. Stabilitas <i>Marshall</i>	58
4.3.1.3. Rongga Terisi Aspal (<i>Void Fill Bitumen/VFB</i>)	58
4.3.1.4. Rongga Dalam Mineral Agregat (<i>VMA</i>)	59
4.3.1.5. Kelelehan (<i>Flow</i>)	60
4.3.1.6. Ronga Dalam Campuran (<i>VIM</i>)	61
4.3.1.7. Kadar Aspal Optimum	62
4.3.1.8. Hasil Pada Kondisi Optimum	63
4.4.. Pembahasan Dan Analisis	64
4.4.1. Perbandingan Sifat <i>Marshall</i>	64
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	67
5.2. Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Aspal Keras Berdasarkan Viskositas	9
Tabel 2.2	Klasifikasi Aspal Keras Berdasarkan Hasil <i>RFTOT</i>	10
Tabel 2.3	Klasifikasi Aspal Keras Berdasarkan <i>Penetrasi</i>	11
Tabel 2.4	Kandungan Unsur Kimia Abu Cangkang Sawit	13
Tabel 2.5	Batasan Gradasi Untuk Agregat Halus	15
Tabel 2.6	Batas-batas gradasi agregat kasar untuk maksimal nominal 19 mm (SNI 7656-2012)	16
Tabel 2.7	Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)	19
Tabel 2.8	Jenis pengujian agregat diperlihatkan pada	20
Tabel 2.9	Ukuran saringan menurut ASTM (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)	22
Tabel 2.10	Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)	30
Tabel 4.1	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Pertamina Pen 60/70	40
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar (Ca) 1 Inch	41
Tabel 4.3	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar (Ca) $\frac{3}{4}$.Inch	41
Tabel 4.4	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar (Ca) $\frac{1}{2}$.Inch	42
Tabel 4.5	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus Abu Batu (Cr)	42
Tabel 4.6	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus Pasir (<i>Sand</i>)	42
Tabel 4.7	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Abu Cangkang Sawit (<i>Fly-Ash</i>)	43
Tabel 4.8	Hasil Kombinasi Gradasi Agregat Untuk Campuran Normal	43
Tabel 4.9	Hasil Perhitungan Berat Yang Diperlukan Untuk Benda Uji Campura Normal	45
Tabel 4.10	Hasil Kombinasi Gradasi Agregat Untuk Campuran Abu Cangkang Sawit (<i>fly-ash</i>) Sebanyak 2% pada <i>filler</i> .	45
Tabel 4.11	Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji menggunakan <i>filler</i> 2% setelah didapat (kadar aspal optimum)	47

Tabel 4.12 Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji campuran <i>crumb rubber</i> + KAO	48
Tabel 4.13 Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji campuran <i>crumb rubber</i> + KAO + <i>filler</i>	48
Tabel 4.14 Data hasil pengujian berat jenis agregat kasar CA 1 inch	49
Tabel 4.15 Data hasil pengujian berat jenis agregat kasar MA $\frac{3}{4}$ inch	50
Tabel 4.16 Data hasil pengujian berat jenis agregat Medium FA $\frac{1}{2}$ inch	51
Tabel 4.17 Data pengujian berat jenis agregat halus abu batu (Cr)	51
Tabel 4.18 Data pengujian berat jenis agregat halus pasir (<i>Sand</i>)	52
Tabel 4.19 Data pengujian berat jenis agregat halus abu cangkang sawit (<i>filler</i>)	52
Tabel 4.20 Hasil Uji Marshall Campuran Beton Aspal tanpa menggunakan <i>filler</i>	55
Tabel 4.21 Hasil Uji Marshall Campuran Beton Aspal Menggunakan <i>filler</i> 2% setelah didapat KAO dari pengujian aspal normal sebesar 5.85%	56
Tabel.4 22 Hasil Uji Marshall Campuran Beton Aspal Menggunakan <i>crumb rubber</i> setelah didapat KAO dari pengujian aspal normal sebesar 5.85%	56
Tabel 4.23 Hasil Uji Marshall Campuran Beton Aspal Menggunakan <i>crumb rubber</i> dan <i>filler</i> 2% setelah didapat KAO dari pengujian aspal normal sebesar 5.85%	57
Tabel 4.24 Hasil pengujian <i>Marshall</i> aspal standar	63
Tabel 4.25 Hasil pengujian <i>Marshall</i> KAO+ <i>crumb rubber</i>	63
Tabel 4.26 Hasil pengujian <i>Marshall</i> KAO+ <i>filler</i> 2%	64
Tabel 4.27 Hasil pengujian <i>Marshall</i> KAO+ <i>filler</i> 2%+ <i>crumb rubber</i>	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Contoh tipikal macam-macam gradasi agregat (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)	18
Gambar 2.2	Tipikal bentuk butir kubikal, lonjong, dan pipih (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)	20
Gambar 2.3	Berat Jenis agregat	23
Gambar 2.4	Hubungan volume dan rongga-density benda uji campuran aspal panas padat (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)	27
Gambar 4.1	Grafik hasil kombinasi gradasi agregat	44
Gambar 4.2	Grafik hasil kombinasi gradasi agregat	46
Gambar 4.3	Grafik perbandingan nilai <i>Bulk Density</i> antara campuran aspal standar, KAO+ <i>filler</i> 2%, KAO+ <i>crumb rubber</i> , KAO+ <i>crumb rubber+filler</i> 2%.	57
Gambar 4.4	Grafik perbandingan nilai <i>Stability</i> antara campuran aspal standar, KAO+ <i>filler</i> 2%, KAO+ <i>crumb rubber</i> , KAO+ <i>crumb rubber+filler</i> 2%.	58
Gambar 4.5	Grafik perbandingan nilai VFB campuran aspal standar, KAO+ <i>filler</i> 2%, KAO+ <i>crumb rubber</i> , KAO+ <i>crumb rubber+filler</i> 2%.	59
Gambar 4.6	Grafik perbandingan nilai VMA antara campuran aspal standar, KAO+ <i>filler</i> 2%, KAO+ <i>crumb rubber</i> , KAO+ <i>crumb rubber+filler</i> 2%.	60
Gambar 4.7	Grafik nilai <i>flow</i> antara campuran aspal standar, KAO+ <i>filler</i> 2%, KAO+ <i>crumb rubber</i> , KAO+ <i>crumb rubber+filler</i> 2%.	61
Gambar 4.8	Grafik nilai VIM antara campuran aspal standar, KAO+ <i>filler</i> 2%, KAO+ <i>crumb rubber</i> , KAO+ <i>crumb rubber+filler</i> 2%.	62
Gambar 4.9	Rentang kadar aspal untuk beton aspal standar.	63

DAFTAR NOTASI

A	= Berat uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr)
B	= Berat piknometer berisi air (gr)
Ba	= Berat benda uji kering permukaan jenuh dalam air (gr)
Bk	= Berat benda uji kering oven (gr)
Bj	= Berat benda uji kering permukaan jenuh (gr)
Bt	= Berat piknometer berisi benda uji dan air (gr)
C	= Berat piknometer berisi aspal (gr)
D	= Ukuran agregat maksimum dari gradasi tersebut (mm)
d	= Ukuran saringan yang ditinjau (mm)
Gmb	= Berat jenis curah campuran padat
Gmm	= Berat jenis maksimum campuran
Gsa	= Berat jenis semu
Gsb	= Berat jenis curah
H	= Tebal perkerasan (mm)
p	= Persen lolos saringan (%)
P	= Pembacaan arloji stabilitas (kg)
Pi	= Penetrasi pada kondisi asli
Pir	= Indeks penetrasi aspal
Pr	= Penetrasi pada kondisi dihamparkan
q	= Angka koreksi benda uji
S	= Stabilitas
SPr	= Titik lembek aspal
T	= Temperatur perkerasan yang ditinjau (°C)
Tw	= Lama pembebanan (detik)
V	= Kecepatan kendaraan (km/jam)
VFA/VFB	= Rongga terisi aspal (%)
VIM	= Rongga udara dalam campuran (%)
VMA	= Rongga dalam agregat mineral (%)
Vpp	= Volume pori meresap aspal
Vpp -Vap	= Volume pori meresap air yang tidak meresap aspal

V_s = Volume bagian padat agregat
 W_s = Berat agregat kering (gr)
 γ_w = Berat isi air .

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

AC-WC	= <i>Asphalt Concrete Wearing Course</i>
AC-BC	= <i>Asphalt Concrete-Binder Course</i>
AC-Base	= <i>Asphalt Concrete-Base</i>
AMP	= <i>Asphalt Mixing Plant</i>
VMA	= <i>Void in mineral aggregate</i>
VIM	= <i>Void in mix</i>
VFWA	= <i>Void filled with asphalt</i>
MQ	= <i>Marshall Quotient</i>
VFB	= <i>Void filled Bitumen</i>
TFOT	= <i>Thin Film Oven Test</i>
RTFOT	= <i>Rolling Thin Film Oven Test</i>
PI	= <i>Penetration Index</i>
PRD	= <i>Persentage Refusal Density</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jalan raya adalah jalur - jalur tanah di atas permukaan bumi yang dibuat oleh manusia dengan bentuk, ukuran - ukuran dan jenis konstruksinya sehingga dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan yang mengangkut barang dari suatu tempat ke tempat lainnya dengan mudah dan cepat (Clarkson H.Oglesby,1999).

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang menghubungkan kawasan antar kawasan. Fungsinya diantara lain agar dapat meningkatkan kegiatan ekonomi di suatu tempat, karena jalanan beraspal yang baik dapat memudahkan urusan perjalanan orang untuk pergi atau mengirim barang lebih cepat ke suatu tujuan dari dalam kota maupun luar daerah.

Sangat banyak jalan-jalan di Indonesia yang rusak dan retak berlubang, disebabkan oleh deformasi (perubahan bentuk) permanen, dikarenakan adanya tekanan beban yang terlalu berat oleh muatan kendaraan yang melebihi kapasitas jalan tersebut dan tingginya frekuensi lalu lintas kendaraan di jalan raya

Oleh karena itu perlu dilakukan upaya – upaya terobosan untuk mengisi ketersediaan kekurangannya bahan campuran aspal yang dibuat. Dusahakan aspal yang lebih baik dan daya serap airnya cukup tinggi untuk menghindari atau setidaknya meminimalisir terjadinya keretakan dan kerusakan pada aspal jalan yang ada di Indonesia. yang dimana dalam hal ini dapat disebabkan oleh material bahan itu sendiri atau dapat pula disebabkan oleh pengolahan yang tidak baik, atau kondisi tanah dasar yang tidak stabil yang kemungkinan disebabkan oleh sistem pelaksanaan yang kurang baik atau oleh sifat dasar tanah yang jelek dan proses pemadatan di atas lapisan dasar tanah yang kurang baik. Maka dari itu penyebab dan akibat kerusakan jalan perlu dievaluasi terlebih dahulu Dalam hal ini penulis mendasarkan penelitian pada kondisi jalan di Indonesia yang mengalami *deformasi* bentuk akibat gaya tekan yang besar dan pengaruh cuaca di Indonesia yang beriklim tropis dengan jumlah curah hujan yang cukup tinggi. Sehingga penulis membuat

terobosan baru tentang penelitian yang mengkombinasikan aspal penetrasi 60/70 dengan penambahan *Crumb Rubber* dan abu cangkang kelapa sawit sebagai *filler* untuk melihat pengaruh yang terjadi pada kekuatan tekan dan ketahanan rendaman air.

Menurut *Mc Quillen and Hicks*, (1987), dibandingkan aspal konvensional, *crumb rubber asphalt* memiliki kelebihan yaitu memiliki viskositas yang lebih tinggi pada suhu 60°C, lebih tahan lama dan mempunyai permukaan yang lebih elastis. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemakaian *crumb rubber asphalt* pada perkerasan jalan raya telah terbukti dapat mengurangi *reflective cracking* pada *overlay*, mengurangi biaya pemeliharaan, meningkatkan ketahanan terhadap *cracking* dan *rutting* pada perkerasan baru, meningkatkan *skid resistance* dan umur perkerasan, serta mengurangi tingkat kebisingan.

Berdasarkan hasil penelitian Sugiyanto (2008) penambahan agregat dengan serbuk ban bekas mampu menambah ketahanan campuran aspal terhadap air, sehingga dapat mengurangi kerusakan jalan.

Penggunaan abu cangkang kelapa sawit sebagai *filler* didasarkan kepada zat yang dikandungnya. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa kandungan silika, besi oksida, aluminium oksida, kalsium oksida, magnesium oksida dan sulfat, yang apabila ditambahkan pada aspal (C₄H₁₀) akan membentuk reaksi senyawa yang dapat meningkatkan karakteristik campuran beraspal, karena dapat meningkatkan daya tahan terhadap keretakan, dan juga daya serap air yang cukup baik dan selain itu lebih rapat sehingga lebih kaku dan padat.

Sedangkan alasan pemilihan aspal keras penetrasi 60/70 sebagai bahan campuran uji dikarenakan Aspal penetrasi 60/70 adalah bagian dari aspal keras yang memiliki densitas (berat jenis) sebesar 1,0 gr/cm³. Aspal penetrasi 60/70 memiliki titik lembek 48-58° C, titik leleh 160° C dan titik nyala 200° C. Pada aplikasinya aspal penetrasi 60/70 ini digunakan untuk pembuatan jalan dengan volume lalu lintas sedang atau tinggi dan daerah dengan cuaca iklim yang panas. aspal jenis ini memiliki karakteristik, terutama bila dilihat pada titik leleh dan berat jenis. Selain itu aspal jenis ini merupakan jenis aspal yang paling umum dan sering digunakan untuk pembuatan jalan di Indonesia, karena sesuai dengan kondisi iklim tropis di Indonesia.

Crumb Rubber merupakan karet ban yang tidak terpakai lagi yang dikategorikan sebagai limbah. *Crumb Rubber* ini biasanya berbentuk partikel-partikel halus yang keberadaannya dapat dimanfaatkan. Benar, seiring dengan

kemajuan teknologi maka saat ini keberadaan *Crumb Rubber* tidak hanya sebagai limbah yang tidak bermanfaat tetapi telah dipergunakan untuk campuran aspal.

Aspal yang ditambah dengan karet telah lama dikenal untuk memperbaiki sifat reologi pada suhu rendah dan tinggi dan membuat daya tahan lebih lama 3 kali lipat dibandingkan dengan aspal konvensional. Meskipun harga aspal yang ditambah dengan karet tersebut jauh lebih tinggi daripada aspal konvensional, keuntungan yang diperoleh dengan penambahan umur aspal modifikasi tersebut menjadikan total harga yang lebih murah.

Dari hal tersebut maka penulis akan mengkombinasikan aspal dengan penambahan *Crumb Rubber* dan menggunakan abu cangkang kelapa sawit sebagai *filler*, dalam hal ini diharapkan dapat memberikan dampak yang baik dan agar dapat diperoleh aspal dengan penambahan *crumb rubber* yang memiliki kekuatan tekan dan ketahanan rendaman air yang lebih baik dari aspal biasa di pakai di jalan – jalan Indonesia yang beriklim Tropis.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam tugas akhir ini, penulis meneliti dan menganalisis:

1. Karakteristik *hotmix* dengan penambahan *crumb rubber* dan *filler* (abu cangkang kelapa sawit). Adapun rangkaian campuran *hotmix* yang akan diteliti adalah *laston* lapis antara (AC-BC).
2. Apakah campuran dengan menggunakan *crumb rubber* dan *filler* (abu cangkang kelapa sawit) memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 rev 3 ?
3. Efisien atau tidak jika digunakan dalam pembuatan jalan ?

1.3. Ruang lingkup

Didalam pembuatan penelitian ini. Penulis harus memberikan batasan-batasan masalah di dalam penelitian supaya bisa menghindari hal-hal yang tidak perlu dibahas dalam tugas akhir ini . Untuk menghindari pembahasan yang terlalu luas dan untuk memberikan arah yang lebih baik serta memudahkan dalam penyelesaian masalah sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai , maka pembahasan hanya dititik berat kan pada:

1. Tinjauan terhadap karakteristik campuran terbatas pada pengamatan terhadap hasil pengujian *Marshall*.
2. Penggunaan *crumb rubber* dan *filler* memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 rev 3.
3. Efisienkah penggunaan aspal campuran *crumb rubber* dan *filler* dibandingkan dengan aspal normal.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Untuk mengetahui apakah tujuan percobaan ini memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh Dinas Bina Marga 2010 rev 3.
2. Untuk mengetahui apakah pengaruh campuran *Crumb Rubber* serta abu cangkang kelapa sawit sebagai *filler* pada aspal penetrasi 60/70 terhadap kekuatan tekan standar rujukan RSNI M-01-2003 lebih baik daripada aspal normal. Dengan kadar *Crumb Rubber* 3%,4%,5%,6%7% dan *filler* 2%.
3. Efisien atau tidak jika digunakan dalam pembuatan jalan ?

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini dapat ditinjau dari:

1. Aspek keilmuan atau akademis
Penelitian ini erat hubungannya dengan mata kuliah Material Teknik dan Metalurgi Serbuk. Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang luas serta mengembangkan pola pikir tentang aspal dengan penambahan *Crumb Rubber* dan penggunaan abu cangkang kelapa sawit sebagai *filler* yang kemudian mampu memberikan gagasan dalam inovasi aspal yang lebih baik.
2. Aspek praktek
Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan pada jalan yang ada di Indonesia yang memiliki lalu lintas yang padat dan juga curah hujan yang tinggi.

3. Untuk memanfaatkan potensi alam *Crumb Rubber* yang berasal dari limbah karet ban dan abu cangkang kelapa sawit sisa hasil pembakaran yang terjadi di ruang bakar boiler PKS.

1.6. Sistematika Penulisan

Didalam penulisan tugas akhir ini di kelompokkan ke dalam 5 bab dengan sistematika sebagai berikut:

1. BAB 1 PENDAHULUAN

Merupakan rancangan yang akan dilakukan yang meliputi tinjauan umum, latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematis penulisan

2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Merupakan kajian dari berbagai literatur serta hasil studi yang relevan dengan pembahasan ini. Dalam hal ini diuraikan hal-hal tentang beberapa teori-teori yang berhubungan dengan karakteristik hotmix AC-BC dengan penambahan *Crumb Rubber*.

3. BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang metode yang dipakai dalam penelitian ini, termasuk pengambilan data, langkah penelitian, analisis data, pengolahan data, dan bahan uji.

4. BAB 4 ANALISIS DATA

Berisikan pembahasan mengenai data-data yang didapat dari pengujian, kemudian dianalisis, sehingga dapat diperoleh hasil perhitungan, dan kesimpulan hasil mendasar.

5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan penutup yang berisikan tentang kesimpulan yang telah diperoleh dari pembahasan pada bab sebelumnya dan saran mengenai hasil penelitian yang dapat dijadikan masukan

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aspal

Aspal ialah bahan hidro karbon yang bersifat melekat (*adhesive*), berwarna hitam kecoklatan, tahan terhadap air, dan *visioelastis*. Aspal sering juga disebut bitumen merupakan bahan pengikat pada campuran beraspal yang dimanfaatkan sebagai lapis permukaan lapis perkerasan lentur. Aspal berasal dari aspal alam (aspal buton) atau aspal minyak (aspal yang berasal dari minyak bumi). Berdasarkan konsistensinya, aspal dapat diklasifikasikan menjadi aspal padat, dan aspal cair.

Aspal atau bitumen adalah suatu cairan kental yang merupakan senyawa hidrokarbon dengan sedikit mengandung sulfur, oksigen, dan klor. Aspal sebagai bahan pengikat dalam perkerasan lentur mempunyai sifat *viskoelastis*. Aspal akan bersifat padat pada suhu ruang dan bersifat cair bila dipanaskan. Aspal merupakan bahan yang sangat kompleks dan secara kimia belum dikarakterisasi dengan baik. Kandungan utama aspal adalah senyawa karbon jenuh dan tak jenuh, alifatik dan *aromatic* yang mempunyai atom karbon sampai 150 per molekul. Atom-atom selain hidrogen dan karbon yang juga menyusun aspal adalah *nitrogen*, oksigen, belerang, dan beberapa atom lain. Secara kuantitatif, biasanya 80% massa aspal adalah karbon, 10% *hydrogen*, 6% belerang, dan sisanya oksigen dan nitrogen, serta sejumlah renik besi, nikel, dan *vanadium*. Senyawa-senyawa ini sering dikelaskan atas aspalten (yang massa molekulnya kecil) dan malten (yang massa molekulnya besar). Biasanya aspal mengandung 5 sampai 25% aspalten. Sebagian besar senyawa di aspal adalah senyawa polar.

2.1.1 Fungsi Aspal

Fungsi aspal antara lain adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengikat batuan agar tidak lepas dari permukaan jalan akibat lalu lintas (*water proofing, protect* terhadap erosi)
2. Sebagai bahan pelapis dan perekat agregat.

3. Lapis resap pengikat (*prime coat*) adalah lapisan tipis aspal cair yang diletakan di atas lapis pondasi sebelum lapis berikutnya.
4. Lapis pengikat (*tack coat*) adalah lapis aspal cair yang diletakan di atas jalan yang telah beraspal sebelum lapis berikutnya dihampar, berfungsi pengikat di antara keduanya.
5. Sebagai pengisi ruang yang kosong antara agregat kasar, agregat halus, dan filler.

2.1.2 Jenis Aspal

Aspal yang digunakan sebagai bahan untuk jalan pembuatan terbagi atas dua jenis yaitu:

A. Aspal Alam

Aspal alam ada yang diperoleh di gunung-gunung seperti aspal di pulau buton, dan ada pula yang diperoleh di pulau Trinidad berupa aspal danau. Aspal alam terbesar di dunia terdapat di Trinidad, berupa aspal danau.

Menurut sifat kekerasannya dapat berupa:

- Batuan = asbuton
- Plastis = trinidad
- Cair = bermuda

Menurut kemurniannya terdiri dari:

- Murni = bermuda
- Tercampur dengan mineral = asbuton + Trinidad

B. Aspal Buatan

Jenis aspal ini dibuat dari proses pengolahan minyak bumi, jadi bahan baku yang dibuat untuk aspal pada umumnya adalah minyak bumi yang banyak mengandung aspal. Jenis dari aspal buatan antara lain adalah sebagai berikut:

1. Aspal keras digunakan untuk bahan pembuatan AC. Aspal yang digunakan dapat berupa aspal keras penetrasi 60 atau penetrasi 80 yang memenuhi persyaratan aspal keras. Jenis-jenisnya:
 - a. Aspal penetrasi rendah 40 / 55, digunakan untuk kasus: Jalan dengan volume lalu lintas tinggi, dan daerah dengan cuaca iklim panas.

- b. Aspal penetrasi rendah 60 / 70, digunakan untuk kasus : Jalan dengan volume lalu lintas sedang atau tinggi, dan daerah dengan cuaca iklim panas.
 - c. Aspal penetrasi tinggi 80 / 100, digunakan untuk kasus : Jalan dengan volume lalu lintas sedang / rendah, dan daerah dengan cuaca iklim dingin.
 - d. Aspal penetrasi tinggi 100 / 110, digunakan untuk kasus : Jalan dengan volume lalu lintas rendah, dan daerah dengan cuaca iklim dingin.
2. Aspal Cair digunakan untuk keperluan lapis resap pengikat (prime coat) digunakan aspal cair jenis MC – 30, MC – 70, MC – 250 atau aspal emulsi jenis CMS, MS. Untuk keperluan lapis pengikat (tack coat) digunakan aspal cair jenis RC – 70, RC – 250 atau aspal emulsi jenis CRS, RS.

