

**ANALISIS UJI DURABILITAS CAMPURAN ASPAL AC-WC  
DENGAN VARIASI WAKTU PERENDAMAN DAN  
MENGUNAKAN *FILLER* ABU CANGKANG KELAPA SAWIT**

**SKRIPSI**

*Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik  
di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,  
Universitas Medan Area*



**OLEH :**

**ILMIL MUNAWWARAH Br. SIAGIAN  
178110041**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
2021**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21

**ANALISIS UJI DURABILITAS CAMPURAN ASPAL AC-WC  
DENGAN VARIASI WAKTU PERENDAMAN DAN  
MENGUNAKAN *FILLER* ABU CANGKANG KELAPA SAWIT**

**SKRIPSI**

*Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik  
di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,  
Universitas Medan Area*

**OLEH :**

**ILMIL MUNAWWARAH Br. SIAGIAN**

178110041

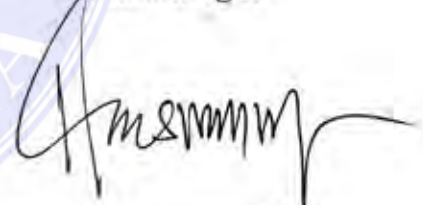
**Disetujui Oleh:**

**Pembimbing I**



**(Ir. H. Edy Hermanto, MT)**

**Pembimbing II**



**(Ir. Amsuardiman, MT)**

**Mengetahui:**



**(Dr. Ir. Dima Maizana, MT)**



**(Ir. Nurmaidah, MT)**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/12/21

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ilmil Munawwarah Br. Siagian

NPM : 178110041

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Uji Durabilitas Campuran Aspal AC-WC Dengan Variasi Perendaman dan Menggunakan *Filler* Abu Cangkang Kelapa Sawit

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam skripsi ini dan disebutkan dalam referensi. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman/sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.

Medan, Januari 2021



Ilmil Munawwarah Br.Siagian

178110041

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ilmil Munawwarah Br. Siagian

NPM : 178110041

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul "Analisis Uji Durabilitas Campuran Aspal AC-WC Dengan Variasi Perendaman dan Menggunakan *Filler* Abu Cangkang Kelapa Sawit" beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : Januari 2021



Ilmil Munawwarah Br. Siagian  
178110041

## ABSTRAK

Saat terjadi hujan dan banjir, lapisan paling atas pada aspal (lapis aus/*wearing course*) menjadi salah satu lapisan aspal yang berhubungan langsung dengan air genangan dari banjir tersebut. Hal ini tentunya dapat menyebabkan kerusakan pada permukaan jalan dan lama kelamaan dapat mengakibatkan lapisan atas aspal kehilangan ketahanan (durabilitas) nya. Oleh sebab itu, maka perlu dilakukan suatu pengujian durabilitas (ketahanan) campuran aspal terhadap air pada lapisan aus. Pada penelitian ini digunakan *filler* abu cangkang kelapa sawit yang sudah dikategorikan sebagai limbah dan juga mudah didapatkan di pabrik kelapa sawit Sumatera Utara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai durabilitas dan nilai marshall dari campuran aspal jika menggunakan *filler* abu cangkang kelapa sawit dan dengan variasi waktu perendaman 30 menit, 24 jam, 48 jam dan 96 jam. Metode yang digunakan dalam penelitian yaitu eksperimental di laboratorium. Pembuatan benda uji dilakukan dengan variasi waktu perendaman dan dengan *filler* 0% dan 4% abu cangkang kelapa sawit. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa nilai durabilitas tertinggi ada pada benda uji yang menggunakan *filler* abu cangkang kelapa sawit dengan nilai sebesar 97% dengan waktu perendaman selama 24 jam, dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai durabilitas yang diperoleh sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu minimal 90%. Sedangkan untuk perendaman 48 jam diperoleh nilai durabilitas sebesar 88,7% dan pada perendaman 96 jam diperoleh nilai durabilitas sebesar 69%, dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pada perendaman 48 jam dan 96 jam nilai durabilitasnya tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Dan pada campuran aspal menggunakan *filler* abu cangkang kelapa sawit diperoleh nilai durabilitas yang lebih baik dibandingkan campuran yang tidak menggunakan *filler* abu cangkang kelapa sawit.

***Kata Kunci: Durabilitas, Waktu Perendaman, Abu Cangkang Kelapa Sawit, Filler***

## ABSTRACT

*When there is rain and flooding, the top layer of the asphalt (the wearing course) becomes one of the asphalt layers which is directly related to the standing water from the flood. This of course can cause damage to the road surface and over time can cause the top layer of asphalt to lose its durability. Therefore, it is necessary to test the durability (resistance) of the asphalt mixture against water in the wear layer. In this study, oil palm shell ash filler was used which is categorized as waste and is also easily available in North Sumatra oil palm mills. This study aims to determine the durability value and marshall value of the asphalt mixture when using palm oil fly ash filler and with immersion time variation of 30 minutes, 24 hours, 48 hours and 96 hours. The method used in this research is experimental in the laboratory. The making of the specimens was carried out by immersion time variation and with fillers of 0% and 4% of palm oil fly ash. The results is that was found the highest durability value was in the test object using palm oil fly ash filler with a value of 97% with a immersion time for 24 hours, from these results it can be concluded that the durability value obtained has met the specifications of Bina Marga 2018, which is at least 90 %. Whereas for 48 hours of immersion, the durability value was 88.7% and for 96 hours, the durability value was 69%. From these results it can be concluded that at 48 hours and 96 hours of immersion the durability value does not meet the specifications of Bina Marga 2018. And in the mixture Asphalt using palm oil fly ash filler obtained a better durability value than the mixture that does not use palm oil fly ash filler.*

**Keywords:** *Durability, Immersion Time, Palm Oil Fly Ash, Filler*

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang menguasai segala sesuatu. Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai durabilitas dan nilai marshall dari campuran aspal jika menggunakan *filler* abu cangkang kelapa sawit dan dengan variasi waktu perendaman 30 menit, 24 jam, 48 jam dan 96 jam.

Selama penyusunan skripsi ini, banyak rintangan yang penyusun dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Ibu Dr. Ir. Dina Maizana, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Ibu Ir. Nurmaidah, MT, selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. H. Edy Hermanto, MT, selaku dosen pembimbing I yang selalu memberi nasehat dan masukan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Ir. Amsuardiman, MT, selaku dosen pembimbing II yang juga memberikan saran dan masukan yang sangat baik sehingga penulis mampu untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Hartono selaku Kepala Laboratorium, Bapak Abdi selaku Asisten Laboratorium dan seluruh karyawan AMP PT.Adhi Karya (Persero) Patumbak, yang telah memberikan saya kesempatan, tempat dan banyak pengetahuan dalam melakukan penelitian ini.

7. Teristimewa kepada keluarga besar tercinta, Ibunda C.Siahaan dan Ayahanda S.Siagian serta kakak dan abang saya yang tercinta Khairul Saleh, Siti Masita, Rosimah, Nurhayani dan Zulfirman yang selalu ada untuk memberikan doa, dukungan, semangat dan materi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
8. Kepada sahabat-sahabat saya Noni, Evie, Eki, Chandra dan rekan-rekan kerja saya di Bank CIMB Niaga Syariah Kantor Cabang Medan yang selalu memberikan semangat dan motivasi kepada saya untuk segera dan secepatnya menyelesaikan skripsi.
9. Dan juga kepada teman seperjuangan saya selama penelitian Evie, Novelina dan Caroline yang sudah banyak membantu saya selama melakukan penelitian di laboratorium.

Sangat disadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna sehingga kritik dan saran sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Dan akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan skripsi ini hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan.