C. Aspal Emulsi

Aspal cair yang dihasilkan dengan cara mendispersikan aspal keras ke dalam air atau sebaliknya dengan bantuan bahan pengemulsi sehingga diperoleh partikel aspal yang bermuatan listrik positif (kationik), negatif (anionik) atau tidak bermuatan listrik (nonionik). Jenis-jenisnya adalah:

- 1. Aspal emulsi anionik mengikat lebih cepat (Quick setting, QS) Aspal emulsi bermuatan negatif yang aspalnya mengikat agregat secara lebih cepat setelah kontak dengan agregat. Meliputi: QS-1h (quick setting-1): Mengikat lebih cepat-1 keras (Pen 40-90).
- 2. Aspal emulsi jenis mantap sedang Aspal emulsi yang butir-butir aspalnya bermuatan listrik positif.
- 3. Aspal emulsi kationik Aspal cair yang dihasilkan dengan cara mendispersikan aspal keras ke dalam air atau sebaliknya dengan bantuan bahan pengemulsi jenis kationik sehingga partikel-partikel aspal bermuatan ion positif.
- 4. Aspal emulsi kationik mengikat cepat (CRS).Aspal emulsi bermuatan positif yang aspalnya memisah dari air secara cepat setelah kontak dengan agregat.

5. Aspal emulsi kationik mengikat lambat (CSS).Aspal emulsi bermuatan positif yang aspalnya memisah dari air secara lambat setelah kontak dengan agregat.
6. Aspal emulsi kationik mengikat lebih cepat (CQS).Aspal emulsi bermuatan positif yang aspalnya memisah dari air secara lebih cepat setelah kontak dengan agregat.
7. Aspal emulsi kationik mengikat sedang (CMS).Aspal emulsi bermuatan positif yang aspalnya memisah dari air secara sedang setelah kontak dengan agregat.
8. Aspal emulsi mantap cepat (Cationic Rapid Setting – CRS) .Aspal emulsi kationik yang partikel aspalnya memisah cepat dari air setelah kontak dengan agregat.
9. Aspal emulsi mantap cepat (cationic rapid setting, CRS)
10. Aspal emulsi kationik yang partikel aspalnya memisah cepat dari air setelah kontak dengan aggregate aspal emulsi jenis kationik yang partikel aspalnya memisah dengan cepat dari air setelah kontak dengan udara.

2.1.3 Klasifikasi Aspal

Aspal keras dapat diklasifikasikan kedalam tingkatan (grade) atau kelas berdasarkan tiga sistim yang berbeda, yaitu viskositas, viskositas setelah penuaan dan penetrasi. Masingmasing sistim mengelompokkan aspal dalam tingkatan atau kelas yang berbeda pula. Dari ketiga jenis sistim pengklasifikasian aspal yang ada, yang paling banyak digunakan adalah sistim pengklasifikasian berdasarkan viskositas dan penetrasi. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1, Tabel 2.2 dan Tabel 2.3.

Tabel 2.1: Klasifikasi aspal keras berdasarkan viskositas.

Pengujian	Satuan	STANDAR VISKOSITAS					
		AC-2,5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-30	AC-40
Viskositas 60°C	poise	250±50	500±100	1000±200	2000±400	3000±600	4000±800
Viskositas min. 135 °C	cst	125	175	250	300	350	400

Tabel 2.1: Lanjutan.

Pengujian	Satuan	STANDAR VISKOSITAS					
		AC-2,5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-30	AC-40
Penetrasi 25°C, 100 gram, 5 detik.	0,1 mm	220	140	80	60	50	40
Titik nyala	°C	162	177	219	232	232	232
Kelarutan dalam Trichlorethylene	%	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0
Tes residu dari TFOT - Penurunan berat	%	-	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5
-Viskositas max, 60°C	poise	1000	2000	4000	8000	12000	16000
-Daktilitas 25°C, 5 cm/menit	cm	100	100	75	50	40	25

Sumber : The Asphalt Institute, 1983

Tabel 2.2: Klasifikasi aspal keras berdasarkan hasil RTFOT.

Tes Residu (AASHTO T 240)	Satuan	VISKOSITAS				
		AR-10	AR-20	AR-40	AR-80	AR-160
Viskositas 60°C	poise	1000±250	2000±500	4000±1000	8000±2000	16000±4000
Viskositas min. 135°C	cst	140	200	275	400	550
Penetrasi 25°C, 100 gram, 5 detik.	0,1 mm	65	40	25	20	50
Penetrasi sisa 25°C, 100 gram, 5 detik.						
Terhadap penetrasi awal	%	-	40	45	50	52
Sifat Aspal keras segar						
Titik Nyala min	°C	205	219	227	232	238
Kelarutan dalam Trichloroethylene min	%	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0

Tabel 2.3: Klasifikasi aspal keras berdasarkan penetrasi.

Sifat Fisik	Satuan	Tingkat Penetrasi Aspal		
		Pen. 40	Pen. 60	Pen. 80
Penetrasi, 25°C, 100 gram, 5 detik	0,1 mm	40-59	60-79	80-99
Titik Lembek, 25°C	°C	51-63	50-58	46-54
Titik nyala	°C	> 200	> 200	> 225
Daktilitas, 25°C	cm	> 100	> 100	> 100
Kelarutan dalam Trichloroethylene	%	> 99	> 99	> 99
Penurunan berat	%	< 0,8	< 0,8	< 1,0
Berat Jenis		> 1,0	> 1,0	> 1,0
Penetrasi Residu, 25°C, 100 gram, 5 detik	0,1 mm	> 58	> 54	> 50
Daktilitas °C cm	cm	-	> 50	> 75

Sumber : KPTS/II/3/1973

2.1.4 Campuran Beraspal

Campuran beraspal adalah suatu kombinasi campuran antara agregat dan aspal. Dalam campuran beraspal, aspal berperan sebagai pengikat atau lem antar partikel agregat, dan agregat berperan sebagai tulangan. Sifat-sifat mekanis aspal dalam campuran beraspal diperoleh dari friksi dan kohesi dari bahan-bahan pembentuknya. Friksi agregat diperoleh dari ikatan antar butir agregat (*interlocking*), dan kekuatannya tergantung pada gradasi, tekstur permukaan, bentuk butiran dan ukuran agregat maksimum yang digunakan. Sedangkan sifat kohesinya diperoleh dari sifat-sifat aspal yang digunakan.

2.1.4.1 Jenis Campuran Beraspal

Beberapa jenis campuran aspal panas yang umum digunakan di Indonesia antara lain:

1. Laston (lapis beton aspal) atau AC (Asphalt Concrete)

Laston (AC) dapat dibedakan menjadi dua tergantung fungsinya pada konstruksi perkerasan jalan, yaitu untuk lapis permukaan atau lapisan aus (AC-wearing course) dan untuk lapis pondasi (AC-base, AC-binder, ATB (Asphalt Treated Base)).

2. Lataston (lapis tipis beton aspal) atau HRS (Hot Rolled Sheet)

Lataston (HRS) juga dapat digunakan sebagai lapisan aus atau lapis pondasi.

3. Latasir (lapis tipis aspal pasir) atau HRSS (Hot Rolled Sand Sheet)

Latasir (HRSS) digunakan untuk lalu-lintas ringan (< 500.000 ESA).

2.2 Abu Cangkang sawit

Abu boiler kelapa sawit yang merupakan limbah dari sisa pembakaran cangkang dan serabut buah kelapa sawit di dalam dapur atau tungku pembakaran (boiler) dengan suhu 7000°C sampai dengan 8000°C . Abu cangkang sawit tersebut merupakan salah satu material sisa dari proses pengolahan yang selama ini dianggap sebagai limbah. Limbah tersebut masih belum dimanfaatkan secara maksimal penggunaannya. Namun setelah kemajuan teknologi abu cangkang sawit dapat dimanfaatkan dan tidak lagi menjadi limbah, dapat digunakan sebagai bahan untuk campuran beragam jenis produk seperti semen, bata tahan api dan metal matrix komposit.

2.2.1 Filler Abu Cangkang Sawit

Abu cangkang sawit ialah limbah hasil pembakaran cangkang sawit pada pengolahan kelapa sawit (pks) yang berbentuk halus, bundar dan bersifat *pozolanic* (SNI 03-6414-2002). Abu cangkang sawit adalah bagian dari abu bakar yang berupa bubuk halus dan ringan yang diambil dari campuran gas tungku pembakaran yang menggunakan bahan cangkang sawit. Abu cangkang sawit diambil secara mekanik dengan sistem pengendapan *electrostatik*. Abu cangkang sawit termasuk bahan *pozolan* buatan. Karena sifatnya yang *pozolanic*, sehingga abu cangkang sawit dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti sebagian pemakaian semen, baik untuk adukan maupun untuk campuran beton. Keuntungan lain dari abu cangkang sawit yang mutunya baik ialah dapat meningkatkan ketahanan / keawetan campuran aspal terhadap ion sulfat dan juga dapat menurunkan panas hidrasi semen. Komponen terbesar yang terkandung dalam abu cangkang sawit adalah silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), oksida kalsium (CaO) dan oksida besi (Fe_2O_3). Abu cangkang sawit banyak digunakan dan diakui secara luas sebagai campuran

cement, concrete dan material-material khusus lainnya. Densitas abu cangkang sawit berkisar antara 1,3 g/cm³ dan 4,8 g/cm³, besar densitas tersebut tergantung dari unsur kimia dan porositas yang terjadi di dalamnya.

2.2.2 Sifat Kimia Abu Cangkang Sawit

Menurut Hutahean (2007) kandungan unsur kimia abu cangkang sawit adalah sebagai berikut (Tabel 2.4):

Tabel 2.4 Kandungan Unsur Kimia Abu Cangkang Sawit

Senyawa	Persentase (%)
SiO ₂	58.02
Al ₂ O ₃	8.7
Fe ₂ O ₃	2.6
CaO	12.65
MgO	4.23
Na ₂ O	0.41
K ₂ O	0.72
H ₂ O	1.97
Hilang Pijar	8.59

Berdasarkan pengamatan secara visual abu kelapa sawit memiliki karakteristik sebagai berikut: bentuk partikel abu sawit tidak beraturan, ada yang memiliki butiran bulat panjang, bulat dan persegi dengan ukuran butiran 0 – 2.3 mm serta memiliki warna abu-abu kehitaman (Kurniawandy dkk, 2012).

2.3 *Crumb Rubber*

Serat limbah ban karet yang terkadang disebut serbuk ban bekas yang diistilahkan dengan “*tire crumb*” atau “*crumb rubber*” adalah produk yang ramah lingkungan karena diperoleh dari ban bekas, dan tidak larut dalam tanah ataupun air tanah. Selain mengurangi jumlah limbah karet yang terbuang ke lingkungan, pemakaian kembali limbah produk karet tertentu, dapat menekan harga karet sebagai salah satu komponen penting penentu harga produk jadi yang dihasilkan.

Serbuk ban bekas diukur dalam mesh atau inci dan umumnya karet ukurannya 3/8 inci atau lebih kecil. Ukuran serbuk dapat diklasifikasikan dalam empat kelompok yaitu:

1. Besar atau kasar (3/8 dan 1/4 inci)
2. Sedang (10-30 mesh atau 0,079 – 0,023 inci)
3. Baik (40-80 mesh atau 0,016 – 0,007 inci)
4. Sangat baik (100-200 mesh atau 0,006 – 0,003 inci)

Ukuran partikel dan distribusi ukuran tergantung dari kebutuhan serbuk ban bekas dan penggunaannya. Dari data penjualan pada industri serbuk ban bekas, pemakaiannya 14% untuk ukuran kasar, 52% untuk ukuran sedang, 22% untuk ukuran baik dan 12% untuk ukuran sangat baik.

2.4 Agregat

Agregat merupakan material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah dan kerak tungku besi, yang dipakai secara bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidrolik atau adukan.

Menurut Silvia Sukirman, (2003), agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen.

2.4.1 Jenis-jenis Agregat

Agregat terbagi beberapa macam jenis, diantaranya:

1. Agregat Halus

Agregat Halus merupakan bahan pengisi diantara agregat kasar sehingga menjadikan ikatan lebih kuat yang mempunyai B_j 1400 kg/m.

Agregat halus yang baik tidak mengandung lumpur lebih besar 5 % dari berat, tidak mengandung bahan organis lebih banyak, terdiri dari butiran yang tajam dan keras, dan bervariasi.

Berdasarkan SNI 03-6820-2002, agregat halus adalah agregat besar butir maksimum 4,76 mm berasal dari alam atau hasil alam, sedangkan agregat halus olahan adalah agregat halus yang dihasilkan dari pecahan dan pemisahan butiran dengan cara penyaringan atau cara lainnya dari batuan atau terak tanur tinggi.

Berdasarkan ASTM C33 agregat halus umumnya berupa pasir dengan partikel butir lebih kecil dari 5 mm atau lolos saringan No.4 dan tertahan pada saringan No.200.

Tabel 2.5 Batasan gradasi untuk agregat halus

Ukuran Saringan ASTM	Persentase berat yang lolos pada tiap saringan
9,5 mm	100
4,76 mm	95 – 100
2,36 mm	80 – 100
1,19 mm	50 – 85
0,595 mm	25 – 60
0,300 mm	10 – 30
0,150 mm	2 – 10

Sumber : ASTM C-33

2. Agregat Kasar

Menurut SNI 1970-2008, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No. 1½ inci).

Berdasarkan ASTM C33 Agregat kasar terdiri dari kerikil atau batu pecah dengan partikel butir lebih besar dari 5 mm atau antara 9,5 mm dan 37,5 mm.

Tabel 2.6 Batas-batas gradasi agregat kasar untuk maksimal nominal 19 mm (SNI 7656-2012).

Ukuran ayakan (mm)	Pemisahan ukuran Persen (%) berat yang lewat masing-masing ayakan
25	100
19	90 – 100
9,5	20 – 55
4,75	0 – 10
2,36	0 – 5

2.4.2 Sifat Agregat

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu-lintas. Agregat dengan kualitas dan sifat baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu:

1. Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) lapisan perkerasan dipengaruhi oleh:
 - a. Gradasi
 - b. Ukuran maksimum
 - c. Kadar lempung
 - d. Kekerasan dan ketahanan
 - e. Bentuk butir
 - f. Tekstur permukaan

2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik, dipengaruhi oleh:
 - a. Porositas
 - b. Kemungkinan basah
 - c. Jenis agregat
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan mengasilkan lapisan yang nyaman dan aman, dipengaruhi oleh:
 - a. Tahanan geser (*skid resistance*)
 - b. Campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*bituminous mix workability*).

2.4.3 Gradasi

Seluruh spesifikasi perkerasan mensyaratkan bahwa partikel agregat harus berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Distribusi dari variasi ukuran butir agregat ini disebut gradasi agregat. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan workabilitas (sifat mudah dikerjakan) dan stabilitas campuran. Untuk menentukan apakah gradasi agregat memenuhi spesifikasi atau tidak, diperlukan suatu pemahaman bagaimana ukuran partikel dan gradasi agregat diukur.

Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat harus melalui satu set saringan. Ukuran saringan menyatakan ukuran bukaan jaringan kawatnya dan nomor saringan menyatakan banyaknya bukaan jaringan kawat per inci persegi dari saringan tersebut.

Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase berat masing-masing contoh yang lolos pada saringan tertentu. Persentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan.

Gradasi agregat dapat dibedakan atas:

- a) Gradasi seragam (*uniform graded*) / gradasi terbuka (*open graded*) Adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka (*open graded*) karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga/ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal yang dibuat dengan gradasi ini bersifat porus atau

memiliki permeabilitas yang tinggi, stabilitas rendah dan memiliki berat isi yang kecil.

- b) Gradasi rapat (dense graded) Adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus, sehingga sering juga disebut gradasi menerus, atau gradasi baik (well graded).

Suatu campuran dikatakan bergradasi sangat rapat bila persentase lolos dari masing-masing saringan memenuhi persamaan 2.1.

$$P = 100 (d/D)^n \quad (2.1)$$

dengan pengertian:

d = Ukuran saringan yang ditinjau

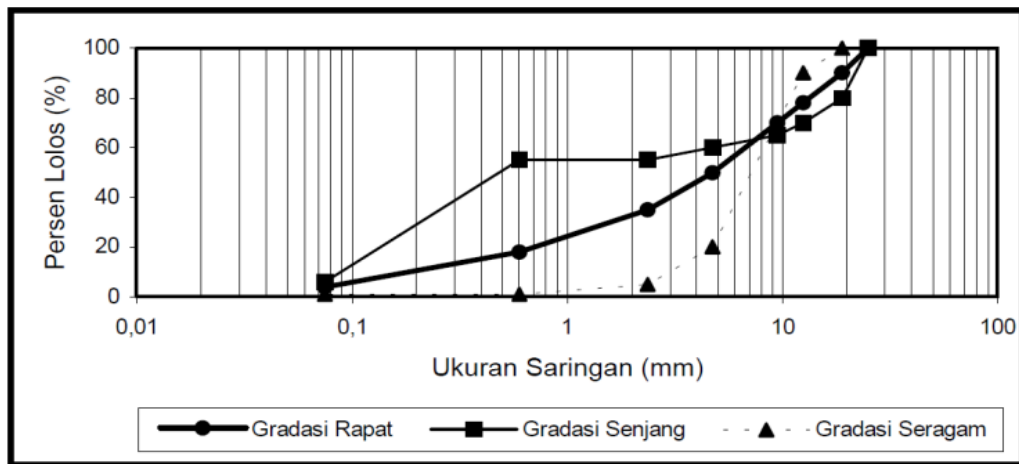
D = Ukuran agregat maksimum dari gradasi tersebut

n = 0,35 – 0,45

Campuran dengan gradasi ini memiliki stabilitas yang tinggi, agak kedap terhadap air dan memiliki berat isi yang besar.

- c) Gradasi senjang (gap graded) Adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali, oleh sebab itu gradasi ini disebut juga gradasi senjang (gap graded). Campuran agregat dengan gradasi ini memiliki kualitas peralihan dari kedua gradasi yang disebutkan di atas.

Bentuk gradasi agregat biasanya digambarkan dalam suatu grafik hubungan antara ukuran saringan dinyatakan pada sumbu horizontal dan prosentase agregat yang lolos saringan tertentu dinyatakan pada sumbu vertikal. Contoh macam-macam gradasi agregat secara tipikal ditunjuk pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1: Contoh tipikal macam-macam gradasi agregat (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002).

2.4.4 Gradasi Agregat Gabungan

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas-batas yang diberikan dalam Tabel 2.4. Rancangan dan Perbandingan Campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas-batas yang diberikan dalam Tabel 2.7.

Tabel 2.7: Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002).

% Berat Yang lolos Terhadap total Agregat Dalam campuran								
Latasir (SS)		Latasir (HRS)				Laston (AC)		
		Gradasi Senjang		Gradasi Semi Senjang				
Kelas A	Kelas B	WC	Base	WC	Base	WC	BC	Base
							100	90-100
100	100	100	100	100	100	100	90-100	76-100
		90-100	90-100	87-100	90-100	90-100	75-90	60-78
90-100		75-85	65-90	55-88	55-70	77-90	66-82	52-71
						53-69	46-64	35-54

	75-100	50-75	35-55	50-62	32-44	33-53	30-49	23-41
						21-40	18-38	13-30
		35-60	15-35	20-45	15-35	14-30	12-28	10-22
				15-35	5-35	9-22	7-20	6-15
						6-15	5-13	4-10
10-15	8-13	6-10	2-9	6-10	4-8	4-9	4-8	3-7

2.4.5 Bentuk Butir Agregat

Agregat memiliki bentuk butir dari bulat (rounded) sampai bersudut (angular), seperti yang diilustrasikan pada gambar 12. Bentuk butir agregat ini dapat mempengaruhi workabilitas campuran perkerasan selama penghamparan, yaitu dalam hal energi pemadatan yang dibutuhkan untuk memadatkan campuran, dan kekuatan struktur perkerasan selama umur pelayanannya.

Bentuk partikel agregat yang bersudut memberikan ikatan antara agregat (agregat interlocking) yang baik yang dapat menahan perpindahan (displacement) agregat yang mungkin terjadi. Agregat yang bersudut tajam, berbentuk kubikal dan agregat yang memiliki lebih dari satu bidang pecah akan menghasilkan ikatan antar agregat yang paling baik.

Dalam campuran beraspal, penggunaan agregat yang bersudut saja atau bulat saja tidak akan menghasilkan campuran beraspal yang baik. Kombinasi penggunaan kedua bentuk partikel agregat ini sangatlah dibutuhkan untuk menjamin kekuatan pada struktur perkerasan dan workabilitas yang baik dari campuran tersebut, seperti gambar 2.2.



Gambar 2.2: Tipikal bentuk butir kubikal, lonjong, dan pipih (Departemen Perhubungan dan Prasarana Wilayah, 2002).

2.4.6 Pengujian Agregat

Pengujian agregat diperlukan untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik agregat sebelum digunakan sebagai bahan campuran beraspal panas.

Tabel 2.8: Jenis pengujian agregat diperlihatkan pada.

Nomor standar	Judul pengujian
SNI 03-2417-1991	Metode pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles.
SNI 03-4142-1996	Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm).
SNI 03-1968-1990	Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar.
SNI 03-4428-1997	Metode pengujian agregat halus atau pasir yang mengandung bahan plastis dengan cara setara pasir.
SNI 03-4141-1996	Metode pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat.
SNI 03-1969-1990	Metode pengujian Berat Jenis dan penyerapan air agregat kasar.
SNI 03-1970-1990	Metode pengujian Berat Jenis dan penyerapan air agregat halus.
SNI-06-2439-1991	Metode pengujian kelekatan agregat terhadap aspal.
Pennsylvania DoT Test No. 621	<i>Determining the percentage of crushed fragments in gravel.</i>
AASHTO TP-33	<i>Test procedure for fine aggregate angularity</i>
BS 812-1975	Pemeriksaan kepipihan dan kelonjongan agregat
SNI-03-3416-1994	Metode pengujian partikel ringan dalam agregat.
ASTM D 75-87	<i>Sampling aggregates</i>

agregat yang dapat digunakan. misalnya persyaratan nilai maksimum penyerapan

agregat dimaksudkan untuk menghindari penggunaan agregat yang mempunyai nilai penyerapan yang tinggi karena akan mengakibatkan daya serap terhadap aspal besar. Meskipun demikian sebaiknya pertimbangan ekonomis juga harus diperhatikan, misalnya digunakan pada daerah atau pulau yang sumber agregatnya sedikit atau tidak ada. Bandingkan jika mendatangkan agregat yang penyerapannya rendah dari daerah atau pulau lain, yang akan memerlukan biaya tinggi.

Jenis agregat yang ada bervariasi, misalnya pasir vulkanis yang mempunyai tahanan geser tinggi dan akan membuat campuran beraspal sangat kuat. Pasir yang sangat mengkilat, misalnya kuarsa umumnya sukar dipadatkan. Pasir laut yang halus mudah dipadatkan tetapi menyebabkan campuran beraspal relatif rendah kekuatannya.

2.4.6.1 Pengujian Analisis Ukuran Butir (gradasi)

Gradasi agregat adalah pembagian ukuran butiran yang dinyatakan dalam persen dari berat total. Tujuan utama pekerjaan analisis ukuran butir agregat adalah untuk pengontrolan gradasi agar diperoleh kontruksi campuran yang bermutu tinggi.

Gradasi ditentukan dengan melakukan penyaringan terhadap contoh bahan melalui sejumlah saringan yang tersusun sedemikian rupa dari ukuran besar hingga kecil, bahan yang tertinggal dalam tiap saringan kemudian ditimbang.

Ukuran saringan yang digunakan ditentukan dalam spesifikasi. Analisis saringan ada 2 macam yaitu analisis saringan kering dan analisis saringan dicuci (analisis saringan basah). Analisis saringan kering biasanya digunakan untuk pekerjaan rutin untuk agregat normal. Namun bila agregat tersebut mengandung abu yang sangat halus atau mengandung lempung, maka diperlukan analisis saringan dicuci. Untuk agregat halus umumnya digunakan analisis saringan dicuci (basah).

Tabel 2.9: Ukuran saringan menurut ASTM (Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, 2002).



No. Saringan	Lubang saringan	
	inch	mm
1 1/2 in.	1,50	38,1
1 in.	1,00	25,4
3/4 in.	0,75	19,0
1/2 in.	0,50	12,7
3/8 in.	0,375	9,51
No. 4	0,187	4,76
No. 8	0,0937	2,38
No. 16	0,0469	1,19
No. 30	0,0234	0,595
No. 50	0,0117	0,297
No. 100	0,0059	0,149
No.200	0,0029	0,074

2.4.6.2 Berat Jenis (*Specific Gravity*) dan Penyerapan (*absorpsi*)

1. Berat Jenis

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

- a) Berat Jenis semu (apparent specific gravity)
- b) Berat Jenis bulk (bulk specific gravity)
- c) Berat Jenis efektif (effective specific gravity)

	<p>Berat Jenis Bulk</p> <p>= Berat kering oven / (Vol Agregat + Vol Impermeabel dan Permeabel Voids)</p> <p>ASTM C127 dan 128</p>
	<p>Berat Jenis Semu (Apparent)</p> <p>= Berat kering oven / (Vol Agregat + Vol Impermeabel)</p> <p>ASTM C127 dan 128</p>

Gambar 2.3: Berat Jenis agregat

Berat Jenis bulk, volume dipandang volume menyeluruh agregat, termasuk volume pori yang dapat terisi oleh air setelah direndam selama 24 jam. Berat Jenis Semu, volume dipandang sebagai volume menyeluruh dari agregat, tidak termasuk volume pori yang dapat terisi air setelah perendaman selama 24 jam. Berat Jenis efektif, volume dipandang volume menyeluruh dari agregat tidak termasuk volume pori yang dapat menghisap aspal.

Berat Jenis dapat dinyatakan dengan persamaan 2.2-2.4 sebagai berikut :

Berat Jenis Semu:

$$G_{sa} = \left(\frac{W_s}{V_s \cdot \gamma_w} \right) \quad (2.2)$$

Berat Jenis Curah:

$$G_{sb} = \frac{W_s}{(V_s + V_{pp}) \cdot \gamma_w} \quad (2.3)$$

Berat Jenis efektif:

$$Gse = \frac{Ws}{(Vs+Vpp-Vap).\gamma_w} \quad (2.4)$$

dengan pengertian :

- Ws = Berat agregat kering
- γ_w = Berat Isi air= 1 g/cm³
- Vs = volume bagian padat agregat
- Vpp = Volume pori meresap air
- Vap = Volume pori meresap aspal
- Vpp-Vap = volume pori meresap air yang tidak meresap aspal

Pemilihan macam berat jenis untuk suatu agregat yang digunakan dalam rancangan campuran beraspal, dapat berpengaruh besar terhadap banyaknya rongga udara yang diperhitungkan. Bila digunakan Berat Jenis Semu maka aspal dianggap dapat terhisap oleh semua pori yang dapat menyerap air. Bila digunakan Berat Jenis Bulk, maka aspal dianggap tidak dapat dihisap oleh pori-pori yang dapat menyerap air. Konsep mengenai Berat Jenis Efektif dianggap paling mendekati nilai sebenarnya untuk menentukan besarnya rongga udara dalam campuran beraspal. Bila digunakan berbagai kombinasi agregat maka perlu mengadakan penyesuaian mengenai Berat Jenis, karena Berat Jenis masing-masing bahan berbeda.

a. Berat Jenis dan penyerapan agregat kasar

Alat dan prosedur pengujian sesuai dengan SNI 03-1969-1990. Berat Jenis Penyerapan agregat kasar dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

- Berat Jenis Curah (*bulk specific gravity*) =

$$\frac{Bk}{Bj-Ba} \quad (2.5)$$

- Berat Jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*) =

$$\frac{Bj}{Bj-Ba} \quad (2.6)$$

- Berat Jenis semu (*apparent specific gravity*) =

$$\frac{Bk}{Bj-Ba} \quad (2.7)$$

- Penyerapan (*absorsi*) =

$$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \quad (2.8)$$

Dengan pengertian:

B_k = Berat benda uji kering oven, dalam gram

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh, dalam gram

B_a = Berat benda uji kering permukaan jenuh dalam air, dalam gram

b. Berat Jenis dan penyerapan agregat halus

Alat dan prosedur pengujian sesuai dengan SNI-13-1970-1990. Berat Jenis dan Penyerapan agregat halus dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

- Berat Jenis Curah (*bulk specific gravity*) =

$$\frac{B_k}{B+A-Bt} \quad (2.9)$$

- Berat Jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*) =

$$\frac{A}{B+A-Bt} \quad (2.10)$$

- Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) =

$$\frac{B_k}{B+B_k-Bt} \quad (2.11)$$

- Penyerapan (*absorpsi*) =

$$\frac{(A-B_k)}{B_k} \times 100\% \quad (2.12)$$

dengan pengertian:

B_k = Berat benda uji kering oven, dalam gram

B = Berat piknometer berisi air, dalam gram

B_t = Berat piknometer berisi benda uji dan air, dalam gram

A=500 = Berat uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, dalam gram.

c. Penyerapan (*absorpsi*)

Agregat hendaknya sedikit berpori agar dapat menyerap aspal, sehingga terbentuklah suatu ikatan mekanis antara film-aspal dan butiran batu. Agregat berpori banyak akan menyerap aspal besar pula sehingga tidak

ekonomis. Agregat berpori terlalu besar umumnya tidak dapat digunakan sebagai bahan campuran beraspal.

2.4.6.3 Pemeriksaan daya lekat agregat terhadap aspal (*affinity*)

Stripping yaitu pemisahan aspal dari agregat akibat pengaruh air, dapat membuat agregat tidak cocok untuk bahan campuran beraspal karena bahan tersebut mempunyai sifat hydrophylik (senang terhadap air). Jenis agregat yang menunjukkan sifat ketahanan yang tinggi terhadap pemisahan aspal (film-stripping), biasanya merupakan bahan agregat yang cocok untuk campuran beraspal. Agregat semacam ini bersifat hydrophobik (tidak suka kepada air). Prosedur pengujian untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal diuraikan pada SNI 06-2439-1991.

SNI 06-2439-1991 menguraikan cara pengujian kelekatan agregat terhadap aspal dengan berbagai pelapisan yaitu pelapisan agregat dengan aspal cair, aspal emulsi dan aspal keras. Garis besar pengujian kelekatan agregat dengan menggunakan aspal cair adalah sebagai berikut:

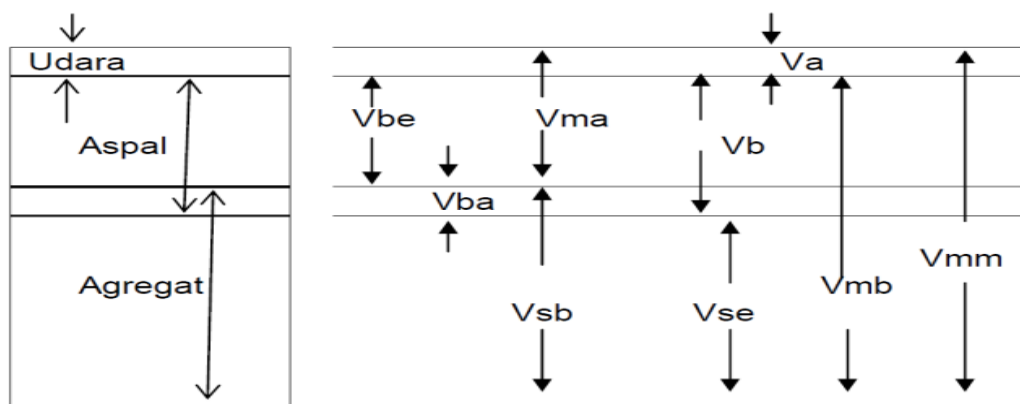
- Benda uji adalah agregat lolos saringan 9,5 mm (3/8 in.) dan tertahan saringan 6,3 mm (1/4 in.).
- Masukkan 100 gram benda uji kedalam wadah.
- Isi aspal sekitar 5,5 gram yang telah dipanaskan pada temperatur yang sesuai.
- Aduk aspal dan benda uji sampai merata selama 2 menit.
- Masukkan adukan beserta wadahnya dalam oven pada temperatur 60°C selama 2 jam.
- Keluarkan adukan beserta wadahnya dari oven dan diaduk kembali sampai dingin. - Pindahkan adukan kedalam tabung gelas kimia.
- Isi dengan air suling sebanyak 400 ml kemudian diamkan pada temperatur ruang selama 16 sampai 18 jam.
- Perkirakan prosentase luas permukaan yang masih terselimuti aspal.

Prosedur pengujian kelekatan agregat dengan menggunakan aspal emulsi atau aspal keras pada prinsipnya sama tetapi beberapa tahap pengujian berlainan seperti temperatur dan lama contoh dalam oven, lama pengadukan dan sebagainya.

2.4.7 Metode Pengujian Rencana Campuran

Pengujian campuran tidak hanya dilakukan pada aspal atau agregatnya saja tetapi juga harus dilakukan terhadap campuran aspal dan agregat untuk memperoleh perbandingan dan karakteristik yang dikehendaki bagi campuran tersebut. Dalam bagian ini akan dibahas perhitungan yang seringkali dipergunakan pada pekerjaan di laboratorium untuk mengetahui karakteristik aspal beton yang telah dipadatkan.

Secara skematis campuran aspal beton yang telah dipadatkan dapat digambarkan sebagai Gambar 2.4.



Gambar 2.4: Hubungan volume dan rongga-density benda uji campuran aspal panas padat (Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, 2002).

Keterangan gambar:

V_{ma} = Volume rongga dalam agregat mineral

V_{mb} = Volume contoh padat

V_{mm} = Volume tidak ada rongga udara dari campuran

V_a = Volume rongga udara

Vb = Volume aspal

Vba = Volume aspal terabsorpsi

Vbe = Volume aspal efektif

Vsb = Volume agregat (dengan Berat Jenis Curah)

Vse = Volume agregat (dengan Berat Jenis Efektif)

Wb = Berat aspal

Ws = Berat agregat

γ_w = Berat jenis air 1.0 g/cm³ (62.4 lb/ft³)

Gmb = Berat jenis Curah contoh campuran padat

$$\% \text{ rongga} = \left(\frac{V_a}{V_{mb}} \right) \times 100 \quad (2.13)$$

$$\% \text{ VMA} = \left(\frac{V_{be+Va}}{V_{mb}} \right) \times 100 \quad (2.14)$$

$$\text{Density} = \left(\frac{W_b+W_s}{V_{mb}} \right) \times \gamma_w = G_{mb} \times \gamma_w \quad (2.15)$$

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 pada campuran, Va atau sering disebut VIM, juga dinyatakan sebagai persen dari total volume benda uji, merupakan volume pada campuran yang tidak terisi agregat dan aspal.

1. Marshall Density

Lapisan perkerasan dengan kepadatan yang tinggi akan sulit ditembus oleh air dan udara. Ini menyebabkan lapisan perkerasan akan semakin awet dan tahan lama. Campuran perkerasan yang cukup padat akan memberikan volume pori yang kecil dan perkerasan yang cukup kaku sehingga perkerasan akan mempunyai kekuatan yang cukup untuk menahan beban lalu lintas.

2. Rongga udara (*Void in the mix*)

Rongga udara dalam campuran padat dihitung dari berat jenis maksimum campuran dan berat jenis sampel padat menggunakan Pers. 2.16:

$$VIM = \frac{100 \times G}{h} - 100 \quad (2.16)$$

Keterangan:

VIM = Rongga udara dalam campuran

G = Berat jenis maksimum dari campuran

H = Berat jenis yang telah dipadatkan

Rongga udara dalam campuran merupakan bagian dari campuran yang tidak terisi oleh agregat ataupun oleh aspal. Bina Marga mensyaratkan kadar pori campuran perkerasan untuk lapisan tipis aspal beton 3%-6%.

3. Rongga udara antara agregat (VMA)

VMA menggambarkan ruangan yang tersedia untuk menampung volume efektif aspal (seluruh aspal kecuali yang diserap oleh agregat) dan volume rongga udara yang dibutuhkan untuk mengisi aspal yang keluar akibat tekanan air untuk mengisi aspal yang keluar akibat tekanan air atau beban lalu lintas.

Dengan semakin bertambahnya nilai VMA dari campuran maka semakin besar pula ruangan yang tersedia untuk lapisan aspal. Semakin tebal lapisan aspal pada agregat maka daya tahan perkerasan akan semakin meningkat.

Nilai VMA ini dapat dihitung dengan menggunakan Pers. 2.17:

$$VMA = 100 - \frac{Gxb}{bj \text{ agregat}} \quad (2.17)$$

Keterangan:

VMA = Rongga udara antara agregat

G = Berat jenis maksimum dari campuran

B = Berat jenis campuran yang telah di padatkan

4. Rongga terisi aspal (VFB)

VFB adalah merupakan persen (%) volume rongga di dalam agregat yang terisi oleh aspal. Untuk mendapatkan suatu campuran yang awet dan mempunyai tingkat oksidasi yang rendah maka pori diantara agregat halus terisi aspal cukup untuk membentuk lapisan aspal yang tebal.

Nilai VFB ini dapat dihitung dengan menggunakan Pers. 2.18:

$$VFB = 1000 \times \frac{I-k}{I} \quad (2.18)$$

VFB = Rongga terisi aspal

I = Rongga udara dalam campuran

K = Rongga udara antar agregat

5. *Marshall stability*

Marshall stability merupakan beban maksimum yang dibutuhkan untuk menghasilkan keruntuhan dari sampel campuran perkerasan ketika di uji. *Stabilitas* merupakan salah satu cara faktor penentu aspal optimum campuran aspal beton.

Angka stabilitas di dapat dari hasil pembacaan arloji tekan dikalikan dengan hasil kalibrasi cincin penguji serta angka korelasi beban yang dapat dilihat dari tabel hasil uji.

6. *Marshall Flow*

Flow menunjukkan deformasi total dalam satuan millimeter (mm) yang terjadi pada sampel padat dari campuran perkerasan sehingga mencapai beban maksimum pada saat pengujian *Stabilitas Marshall*. Menurut *Marshall institute* batas *flow* yang diizinkan untuk lalu lintas rendah adalah 2-5 mm, lalu lintas sedang adalah 2-4 mm, lalu lintas berat 2-4 mm.

Nilai yang rendah menunjukkan bahwa campuran lembek memiliki *stabilitas* yang rendah. Bina Marga dan aspal *institute* mensyaratkan *Marshall Quotient* pada batas 200 - 300 kg/mm .

7. *Absorpsi* (penyerapan)

Absorpsi merupakan penyerapan air oleh campuran. Besarnya nilai *absorbs* dapat dihitung dengan Pers. 2.19:

$$\text{Absorpsi} = \frac{\text{Berat campuran direndam} - \text{berat campuran}}{\text{berat campuran}} \quad (2.19)$$

Absorpsi dalam campuran tidak boleh besar, hal ini untuk meminimalkan potensi *stripping* atau pelemahan ikatan antara aspal dan agregat.

Tabel 2.10: Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran	Laston		
	Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi

Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min		1,0	
	Maks		1,4	
Rongga dalam campuran (%)	Min		3,0	
	Maks		5,0	
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi Aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min		800	1800
Pelelehan (mm)	Min		2	3
	Maks		4	6

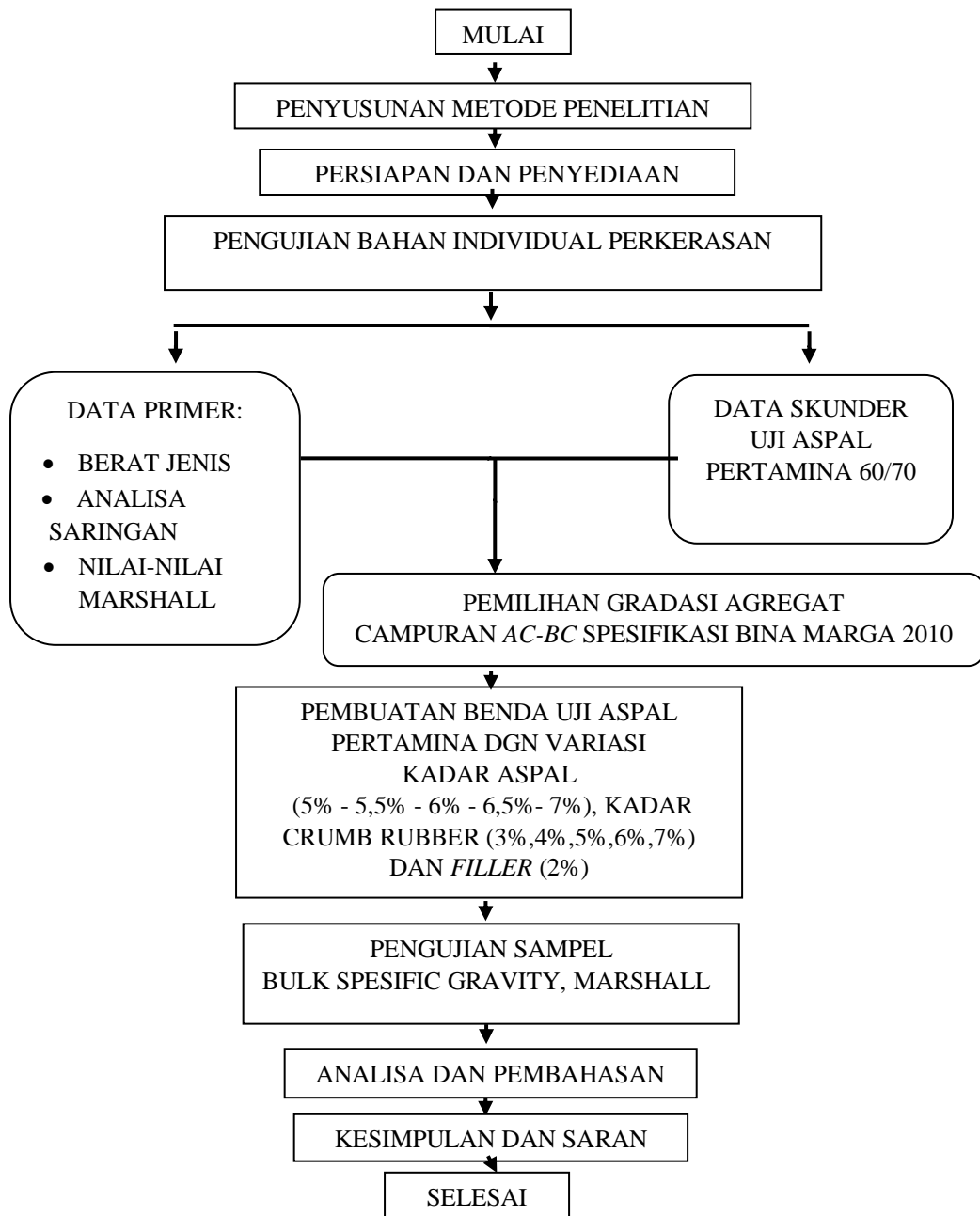
Sumber: Spesifikasi Binamarga 2010-Rev 3

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Metode Penelitian

Secara garis besar kegiatan penelitian yang dilaksanakan sebagaimana ditunjukkan pada gambar:



Gambar 2.7: Bagan alir penelitian.

3.2 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.

3.3 Material Untuk Penelitian

Bahan-bahan dan material yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah Agregat kasar, Agregat halus, Aspal Pertamina, yang di dapatkan dari *Asphalt Mixing Plant* PT. Bangun Cipta Kontraktor Medan, *filler* yang di gunakan adalah *Fly ash* abu cangkang sawit yang di dapatkan dari PTPN IV, dan *crumb rubber* didapat dari .

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data ada dua, yaitu:

1. Data sekunder, data yang digunakan dari benda uji material yang telah dilakukan perusahaan dan di uji di balai pengujian material. Dimana data skunder aspal pertamina penetrasi 60/70 saya dapatkan dari PT.BANGUN CIPTA KONTRAKTOR.
2. Data primer, data yang didapatkan saat melakukan penelitian di laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dimana data-data tersebut adalah:
 - a. Berat jenis agregat
 - b. Analisa saringan
 - c. Nilai-nilai marshall

3.5 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.

3.6 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.

3.6.1 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, dimana prosedur pemeriksaan mengikuti AASHTO T47-82 atau SNI 03-1968-1990.
2. Pengujian terhadap berat jenis untuk penyerapan agregat kasar dengan prosedur pemeriksaan mengikuti AASHTO T85-74 atau SNI 1969-1990.
3. Pengujian terhadap berat jenis untuk penyerapan agregat halus dengan prosedur pemeriksaan mengikuti AASHTO T84-74 atau SNI 1970-1990.
4. Pengujian pemeriksaan sifat-sifat campuran dengan *Marshall test* prosedur pemeriksaan mengikuti SNI-06-2489-1991.
5. Metode pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat.
6. Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200 (0,075) dengan prosedur pemeriksaan mengikuti SNI 03-4142-1996.

3.6.2 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 didalam cincin yang berukuran tertentu sehigga menyentuh plat dasar yang terletak dibawah cincin dengan tinggi tertentu.
3. Pemeriksaan berat jenis mengikutin 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.

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 diatas permukaan aspal. Titik bakar adalah suhu pada saat terlihatnya.

3.6.3 Alat Yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan antara lain:

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 kasar dan 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. Penangas air (*Water bath*) dengan kedalaman 152,4 mm (6 in) yang dilengkapi dengan pengatur temperatur air $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.
 13. Oven pengering material
- Alat uji *Marshall test* dilengkapi dengan kepala penekan (*breaking head*), cincin penguji (*proving ring*) dan arloji (*dial*).

3.7 Prosedur Kerja

3.7.1 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 sebagai berikut:

1. Agregat kasar (CA) 1 inch = 15 %
2. Agregat kasar (MA) $\frac{3}{4}$ inch = 10 %

3. Agregat kasar (FA) ½ inchi = 25 %
4. Agregat halus (Cr) = 45%
5. Agregat halus (Sand) = 5 %

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%.

3.7.2 Tahapan pembuatan benda uji

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

- 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.
- Letakkan kertas saring atau kertas penghisap di atas permukaan benda uji dengan ukuran sesuai cetakan
- 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.
- 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.

3.7.3 Metode Pengujian Sampel

Pengujian sampel dilakukan sesuai dengan prosedur *Marshall test* yang dikeluarkan oleh RSNI M-01-2003.