Medan, Januari 2021  
Penulis

Ilmil Munawwarah Br. Siagian



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
SURAT PERNYATAAN	
HALAMAN PERNYATAAN	
ABSTRAK .....	i
<i>ABSTRACT</i> .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR SINGKATAN .....	xiii
DAFTAR NOTASI .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Maksud dan Tujuan .....	3
1.3. Rumusan Masalah .....	3
1.4. Batasan Masalah .....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Perkerasan Jalan .....	6
2.1.1 Lapisan Perkerasan Jalan .....	9
2.2 Bahan Penyusun Campuran Aspal .....	12

2.2.1 Agregat.....	12
1. Agregat Kasar .....	14
2. Agregat Halus .....	16
2.2.2 Aspal .....	23
2.2.3 Bahan Pengisi/Filler .....	30
2.3 Abu Cangkang Kelapa Sawit .....	31
2.4 Aspal Campuran Panas .....	33
2.4.1 Lapis Aspal Beton (Laston).....	36
2.4.2 Karakteristik Campuran Asphalt Concrete Wearing Course .....	40
2.5 Perencanaan Campuran ( <i>Job Mix Design</i> ).....	40
2.6 Pemeriksaan dengan Marshall.....	42
1. Pembuatan Benda Uji .....	43
2. Perhitungan Volume Isi Benda Uji.....	44
3. Pengujian Nilai Stabilitas dan Flow .....	44
4. Nilai Volumetrik Benda Uji.....	45
2.7 Durabilitas ( <i>Durability Index</i> ).....	49
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>52</b>
3.1 Lokasi Pengujian .....	52
3.2 Bahan Pengujian .....	52
3.3 Peralatan Pengujian.....	55
3.4 Prosedur Pengujian .....	64
1. Persiapan Bahan dan Alat .....	64
2. Pengujian Material.....	65
3. <i>Job Mix Design</i> Campuran Aspal.....	68

4.	Pembuatan Benda Uji .....	69
5.	Pengujian <i>Marshall Test</i> .....	72
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		75
4.1	Hasil Pengujian Material.....	75
4.1.1.	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan .....	75
4.1.2.	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat .....	80
4.1.3.	Data Pemeriksaan Aspal .....	85
4.1.4.	Hasil Pemeriksaan Filler .....	85
4.1.5.	Hasil Pemeriksaan Air Perendaman .....	86
4.2	<i>Job Mix Design</i> dan Hasil Pengujian Marshall .....	86
4.2.1.	Benda Uji Penentuan Kadar Optimum Aspal (KAO).....	86
1.	<i>Job Mix Design</i> .....	86
2.	Berat dan Volume Isi Benda Uji Penentuan KAO .....	89
3.	Hasil Pengujian Marshall Benda Uji Penentuan KAO .....	90
4.2.2.	Benda Uji Dengan Variasi Perendaman .....	96
1.	<i>Job Mix Design</i> .....	96
2.	Hasil Pengujian Marshall Benda Uji Variasi Perendaman .....	97
4.3	Nilai Durabilitas ( <i>Durability Index</i> ) .....	105
4.4	Pembahasan dan Analisa Data .....	106
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		112
5.1	Kesimpulan.....	112
5.2	Saran .....	113
DAFTAR PUSTAKA .....		114
LAMPIRAN		

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Perkerasan Lentur dan Kaku .....	9
Tabel 2.2 Amplop Gradasi Agregat Untuk Campuran AC .....	14
Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar .....	16
Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Halus .....	17
Tabel 2.5 Batas Gradasi Agregat Halus .....	17
Tabel 2.6 Ketentuan Aspal .....	30
Tabel 2.7 Ketentuan Filler .....	31
Tabel.2.8 Komposisi Abu Sawit (% berat) .....	32
Tabel 2.9 Tebal Nominal Minimum Campuran Beraspal Laston .....	39
Tabel 2.10 Ketentuan Karakteristik/Sifat Campuran Laston (AC) .....	39
Tabel 2.11 Persyaratan Spesifikasi Mutu Campuran AC-WC .....	40
Tabel 3.1 Jumlah Sampel untuk Penentuan KAO .....	70
Tabel 3.2 Jumlah Sampel Dengan Variasi Perendaman .....	72
Tabel 4.1 Analisa Saringan <i>Coarse Aggregate</i> .....	75
Tabel 4.2 Analisa Saringan <i>Medium Aggregate</i> .....	76
Tabel 4.3 Analisa Saringan <i>Fine Aggregate</i> .....	77
Tabel 4.4 Analisa Saringan <i>Natural Sand</i> .....	78
Tabel 4.5 Gradasi Agregat .....	79
Tabel 4.6 Berat Sampel Agregat Kasar .....	80
Tabel 4.7 Hasil Berat Jenis Agregat Kasar .....	81
Tabel 4.8 Berat Sampel Agregat Halus .....	81
Tabel 4.9 Hasil Berat Jenis Agregat Halus .....	82
Tabel 4.10 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar dan Halus .....	83

Tabel 4.11	Data Pemeriksaan Aspal .....	85
Tabel 4.12	Hasil Pemeriksaan Filler .....	86
Tabel 4.13	Berat Benda Uji Penentuan KAO.....	89
Tabel 4.14	Volume Isi Benda Uji Penentuan KAO.....	89
Tabel 4.15	Nilai Stabilitas Benda Uji Penentuan KAO .....	90
Tabel 4.16	Nilai Kelelehan ( <i>Flow</i> ) Benda Uji Penentuan KAO .....	90
Tabel 4.17	Nilai Kepadatan ( <i>Bulk Density</i> ) Benda Uji Penentuan KAO.....	91
Tabel 4.18	Nilai VIM Benda Uji Penentuan KAO.....	92
Tabel 4.19	Nilai VMA Benda Uji Penentuan KAO .....	92
Tabel 4.20	Nilai VFA Benda Uji Penentuan KAO.....	93
Tabel 4.21	Nilai <i>Marshall Quotient</i> Benda Uji Penentuan KAO.....	94
Tabel 4.22	Kesimpulan Hasil Marshall Benda Uji Penentuan KAO.....	95
Tabel 4.23	Nilai Stabilitas Banda Uji Filler 0% .....	97
Tabel 4.24	Nilai Stabilitas Benda Uji filler 4% .....	97
Tabel 4.25	Nilai Kelelehan Benda Uji filler 0% .....	98
Tabel 4.26	Nilai Kelelehan Benda Uji filler 4% .....	99
Tabel 4.27	Nilai Kepadatan ( <i>Density</i> ) Benda Uji filler 0% .....	100
Tabel 4.28	Nilai Kepadatan ( <i>Density</i> ) Benda Uji filler 4% .....	100
Tabel 4.29	Nilai VIM Benda Uji filler 0%.....	101
Tabel 4.30	Nilai VIM Benda Uji filler 4%.....	101
Tabel 4.31	Nilai VMA Benda Uji filler 0% .....	102
Tabel 4.32	Nilai VMA Benda Uji filler 4% .....	102
Tabel 4.33	Nilai VFA Benda Uji filler 0% .....	103
Tabel 4.34	Nilai VFA Benda Uji filler 4% .....	103

Tabel 4.35 Nilai <i>Marshall Quotient</i> Benda Uji filler 0% .....	104
Tabel 4.36 Nilai <i>Marshall Quotient</i> Benda Uji filler 4% .....	104
Tabel 4.37 Nilai Durabilitas ( <i>Durability Index</i> ) Benda Uji .....	106
Tabel 4.38. Kesimpulan Hasil Pengujian Benda Uji Filler 0% .....	107
Tabel 4.39. Kesimpulan Hasil Pengujian Benda Uji Filler 4% .....	108