Pengujian sampel terbagi atas 2 bagian pengujian, yaitu:

1. Penentuan *Bulk Specific Gravity* sampel.
2. Pengujian *Stability* dan *Flow*.

Peralatan yang digunakan untuk pengujian sampel sebagai berikut:

1. Alat uji *Marshall*, alat uji listrik yang berkekuatan 220 volt, didesain untuk memberikan beban pada sampel untuk menguji semi *circular testing head* dengan kecepatan konstan 51 mm (2 inch) permenit. 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 $\pm 200^\circ\text{C}$.

3.7.4 Penentuan Berat Jenis *Bulk 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 didalam 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 diudara dengan volume bulk benda uji (gr/cm^3).

Adapun proses tahapan penimbangan sebagai berikut:

- Timbang benda uji diudara
- Rendam benda uji di dalam air
- Timbang benda uji SSD di udara
- Timbang benda uji di dalam air

3.7.5 Pengujian Stabilitas dan Kelelehan (*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 $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ untuk benda uji.
2. Untuk mengetahui indeks perendaman, benda uji direndam dalam pemanas air selama 24 jam dengan temperatur tetap $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.
3. Permukaan dalam *testing head* dibersihkan dengan baik. Suhu *head* harus dijaga dari $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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* di stel dengan jarum menunjukkan angka nol dengan tanpa beban.

4. Sampel percobaan yang telah direndam dalam *water bath* diletakkan ditengah bagian bawah dari *test head*. *Flow* meter diletakkan diatas tanpa *guide road* dan jarum petunjuk dinolkan.
5. Pasang bagian atas alat penekan uji *Marshall* di atas benda uji dan letakkan seluruhnya dalam mesin uji *Marshall*.
6. Pasang arloji pengukur pelelehan pada kedudukanya 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.
7. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji.
8. Atur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.
9. 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 factor pengali.
10. Catat nilai pelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai.

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemeriksaan Aspal

Aspal yang digunakan untuk bahan ikat pada pembuatan benda uji campuran beton aspal dalam penelitian ini adalah aspal keras Pertamina Pen 60/70. Data hasil pemeriksaan uji aspal diperoleh dari data sekunder. Dari pemeriksaan karakteristik aspal keras yang telah dilakukan perusahaan dan di uji di balai pengujian material diperoleh hasilnya seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Keras Pertamina Pen 60/70.

No	Jenis Pengujian	Hasil Uji	Metode Pengujian	satuan
1	Penetrasi Pada 25°C	68,00	SNI 06-2456-2011	0,1mm
2	Titik Lembek	49	SNI 06-2434-2011	°C
3	Daktalitas 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 hasil pemeriksaan laboratorium diperoleh, aspal keras Pertamina Pen 60/70 memenuhi standart pengujian sebagai bahan ikat campuran beton aspal.

4.2 Pemeriksaan Agregat

4.2.1 Analisis Saringan

Untuk mendapatkan lapis aspal beton (laston) AC-BC yang berkualitas ditentukan dari penyusunan campuran agregat. Bahan terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan sifat dan karakteristiknya. Pemeriksaan agregat diawali dengan pemeriksaan analisis saringan agregat kasar dan agregat halus. Dalam pemeriksaan analisis saringan agregat kasar dan agregat halus mengacu pada (SNI 03-1968-1990). Hasil pemeriksaan analisis saringan dapat dilihat pada Tabel 4.2 – 4.7.

Tabel 4.2: Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat kasar (CA) 1 inch.

No. Saringan	Ukuran (mm)	% lolos saringan
1 ½	37.50	100
1	25.40	100
¾	19.00	75.29
½	12.50	33.27
3/8	9.50	21.83
No. 4	4.75	4.60
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

Tabel 4.3 : Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat kasar (MA) ¾ inch

No. Saringan	Ukuran (mm)	% lolos saringan
1 ½	37.50	100
1	25.40	100
¾	19.00	100
½	12.50	48.7
3/8	9.50	31.59
No. 4	4.75	5.40
No. 8	2.36	2.13
No. 16	1.18	2.13
No. 30	0.60	2.13
No. 50	0.30	2.13
No. 100	0.15	2.13
No. 200	0.075	2.13

Tabel 4.4: Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat kasar (FA) ½ inchi.

No. Saringan	Ukuran (mm)	% lolos saringan
1 ½	37.50	100
1	25.40	100
¾	19.00	100
½	12.50	100
3/8	9.50	87.44
No. 4	4.75	36.56
No. 8	2.36	23.16
No. 16	1.18	14.62
No. 30	0.60	10.24
No. 50	0.30	3.38
No. 100	0.15	3.22
No. 200	0.075	1.66

Tabel 4.5: Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus abu batu (Cr).

No. Saringan	Ukuran (mm)	% lolos saringan
1 ½	37.50	100
1	25.40	100
¾	19.00	100
½	12.50	100
3/8	9.50	100
No. 4	4.75	100.00
No. 8	2.36	79.30
No. 16	1.18	58.10
No. 30	0.60	44.40
No. 50	0.30	17.20
No. 100	0.15	16.90
No. 200	0.075	8.50

Tabel 4.6: Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus (Sand).

No. Saringan	Ukuran (mm)	% lolos saringan
1 ½	37.50	100
1	25.40	100
¾	19.00	100
½	12.50	100
3/8	9.50	100
No. 4	4.75	100.00

Tabel 4.6: *Lanjutan.*

No. Saringan	Ukuran (mm)	% lolos saringan
No. 8	2.36	96.65
No. 16	1.18	87.70
No. 30	0.60	74.70
No. 50	0.30	9.20
No. 100	0.15	7.55
No. 200	0.075	2.00

Tabel 4.7: Hasil pemeriksaan abu boiler cangkang sawit.

No. Saringan	Ukuran (mm)	% lolos saringan
1 ½	37.50	100
1	25.40	100
¾	19.00	100
½	12.50	100
3/8	9.50	100
No. 4	4.75	100.00
No. 8	2.36	100.00
No. 16	1.18	100.00
No. 30	0.60	99.85
No. 50	0.30	99.40
No. 100	0.15	95.60
No. 200	0.075	83.10

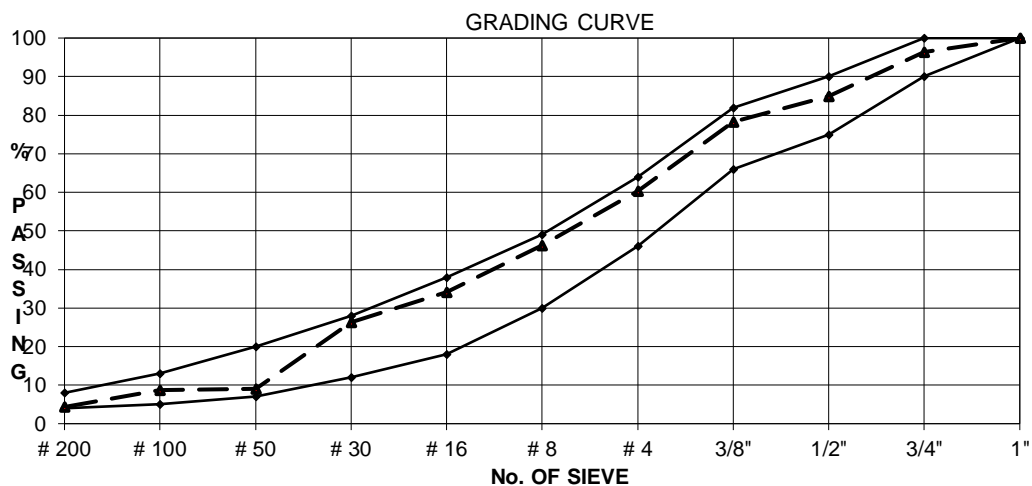
Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat harus memenuhi batas-batas dan khusus untuk Laston harus berada diantar batas atas dan bawah. Dari hasil analisis saringan maka gradasi agregat diperoleh seperti Tabel 4.8 dan Gambar 4.1.

Tabel 4.8: Hasil kombinasi gradasi agregat untuk campuran normal.

No. Saringan	Batas Spesifikasi		Kombinasi Agregat					AVG
			1"	¾"	½"	Cr	Sand	
			15%	10%	25%	45%	5%	
1 ½	100	100	15.00	10.00	25.00	45.00	5.00	100.00
1	100	100	15.00	10.00	25.00	45.00	5.00	100.00
¾	90	100	11.29	10.00	25.00	45.00	5.00	96.29

Tabel 4.8: Lanjutan

No. Saringan	Batas Spesifikasi		Kombinasi Agregat					AVG
			1"	¾"	½"	Cr	Sand	
			15%	10%	25%	45%	5%	100%
½	75	90	4.99	4.87	25.00	45.00	5.00	84.86
3/8	66	82	3.27	3.16	21.86	45.00	5.00	78.29
No. 4	46	64	0.69	0.54	9.14	45.00	5.00	60.37
No. 8	30	49	0.00	0.00	5.79	35.69	4.83	46.31
No. 16	18	38	0.00	0.00	3.66	26.15	4.39	34.19
No. 30	12	28	0.00	0.00	2.56	19.98	3.74	26.28
No. 50	7	20	0.00	0.00	0.85	7.74	0.46	9.05
No. 100	5	13	0.00	0.00	0.81	7.61	0.38	8.79
No. 200	4	8	0.00	0.00	0.42	3.83	0.10	4.34



Gambar 4.1: Grafik hasil kombinasi gradasi agregat.

Dari hasil uji analisis saringan di dapat hasil kombinasi gradasi agregat yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010.

Data persen agregat yang di peroleh:

- Agregat kasar CA 1 inch = 15 %
- Agregat kasar MA ¾ inch = 10 %
- Agregat medium FA ½ inch = 25 %
- Agregat halus abu batu (Cr) = 45 %
- Agregat halus pasir (Sand) = 5 %

Setiap benda uji diperlukan agregat sebanyak ± 1200 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira $63,5 \text{ mm} \pm 1,27 \text{ mm}$.

Aspal = berat sampel x % kadar aspal (*gram*)

CA 1" = (berat sampel-aspal) x % CA 1" (*gram*)

MA $\frac{3}{4}$ " = (berat sampel-aspal) x % MA $\frac{3}{4}$ " (*gram*)

FA $\frac{1}{2}$ " = (berat sampel-aspal) x % FA $\frac{1}{2}$ " (*gram*)

Cr = (berat sampel-aspal) x % Cr (*gram*)

Sand = (berat sampel-aspal) x % Sand (*gram*)

Hasil perhitungan untuk setiap sampel benda uji dengan kadar aspal dari 5% - 7% dapat dilihat pada Tabel 4.9, 4.10, dan Gambar 4.2.

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

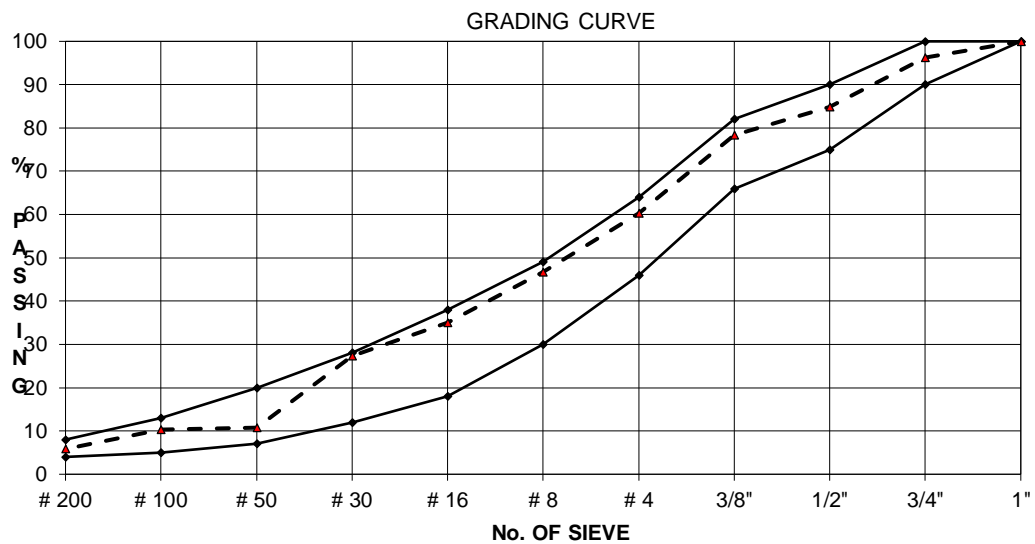
Kadar Aspal (%)	Aspal (gram)	1" (gram)	$\frac{3}{4}$ " (gram)	$\frac{1}{2}$ " (gram)	Abu batu (gram)	Pasir (gram)
5,0%	60	171	114	285,0	513,0	57
5,5%	66	170.1	113.4	283,5	510,3	56.7
6,0%	72	169.2	112.8	282,2	507,6	56.4
6,5%	78	168.3	112.2	280,5	504,9	56.1
7,0%	84	167.4	111,6	279,0	502,2	55.8

Tabel 4.10: Hasil kombinasi gradasi agregat untuk campuran abu cangkang sawit sebanyak 2% pada *filler*.

No. Saringan	Batas Spesifikasi		Kombinasi Agregat					AVG	
			1"	$\frac{3}{4}$ "	$\frac{1}{2}$ "	Cr	Sand		Filler
			15%	10%	25%	43%	5%		2%
1 $\frac{1}{2}$	100	100	15.00	10.00	25.00	43.00	5.00	2.00	100.00
1	100	100	15.00	10.00	25.00	43.00	5.00	2.00	100.00
$\frac{3}{4}$	90	100	11.29	10.00	25.00	43.00	5.00	2.00	96.29
$\frac{1}{2}$	75	90	4.99	4.87	25.00	43.00	5.00	2.00	84.86
$\frac{3}{8}$	66	82	3.27	3.16	21.86	43.00	5.00	2.00	78.29

Tabel 4.10: Lanjutan

No. Saringan	Batas Spesifikasi		Kombinasi Agregat					AVG	
			1"	¾"	½"	Cr	Sand		Filler
			15%	10%	25%	43%	5%		2%
No. 4	46	64	0.69	0.54	9.14	43.00	5.00	2.00	60.37
No. 8	30	49			5.79	34.10	4.83	2.00	46.72
No. 16	18	38			3.66	24.98	4.39	2.00	35.02
No. 30	12	28			2.56	19.09	3.74	2.00	27.38
No. 50	7	20			0.85	7.40	0.46	1.99	10.69
No. 100	5	13			0.81	7.27	0.38	1.91	10.36
No. 200	4	8			0.42	3.66	0.10	1.66	5.83



Gambar 4.2: Grafik hasil kombinasi gradasi agregat

Dari hasil uji analisis saringan di dapat hasil kombinasi gradasi agregat yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010.

Data persen agregat yang di peroleh:

- Agregat kasar CA 1 inch = 15 %
- Agregat kasar MA ¾ inch = 10 %
- Agregat medium FA ½ inch = 25 %
- Agregat halus abu batu (Cr) = 43 %
- Agregat halus pasir = 5 %
- Abu cangkang sawit (*filler*) = 2%

Setiap benda uji diperlukan agregat sebanyak ± 1200 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira $63,5 \text{ mm} \pm 1,27 \text{ mm}$.

Aspal = berat sampel x % kadar aspal (*gram*)

CA 1" = (berat sampel-aspal) x % CA 1" (*gram*)

MA $\frac{3}{4}$ " = (berat sampel-aspal) x % MA $\frac{3}{4}$ " (*gram*)

FA $\frac{1}{2}$ " = (berat sampel-aspal) x % FA $\frac{1}{2}$ " (*gram*)

Cr = (berat sampel-aspal) x % Cr (*gram*)

Sand = (berat sampel-aspal) x % Sand (*gram*)

Filler = (berat sampel – aspal) x % filler (*gram*)

Hasil perhitungan untuk setiap sampel benda uji menggunakan kadar aspal optimum dari aspal normal yaitu 5.95%. Dapat dilihat pada Tabel 4.11, Tabel 4.12 dan Gambar 4.3.

Tabel 4.11: Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji menggunakan filler 2% setelah didapat KAO (kadar aspal optimum).

KAO	Aspal	1"	$\frac{3}{4}$ "	$\frac{1}{2}$ "	Abu batu	Pasir	filler
(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)
5.95%	71.4	169.3	112.9	282.2	485.3	56.4	22.6

Dari hasil uji analisis saringan di dapat hasil kombinasi gradasi agregat yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010.

Data persen agregat yang di peroleh:

- Agregat kasar CA 1 inch = 15 %
- Agregat kasar MA $\frac{3}{4}$ inch = 10 %
- Agregat medium FA $\frac{1}{2}$ inch = 25 %
- Agregat halus abu batu (Cr) = 45 %
- Agregat halus pasir = 5 %

Dalam pengujian KAO+Crumb Rubber setiap benda uji diperlukan agregat lebih dari 1200 gram karena terjadi penambahan *crumb rubber*, dimana *crumb rubber* memiliki variasi 3%-7% sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira $63,5 \text{ mm} \pm 1,27 \text{ mm}$.

- Aspal = berat sampel x % kadar aspal (*gram*)
 CA 1” = (berat sampel-aspal) x % CA 1” (*gram*)
 MA ¾” = (berat sampel-aspal) x % MA ¾” (*gram*)
 FA ½” = (berat sampel-aspal) x % FA ½” (*gram*)
 Cr = (berat sampel-aspal) x % Cr (*gram*)
 Sand = (berat sampel-aspal) x % Sand (*gram*)
 Filler = (berat sampel – aspal) x % filler (*gram*)
 Crumb Rubber = (% Crumb Rubber x aspal) (*gram*)

Hasil perhitungan untuk setiap sampel benda uji menggunakan kadar aspal optimum dari aspal normal yaitu 5.95%. Dapat dilihat pada Tabel 4.13, Tabel 4.12 dan Gambar 4.3.

Tabel 4.12: Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji campuran *crumb rubber* + KAO.

KAO (gr)		Crumb Rubber (gr)		Ca (gr)	Ma (gr)	Fa (gr)	Cr (gr)	Pasir (gr)	Total Berat (gr)
5,85%	70,20	3%	2,14	169,3	112,9	282,2	507,9	56,4	1202,14
5,85%	70,20	4%	2,86	169,3	112,9	282,2	507,9	56,4	1202,86
5,85%	70,20	5%	3,57	169,3	112,9	282,2	507,9	56,4	1203,57
5,85%	70,20	6%	4,28	169,3	112,9	282,2	507,9	56,4	1204,28
5,85%	70,20	7%	5,00	169,3	112,9	282,2	507,9	56,4	1205,00

Tabel 4.13: Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji campuran *crumb rubber* + KAO + filler.

KAO		Crumb Rubber		Ca	Ma	Fa	Cr	Fill er	Pasi r	Total Berat
5,85%	70,20	3%	2,14	169,	112,	282,	485,	22,	56,4	1202,1
	0			3	9	2	3	6		4
5,85%	70,20	4%	2,86	169,	112,	282,	485,	22,	56,4	1202,8
	0			3	9	2	3	6		6

Tabel 4.13: *Lanjutan*

KAO		Crumb Rubber		Ca	Ma	Fa	Cr	Filler	Pasir	Total Berat
5,85%	70,20	5%	3,57	169,3	112,9	282,2	485,3	22,6	56,4	1203,57
5,85%	70,20	6%	4,28	169,3	112,9	282,2	485,3	22,6	56,4	1204,28
5,85%	70,20	7%	5,00	169,3	112,9	282,2	485,3	22,6	56,4	1205,00

4.2.2 Perhitungan Berat Jenis Agregat

1. Berat jenis agregat CA 1 inch

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel:

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{4921}{4938-3102} = 2,680\text{gr}$$

$$\text{Berat Jenis kering permukaan jenuh} = \frac{4938}{4938-3102} = 2,690\text{gr}$$

$$\text{Berat Jenis semu} = \frac{4921}{4921-3102} = 2,705\text{gr}$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{4938-4921}{4921} \times 100\% = 0,345\%$$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran 11 dan rekapitulasi data hasil pengujian agregat CA 1 inch dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14: Data hasil pengujian berat jenis agregat kasar CA 1 inch.

Perhitungan	I	II	Rata-Rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,680	2,685	2,683
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	2,690	2,696	2,693
Berat jenis semu (Ss)	2,705	2,716	2,711
Penyerapan (Sw)	0,345	0,426	0,386

2. Berat jenis agregat MA ¾ inch

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel:

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Curah} &= \frac{2943}{2958-1876} = 2,720 \text{ gr} \\ \text{Berat Jenis kering permukaan jenuh} &= \frac{2958}{2958-1876} = 2,734 \text{ gr} \\ \text{Berat Jenis semu} &= \frac{2943}{2943-1876} = 2,758 \text{ gr} \\ \text{Penyerapan} &= \frac{2943-2958}{2958} \times 100\% = 0,510 \% \end{aligned}$$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran 12 dan rekapitulasi data hasil pengujian agregat CA ¾ inch dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15: Data hasil pengujian berat jenis agregat kasar MA ¾ inch.

Perhitungan	I	II	Rata-Rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,720	2,713	2,716
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	2,734	2,725	2,729
Berat jenis semu (Ss)	2,758	2,746	2,752
Penyerapan (Sw)	1,146	0,978	0,476

3. Berat jenis agregat FA ½ inch

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel:

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Curah} &= \frac{1892}{1903-1172} = 2,588 \text{ gr} \\ \text{Berat Jenis kering permukaan jenuh} &= \frac{1903}{1903-1172} = 2,603 \text{ gr} \\ \text{Berat Jenis semu} &= \frac{1892}{1892-1172} = 2,628 \text{ gr} \\ \text{Penyerapan} &= \frac{1903-1892}{1892} \times 100\% = 0,581 \% \end{aligned}$$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran 12 dan rekapitulasi data hasil pengujian agregat MA ½ inch dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Table 4.16: Data hasil pengujian berat jenis agregat Medium FA ½ inch.

Perhitungan	I	II	Rata-Rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,588	2,587	2,588
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	2,603	2,602	2,603
Berat jenis semu (Ss)	2,628	2,627	2,627
Penyerapan (Sw)	0,581	0,583	0,582

4. Berat jenis agregat halus abu batu (Cr)

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel:

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Curah} &= \frac{492}{671+500-979} = 2,56 \text{ gr} \\ \text{Berat Jenis kering permukaan jenuh} &= \frac{500}{671+500-979} = 2,60 \text{ gr} \\ \text{Berat jenis semu} &= \frac{492}{671+492-979} = 2,67 \text{ gr} \\ \text{Penyerapan} &= \frac{(500-492)}{492} \times 100\% = 1,63 \text{ \%} \end{aligned}$$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran 10 dan rekapitulasi data hasil pengujian abu batu dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17: Data pengujian berat jenis agregat halus abu batu (Cr).

Perhitungan	I	II	Rata-Rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,56	2,59	2,578
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	2,60	2,65	2,625
Berat jenis semu (Ss)	2,67	2,74	2,706
Penyerapan (Sw)	1,63	2,040	1,833

5. Berat jenis agregat halus pasir

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel:

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Curah} &= \frac{495}{663+500-971} = 2,58 \text{ gr} \\ \text{Berat Jenis kering permukaan jenuh} &= \frac{500}{663+500-971} = 2,60 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis semu} &= \frac{495}{663+495-971} = 2,65 \text{ gr} \\ \text{Penyerapan} &= \frac{(500-495)}{495} \times 100\% = 1,01 \text{ \%} \end{aligned}$$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran 12 dan rekapitulasi data hasil pengujian pasir dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18: Data pengujian berat jenis agregat halus pasir (*Sand*).

Perhitungan	I	II	Rata-Rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,58	2,44	2,511
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	2,60	2,46	2,534
Berat jenis semu (Ss)	2,65	2,49	2,570
Penyerapan (Sw)	1,01	0,81	0,908

6. Berat jenis agregat halus abu cangkang sawit (*filler*)

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel:

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Curah} &= \frac{492}{669+500-1025} = 3,42 \text{ gr} \\ \text{Berat Jenis kering permukaan jenuh} &= \frac{500}{669+500-1025} = 3,47 \text{ gr} \\ \text{Berat jenis semu} &= \frac{492}{669+492-1025} = 1,835 \text{ gr} \\ \text{Penyerapan} &= \frac{(500-492)}{492} \times 100\% = 1,63 \text{ \%} \end{aligned}$$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran 13 dan rekapitulasi data hasil pengujian agregat halus abu cangkang sawit dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19: Data pengujian berat jenis agregat halus abu cangkang sawit (*filler*).

Perhitungan	I	II	Rata-Rata
Berat jenis curah kering (Sd)	3,42	3,48	3,446
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	3,47	3,55	3,509
Berat jenis semu (Ss)	3,62	3,74	3,679

Penyerapan (Sw)	1,63	2,04	1,833
-----------------	------	------	-------

4.3 Pemeriksaan Benda Uji

4.3.1 Perhitungan Parameter Pengujian dan Pemeriksaan Uji *Marshall*

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 = 5,3 %
- b. Persentase aspal terhadap campuran = 5 %
- c. Berat sampel kering = 1195 gr
- d. Berat sampel jenuh = 1201 gr
- e. Berat sampel dalam air = 683 gr

- f. Volume sampel = 1201 – 683
= 518 cc
- g. Berat isi sampel = 1195 / 518
= 2,306 gr/cc
- h. Berat jenis maksimum = $\frac{100}{\left(\frac{95\%}{2,645}\right) - \left(\frac{5\%}{1,035}\right)}$
= 2,454 %

- i. Persentase volume aspal = $\frac{5\% \times 2,306}{1,035}$
= 11,141 %
- j. Persentase volume agregat = $\frac{(100-5\%) \times 2,306}{2,645}$
= 84,123 %
- k. Persentase rongga terhadap campuran = $100 - \left(\frac{100 \times 2,306}{2,454}\right)$
= 5,991 %
- l. Persentase rongga terhadap agregat = $100 - \left(\frac{2,306 \times 5\%}{2,645}\right)$
= 15,877 %

- m. Persentase rongga terisi aspal $= 100 \times \left(\frac{15,877 - 5,991}{15,877} \right)$
 $= 62,264 \%$
- n. Kadar aspal efektif $= 4,437$
- o. Pembacaan arloji stabilitas $= 112$
- p. Kalibrasi proving ring $= (7,693 \times 112) + 0,316$
 $= 862$
- q. Stabilitas akhir $= (134434 \times 509^{-1,8897}) \times 862$
 $= 889$
- r. Kelelahan $= 2,80 \text{ mm}$

Dari hasil pengujian *Marshall* yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara mendapatkan nilai Berat Isi (*Bulk Density*), stabilitas (*Stability*), Persentase Rongga Terhadap Campuran (*Air Voids*), Persentase Rongga Terisi Aspal (*Voids Filled*), Persentase Rongga Terhadap Agregat (*VMA*), kelelahan (*Flow*) untuk campuran aspal normal, penggunaan KAO+cangkang sawit pada *filler* 2%, KAO+*Crumb Rubber*, dan KAO+*Crumb Rubber*+ *filler* 2%.

1. *Bulk density*

$$\begin{aligned} \text{Bulk density} &= \frac{\text{sampel 1} + \text{sampel 2} + \text{sampel 3}}{3} \\ &= \frac{2.307 + 2.305 + 2.308}{3} \\ &= 2.307 \end{aligned}$$

2. *Stability*

$$\begin{aligned} \text{Stability} &= \frac{\text{sampel 1} + \text{sampel 2} + \text{sampel 3}}{3} \\ &= \frac{860 + 930 + 887}{3} \\ &= 892 \end{aligned}$$

3. *Air voids*

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{sampel 1} + \text{sampel 2} + \text{sampel 3}}{3} \\ &= \frac{5,991 + 6,070 + 5,967}{3} \\ &= 6,010 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4. \text{ Voids filled} &= \frac{\text{sampel 1+sampel 2+sampel 3}}{3} \\
 &= \frac{62,264+61,938+62,366}{3} \\
 &= 62,189
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5. \text{ VMA} &= \frac{\text{sampel 1+sampel 2+sampel 3}}{3} \\
 &= \frac{15,877+15,948+15,856}{3} \\
 &= 15,893
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 6. \text{ Flow} &= \frac{\text{sampel 1+sampel 2+sampel 3}}{3} \\
 &= \frac{2,80+2,90+2,60}{3} \\
 &= 2,77
 \end{aligned}$$

Data selengkapnya dapat dilihat pada daftar lampiran 14, 18, 22 dan rekapitulasi dari hasil pengujian dapat dilihat di Tabel 4.14 - 4.23.

Tabel 4.20: Hasil Uji Marshall Campuran Beton Aspal tanpa menggunakan *filler*.

% asphal by Total Mix	Bulk Density (gr/cc)	Stability (kg)	Air Voids (%)	Voids Filleds (%)	VMA (%)	Flow (mm)
5.00	2.307	892	6.01	62.19	15.89	2.77
5.50	2.291	900	5.98	64.66	16.91	2.97
6.00	2.329	944	3.74	77.15	16.40	4.13
6.50	2.318	947	3.51	79.58	17.24	4.47
7.00	2.303	880	3.47	80.95	18.22	4.87

Tabel 4.21: Hasil Uji Marshall Campuran Beton Aspal Menggunakan *filler* 2% setelah didapat KAO dari pengujian aspal normal sebesar 5.85%.

% asphal by Total Mix	Filler	Bulk Density (gr/cc)	Stability (kg)	Air Voids (%)	Voids Filleeds (%)	VMA (%)	Flow (mm)
5.85	2.0%	2.311	819	3.28	78.55	15.30	2.15

Tabel 4.22: Hasil Uji Marshall Campuran Beton Aspal Menggunakan *crumb rubber* setelah didapat KAO dari pengujian aspal normal sebesar 5.85%.

% asphal by Total Mix	% Crumb Rubber	Bulk Density (gr/cc)	Stability (kg)	Air Voids (%)	Voids Filleeds (%)	VMA (%)	Flow (mm)
5.85	3.0%	2.278	702	5.88	66.92	17.75	4.29
5.85	4.0%	2.255	674	6.85	63.21	18.59	4.57
5.85	5.0%	2.225	667	8.11	59.64	20.09	4.82
5.85	6.0%	2.212	653	8.62	58.06	20.54	5.12
5.85	7.0%	2.193	617	9.42	55.61	21.23	5.65

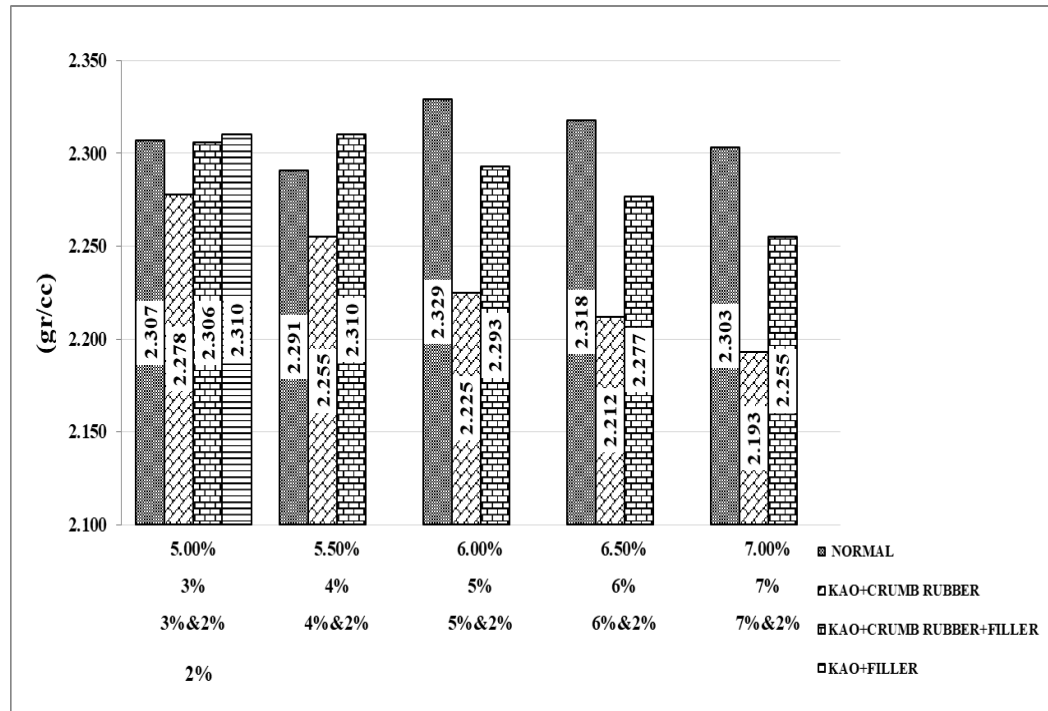
Tabel 4.23: Hasil Uji Marshall Campuran Beton Aspal Menggunakan *crumb rubber* dan *filler* 2% setelah didapat KAO dari pengujian aspal normal sebesar 5.85%.

% asphal by Total Mix	% Crumb Rubber	Bulk Density (gr/cc)	Stability (kg)	Air Voids (%)	Voids Filleeds (%)	VMA (%)	Flow (mm)
5.85	3.0%	2.306	891	3.65	76.35	15.41	2.98
5.85	4.0%	2.310	809	3.47	77.73	15.25	3.32
5.85	5.0%	2.293	746	4.19	74.31	16.31	4.24
5.85	6.0%	2.277	731	4.84	71.43	16.87	4.48

5.85	7.0%	2.255	699	5.76	67.51	17.67	4.88
------	------	-------	-----	------	-------	-------	------

4.3.1.1 Bulk Density

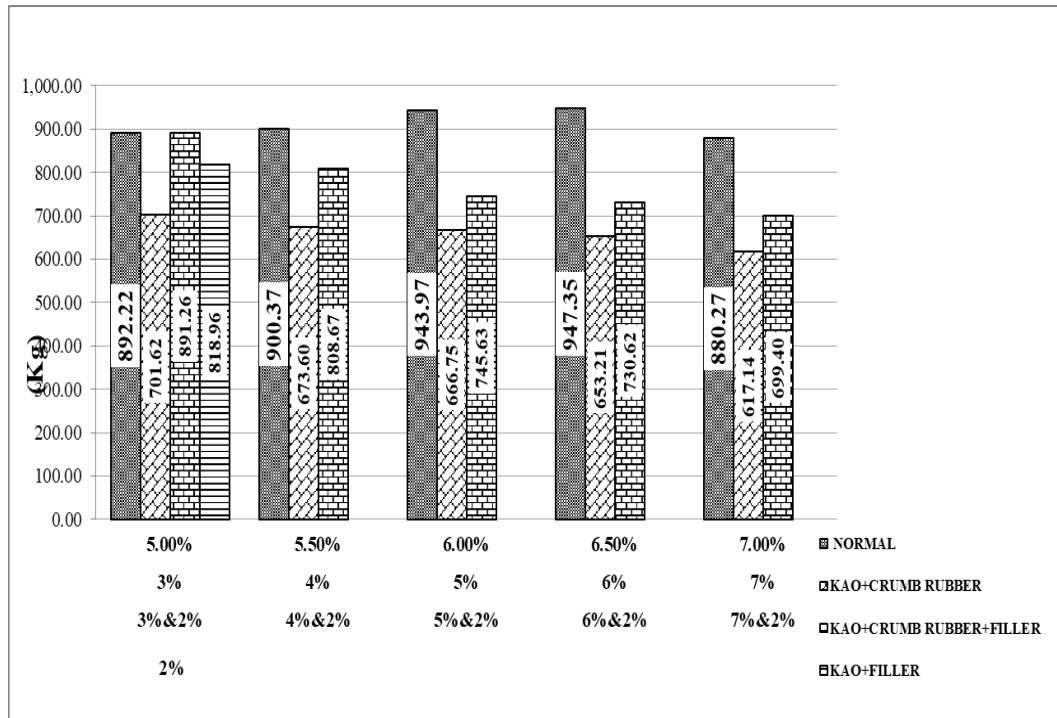
Dari hasil percobaan didapat nilai *Bulk Density* antara aspal standar, KAO+*filler* 2%, KAO+*crumb rubber*, KAO+*crumb rubber*+*filler* 2%. Untuk melihat perbandingannya dapat dilihat pada grafik gambar 4.3.



Gambar 4.3: Grafik perbandingan nilai *Bulk Density* antara campuran aspal standar, KAO+*filler* 2%, KAO+*crumb rubber*, KAO+*crumb rubber*+*filler* 2%.

4.3.1.2 Stabilitas Marshall

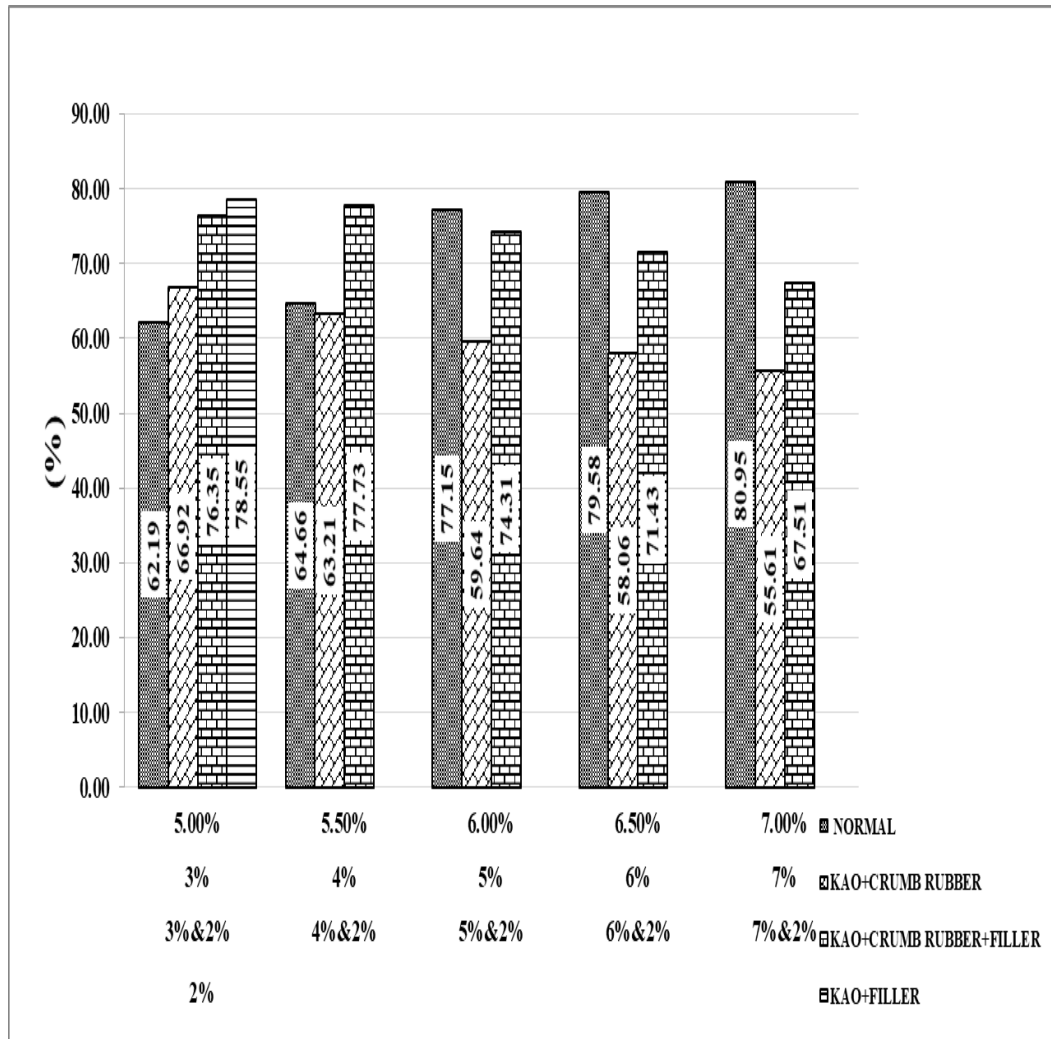
Dari hasil percobaan didapat nilai stabilitas antara aspal standar, KAO+*filler* 2%, KAO+*crumb rubber*, KAO+*crumb rubber*+*filler* 2%. Untuk melihat perbandingannya dapat dilihat pada grafik gambar 4.4.



Gambar 4.4: Grafik perbandingan nilai *Stability* antara campuran aspal standar, KAO+filler 2%, KAO+crumb rubber, KAO+crumb rubber+filler 2%.

4.3.1.3 Rongga Terisi Aspal (*Void Fill Bitumen/VFB*)

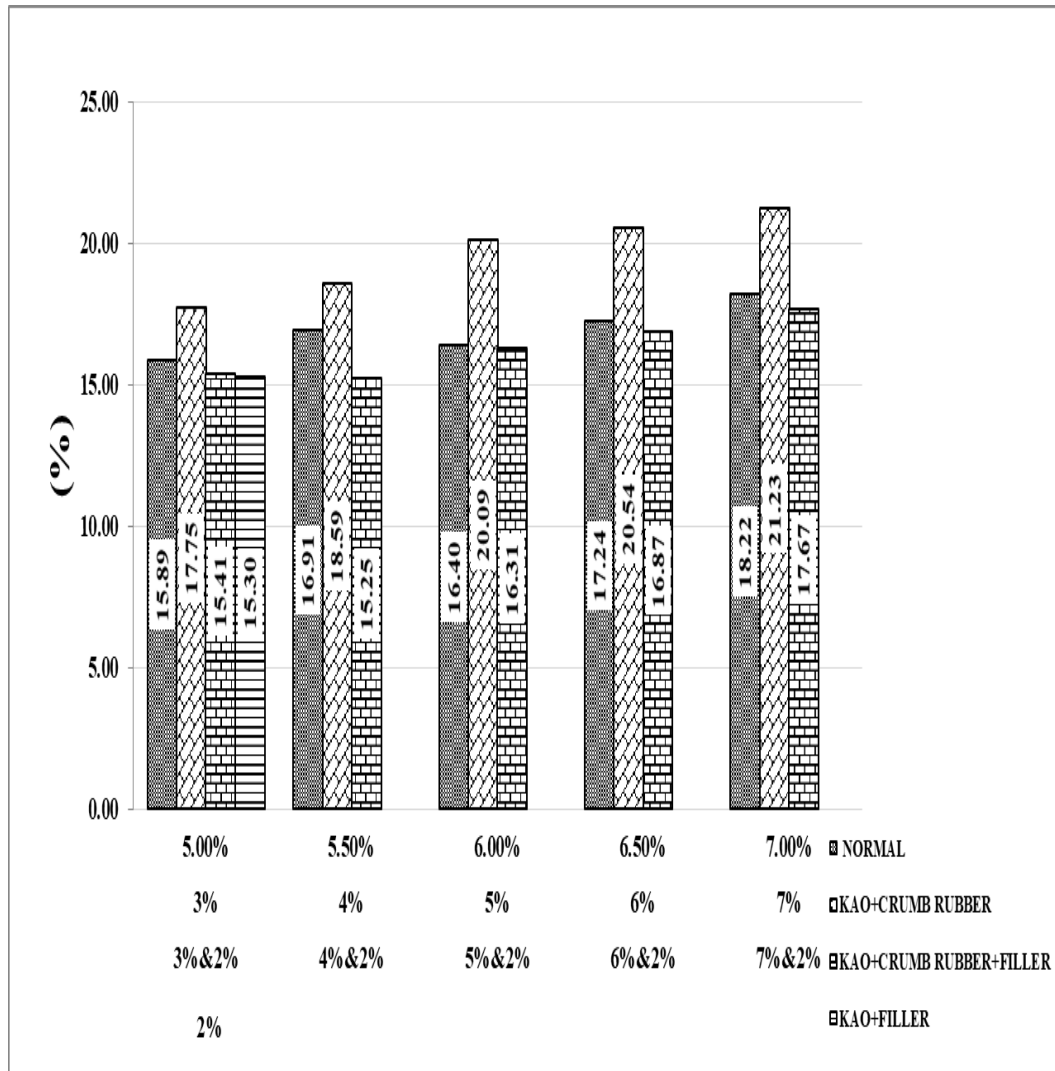
Dari hasil percobaan didapat nilai VFB antara aspal standar, KAO+filler 2%, KAO+crumb rubber, KAO+crumb rubber+filler 2%. Untuk melihat perbandingannya dapat dilihat pada grafik gambar 4.5.



Gambar 4.5: Grafik perbandingan nilai VFB campuran aspal standar, KAO+filler 2%, KAO+crumb rubber, KAO+crumb rubber+filler 2%.

4.3.1.4 Rongga Dalam Mineral Agregat (*Void in mineral agregat/VMA*)

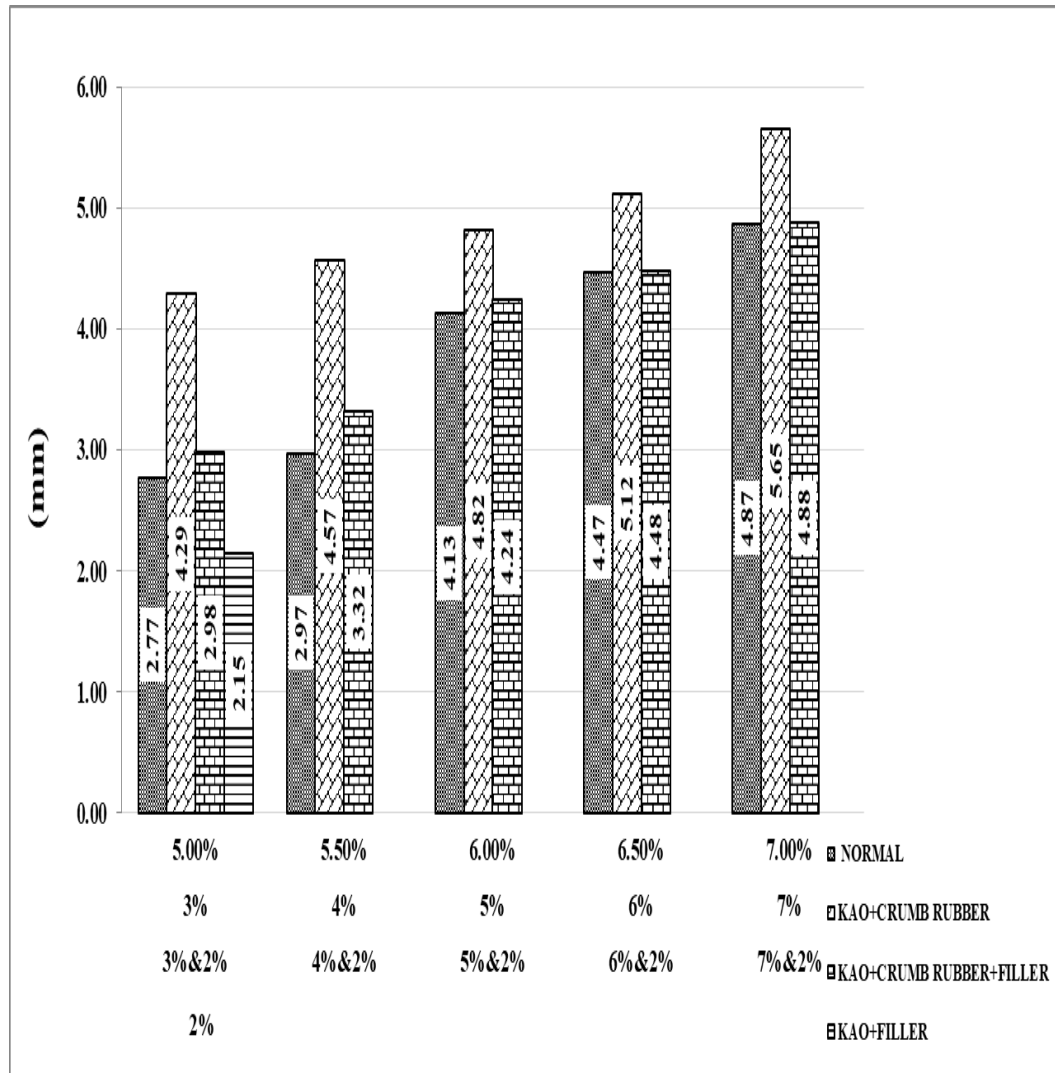
Dari hasil percobaan didapat nilai VMA antara aspal standar, KAO+filler 2%, KAO+crumb rubber, KAO+crumb rubber+filler 2%. Untuk melihat perbandingannya dapat dilihat pada grafik gambar 4.6.