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Perkerasan Jalan Lentur.....	8
Gambar 2.2 Diagram Alir Terjadinya Abu Cangkang Kelapa Sawit .....	33
Gambar 3.1 Coarse Aggregate .....	52
Gambar 3.2. Medium Aggregate .....	53
Gambar 3.3. Abu Batu (Fine Aggregate).....	53
Gambar 3.4. Pasir .....	54
Gambar 3.5 Aspal yang telah dipanaskan.....	54
Gambar 3.6 Abu Cangkang Kelapa Sawit .....	55
Gambar 3.7 Spliter.....	56
Gambar 3.8. Satu Set Saringan.....	56
Gambar 3.9 Timbangan.....	57
Gambar 3.10. Mesin Ayakan.....	57
Gambar 3.11. Piknometer.....	58
Gambar 3.12. Wadah/Nampan .....	58
Gambar 3.13. Kualiti.....	59
Gambar 3.14. Spatula.....	59
Gambar 3.15. Kompor .....	60
Gambar 3.16 Termometer .....	60
Gambar 3.17. Cetakan Benda Uji.....	61
Gambar 3.18 Alat Penumbuk Benda Uji .....	61
Gambar 3.19 Timbangan.....	62
Gambar 3.20 Dongkrak.....	62
Gambar 3.21. Bak Perendam.....	63

Gambar 3.22 Alat Marshall Test .....	63
Gambar 3.23 Water Bath.....	64
Gambar 3.24 Bagan Alir Penelitian.....	74
Gambar 4.1 Grafik Gradasi Agregat.....	79
Gambar 4.2 Grafik Kadar Aspal Optimum .....	95
Gambar 4.3 Grafik Stabilitas Benda Uji Variasi Perendaman .....	98
Gambar 4.4 Grafik Kelelehan Benda Uji Variasi Perendaman.....	99
Gambar 4.5 Grafik Kepadatan Benda Uji Variasi Perendaman .....	100
Gambar 4.6 Grafik VIM Benda Uji Variasi Perendaman .....	101
Gambar 4.7 Grafik VMA Benda Uji Variasi Perendaman .....	102
Gambar 4.8 Grafik VFA Benda Uji Variasi Perendaman.....	103
Gambar 4.9 Grafik MQ Benda Uji Variasi Perendaman .....	105
Gambar 4.10 Grafik Durability Benda Uji Variasi Perendaman.....	106



## DAFTAR SINGKATAN

AASHTO	: <i>American Association of State Highway and Transport Officials</i>
AC	: <i>Asphalt Concrete</i>
AC-WC	: <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i>
AC-BC	: <i>Asphalt Concrete-Binder Course</i>
AMP	: <i>Asphalt Mixing Plant</i>
ASTM	: <i>American Society for Testing and Material</i>
CA	: <i>Coarse Aggregate</i>
CPO	: <i>Crude Palm Oil</i>
FA	: <i>Fine Aggregate</i>
FF	: <i>Filler</i>
HRS	: <i>Hot Roller Sheet</i>
HRS-Base	: <i>Hot Rolled Sheet-Base</i>
HRS-WC	: <i>Hot Rolled Sheet-Wearing Coarse</i>
IKS	: <i>Indeks Kekuatan Sisa/ Durability Index</i>
KAO	: <i>Kadar Aspal Optimum</i>
Laston	: <i>Lapis Aspal Beton</i>
Lataston	: <i>Lapisan Tipis Aspal Beton</i>
Latasir	: <i>Lapisan Tipis Aspal Pasir</i>
MA	: <i>Medium Aggregate</i>
MC	: <i>Medium curing asphalt</i>
MQ	: <i>Marshall quotient</i>
RC	: <i>Rapid curing asphalt</i>
SC	: <i>Slow curing asphalt</i>

SMA	: <i>Split Mastic Asphalt</i>
SSD	: <i>Saturated Surface Dry</i>
SNI	: Standar Nasional Indonesia
VIM	: <i>Void In Mix</i>
VFA	: <i>Void Filled with Asphalt</i>
VMA	: <i>Void Mineral Aggregate</i>



## DAFTAR NOTASI

b	: Persen kadar aspal yang digunakan terhadap berat total campuran
B	: Berat piknometer dan air pada suhu 25 <sup>0</sup> C
Ba	: Berat agregat dalam air
Bj	: Berat agregat dalam jenuh air
Bk	: Berat agregat kering oven
Bt	: Berat piknometer + benda uji (SSD) + air
Ga	: Berat jenis aspal
G.app	: Berat jenis <i>apparent</i> (berat jenis semu)
Gmm	: Berat jenis maksimum campuran
Gse	: Berat jenis efektif agregat
Gsb	: Berat jenis Bulk masing-masing fraksi agregat
Gsb <sub>.total</sub>	: Berat jenis Bulk agregat total
P	: Persentase berat fraksi terhadap berat total agregat campuran
Pa	: Kadar aspal terhadap berat aspal beton padat, %
P <sub>ba</sub>	: Penyerapan aspal, persen total agregat
Pmm	: Persen total campuran = 100%
S1	: nilai rata-rata stabilitas setelah perendaman selama T1 menit
S2	: nilai rata-rata stabilitas setelah perendaman selama T2 menit
SSD	: Berat Kering Permukaan Jenuh Air

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Di negara tropis seperti Indonesia, cuaca sangat berpengaruh besar terhadap kinerja perkerasan jalan raya. Contohnya pada saat musim penghujan yang tidak jarang menyebabkan banjir. Saat terjadinya banjir tentunya air akan tergenang pada jalan raya dalam jangka waktu tertentu. Lapisan paling atas pada aspal (lapis aus/*wearing course*) menjadi salah satu lapisan aspal yang berhubungan langsung dengan air genangan dari banjir tersebut. Hal ini tentunya dapat menyebabkan kerusakan pada permukaan jalan dan lama kelamaan dapat mengakibatkan lapisan atas aspal kehilangan ketahanan (durabilitas) nya. Oleh sebab itu, maka perlu dilakukan suatu pengujian durabilitas (ketahanan) campuran aspal terhadap air pada lapisan aus. Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai durabilitas aspal dengan menggunakan variasi campuran aspal *wearing course*. Dari pengujian tersebut akan didapatkan kadar aspal optimum (KAO) yang selanjutnya akan digunakan untuk pengujian marshall dan juga durabilitas dengan menggunakan variasi perendaman dan *filler* abu cangkang kelapa sawit.

Penelitian ini menggunakan abu cangkang kelapa sawit sebagai *filler* campuran aspal, hal ini dikarenakan Sumatera Utara merupakan salah satu provinsi penghasil kelapa sawit terbesar di Indonesia sehingga tentunya abu cangkang kelapa sawit mudah didapatkan di pabrik-pabrik kelapa sawit yang ada di Sumatera Utara. Selain itu abu ini juga sudah dikategorikan sebagai limbah pabrik, maka dari itu sudah selayaknya kita mengurangi limbah pabrik dan

memanfaatkannya secara optimal. Abu cangkang kelapa sawit memiliki kandungan utama Silikon Oksida ( $\text{SiO}_2$ ) yang mirip dengan semen sehingga diharapkan dapat memenuhi ketahanan (durabilitas) dan mengurangi rongga dalam campuran sehingga dapat memberikan kekedapan terhadap air pada lapisan atas (lapis aus) tersebut.