Gambar 4.6: Grafik perbandingan nilai VMA antara campuran aspal standar, KAO+filler 2%, KAO+crumb rubber, KAO+crumb rubber+filler 2%.

4.3.1.5 Kelelahan (*Flow*)

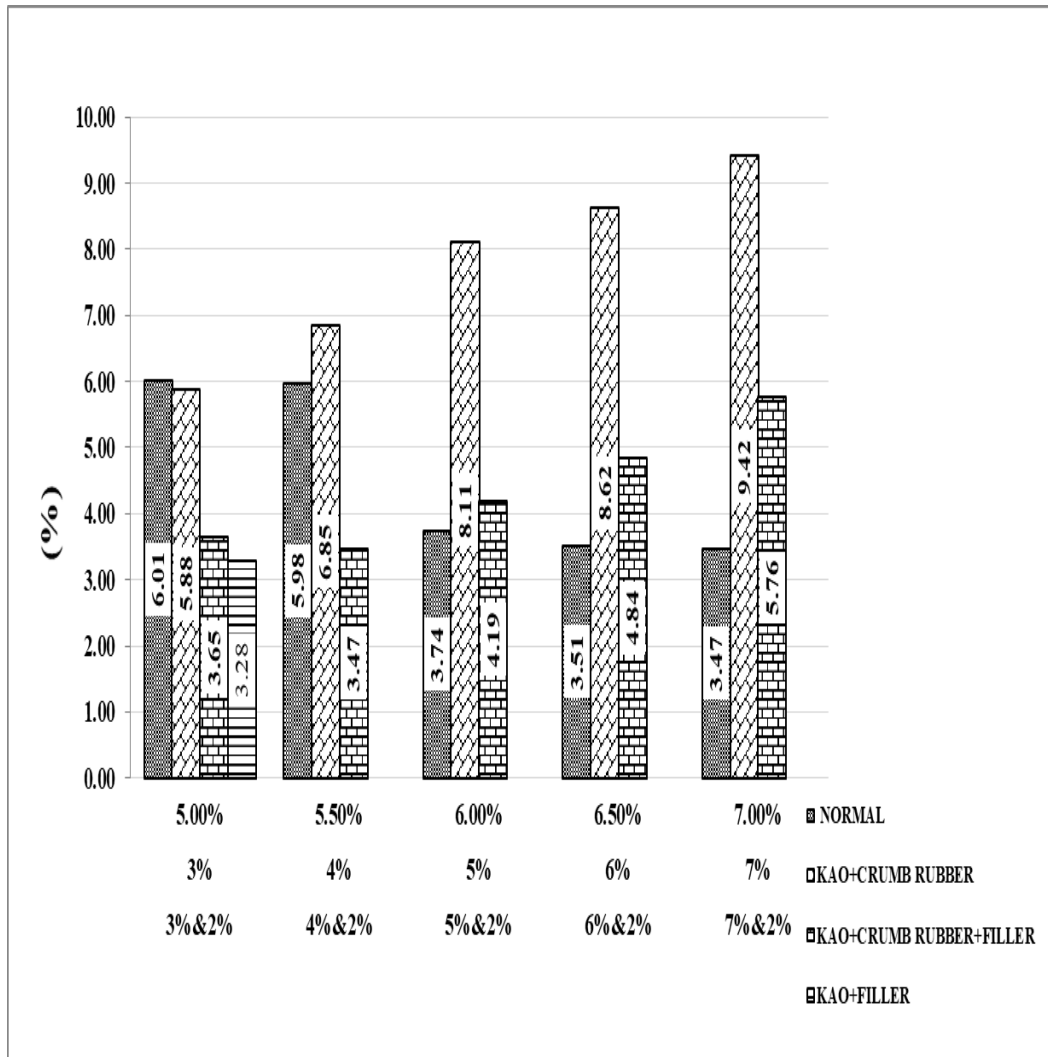
Dari hasil percobaan didapat nilai *flow* antara aspal standar, KAO+filler 2%, KAO+crumb rubber, KAO+crumb rubber+filler 2%. Untuk melihat perbandingannya dapat dilihat pada grafik gambar 4.7.



Gambar 4.7: Grafik nilai flow antara campuran aspal standar, KAO+filler 2%, KAO+crumb rubber, KAO+crumb rubber+filler 2%.

4.3.1.6 Rongga Dalam Campuran (*Voids in Mix Marshall/VIM*)

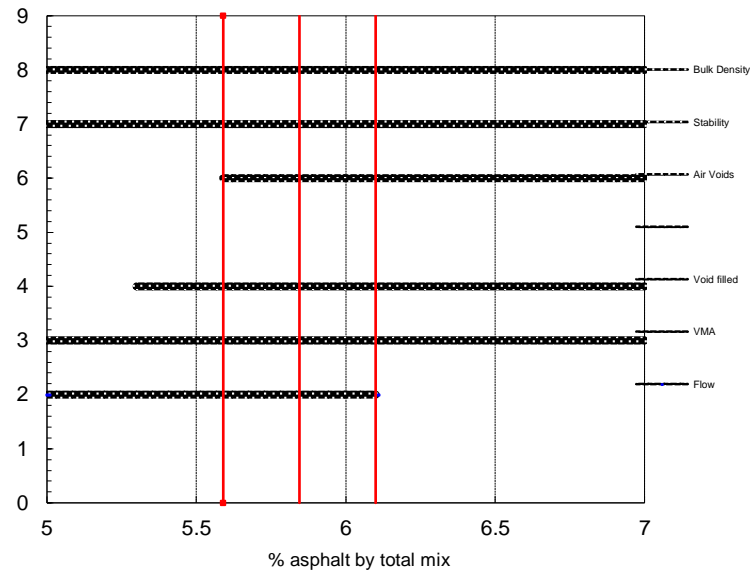
Dari hasil percobaan didapat nilai VIM antara aspal standar, KAO+filler 2%, KAO+crumb rubber, KAO+crumb rubber+filler 2%. Untuk melihat perbandingannya dapat dilihat pada grafik gambar 4.8.



Gambar 4.8: Grafik nilai VIM antara campuran aspal standar, KAO+*filler* 2%, KAO+*crumb rubber*, KAO+*crumb rubber*+*filler* 2%.

4.3.1.7 Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum adalah kadar aspal dari hasil pengujian *Marshall* yang memenuhi persyaratan batas spesifikasi stabilitas, *Flow*, VIM, VFB campuran beton aspal sehingga didapat batas koridor dan diambil tengah dari koridor tersebut. Hasil pengujian *Marshall* kadar aspal optimum campuran normal dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9: Rentang kadar aspal untuk beton aspal standar.

Dari Gambar 4.9, bisa dilihat batas toleransi nilai efektif yang diperbolehkan untuk suatu pembuatan campuran beton aspal berdasarkan bahan susun yang tanpa menggunakan campuran aspal standar, dengan agregat seperti pada Tabel 4.24.

4.3.1.8 Hasil Pada Kondisi Optimum

Hasil pengujian *Marshall* pada kondisi aspal optimum pada campuran beton aspal standar dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24: Hasil pengujian *Marshall* aspal standar dalam keadaan optimum.

Bulk density	Stability	Flow	Air voids	Voids filled	VMA	Asphalt
2.317	938	3.72	4.51	72.95	16.61	5.85

Tabel 4.25: Hasil pengujian *Marshall* KAO+crumb rubber.

% asphal by Total Mix	% Crumb Rubber	Bulk Density (gr/cc)	Stability (kg)	Air Voids (%)	Voids Filled (%)	VMA (%)	Flow (mm)
5.85	3.0%	2.278	701.62	5.88	66.92	17.75	4.29

Tabel 4.25: *Lanjutan.*

% asphal by Total Mix	% Crumb Rubber	Bulk Density (gr/cc)	Stability (kg)	Air Voids (%)	Voids Filleds (%)	VMA (%)	Flow (mm)
5.85	4.0%	2.255	673.60	6.85	63.21	18.59	4.57
5.85	5.0%	2.225	666.75	8.11	59.64	20.09	4.82
5.85	6.0%	2.212	653.21	8.62	58.06	20.54	5.12
5.85	7.0%	2.193	617.14	9.42	55.61	21.23	5.65

Tabel 4.26: Hasil pengujian *Marshall KAO+filler 2%*.

% asphal by Total Mix	Filler	Bulk Density (gr/cc)	Stability (kg)	Air Voids (%)	Voids Filleds (%)	VMA (%)	Flow (mm)
5.85	2.0%	2.311	819	3.28	78.55	15.30	2.15

Tabel 4.27: Hasil pengujian *Marshall KAO+filler 2%+crumb rubber.*

% asphal by Total Mix	% Crumb Rubber	Bulk Density (gr/cc)	Stability (kg)	Air Voids (%)	Voids Filleds (%)	VMA (%)	Flow (mm)
5.85	3.0%	2.306	891.26	3.65	76.35	15.41	2.98
5.85	4.0%	2.310	808.67	3.47	77.73	15.25	3.32
5.85	5.0%	2.293	745.63	4.19	74.31	16.31	4.24
5.85	6.0%	2.277	730.62	4.84	71.43	16.87	4.48
5.85	7.0%	2.255	699.40	5.76	67.51	17.67	4.88

4.4. Pembahasan dan Analisis

4.4.1. Perbandingan Sifat *Marshall*

Dari hasil pengujian KAO+*crumb rubber*, KAO+*filler 2%* dan KAO+*crumb rubber+filler 2%* dapat dilihat perbandingan pada tabel 4.24-4.27.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

1. Setelah dilakukan pengujian terhadap nilai-nilai marshall pada campuran aspal normal, KAO+*crumb rubber*, KAO+*filler* 2% dan KAO+*crumb rubber+filler* 2%. Dapat disimpulkan bahwa campuran aspal normal memenuhi spesifikasi Dinas Bina Marga 2010, namun pada campuran KAO+*crumb rubber*, KAO+*filler* 2% tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga, namun pada pengujian KAO+*crumb rubber+filler* 2% dengan penambahan *crumb rubber* 3% dan 4% memenuhi spesifikasi Bina Marga.
2. Berikutnya dari hasil pengujian KAO+*crumb rubber*, KAO+*filler* 2% dan KAO+*crumb rubber+filler* 2% dapat dibandingkan dengan campuran aspal normal, dimana dari hasil penelitian terhadap nilai-nilai marshall, aspal normal lebih baik, namun pada hasil pengujian KAO+*crumb rubber+filler* 2% dengan penambahan *crumb rubber* 3% dan 4% mampu mengimbangi aspal standar, dan menguntungkan karena menggunakan parutan limbah ban bekas.
3. Nilai-nilai marshall pada campuran KAO+*crumb rubber* 3% dan 4%+*filler* 2% sebagai berikut: bulk density (2.306, 2.310), stability (891.26, 808,67), air voids (3.65, 3.47), voids filleds (76.35, 77.73), VMA (15.41, 15.25), flow (2.98, 3.32). Setelah disimpulkan penggunaan KAO+*crumb rubber* 3% dan 4%+*filler* 2% lebih efisien digunakan karena memiliki tingkat elastisitas tinggi, mampu menahan air, dan memanfaatkan limbah ban bekas.

5.2. Saran

Dari hasil selama penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara timbul beberapa saran yang perlu dipertimbangkan sebagai berikut:

1. Diperlukannya kelayakan alat-alat pada laboratorium agar mampu mendapatkan hasil yang terbaik.
2. Diperlukannya ketelitian pada saat pengujian *Marshall Test* untuk memperkecil terjadinya kesalahan pada saat pengujian.
3. Dan diperlukannya ketelitian disetiap pengerjaan pada saat penelitian dilaboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga (2010) *Spesifikasi Umum 2010 Rev 3, Campuran Beraspal Panas*
- DE Khairani Cut, 2018, *Uji Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) Dengan Tambahan Parutan Ban Bekas*. Tugas Akhir Magister Universitas Syiah Kuala.
- Departemen Pekerjaan Umum (1987), *Petunjuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metode analisa komponen*.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (DPPW) (2002), *Manual pekerjaan campuran beraspal panas*.
- H. Oglesby, Clarkson. 1999, *Teknik Jalan Raya (ahli bahasa) Jilid 1*
- Kurniawandy (2012), *Pengamatan Secara Visual Abu Cangkang Sawit*.
- RSNI.M-01-2003, *Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas Dengan Alat Marshall*.
- Silvia Sukirman (1999), *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova.
- SNI 03-1968-1990, *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar*.
- SNI 1969:2008, *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar dan Halus*.
- SNI 2432:2011, *Cara Uji Penetrasi Aspal*.

LAMPIRAN



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA
UTARA

Jl. Kapt. Mukhtar Basri BA, No. 3 Medan

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : DENNY AZHARI
NPM : 1407210205
KELAS : B1 PAGI
JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN CRUMB RUBBER SEBAGAI BAHAN PENAMBAH ASPAL DENGAN FILLER ABU CANGLANG SAWIT UNTUK CAMPURAN ASPHALT CONCRETE-BINDER COURSE (AC-BC)

TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
7/6 2018	Periksa propertis agregat - Gradasi - Bentuk jenis dan penyerapan	af.
20/6 2018	Periksa gradasi gabungan agregat	af.
18/7 2018	Rencanakan pembuatan benda uji	af.

DOSEN PEMBIMBING I

(MUHAMMAD HUSIN GULTOM, ST,MT)



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA
UTARA

Jl. Kapt. Mukhtar Basri BA, No. 3 Medan

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : DENNY AZHARI
NPM : 1407210205
KELAS : B1 PAGI
JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN *CRUMB RUBBER* SEBAGAI BAHAN PENAMBAH ASPAL DENGAN *FILLER* ABU CANGLANG SAWIT UNTUK CAMPURAN *ASPHALT CONCRETE-BINDER COURSE (AC-BC)*

TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
10 10 2018	Periksa hitungan kadar aspal optimum	cf.
24 12 2018	Bea seminar	cf.

DOSEN PEMBIMBING I

(MUHAMMAD HUSIN GULTOM, ST,MT)



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA
UTARA

Jl. Kapt. Mukhtar Basri BA, No. 3 Medan

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : DENNY AZHARI
NPM : 1407210205
KELAS : B1 PAGI
JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN
CRUMB RUBBER SEBAGAI BAHAN
PENAMBAH ASPAL DENGAN ABU
CANGKANG SAWIT SEBAGAI *FILLER*
UNTUK CAMPURAN *ASPHALT*
CONCRETE - BINDER COURSE (AC-BC)

TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
30-7-2018	<p>- Isi Bab 1 diasistensikan ke Pembimbing I terlebih dahulu ; - Bhs Inggris / Bhs Asing di tulis ming - Isi penulisan di ini diasistensikan ke Pembimbing I</p>	

DOSEN PEMBIMBING 2

(Ir. ZURKIYAH, MT)



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA
UTARA

Jl. Kapt. Mukhtar Basri BA, No. 3 Medan

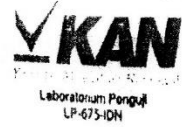
LEMBAR ASISTENSI

NAMA : DENNY AZHARI
NPM : 1407210205
KELAS : BI PAGI
JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN *CRUMB RUBBER* SEBAGAI BAHAN PENAMBAH ASPAL DENGAN *FILLER ABU CANGLANG SAWIT* UNTUK CAMPURAN *ASPHALT CONCRETE-BINDER COURSE (AC-BC)*

TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
10-12-2018	- Peringatan & pertaja latar belakang. - Bab 10 isi TA di asistensikan ke Pembaby 1 - Perbaiki sesuai koneksi isi	
7-1-2018	- Abstrak dan b. logis di buat - Kata pengantar di buat - Perbaiki beberapa tabel. - semua tabel layout di perbaiki	
9-1-2018	Acc U/ seminar	

DOSEN PEMBIMBING II

(Ir.ZURKIYAH, MT)



LAPORAN HASIL PENGUJIAN


- 1 Pengujian No. : 1232-3 /LAB.BPPJN-I/VI/2018
- 2 Paket : PELEBARAN JALAN Bts. KOTA MEDAN-TEMBUNG-LUBUK PAKAM (MYC)
- 3 Pelanggan : PT BANGUN CIPTA KONTRAKTOR
- 4 Quarry : -
- 5 Penerimaan Contoh Uji : Dikirim oleh pelanggan
- 6 Kemasan Contoh Uji : Kaleng

No	Jenis Pengujian	Hasil Uji	Metode Pengujian	Satuan
1	Penetrasi pada 25°C	68.00	SNI 06-2456-2011	0,1 mm
2	Titik Lembek	49	SNI 06-2434-2011	°C
3	Daktilitas pada 25°C, 5 cm/menit	135	SNI 06-2432-2011	cm
4	Titik Nyala	-	SNI 06-2433-2011	°C
5	Berat Jenis	1.035	SNI 06-2441-2011	

Keberlakuan Data


- Hasil pengujian hanya berlaku untuk contoh uji yang diterima di Laboratorium Pengujian Bahan Konstruksi Jalan dan Jembatan BPPJN - I Medan
- Dilarang menerbitkan kembali dan menggandakan laporan ini tanpa persetujuan dari Laboratorium Pengujian Bahan Konstruksi Jalan dan Jembatan BPPJN - I Medan

Diproses Oleh:


Indianto Purba, ST
 Penyelia

Medan, 27 Juni 2018

Diperiksa Oleh

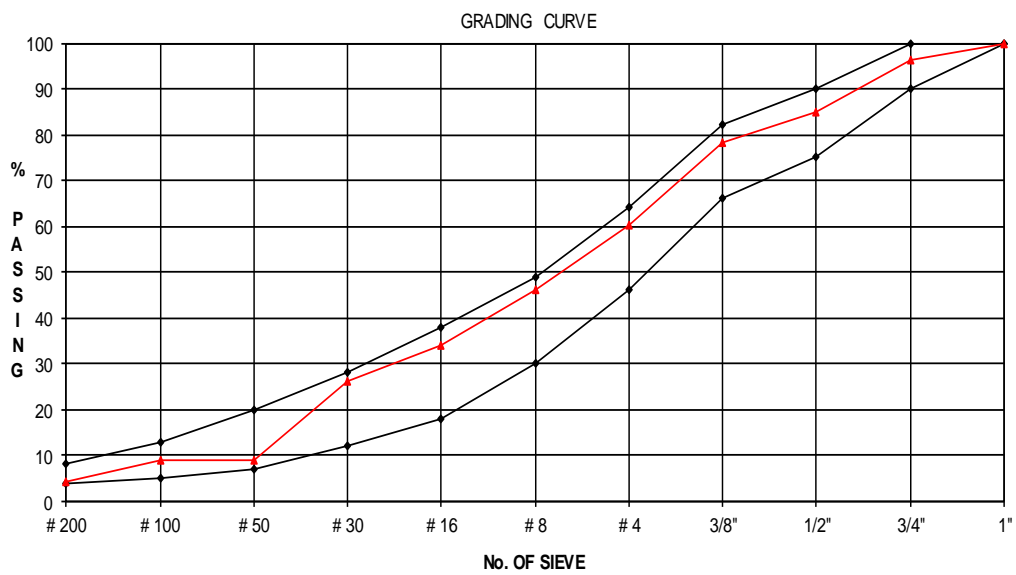

Ir. James Simamora, M.MT
 Manajer Teknik



Denny Azhari
1407210205

ANALISA SARINGAN

SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT		SIEVE SIZE	1"	3/4"	1/2"	Cr	Sand	AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				1	2	3	4	5	
								15%	10%	25%	45%	5%	100%
11/2"					100	100	37.50	15.00	10.00	25.00	45.00	5.00	100.00
1"					100	100	25.40	15.00	10.00	25.00	45.00	5.00	100.00
3/4"					90	100	19.00	11.29	10.00	25.00	45.00	5.00	96.29
1/2"					75	90	12.50	4.99	4.87	25.00	45.00	5.00	84.86
3/8"					66	82	9.50	3.27	3.16	21.86	45.00	5.00	78.29
# 4					46	64	4.75	0.69	0.54	9.14	45.00	5.00	60.37
# 8					30	49	2.36			5.79	35.69	4.83	46.31
# 16					18	38	1.18			3.66	26.15	4.39	34.19
# 30					12	28	0.60			2.56	19.98	3.74	26.28
# 50					7	20	0.30			0.85	7.74	0.46	9.05
# 100					5	13	0.150			0.81	7.61	0.38	8.79
# 200					4	8	0.075			0.42	3.83	0.10	4.34



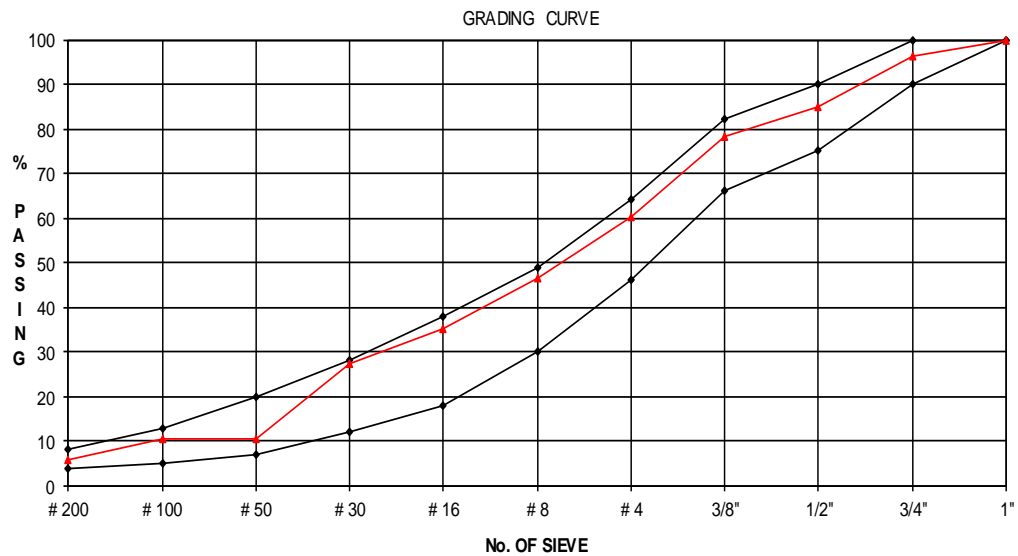
L.Tabel dan Grafik 1: Tabel dan Grafik Gradasi Gabungan Analisa Saringan Campuran Aspal Normal.



Denny Azhari
1407210205

ANALISA SARINGAN

SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE SIZE	1"	3/4"	1/2"	Cr	Sand	Dangkal	AVG
		WT. RET	% RET	% PASS			1	2	3	4	5	6	
							15%	10%	25%	43%	5%	2%	100%
1 1/2"					100 100	37.50	15.00	10.00	25.00	43.00	5.00	2.00	100.00
1"					100 100	25.40	15.00	10.00	25.00	43.00	5.00	2.00	100.00
3/4"					90 100	19.00	11.29	10.00	25.00	43.00	5.00	2.00	96.29
1/2"					75 90	12.50	4.99	4.87	25.00	43.00	5.00	2.00	84.86
3/8"					66 82	9.50	3.27	3.16	21.86	43.00	5.00	2.00	78.29
# 4					46 64	4.75	0.69	0.54	9.14	43.00	5.00	2.00	60.37
# 8					30 49	2.36			5.79	34.10	4.83	2.00	46.72
# 16					18 38	1.18			3.66	24.98	4.39	2.00	35.02
# 30					12 28	0.60			2.56	19.09	3.74	2.00	27.38
# 50					7 20	0.30			0.85	7.40	0.46	1.99	10.69
# 100					5 13	0.150			0.81	7.27	0.38	1.91	10.36
# 200					4 8	0.075			0.42	3.66	0.10	1.66	5.83



L. Tabel dan Grafik 2: Gradasi Gabungan Analisa Saringan Campuran Aspal+Filler.



Denny Azhari
1407210205

ANALISA SARINGAN

1"

TOTAL = 10,000.0 Gr

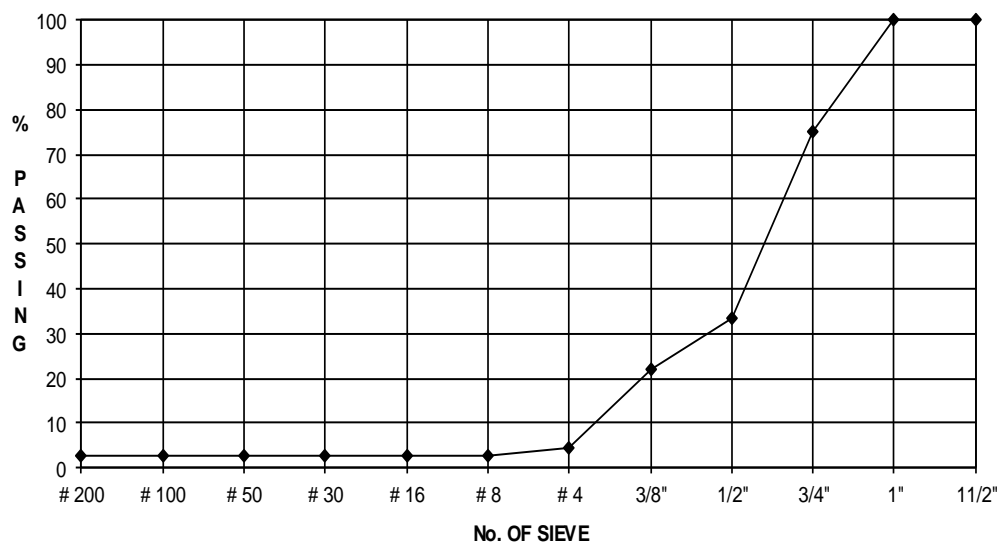
TOTAL = 10,000.0 Gr

SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				WT. RET	% RET	% PASS	
1 1/2"		0.00	0.00	100.00		1 1/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1"		0.00	0.00	100.00		1"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/4"	2,046.0	2,046.0	20.46	79.54		3/4"	2,897.0	2,897.0	28.97	71.03	75.29
1/2"	4,458.0	6,504.0	65.04	34.96		1/2"	3,946.0	6,843.0	68.43	31.57	33.27
3/8"	1,182.0	7,686.0	76.86	23.14		3/8"	1,106.0	7,949.0	79.49	20.51	21.83
# 4	1,733.0	9,419.0	94.19	5.81		# 4	1,713.0	9,662.0	96.62	3.38	4.60
# 8		9,419.0	94.19	5.81		# 8		10,000.0	100.00	0.00	2.91
# 16		9,419.0	94.19	5.81		# 16		10,000.0	100.00	0.00	2.91
# 30		9,419.0	94.19	5.81		# 30		10,000.0	100.00	0.00	2.91
# 50		9,419.0	94.19	5.81		# 50		10,000.0	100.00	0.00	2.91
# 100		9,419.0	94.19	5.81		# 100		10,000.0	100.00	0.00	2.91
# 200		9,419.0	94.19	5.81		# 200		10,000.0	100.00	0.00	2.91
pan						pan					

Total 9,419

Total 9662

GRADING CURVE



L. Tabel dan Grafik 3: Tabel dan Grafik Analisa Saringan 1".



Denny Azhari
1407210205

ANALISA SARINGAN

3/4"

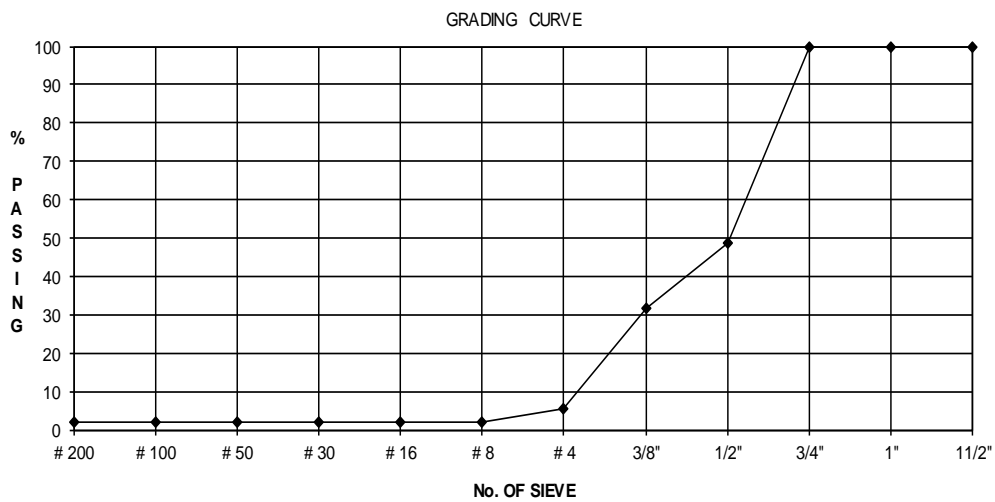
TOTAL = 5,000.0 Gr

TOTAL = 5,000.0 Gr

SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				WT. RET	% RET	% PASS	
11/2"		0.00	0.00	100.00		11/2"	0.0	0.00	100.00	100.00	
1"		0.00	0.00	100.00		1"	0.0	0.00	100.00	100.00	
3/4"		0.0	0.00	100.00		3/4"	0.0	0.00	100.00	100.00	
1/2"	2,510.0	2,510.0	50.20	49.80		1/2"	2,620.0	2,620.0	52.40	47.60	48.70
3/8"	847.00	3,357.0	67.14	32.86		3/8"	864.0	3,484.0	69.68	30.32	31.59
# 4	1316.00	4,673.0	93.46	6.54		# 4	1,303.0	4,787.0	95.74	4.26	5.40
# 8		5,000.0	100.00	0.00		# 8		4,787.0	95.74	4.26	2.13
# 16		5,000.0	100.00	0.00		# 16		4,787.0	95.74	4.26	2.13
# 30		5,000.0	100.00	0.00		# 30		4,787.0	95.74	4.26	2.13
# 50		5,000.0	100.00	0.00		# 50		4,787.0	95.74	4.26	2.13
# 100		5,000.0	100.00	0.00		# 100		4,787.0	95.74	4.26	2.13
# 200		5,000.0	100.00	0.00		# 200		4,787.0	95.74	4.26	2.13
pan						pan					

Total 4673

Total 4787



L. Tabel dan Grafik 4: Tabel dan Grafik Analisa Saringan 3/4".

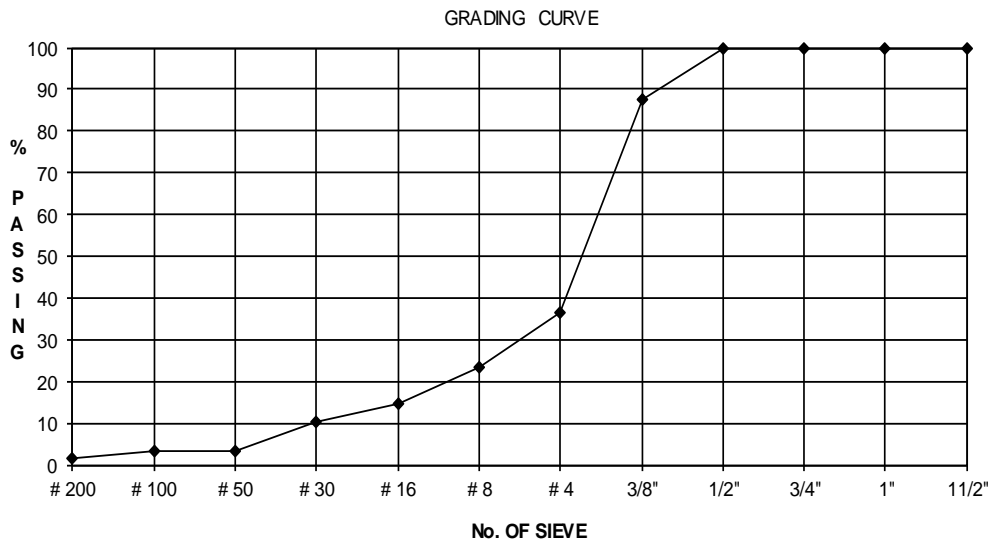


Denny Azhari
1407210205

ANALISA SARINGAN

1/2"

TOTAL = 2,500.0 Gr						TOTAL = 2,500.0 Gr					
SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				WT. RET	% RET	% PASS	
1 1/2"		0.00	0.00	100.00		1 1/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1"		0.00	0.00	100.00		1"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/4"		0.00	0.00	100.00		3/4"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1/2"		0.00	0.00	100.00		1/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/8"	333.0	333.0	13.32	86.68		3/8"	295.0	295.0	11.80	88.20	87.44
# 4	1,378.0	1,711.0	68.44	31.56		# 4	1,166.0	1,461.0	58.44	41.56	36.56
# 8	312.0	2,023.0	80.92	19.08		# 8	358.0	1,819.0	72.76	27.24	23.16
# 16	183.0	2,206.0	88.24	11.76		# 16	244.0	2,063.0	82.52	17.48	14.62
# 30	91.0	2,297.0	91.88	8.12		# 30	128.0	2,191.0	87.64	12.36	10.24
# 50	137.0	2,434.0	97.36	2.64		# 50	206.0	2,397.0	95.88	4.12	3.38
# 100	2.0	2,436.0	97.44	2.56		# 100	6.0	2,403.0	96.12	3.88	3.22
# 200	32.0	2,468.0	98.72	1.28		# 200	46.0	2,449.0	97.96	2.04	1.66
pan	17.0	2,485.0	99.40	0.60		pan	31.0	2,480.0	99.20	0.80	0.70
Total	2485					Total	2480.0				



L.Tabel dan Grafik 5: Tabel dan Grafik Analisa Saringan 1/2".

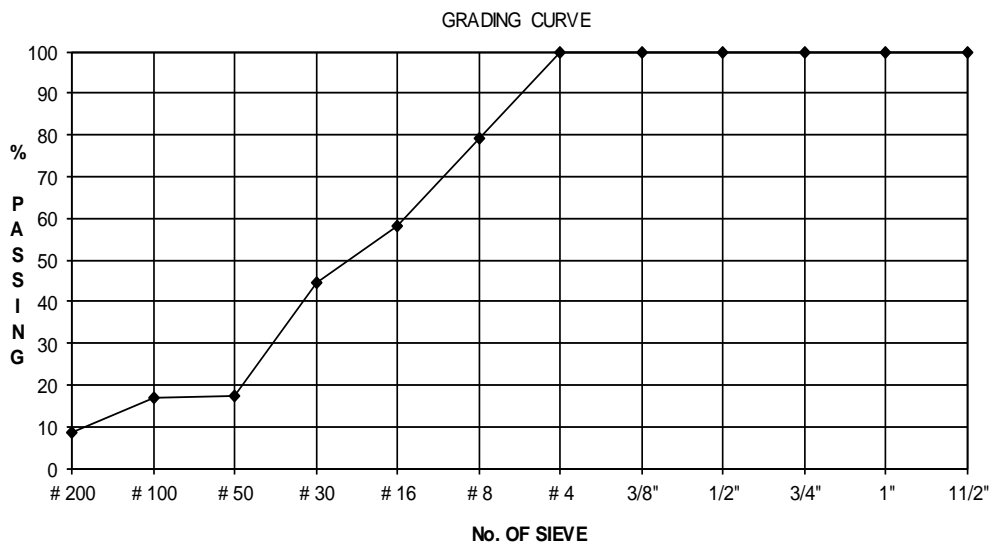


Denny Azhari
1407210205

ANALISA SARINGAN

Cr

TOTAL = 500 Gr						TOTAL = 500 Gr					
SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				WT. RET	% RET	% PASS	
1 1/2"		0.00	0.00	100.00		1 1/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1"		0.00	0.00	100.00		1"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/4"		0.00	0.00	100.00		3/4"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1/2"		0.00	0.00	100.00		1/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/8"		0.00	0.00	100.00		3/8"	0.00	0.00	100.00	100.00	
# 4	0	0.00	0.00	100.00		# 4	0	0.00	100.00	100.00	
# 8	101.00	101.00	20.20	79.80		# 8	106.00	106.00	21.20	78.80	79.30
# 16	105.00	206.00	41.20	58.80		# 16	107.00	213.00	42.60	57.40	58.10
# 30	66.00	272.00	54.40	45.60		# 30	71.00	284.00	56.80	43.20	44.40
# 50	136.00	408.00	81.60	18.40		# 50	136.00	420.00	84.00	16.00	17.20
# 100	1.00	409.00	81.80	18.20		# 100	2.00	422.00	84.40	15.60	16.90
# 200	38.00	447.00	89.40	10.60		# 200	46.00	468.00	93.60	6.40	8.50
pan	49	496.00	99.20	0.80		pan	26.00				
Total	496					Total	494				



L. Tabel dan Grafik 6: Tabel dan Grafik Analisa Saringan Cr.

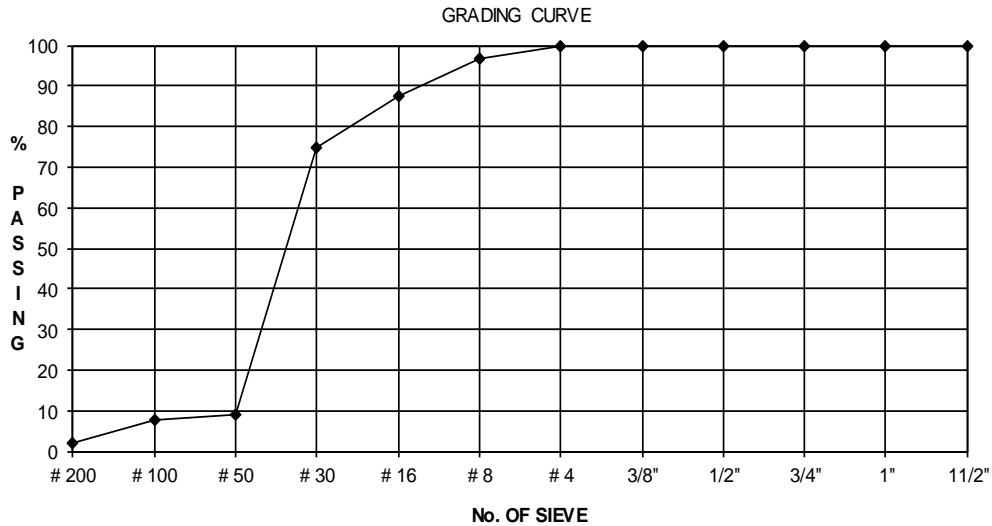


Denny Azhari
1407210205

ANALISA SARINGAN

Sand

TOTAL = 1,000.0 Gr					TOTAL = 1,000.0 Gr						
SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				WT. RET	% RET	% PASS	
11/2"		0.00	0.00	100.00		11/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1"		0.00	0.00	100.00		1"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/4"		0.00	0.00	100.00		3/4"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1/2"		0.00	0.00	100.00		1/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/8"		0.00	0.00	100.00		3/8"	0.00	0.00	100.00	100.00	
# 4	0.0	0.00	0.00	100.00		# 4	0.0	0.00	0.00	100.00	
# 8	36.0	36.00	3.60	96.40		# 8	31.0	31.00	3.10	96.90	
# 16	92.0	128.00	12.80	87.20		# 16	87.0	118.00	11.80	88.20	
# 30	111.0	239.00	23.90	76.10		# 30	149.0	267.00	26.70	73.30	
# 50	668.0	907.00	90.70	9.30		# 50	642.0	909.00	90.90	9.10	
# 100	27.0	934.00	93.40	6.60		# 100	6.0	915.00	91.50	8.50	
# 200	46.0	980.00	98.00	2.00		# 200	65.0	980.00	98.00	2.00	
pan	4.0	984.00	98.40	1.60		pan	6.0	986.00	98.60	1.40	
Total	984					Total	986				



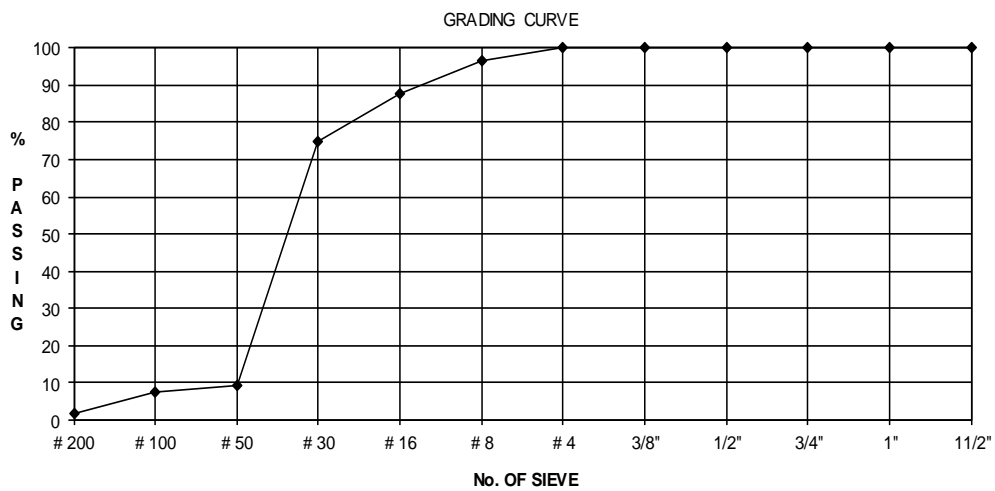
L. Tabel dan Grafik 7: Tabel dan Grafik Analisa Saringan Sand.



Denny Azhari
1407210205

Abu Cangkang Sawit

TOTAL = 250.0 Gr					TOTAL = 250.0 Gr					AVG	
SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			
		WT. RET	% RET	% PASS				WT. RET	% RET		% PASS
11/2"		0.00	0.00	100.00		11/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1"		0.00	0.00	100.00		1"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/4"		0.00	0.00	100.00		3/4"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1/2"		0.00	0.00	100.00		1/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/8"		0.00	0.00	100.00		3/8"	0.00	0.00	100.00	100.00	
# 4		0.00	0.00	100.00		# 4	0.00	0.00	100.00	100.00	
# 8		0.00	0.00	100.00		# 8	0.00	0.00	100.00	100.00	
# 16		0.00	0.00	100.00		# 16	0.00	0.00	100.00	100.00	
# 30	2.0	2.00	0.20	99.80		# 30	1.0	1.00	0.10	99.90	99.85
# 50	4.0	6.00	0.60	99.40		# 50	5.0	6.00	0.60	99.40	99.40
# 100	30.0	36.00	3.60	96.40		# 100	46.0	52.00	5.20	94.80	95.60
# 200	124.0	160.00	16.00	84.00		# 200	126.0	178.00	17.80	82.20	83.10
pan	85.0	245.00	24.50	75.50		pan	68.0	246.00	24.60	75.40	75.45
Total	245					Total	246				



L.Tabel dan Grafik 8: Tabel dan Grafik Analisa Saringan Abu Cangkang Sawit.

SPECIFIC GRAVITY OF COARSE AGGREGATES & ABSORPTION TEST (Percobaan Berat Jenis Agregat Kasar dan	LAB NO. (No Surat)	:
	SAMPLING DATE	:
	(Tgl. Pengambilan Bhn)	:
	TESTING DATE	:
	(Tgl. Percobaan)	:

SOURCES OF SAMPLE (Asal Contoh)	Binjai
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	Agregat Kasar
PURPOSE MATERIAL (Guna Material)	Job Mix Formula

COARSE AGGREGATE (<i>Agregat Kasar</i>) 1"	01	02	AVE (Rata-Rata)
Berat Jenis Kering Oven (BK) gr	4921	4932	4926.5
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (BJ) gr	4938	4953	4945.5
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh Di Dalam Air (BA) gr	3102	3116	3109
Bulk Sp. Gravity-Dry (<i>Berat jenis contoh kering</i>) $BK / (BJ-BA)$	2.680	2.685	2.683
Bulk Sp. Gravity SSD (<i>Berat jenis contoh SSD</i>) $BJ / (BJ-BA)$	2.690	2.696	2.693
Apparent Sp. Gravity-Dry (<i>Berat jenis contoh Semu</i>) $BK / (BK -BA)$	2.705	2.716	2.711
Absorption $[(BJ-BK)/BK] \times 100\%$	0.345	0.426	0.386

L.Tabel 9: Berat Jenis Agregat 1”.

SPECIFIC GRAVITY OF COARSE AGGREGATES & ABSORPTION TEST (Percobaan Berat Jenis Agregat Kasar dan	LAB NO. (No Surat) :
	SAMPLING DATE (Tgl. Pengambilan Bhn) :
	TESTING DATE (Tgl. Percobaan) :

SOURCES OF SAMPLE (Asal Contoh)	Binjai
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	Agregat Kasar
PURPOSE MATERIAL (Guna Material)	Job Mix Formula

COARSE AGGREGATE (Agregat 3/4"	01	02	AVE (Rata-Rata)
Berat Jenis Kering Oven (BK) gr	2943	2938	2940.5
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh Di Dalam Air (BA) gr	2958	2951	2954.5
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh Di Dalam Air (BA) gr	1876	1868	1872
Bulk Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh kering) BK / (BJ-BA)	2.720	2.713	2.716
Bulk Sp. Gravity SSD (Berat jenis contoh SSD) BJ / (BJ-BA)	2.734	2.725	2.729
Apparent Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh Semu) BK / (BK-BA)	2.758	2.746	2.752
Absorption [(BJ-BK) / BK] x 100%	0.510	0.442	0.476

L.Tabel 10: Berat Jenis Agregat 3/4".