Penelitian sebelumnya yaitu Yelvi (2015) menyatakan bahwa hasil durabilitas menunjukkan bahwa campuran dengan filler abu cangkang kelapa sawit memiliki nilai durabilitas yang lebih rendah dibandingkan campuran yang tidak menggunakan filler abu cangkang kelapa sawit, sedangkan Winayati (2017) meneliti bahwa kinerja campuran aspal menggunakan *filler* abu batu lebih baik dibandingkan menggunakan *filler* abu kelapa sawit, hal ini dikarenakan campuran aspal menggunakan filler abu batu memperoleh nilai marshall di atas nilai yang diisyaratkan Bina Marga 2010. Guslianda (2015) juga meneliti bahwa nilai durabilitas dengan filler abu cangkang kelapa sawit yang didapat semuanya sudah memenuhi syarat Bina Marga 2010. Sedangkan Agusmaniza (2018) menyatakan bahwa penggunaan abu cangkang kelapa sawit sebagai *filler* menghasilkan nilai durabilitas yang tidak memenuhi persyaratan Bina Marga 2010.

Sementara itu, Tahir (2019) menyatakan bahwa nilai stabilitas dan nilai durabilitas dengan filler abu cangkang kelapa sawit tertinggi ada pada rendaman 24 jam. Namun penelitian lain dari Fauziah (2017) meneliti bahwa penambahan abu cangkang kelapa sawit memberikan durabilitas yang lebih baik dibandingkan campuran aspal tanpa abu cangkang kelapa sawit dan dapat memperbaiki nilai stabilitas campuran. Dan Anas Puri (2016) juga menyatakan bahwa hasil pengujian Marshall terhadap *filler* abu cangkang kelapa sawit secara umum dapat

digunakan sebagai *filler* karena telah memenuhi standar Bina Marga 2018.

Maka, berdasarkan semua penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, saya ingin membuktikan sendiri bagaimana nilai durabilitas (ketahanan) dari campuran aspal AC-WC terhadap air jika menggunakan *filler* abu cangkang kelapa sawit dan dengan menggunakan variasi waktu perendaman. Untuk itu, penulis melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Uji Durabilitas Campuran Aspal AC-WC Dengan Variasi Perendaman dan Menggunakan *Filler* Abu Cangkang Kelapa Sawit”.

## 1.2. Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

Maksud penelitian adalah untuk melakukan penelitian uji durabilitas terhadap campuran aspal AC-WC dengan variasi perendaman dan menggunakan *filler* abu cangkang kelapa sawit.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui nilai durabilitas dan nilai marshall dari campuran aspal menggunakan *filler* abu cangkang kelapa sawit dan dengan variasi waktu perendaman 30 menit, 24 jam, 48 jam dan 96 jam.

## 1.3. Rumusan Masalah

Rumusan masalah adalah pertanyaan yang berkaitan dengan suatu penelitian, di mana nantinya jawaban dari pertanyaan ini lah yang akan menjadi hasil penelitian. Dan maka dapat dirumuskan masalah yang akan dibahas yaitu :

1. Bagaimana perbandingan nilai durabilitas campuran aspal menggunakan *filler* abu cangkang kelapa sawit saat perendaman 30 menit, 24 jam, 48 jam dan

saat perendaman 96 jam?

2. Bagaimana perbandingan nilai durabilitas variasi campuran aspal yang menggunakan *filler* abu cangkang kelapa sawit dan dengan yang tidak menggunakan *filler* abu cangkang kelapa sawit?

#### 1.4. Batasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Metode pengujian harus memperhatikan acuan Spesifikasi Kementerian Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2018 dan SNI, dan dilakukan di Laboratorium.
2. Campuran aspal yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari aspal, agregat kasar, agregat halus, abu batu dan abu cangkang kelapa sawit.
3. Bahan *filler* yang digunakan adalah abu cangkang kelapa sawit lolos saringan 200.
4. Pengujian nilai uji durabilitas campuran AC-WC menggunakan variasi waktu perendaman di waterbath selama 30 menit, 24 jam, 48 jam dan 96 jam.

#### 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini dapat ditinjau dari :

1. Aspek keilmuan atau akademis

Penelitian ini erat hubungannya dengan mata kuliah Perkerasan Jalan Raya.

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang luas serta mengembangkan pola pikir tentang campuran aspal yang

kemudian mampu memberikan gagasan dalam inovasi aspal yang lebih baik.

2. Aspek praktek atau implementasi

Penelitian ini diharapkan dapat diimplementasikan pemakaiannya pada jalan yang ada di Indonesia yang memiliki lalu lintas yang padat dan juga curah hujan yang tinggi.

3. Untuk memanfaatkan potensi alam, abu cangkang kelapa sawit yang berasal dari limbah padat kering dari pabrik kelapa sawit.







## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Sukirman, 2016).

Pembangunan jalan adalah proses pembukaan ruangan lalu lintas yang mengatasi berbagai rintangan geografi. Proses ini melibatkan pengalihan mukabumi, pembangunan jembatan dan terowongan, bahkan juga pengalihan tumbuh-tumbuhan. Dalam proses pembuatan jalan itu sendiri disebut dengan perkerasan jalan.

Menurut Hardiyatmo (2015), tanah saja biasanya tidak cukup kuat dan tahan tanpa adanya deformasi yang berarti terhadap beban roda berulang. Untuk itu perlu lapis tambahan yang terletak paling atas dari badan jalan. Lapisan tambahan ini dapat dibuat dari bahan khusus yang terpilih yang selanjutnya disebut lapis keras/perkerasan/*pavement*.

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang biasanya dipakai dalam

perkerasan jalan adalah batu pecah, kerikil, batu belah, batu kali dan pasir. Sedangkan bahan ikat yang dipakai antara lain semen, aspal dan tanah liat.

Hardiyatmo (2015) mengungkapkan, konstruksi perkerasan jalan dilihat dari bahan pengikatnya dibedakan atas :

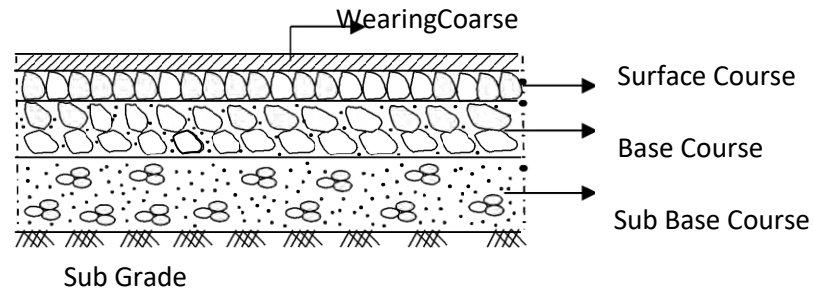
1. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur merupakan jenis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Konstruksi perkerasan lentur sendiri terdiri dari 5 lapisan yaitu lapisan permukaan, lapis pengikat, lapisan pondasi atas, lapisan pondasi bawah dan lapisan tanah dasar. Setiap lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

Berikut ini merupakan karakteristik dasar untuk perkerasan lentur adalah :

- Bersifat elastik jika menerima beban, sehingga dapat memberikan kenyamanan bagi penggunanya
- Pada umumnya menggunakan bahan pengikat aspal
- Seluruh lapisan ikut menganggung beban (didistribusikan dalam bentuk pyramid)
- Penyebaran tegangan ke lapisan tanah dasar tidak merusak lapisan tanah dasar (subgrade)
- Usia rencana maksimum 20 tahun
- Selama usia rencana diperlukan pemeliharaan secara berkala

Berikut ini merupakan gambar potongan melintang struktur perkerasan lentur dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1. Struktur Perkerasan Jalan Lentur  
Sumber : Sukirman, 2016

2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan kaku yaitu perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Selanjutnya beban lalu lintas akan dipikul oleh pelat beton tersebut.

3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*composite pavement*)

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

Untuk perbedaan perkerasan lentur dengan perkerasan kaku dapat dilihat secara rinci pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1. Perbedaan Perkerasan Lentur dan Kaku

No	Jenis Perbedaan	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Bahan pengikat	Aspal	Semen
2	Repitisi Beban	Timbul rutting (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3	Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perletakan
4	Perubahan temperatur	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang besar

Sumber : Hardiyatmo, 2015

### 2.1.1. Lapisan Perkerasan Jalan

Menurut Sukirman (2016), konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Konstruksi perkerasan jalan terdiri dari beberapa lapisan, yaitu :

#### 1. Lapisan Permukaan/Lapis Aus (Surface Course)

Lapisan yang terletak paling atas disebut lapis permukaan yang berfungsi sebagai lapis perkerasan penahan beban roda, lapis kedap air, lapis aus (wearing course) dan lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah.

Jenis lapis permukaan yang umum di pergunakan di Indonesia antara lain :

- Lapisan Struktural, dimana lapisan ini berfungsi untuk memberikan reaksi atas beban yang bekerja pada lapis permukaan, seperti Lapisan Penetrasi Macadam (Lapen), Lasbutag dan Lapisan Aspal Beton (Laston).
  - Lapisan nonstruktural, lapisan ini tidak memberikan reaksi atas beban roda yang bekerja di atasnya, tetapi lebih kepada memberikan perlindungan terhadap lapisan di bawahnya dan terkait dengan pengaruh cuaca dan lingkungan (kedap air), seperti Laburan aspal satu lapis (Burtu), Laburan aspal dua lapis (Burda), Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir), Laburan Aspal (Buras), Lapis tipis asbuton murni (Latasbum) dan Lapis tipis aspal beton (Lataston) yang dikenal dengan nama hot roller sheet (HRS)
2. Lapisan Pondasi Atas/Lapis Antara (Base Course)

Lapisan pondasi/lapis antara adalah lapisan perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dengan lapis permukaan yang memiliki fungsi sebagai berikut:

- Sebagai bagian perkerasan yang menahan gaya dari beban roda dan menyebarkan ke lapisan dibawahnya.
- Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah
- Bantalan terhadap lapisan permukaan

Jenis lapis pondasi atas yang umum dipergunakan di Indonesia antara lain : agregat bergradasi baik (batu pecah kelas A, batu pecah kelas B dan batu pecah kelas C), pondasi macadam, pondasi telford, penetrasi macadam (lapen), aspal

beton pondasi (AC Base)

### 3. Lapisan Pondasi Bawah (Subbase Course)

Lapis pondasi bawah adalah lapisan perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar yang berfungsi sebagai berikut :

- Sebagai bagian yang menyebarkan beban roda ke tanah dasar
- Sebagai lapisan peresapan agar air tanah tidak berkumpul di pondasi
- Lapisan yang mencegah partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.
- Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal
- Lapisan pertama agar pekerjaan berjalan lancar. Hal ini sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda alat besar

Jenis lapisan pondasi bawah yang umum dipergunakan di Indonesia adalah agregat bergradasi baik (sirtu kelas A, sirtu kelas B dan sirtu kelas C)

### 4. Lapisan Tanah Dasar (Subgrade)

Lapisan tanah setebal 50 – 100 cm diatas mana akan diletakkan lapisan pondasi bawah dinamakan lapisan tanah dasar. Ditinjau dari muka tanah asli, maka lapisan tanah dasar dibedakan atas :

- a. Lapisan tanah dasar, tanah galian
- b. Lapisan tanah dasar, tanah timbunan

- c. Lapisan tanah dasar, tanah asli

## 2.2 Bahan Penyusun Campuran Aspal

### 2.2.1 Agregat

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. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain (Sukirman, 2016).

Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) kelompok yaitu:

- Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) lapisan perkerasan dipengaruhi oleh gradasi, ukuran maksimum, kadar lempung, kekerasan dan ketahanan (*toughness and durability*) bentuk butir serta tekstur permukaan.
- Kemampuan dilapisi aspal dengan baik, yang dipengaruhi oleh porositas, kemungkinan basah dan jenis agregat yang digunakan.
- Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, yang dipengaruhi oleh tahanan geser (*skid resistance*) serta campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*workability*).

#### A. Gradasi Agregat

Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan 1 set saringan dimana saringan paling kasar diletakkan diatas dan yang paling halus



terletak paling bawah. Gradasi ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan.

Gradasi agregat dibedakan atas beberapa jenis yaitu :

- Gradasi seragam adalah agregat dengan ukuran hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang dan berat volume kecil.
- Gradasi rapat, merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi berimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik.
- Gradasi buruk/jelek, merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi kategori diatas. Agregat bergradasi buruk yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi celah, dimana campuran agregat dengan 1 fraksi hilang atau 1 fraksi sedikit sekali atau disebut juga gradasi senjang.

Gradasi campuran agregat untuk campuran beraspal ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat, harus memenuhi batas-batas yang diberikan, hal ini dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Amplop Gradasi Agregat Untuk Campuran AC

Ukuran ayakan		Berat yang lolos terhadap total agregat (%)		
		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	WC	BC	Base
1 ½ “	37,5	-		100
1 “	25	-	100	90-100
¾ “	19	100	90-100	76-90
½ “	12,5	90-100	75-90	60-78
3/8 “	9,5	77-90	66-82	52-71
No.4	4,75	53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	33-53	30-49	23-41
No.16	1,18	21-40	18-38	13-30
No.30	0,6	14-30	12-28	10-22
No.50	0,3	9-22	7-20	6-15
No.100	0,15	6-15	5-13	4-10
No.200	0,075	4-9	4-8	3-7

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018

## B. Klasifikasi Agregat

Menurut Sukirman (2016), berdasarkan ukuran butirnya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*).

### 1. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah fraksi yang tertahan di saringan No.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung (Bina Marga, 2018).

Perbedaan mendasar antara kerikil (*kor*) dengan batu pecah (*split*) adalah dengan permukaan yang lebih kasar maka batu pecah lebih menjamin ikatan yang lebih kokoh dengan semen. Sama halnya dengan agregat halus, agregat

kasar harus memenuhi beberapa syarat, yaitu terdiri dari butir yang keras dan tidak berpori, tidak boleh banyak mengandung lumpur, terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya untuk memperoleh rongga-rongga seminimum mungkin.

Syarat- syarat agregat kasar berdasarkan Peraturan Beton Indonesia (PBI 71) adalah sebagai berikut:

- Agregat kasar dapat berupa kerikil (koral) sebagai hasil pembentukan alami dari batuan atau berupa batu pecah (split) yang diperoleh dari pecahan batu. Agregat kasar adalah agregat yang ukuran butiran lebih dari 5mm.
- Agregat kasar tidak boleh berpori dan terdiri atas batuan keras. Agregat kasar yang mengandung butir- butir pipih dapat dipakai asalkan jumlahnya tidak melebihi dari 20% dari berat total agregat.
- Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dari berat kering dan tidak boleh mengandung zat- zat yang merusak beton. Yang dimaksud dengan lumpur adalah bagian- bagian yang melewati ayakan No.200. Apabila kadar lumpur lebih dari 1% maka agregat tersebut harus dicuci.
- Kekerasan dari butiran- butiran agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dan Rudeloff dengan beban penguji 20 ton.
- Besar butir agregat maksimum, tidak boleh lebih dari  $\frac{1}{5}$  jarak terkecil bidang- bidang samping cetakan,  $\frac{1}{3}$  tebal pelat atau  $\frac{3}{4}$  dari jarak bersih minimum dari tulangan- tulangan.