SPECIFIC GRAVITY OF COARSE AGGREGATES & ABSORPTION TEST (Percobaan Berat Jenis Agregat Kasar dan	LAB NO. (No Surat) :
	SAMPLING DATE
	(Tgl. Pengambilan Bhn) :
	TESTING DATE (Tgl. Percobaan) :

SOURCES OF SAMPLE (Asal Contoh)	Binjai
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	Agregat Kasar
PURPOSE MATERIAL (Guna Material)	Job Mix Formula

COARSE AGGREGATE (Agregat 1/2"	01	02	AVE (Rata-Rata)
Berat Jenis Kering Oven (BK) gr	1892	1886	1889
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh Di Dalam Air (BA) gr	1903	1897	1900
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh Di Dalam Air (BA) gr	1172	1168	1170
Bulk Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh kering) BK / (BJ-BA)	2.588	2.587	2.588
Bulk Sp. Gravity SSD (Berat jenis contoh SSD) BJ / (BJ-BA)	2.603	2.602	2.603
Apparent Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh Semu) BK / (BK-BA)	2.628	2.627	2.627
Absorption $[(BJ-BK) / BK] \times 100\%$	0.581	0.583	0.582

L.Tabel 11: Berat Jenis Agregat ½”.

SPECIFIC GRAVITY OF FINE AGGREGATES & ABSORPTION TEST (Percobaan Berat Jenis Agregat Halus dan Absorpsi)	LAB NO. (No Surat)	:
	SAMPLING DATE	:
	(Tgl. Pengambilan Bhn)	:
	TESTING DATE	:
	(Tgl. Percobaan)	:

SOURCES OF SAMPLE (Asal Contoh)	Binjai
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	pasir
PURPOSE MATERIAL (Guna Material)	Job Mix Formula

FINE AGGREGATE (Agregat Halus) Passing No.4 (Lolos Ayakan No.4)	01	02	AVE (Rata-Rata)
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (SSD) (A)	500	500	500
Berat Benda Uji Kering Oven (Bk)	495	496	495.5
Berat Piknometer Di Isi Air (25°) (B)	663	668	665.5
Berat Piknometer + Benda Uji (SSD) + Air (25°) (Bt)	971	965	968
Berat Jenis (Bulk) $Bk / (B + A - Bt)$	2.58	2.44	2.511
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh $A / (B + A - Bt)$	2.60	2.46	2.534
Berat jenis contoh Semu $Bk / (B + Bk - Bt)$	2.65	2.49	2.570
Absorption $(A - Bk) / Bk \times 100 \%$	1.01	0.81	0.908

L.Tabel 12: Berat Jenis Agregat Pasir.

SPECIFIC GRAVITY OF FINE AGGREGATES & ABSORPTION TEST (Percobaan Berat Jenis Agregat Halus dan Absorpsi)	LAB NO. (No Surat) : SAMPLING DATE (Tgl. Pengambilan Bhn : TESTING DATE (Tgl. Percobaan) : .
--	---

SOURCES OF SAMPLE (Asal Contoh)	Binjai
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	Abu Batu
PURPOSE MATERIAL (Guna Material)	Job Mix Formula

FINE AGGREGATE (Agregat Halus) Passing No.4 (Lolos Ayakan No.4)	01	02	AVE (Rata-Rata)
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (SSD) (A)	500	500	500
Berat Benda Uji Kering Oven (Bk)	492	490	491
Berat Piknometer Di Isi Air (25°) (B)	671	669	670
Berat Piknometer + Benda Uji (SSD) + Air (25°) (Bt)	979	980	979.5
Berat Jenis (Bulk) $Bk / (B + A - Bt)$	2.56	2.59	2.578
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh $A / (B + A - Bt)$	2.60	2.65	2.625
Berat jenis contoh Semu $Bk / (B + Bk - Bt)$	2.67	2.74	2.706
Absorption $(A - Bk) / Bk \times 100 \%$	1.63	2.04	1.833

L.Tabel 13: Berat Jenis Agregat Abu Batu.

SPECIFIC GRAVITY OF FINE AGGREGATES & ABSORPTION TEST (Percobaan Berat Jenis Agregat Halus dan Absorpsi)	LAB NO. (No Surat : SAMPLING DATE (Tgl. Pengambilan Bhn : TESTING DATE (Tgl. Percobaan) :
---	---

SOURCES OF SAMPLE (Asal Contoh)	Binjai
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	Abu Cangkang Sawit
PURPOSE MATERIAL (Guna Material)	Job Mix Formula

FINE AGGREGATE (Agregat Halus) Passing No.4 (Lolos Ayakan No.4)	01	02	AVE (Rata-Rata)
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (SSD) (A)	500	500	500
Berat Benda Uji Kering Oven (Bk)	492	490	491
Berat Piknometer Di Isi Air (25°) (B)	669	671	670
Berat Piknometer + Benda Uji (SSD) + Air (25°) (Bt)	1025	1030	1027.5
Berat Jenis (Bulk) Bk / (B + A - Bt)	3.42	3.48	3.446
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh A / (B + A - Bt)	3.47	3.55	3.509
Berat jenis contoh Semu Bk / (B + Bk - Bt)	3.62	3.74	3.679
Absorption (A - Bk) / Bk x 100 %	1.63	2.04	1.833

L.Tabel 14: Berat Jenis Agregat Abu Cangkang Sawit.



L.Gambar 19: Proses Pembuatan Benda Uji.



L.Gambar 20: Proses Pembuatan Benda Uji.



L.Gambar 21: Penimbangan Benda Uji.



L.Gambar 22: Perendaman Benda Uji.



L.Gambar 23: Pengujian Marshall.

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

Contoh Aspal Agregat Kalibrasi Prov Tanggal	AC - BC 60/70						No	Material	Persen	Bulk	SSD	Apparent	Efektif	Bj Aspal 1.035	Bj Gabung		p	q	r	s	t
	7.693 x	+	0.316	Bulk	2.605	Eff									2.645						
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o							
1	5.3	5.0	1,195.0	1,201.0	683.0	518.0	2.307	2.454	11.141	84.123	5.991	15.877	62.264	4.437	112	862	860	2.80	307	0.56	
2		5.0	1,194.0	1,202.0	684.0	518.0	2.305	2.454	11.132	84.052	6.070	15.948	61.938	4.437	121	931	930	2.90	321	0.56	
3		5.0	1,193.0	1,201.0	684.0	517.0	2.308	2.454	11.144	82.889	5.967	15.856	62.366	4.437	115	885	887	2.60	341	0.56	
		5.0					2.307	2.454	11.139	83.688	6.010	15.893	62.189	4.437				892	2.77	323	0.56
1	5.8	5.5	1,193.0	1,200.0	681.0	519.0	2.299	2.436	12.212	83.379	5.654	16.621	65.983	4.939	118	908	903	3.10	291	0.56	
2		5.5	1,194.0	1,200.0	680.0	520.0	2.296	2.436	12.198	83.288	5.756	16.712	65.554	4.939	121	931	923	2.90	318	0.56	
3		5.5	1,191.0	1,203.0	680.0	523.0	2.277	2.436	12.098	81.370	6.532	17.397	62.451	4.939	116	893	875	2.90	302	0.56	
		5.5					2.291	2.436	12.169	82.679	5.981	16.910	64.663	4.939				900	2.97	304	0.56
1	6.4	6.0	1,195.0	1,198.0	683.0	515.0	2.320	2.419	13.448	83.722	4.080	16.278	74.936	5.442	120	923	932	4.20	222	0.56	
2		6.0	1,195.0	1,197.0	684.0	513.0	2.329	2.419	13.500	84.049	3.706	15.951	76.768	5.442	119	916	931	4.10	227	0.56	
3		6.0	1,189.0	1,193.0	684.0	509.0	2.336	2.419	13.538	83.026	3.436	16.974	79.755	5.442	122	939	969	4.10	236	0.56	
		6.0					2.329	2.419	13.495	83.599	3.741	16.401	77.153	5.442				944	4.13	228	0.56
1	6.9	6.5	1,195.0	1,199.0	682.0	517.0	2.311	2.402	14.512	82.955	3.772	17.045	77.873	5.945	121	931	933	4.30	217	0.55	
2		6.5	1,190.0	1,195.0	682.0	513.0	2.320	2.402	14.564	83.252	3.427	16.748	79.538	5.945	123	947	962	4.60	209	0.55	
3		6.5	1,191.0	1,194.0	681.0	513.0	2.322	2.402	14.576	82.078	3.346	17.922	81.331	5.945	121	931	947	4.50	210	0.55	
		6.5					2.318	2.402	14.551	82.761	3.515	17.239	79.581	5.945				947	4.47	212	0.55
1	7.5	7.0	1,196.0	1,200.0	681.0	519.0	2.304	2.385	15.581	82.262	3.385	17.738	80.917	6.448	117	900	896	4.80	187	0.55	
2		7.0	1,195.0	1,201.0	681.0	520.0	2.298	2.385	15.538	82.035	3.651	17.965	79.675	6.448	113	870	862	5.00	172	0.55	
3		7.0	1,194.0	1,199.0	681.0	518.0	2.305	2.385	15.585	81.055	3.360	18.945	82.263	6.448	115	885	883	4.80	184	0.55	
		7.0					2.303	2.385	15.568	81.784	3.466	18.216	80.952	6.448				880	4.87	181	0.55

Keterangan

- a = % aspal terhadap batuan
- b = % aspal terhadap campuran
- c = berat sample kering (gr)
- d = berat sample jenuh (gr)
- e = berat sample dalam air (gr)
- f = volume sample (cc) = d - e
- g = berat isi sample (gr/cc) = c/f

- h = berat jenis maksimum $\frac{100}{\frac{\% agregat}{bj agregat} + \frac{\% aspal}{bj aspal}}$
- i = % volume aspal = (b x g) / bj aspal
- j = % volume agregat = ((100 - b) x g) / bj agregat
- k = % rongga terhadap campuran = 100 - ((100 x g) / h)
- l = % rongga terhadap agregat = 100 - ((g x b) / bj agregat)

- m = % rongga terisi aspal = 1000 x (l - k) / l
- n = kadar aspal efektif
- o = pembacaan arloji stabilitas
- p = kalibrasi proving ring
- q = stabilitas akhir
- r = kelelehan (mm)
- s = marshall quotient = q/r

L.Tabel 15: Tabel Marshall Campuran Aspal Normal.

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

Contoh AC - BC							No	Material	Persen	Bulk	SSD	Apparent	Efektif	Bj Aspal	Bj Gabung						
Aspal 60/70							1	Coarse Aggregate 1"	15%	2.683	2.693	2.711	2.697	1.035							
Agregat							2	Coarse Aggregate 3/4"	10%	2.716	2.729	2.752	2.734		Bulk	2.566					
Kalibrasi Prov 7.693 x + 0.316							3	Medium Aggregate 1/2"	25%	2.588	2.603	2.627	2.607		Eff	2.605					
Tanggal							4	Crusher Dust	43%	2.578	2.625	2.706	2.642								
							5	Natural Sand	5%	2.511	2.534	2.570	2.540								
							6	Filler	2%	3.446	3.509	3.679	3.563								
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t		
1	6.3	5.95	1,199.0	1,205.0	687.0	518.0	2.315	2.390	13.303	84.831	3.139	15.169	79.306	5.381	106	816	814	2.18	374	0.57	
2		5.95	1,195.0	1,201.0	685.0	516.0	2.316	2.390	13.310	84.876	3.088	15.124	79.582	5.381	109	839	844	2.12	398	0.57	
3		5.95	1,193.0	1,201.0	683.0	518.0	2.303	2.390	13.236	83.140	3.624	15.593	76.761	5.381	104	800	799	2.16	370	0.57	
		5.95					2.311	2.390	13.283	84.282	3.284	15.295	78.550	5.381			819	2.15	380	0.57	

L.Tabel 16: Tabel Marshall KAO+Filler.

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

Contoh		AC - BC						No	Material	Persen	Bulk	SSD	Apparent	Effektif	Bj Aspal	Bj Gabung					
Aspal		60/70						1	Coarse Aggregate 1"	15%	2.683	2.693	2.711	2.697	1.035						
Agregat		7.693 x + 0.316						2	Coarse Aggregate 3/4"	10%	2.716	2.729	2.752	2.734		Bulk	2.566				
Kalibrasi Prov								3	Medium Aggregate 1/2"	25%	2.588	2.603	2.627	2.607		Eff	2.605				
Tanggal								4	Crusher Dust	43%	2.578	2.625	2.706	2.642							
								5	Natural Sand	5%	2.511	2.534	2.570	2.540							
								6	Filler	2%	3.446	3.509	3.679	3.563							
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
1	6.2	5.85	3.0%	1,193.0	1,199.0	684.0	515.0	2.317	2.393	13.089	84.989	3.197	15.011	78.702	5.280	118	908	917	2.87	319	0.57
2		5.85	3.0%	1,195.0	1,202.0	683.0	519.0	2.303	2.393	13.010	84.475	3.782	15.525	75.638	5.280	114	877	873	2.93	298	0.57
3		5.85	3.0%	1,195.0	1,202.0	682.0	520.0	2.298	2.393	12.985	83.047	3.967	15.687	74.711	5.280	116	893	885	3.15	281	0.57
		5.85						2.306	2.393	13.028	84.170	3.649	15.408	76.350	5.280			891	2.98	299	0.57
1	6.2	5.85	4.0%	1,191.0	1,191.0	683.0	508.0	2.344	2.393	13.248	86.015	2.028	13.985	85.500	5.280	106	816	845	3.43	246	0.57
2		5.85	4.0%	1,193.0	1,201.0	676.0	525.0	2.272	2.393	12.840	83.370	5.041	16.630	69.687	5.280	103	793	771	3.24	238	0.57
3		5.85	4.0%	1,196.0	1,199.0	682.0	517.0	2.313	2.393	13.072	83.599	3.329	15.127	77.992	5.280	105	808	810	3.29	246	0.57
		5.85						2.310	2.393	13.053	84.328	3.466	15.247	77.726	5.280			809	3.32	244	0.57
1	6.2	5.85	5.0%	1,193.0	1,197.0	675.0	522.0	2.285	2.393	12.914	83.849	4.495	16.151	72.167	5.280	96	739	727	4.21	173	0.57
2		5.85	5.0%	1,195.0	1,198.0	673.0	525.0	2.276	2.393	12.862	83.510	4.882	16.490	70.396	5.280	101	777	757	4.19	181	0.57
3		5.85	5.0%	1,193.0	1,196.0	681.0	515.0	2.317	2.393	13.089	83.713	3.197	16.287	80.369	5.280	97	747	753	4.31	175	0.57
		5.85						2.293	2.393	12.955	83.691	4.191	16.309	74.311	5.280			746	4.24	176	0.57
1	6.2	5.85	6.0%	1,195.0	1,199.0	674.0	525.0	2.276	2.393	12.862	83.510	4.882	16.490	70.396	5.280	101	777	757	4.58	165	0.57
2		5.85	6.0%	1,186.0	1,189.0	673.0	516.0	2.298	2.393	12.987	84.326	3.952	15.674	74.788	5.280	98	754	758	4.38	173	0.57
3		5.85	6.0%	1,196.0	1,201.0	671.0	530.0	2.257	2.393	12.751	81.549	5.700	18.451	69.106	5.280	92	708	677	4.47	151	0.57
		5.85						2.277	2.393	12.867	83.128	4.845	16.872	71.430	5.280			731	4.48	163	0.57
1	6.2	5.85	7.0%	1,198.0	1,202.0	665.0	537.0	2.231	2.393	12.606	81.848	6.774	18.152	62.681	5.280	94	723	675	4.87	139	0.57
2		5.85	7.0%	1,188.0	1,191.0	669.0	522.0	2.276	2.393	12.860	83.498	4.896	16.502	70.334	5.280	96	739	727	4.91	148	0.57
3		5.85	7.0%	1,186.0	1,189.0	664.0	525.0	2.259	2.393	12.765	81.637	5.598	18.363	69.514	5.280	93	716	697	4.86	143	0.57
		5.85						2.255	2.393	12.744	82.328	5.756	17.672	67.510	5.280			699	4.88	143	0.57

Keterangan

- a = % aspal terhadap batuan
- b = % aspal terhadap campuran
- c = kadar Crumb Rubber
- d = berat sample kering (gr)
- e = berat sample jenuh (gr)
- f = berat sample dalam air (gr)
- g = volume sample (cc) = d - e
- h = berat isi sample (gr/cc) = c/f

- i = berat jenis maksimum $\frac{100}{\frac{\% agregat}{bj agregat} + \frac{\% aspal}{bj aspal}}$
- j = % volume aspal = (b x g) / bj aspal
- k = % volume agregat = ((100 - b) x g) / bj agregat
- l = % rongga terhadap campuran = 100 - ((100 x g) / h)
- m = % rongga terhadap agregat = 100 - ((g x b) / bj agregat)

- n = % rongga terisi aspal = 1000 x (l - k) / l
- o = kadar aspal efektif
- p = pembacaan arloji stabilitas
- q = kalibrasi proving ring
- r = stabilitas akhir
- s = kelelahan (mm)
- t = marshall quotient = r/s

L.Tabel 17: Tabel Marshall KAO+Crumb Rubber+Filler.

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

Contoh Aspal Agregat Kalibrasi Prov Tanggal		AC - BC 60/70 7.693 x + 0.316						No	Material	Persen	Bulk	SSD	Apparent	Efektif	Bj Aspal	Bj Gabung					
								1	Coarse Aggregate 1"	15%	2.683	2.693	2.711	2.697	1.035						
								2	Coarse Aggregate 3/4"	10%	2.716	2.729	2.752	2.734		Bulk 2.605					
								3	Medium Aggregate 1/2"	25%	2.588	2.603	2.627	2.607		Ef 2.645					
								4	Crusher Dust	45%	2.578	2.625	2.706	2.642							
								5	Natural Sand	5%	2.511	2.534	2.570	2.540							
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	
1	6.3	5.95	3.0%	1,190.0	1,197.0	671.0	526.0	2.262	2.421	13.002	81.672	6.545	18.328	64.289	5.392	95	731	709	4.23	168	0.56
2		5.95	3.0%	1,188.0	1,192.0	673.0	519.0	2.289	2.421	13.155	82.634	5.444	17.366	68.652	5.392	92	708	704	4.36	162	0.56
3		5.95	3.0%	1,190.0	1,192.0	671.0	521.0	2.284	2.421	13.127	81.225	5.648	17.544	67.806	5.392	91	700	692	4.27	162	0.56
		5.95						2.278	2.421	13.095	81.844	5.879	17.746	66.915	5.392			702	4.29	164	0.56
1	6.3	5.95	4.0%	1,194.0	1,194.0	668.0	526.0	2.270	2.421	13.046	81.946	6.231	18.054	65.486	5.392	94	723	702	4.57	154	0.56
2		5.95	4.0%	1,190.0	1,195.0	665.0	530.0	2.245	2.421	12.904	81.055	7.251	18.945	61.728	5.392	81	623	596	4.41	135	0.56
3		5.95	4.0%	1,197.0	1,201.0	669.0	532.0	2.250	2.421	12.931	80.013	7.056	18.774	62.419	5.392	99	762	723	4.74	153	0.56
		5.95						2.255	2.421	12.960	81.005	6.846	18.591	63.211	5.392			674	4.57	147	0.56
1	6.3	5.95	5.0%	1,197.0	1,202.0	665.0	537.0	2.229	2.421	12.811	80.469	7.921	19.531	59.443	5.392	95	731	682	4.92	139	0.56
2		5.95	5.0%	1,194.0	1,199.0	663.0	536.0	2.228	2.421	12.802	80.417	7.980	19.583	59.247	5.392	93	716	670	4.73	142	0.56
3		5.95	5.0%	1,195.0	1,200.0	661.0	539.0	2.217	2.421	12.742	78.842	8.416	21.158	60.223	5.392	91	700	649	4.81	135	0.56
		5.95						2.225	2.421	12.785	79.910	8.106	20.090	59.637	5.392			667	4.82	138	0.56
1	6.3	5.95	6.0%	1,193.0	1,198.0	661.0	537.0	2.222	2.421	12.768	80.200	8.229	19.800	58.440	5.392	89	685	639	5.24	122	0.56
2		5.95	6.0%	1,189.0	1,202.0	659.0	543.0	2.190	2.421	12.584	79.048	9.547	20.952	54.433	5.392	95	731	668	4.96	135	0.56
3		5.95	6.0%	1,195.0	1,194.0	657.0	537.0	2.225	2.421	12.789	79.136	8.075	20.864	61.298	5.392	91	700	653	5.17	126	0.56
		5.95						2.212	2.421	12.714	79.462	8.617	20.538	58.057	5.392			653	5.12	128	0.56
1	6.3	5.95	7.0%	1,189.0	1,193.0	651.0	542.0	2.194	2.421	12.608	79.194	9.380	20.806	54.915	5.392	84	647	592	5.74	103	0.56
2		5.95	7.0%	1,196.0	1,199.0	653.0	546.0	2.190	2.421	12.589	79.077	9.515	20.923	54.526	5.392	93	716	647	5.53	117	0.56
3		5.95	7.0%	1,198.0	1,201.0	655.0	546.0	2.194	2.421	12.610	78.027	9.363	21.973	57.388	5.392	88	677	612	5.68	108	0.56
		5.95						2.193	2.421	12.602	78.766	9.419	21.234	55.610	5.392			617	5.65	109	0.56

Keterangan

- a = % aspal terhadap batuan
- b = % aspal terhadap campuran
- c = kadar Crumb Rubber
- d = berat sample kering (gr)
- e = berat sample jenuh (gr)
- f = berat sample dalam air (gr)
- g = volume sample (cc) = d - e
- h = berat isi sample (gr/cc) = c/f

- i = berat jenis maksimum $\frac{100}{\frac{\% agregat}{bj agregat} + \frac{\% aspal}{bj aspal}}$
- j = % volume aspal = (b x g) / bj aspal
- k = % volume agregat = ((100 - b) x g) / bj agregat
- l = % rongga terhadap campuran = 100 - ((100 x g) / h)
- m = % rongga terhadap agregat = 100 - ((g x b) / bj agregat)

- n = % rongga terisi aspal = 1000 x (l - k) / l
- o = kadar aspal efektif
- p = pembacaan arloji stabilitas
- q = kalibrasi proving ring
- r = stabilitas akhir
- s = kelelahan (mm)
- t = marshall quotient = r/s

L.Tabel 18: Marshall KAO+Crumb Rubber.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI

Nama Lengkap : Denny Azhari
Panggilan : Denny
Tempat, Tanggal Lahir : Simpang Empat, Asahan, 11 Mei 1996
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Alamat : Simpang Empat, Asahan
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : DTM Azir
Ibu : Syarifah Nazliani
No. HP : 085276673201
E-mail : dennyazhari1997@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1407210205
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	Sekolah Dasar	SD Negeri 010035 Simpang Empat	2008
2	SMP	SMP Negeri 1 Simpang Empat	2011
3	SMA	SMA YAPIM Simpang Kawat	2014
4	Melanjutkan Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2014 Sampai Selesai.		