Ketentuan atau persyaratan agregat kasar ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.3. Ketentuan Agregat Kasar

Karakteristik	Standar	Nilai
Gradasi	SNI 1968-1990-F	-
Penyerapan Air	SNI 1969-1990-F	Maks 3%
Berat Jenis Bulk	SNI 1969-1990-F	Min 2,5
Berat Jenis Apparent	SNI 1969-1990-F	
Berat Jenis Eektif	SNI 1969-1990-F	
Berat Jenis Permukaan Jenuh	SNI 1969-1990-F	
Material lolos Ayakan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1 %

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018

## 2. Agregat Halus

Agregat halus harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.4 (4,75 mm). Pasir alam dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran. Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya (Bina Marga, 2018).

Fungsi utama agregat halus adalah memberikan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari campuran melalui gesekan antar partikel. Untuk memperoleh agregat halus yang memenuhi persyaratan, maka agregat halus perlu dicuci terlebih dahulu secara mekanis sebelum dimasukkan ke dalam campuran aspal.

Ketentuan atau persyaratan agregat halus ditunjukkan pada Tabel 2.4 berikut :

Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Halus

Karakteristik	Metode Pengujian	Syarat
Gradasi	SNI 1968-1990-F	-
Berat Jenis Bulk	SNI-1970-1990-F	Min 2.5
Berat Jenis Apparent	SNI-1970-1990-F	
Berat Jenis Efektif	SNI-1970-1990-F	
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh	SNI-1970-1990-F	
Penyerapan Air	SNI –1969-1990-F	Maks 3%
Material lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C 117; 2012	Maks. 10 %

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018

Tabel 2.5. Batas Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	I	II	III	IV
10 mm (3/8)	100	100	100	100
4,8 mm (No.4)	90-100	90-100	90-100	90-100
2,4 mm (No.8)	60-95	76-100	85-100	95-100
1,2 mm (No.16)	30-70	50-90	75-100	90-100
0,6 mm (No.30)	15-34	35 -59	60-79	80-100
0,3 mm (No.50)	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15 mm (No.100)	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018

Keterangan :

- Daerah gradasi I = Pasir kasar
- Daerah gradasi II = Pasir agak kasar
- Daerah gradasi III = Pasir halus
- Daerah gradasi IV = Pasir agak halus

C. Berat Jenis Agregat

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat dari satuan volume agregat terhadap berat air dengan volume yang sama pada temperatur yang ditentukan (Lubis, 2017).

Menurut Lubis (2017), berdasarkan SNI- 03-1969-2008 terdapat empat jenis berat jenis (*specific gravity*) untuk agregat kasar dan agregat halus, dan kemudian dilanjutkan dengan menghitung berat jenis bulk agregat total, berat jenis efektif agregat total sebagai berikut :

a. Berat jenis (*bulk spesific gravity*)

Berat jenis merupakan perbandingan antara berat kering agregat dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

Untuk menentukan berat jenis pada agregat kasar dapat menggunakan rumus persamaan 2.1 :

$$\text{Berat jenis bulk} = B_k / (B_j - B_a) \dots\dots\dots (2.1)$$

Untuk menentukan berat jenis pada agregat halus dapat menggunakan rumus persamaan 2.2 :

$$\text{Berat jenis bulk} = B_k / (B + 500 - B_t) \dots\dots\dots (2.2)$$

b. Berat jenis semu (*apparent spesific gravity*)

Berat jenis semu merupakan perbandingan antara berat kering agregat dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

Untuk menentukan berat jenis semu pada agregat kasar dapat menggunakan rumus persamaan 2.3 :

$$\text{Berat jenis semu (apparent)} = B_k / (B_k - B_a) \dots\dots\dots (2.3)$$

Untuk menentukan berat jenis semu pada agregat halus dapat menggunakan rumus persamaan 2.4 :

$$\text{Berat jenis semu} = B_k / (B + B_k - B_t) \dots\dots\dots (2.4)$$

c. Berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry = SSD*)

Berat jenis permukaan jenuh merupakan perbandingan antara berat kering permukaan jenuh agregat dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

Untuk menentukan berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) pada agregat kasar dapat menggunakan rumus persamaan 2.5 :

$$\text{Berat Jenis SSD} = B_j / (B_j - B_a) \dots\dots\dots (2.5)$$

Untuk menentukan berat jenis permukaan jenuh (SSD) pada agregat halus dapat menggunakan rumus persamaan 2.6 :

$$\text{Berat jenis SSD} = 500 / (B + 500 - B_t) \dots\dots\dots (2.6)$$

d. Penyerapan Air (*absorption*)

Penyerapan adalah persentase berat air yang dapat diserap oleh pori terhadap berat agregat kering.

Untuk menentukan persentase penyerapan pada agregat kasar dapat menggunakan rumus persamaan 2.7 :

$$\text{Penyerapan} = (B_j - B_k) / B_k \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

Untuk menentukan persentase penyerapan pada agregat halus dapat menggunakan rumus persamaan 2.8 :

$$\text{Penyerapan} = (500 - B_k) / B_k \times 100\% \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

- B<sub>k</sub> : Berat agregat kering oven
- B<sub>j</sub> : Berat agregat dalam jenuh air
- B<sub>a</sub> : Berat agregat dalam air
- B : Berat piknometer dan air pada suhu 25<sup>0</sup>C
- B<sub>t</sub> : Berat piknometer + benda uji (SSD) + air

e. Berat Jenis *Bulk* Agregat Total

Agregat total terdiri atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda. Berat jenis Bulk agregat total (G<sub>sb</sub>) dihitung dengan rumus persamaan 2.9 berikut ini :

$$G_{sb \cdot total} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sb1}} + \frac{P_2}{G_{sb2}} + \frac{P_3}{G_{sb3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{sbn}}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

- G<sub>sb.total</sub> : Berat jenis Bulk agregat total



$P_1, P_2, \dots, P_n$  : Persentase berat masing-masing fraksi terhadap berat total agregat campuran

$G_{sb1}, G_{sb2}, \dots, G_{sbn}$  : Berat jenis Bulk masing-masing fraksi agregat

f. Berat Jenis Efektif Agregat Total

Bila berat jenis maksimum campuran ( $G_{mm}$ ) diukur dengan AASHTO T-209-90, maka berat jenis efektif agregat ( $G_{se}$ ), kecuali rongga dalam partikel agregat yang menyerap aspal dapat ditentukan dengan rumus :

$$G_{se} = \frac{\left\{ \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{app1}} + \frac{P_2}{G_{app2}} + \frac{P_3}{G_{app3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{appn}}} + G_{sb} \right\}}{2} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

$G_{se}$  : Berat jenis efektif agregat

$G_{sb}$  : Berat jenis Bulk agregat total

$P_1, P_2, \dots, P_n$  : Persentase berat masing-masing fraksi terhadap berat total agregat campuran

$G_{app}$  : Berat jenis apparent

g. Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran ( $G_{mm}$ ) pada masing-masing kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga masing-masing kadar aspal. Berat jenis maksimum dapat ditentukan dengan AASHTO T-209-90. Ketelitian hasil uji terbaik adalah bila kadar aspal campuran mendekati kadar aspal optimum. Berat jenis maksimum campuran secara teoritis dapat dihitung dengan rumus :

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_{mm}-P_a}{G_{se}} + \frac{P_a}{G_a}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

$G_{mm}$  : Berat jenis maksimum campuran

$P_{mm}$  : Persen total campuran = 100%

$P_a$  : Kadar aspal terhadap berat aspal beton padat, %

$G_a$  : Berat jenis aspal

$G_{se}$  : Berat jenis efektif agregat

Dari perhitungan berat jenis agregat tersebut kita dapat mengetahui layak atau tidaknya agregat yang dijadikan untuk penelitian. Agregat memiliki berat jenis yang kecil, maka penyerapan akan besar, sehingga agregat akan menyerap aspal (Lubis, 2017).

D. Kebersihan Agregat

Kebersihan agregat (*cleanliness*) ditentukan dari banyaknya butir-butir halus yang lolos ayakan No.200, seperti adanya lempung, lanau, ataupun adanya tumbuh-tumbuhan pada campuran agregat. Agregat yang banyak mengandung material lempung jika dipergunakan sebagai bahan campuran beton aspal, akan menghasilkan beton aspal berkualitas rendah. Hal ini disebabkan material halus membungkus partikel agregat yang lebih kasar, sehingga ikatan antara agregat dan bahan pengikat, yaitu aspal, akan berkurang, dan berakibat pula mudah lepasnya ikatan antara aspal dan agregat.

#### E. Daya Tahan Agregat

Daya tahan agregat merupakan ketahanan agregat terhadap adanya penurunan mutu akibat proses mekanis dan kimiawi. Agregat dapat mengalami degradasi, yaitu perubahan gradasi, akibat pecahnya butir-butir agregat. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi yang terjadi sangat ditentukan oleh jenis agregat, gradasi campuran, ukuran partikel, bentuk agregat, dan besarnya energi yang dialami oleh agregat tersebut.

#### F. Bentuk Dan Tekstur Agregat

Bentuk butir agregat dikelompokkan sebagai berbentuk bulat, lonjong, pipih, kubus, tak beraturan, atau mempunyai bidang pecahan. Agregat berbentuk kubus (*cubical*) dan lonjong memiliki bidang yang luas sehingga mempunyai daya saling mengunci yang baik. Kestabilan yang diperoleh lebih baik dan lebih tahan terhadap deformasi. Agregat ini merupakan agregat yang terbaik untuk dipergunakan sebagai material perkerasan jalan.

### 2.2.2 Aspal

Aspal adalah material berwarna hitam atau gelap yang berbentuk padat atau semi padat yang diperoleh di alam ataupun hasil produksi. Aspal bersifat termoplastis, yaitu mencair jika dipanaskan dan kembali membeku jika temperatur turun, sifat ini digunakan dalam proses konstruksi perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4 – 10% berdasarkan berat campuran (Sukirman, 2016).

## 1. Jenis Aspal

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam yaitu aspal yang ditemui di alam dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan, sedangkan aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu pengilangan minyak bumi. Berikut ini adalah jenis-jenis aspal menurut Sukirman (2016) :

### A. Aspal Alam

Dapat dibedakan atas aspal gunung dan aspal danau.

- a) Aspal gunung (*rock asphalt*), dimana aspal dari deposit ini terbentuk dalam celah-celah batuan kapur dan batuan pasir.
- b) Aspal Danau (*lake asphalt*), dimana ngka penetrasi dari aspal ini sangat rendah dan titik lembek sangat tinggi.

### B. Aspal Minyak

Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Minyak bumi disuling dengan cara destilasi, yaitu proses dimana berbagai fraksi dipisahkan dari minyak mentah tersebut. Berikut merupakan jenis-jenisnya :

#### a) Aspal Cair

Aspal cair dihasilkan dengan melarutkan aspal keras dengan bahan pelarut berbasis minyak. Aspal cair dibedakan dalam beberapa jenis, yaitu:

2. *Rapid curing asphalt* (RC), yaitu aspal cair yang bahan pelarutnya cepat menguap. Pelarut yang digunakan pada aspal jenis ini biasanya adalah bensin
3. *Medium curing asphalt* (MC), yaitu aspal cair yang bahan pelarutnya tidak

begitu cepat menguap. Pelarut yang digunakan pada aspal jenis ini biasanya adalah minyak tanah

4. *Slow curing asphalt (SC)*, yaitu aspal cair yang bahan pelarutnya lambat menguap. Pelarut yang digunakan pada aspal jenis ini adalah solar.

b) Aspal Padat

Aspal padat adalah aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan dikenal dengan nama semen aspal (*asphalt cement*). Semen aspal harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan pengikat agregat. Aspal padat merupakan bagian utama dari residu minyak bumi, dan melalui proses lanjutan dapat diperoleh jenis aspal minyak yang lain.

Dalam proses destilasi, aspal padat baru dihasilkan melalui proses destilasi hampa pada temperatur sekitar 480°C. Jenis-jenisnya adalah :

1. Aspal penetrasi rendah 40/50, digunakan untuk kasus : Jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan daerah dengan cuaca iklim panas.
2. Aspal penetrasi rendah 60/70, digunakan untuk kasus : Jalan dengan volume lalu lintas sedang/tinggi dan daerah dengan cuaca iklim panas.
3. Aspal penetrasi tinggi 85/100, digunakan untuk kasus : Jalan dengan volume lalu lintas sedang/rendah dan daerah dengan cuaca iklim dingin.
4. Aspal penetrasi tinggi 120/150, digunakan untuk kasus : Jalan dengan volume lalu lintas rendah dan daerah dengan cuaca iklim dingin.

Di Indonesia, aspal yang digunakan saat ini untuk perkerasan jalan adalah aspal penetrasi 60-70.

c) Aspal Emulsi

Aspal emulsi (*emulsified asphalt*) adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi, yang dilakukan di pabrik pencampur. Aspal emulsi ini lebih cair dari pada aspal cair. Di dalam aspal emulsi, butir-butir aspal larut dalam air.

2. Fungsi Aspal Sebagai Material Perkerasan Jalan

Menurut Sukirman (2016) aspal yang memiliki sifat adhesi dan kohesi digunakan sebagai material perkerasan jalan yang berfungsi sebagai:

- a. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara sesama aspal
- b. Bahan pengisi, mengisi rongga antar partikel agregat dan pori-pori yang ada di dalam partikel agregat itu sendiri
- c. Bahan pengikat antara lapisan pekerasan lama dengan lapis perkerasan baru

3. Komposisi Aspal

Menurut Sukirman (2016) aspal merupakan unsur hidrokarbon yang sangat kompleks, sangat sukar untuk memisahkan molekul-molekul yang membentuk aspal tersebut. Komposisi aspal terdiri dari *asphaltenes* dan *maltenes*. Dimana *asphaltenes* merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam *heptane*. Sedangkan *maltenes* larut dalam heptane yang merupakan cairan kental yang terdiri dari *resins* dan *oils*. *Resins* adalah cairan berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat adhesi dari aspal yang mudah hilang

selama masa pelayanan jalan.

#### 4. Sifat Aspal

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

Berikut adalah sifat-sifat aspal yang harus dimiliki dalam perkerasan jalan :

- Daya tahan (*durability*) yaitu kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat campuran aspal, sehingga tergantung dari sifat agregat, campuran dengan aspal dan faktor pelaksanaan.
- Adhesi dan kohesi. Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan.
- Kepekaan terhadap temperatur. Aspal menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau cair jika temperatur bertambah, sifat inilah yang dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur.
- Kekerasan aspal. Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga agregat dilapisi aspal. Pada proses pelaksanaan tersebut berlangsung terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tipis lapisan aspal maka semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi.

## 5. Pemeriksaan Aspal

Sifat-sifat aspal harus selalu diperiksa di laboratorium dan aspal yang memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan dapat dipergunakan sebagai bahan pengikat perkerasan. Pemeriksaan yang dilakukan untuk aspal adalah sebagai berikut :

### a. Pemeriksaan Penetrasi Aspal

Pemeriksaan penetrasi aspal bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Pemeriksaan dilakukan dengan memasukkan jarum penetrasi berdiameter 1 mm dengan menggunakan beban seberat 50 gr sehingga diperoleh beban gerak seberat 100 gr selama 5 detik pada temperatur 25°C.

### b. Pemeriksaan Titik Lembek

Temperatur pada saat dimana aspal mulai menjadi lunak tidaklah sama pada setiap hasil produksi aspal walaupun mempunyai nilai penetrasi yang sama. Titik lembek ialah suhu dimana suatu lapisan aspal cincin yang diletakkan horizontal di dalam larutan air yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek karena beban bola baja berdiameter 9,53 mm seberat 3,5 gr yang diletakkan di atasnya sehingga lapisan aspal tersebut jatuh melalui jarak 25,4 mm.

### c. Pemeriksaan Titik Nyala

Pemeriksaan titik nyala untuk aspal bertujuan untuk menentukan suhu di mana aspal terlihat nyala singkat di permukaan aspal, dan suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik.

Titik nyala perlu diketahui untuk memperkirakan temperatur maksimum pemanasan aspal sehingga aspal tidak terbakar.



d. Pemeriksaan Daktalitas

Tujuan pemeriksaan ini untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara 2 cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Aspal dengan daktalitas yang lebih besar mengikat butir-butir agregat lebih baik tetapi lebih peka terhadap perubahan temperatur. Umumnya pemeriksaan dilakukan pada suhu 25°C dengan kecepatan penarikan 5 cm/menit.

e. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu yaitu 25°C atau 15,6°C.

f. Pemeriksaan Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total terhadap campuran yang dirumuskan sebagai berikut :

$$P_{ba} = 100 \times \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} \times G_{se}} \times G_a \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

$P_{ba}$  = Penyerapan aspal, persen total agregat

$G_{sb}$  = Berat jenis *bulk* agregat

$G_{se}$  = Berat jenis efektif agregat

$G_a$  = Berat jenis aspal

Dan berikut merupakan ketentuan yang diperhatikan pada pengujian aspal yang biasa digunakan di Indonesia, dapat dilihat pada tabel 2.6 :

Tabel 2.6 Ketentuan Aspal

Jenis Pemeriksaan	Metode	Syarat
Penetrasi 25°C; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60 – 70
Titik Lembek, °C	SNI 2434:2011	Min. 48
Titik Nyala, °C	SNI 02433:2011	Min. 232
Daktilitas 25°C, cm	SNI 2432:2011	Min. 100
Kehilangan Berat, %	SNI 06-2440-1991	Maks. 0,8
Berat jenis, gr/cc	SNI 2441:2011	Min. 1,0

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018

### 2.2.3 Bahan Pengisi/Filler

Bahan pengisi (*filler*), adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya. *Filler* dapat berfungsi untuk mengurangi jumlah rongga dalam campuran (SNI 03-6723 Spesifikasi bahan pengisi campuran beraspal, 2002).

Adapun ketentuan filler pada campuran aspal menurut Bina Marga 2018 adalah :

- 1) Bahan pengisi yang ditambahkan terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust*), kapur padam (*hydrated lime*), semen atau abu terbang yang sumbernya disetujui oleh Direksi Pekerjaan.
- 2) Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan.
- 3) Jika menggunakan bahan pengisi semen harus dalam rentang 1-2% terhadap berat total campuran, dan untuk bahan pengisi lainnya harus dalam rentang

1-4% terhadap berat total campuran. Terlalu tinggi kandungan bahan pengisi akan menyebabkan campuran menjadi getas dan mudah retak bila terkena beban lalu lintas, namun dilain pihak bila terlalu sedikit bahan pengisi akan menghasilkan campuran yang lembek pada cuaca panas.

Bahan pengisi ini mempunyai fungsi:

- 1) Sebagai pengisi antara partikel- partikel agregat yang lebih kasar, sehingga rongga udara menjadi lebih kecil dan menghasilkan tahanan gesek, serta penguncian antar butiran yang tinggi.
- 2) Jika ditambahkan kedalam aspal, bahan pengisi akan bersama- sama dengan aspal mengikat partikel agregat. Dengan penambahan pengisi aspal menjadi lebih kental, dan campuran aspal akan bertambah kekuatannya.

Bahan *filler* yang pada umumnya digunakan untuk campuran aspal adalah semen portland. Namun bahan *filler* tersebut dapat diganti dengan bahan yang lebih mudah didapatkan, harganya terjangkau dan atau memanfaatkan limbah seperti contohnya abu batu bara, abu batu bata, tanah merah, sampah plastik, tanah liat dan lain-lain. Untuk ketentuan filler dapat dilihat pada Tabel 2.7 :

Tabel 2.7 Ketentuan Filler

Karakteristik	Metode Pengujian	Syarat
Material lolos saringan no.200	SNI M-02-1994-03	Min.75 %

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018

### 2.3 Abu Cangkang Kelapa Sawit

Menurut penelitian yang dilakukan Winayati (2017) abu cangkang kelapa sawit adalah sisa pengolahan pabrik kelapa sawit dalam bentuk padat dan

kemudian di bakar dan akan menghasilkan abu dengan jumlah yang terus meningkat sepanjang tahun yang sampai sekarang masih belum dimanfaatkan dan dikategorikan sebagai limbah pabrik kelapa sawit.

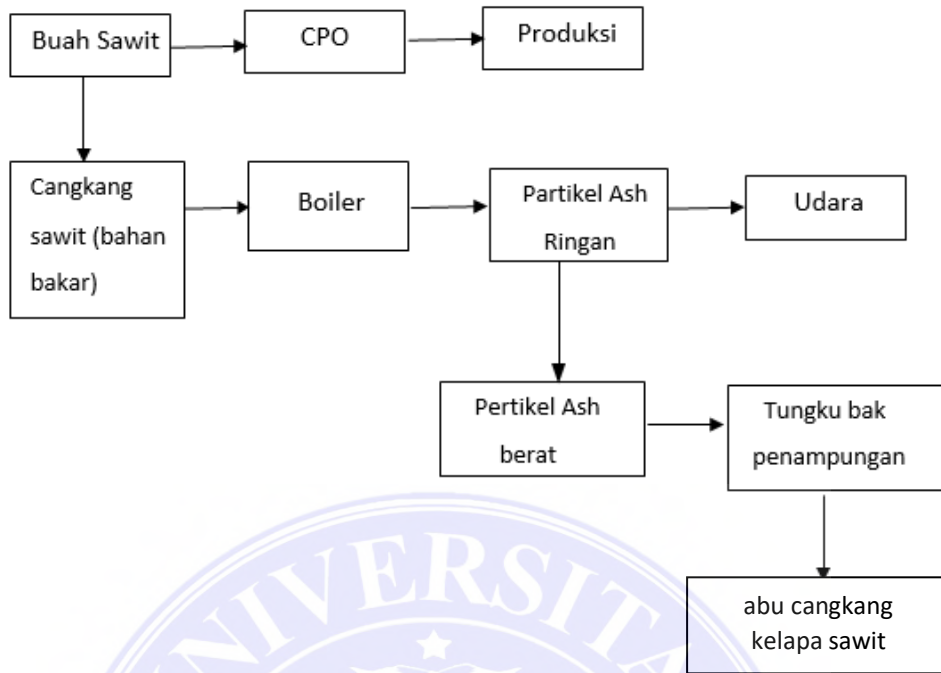
Dalam limbah abu cangkang kelapa sawit banyak mengandung unsur silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang merupakan bahan pozzolanic. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Zahrina (2017) abu dari cangkang kelapa sawit mengandung senyawa Silika Oksida aktif yang apabila bereaksi dengan air akan membentuk material seperti semen. Dalam bahan pozzoland ada dua senyawa yang mempunyai peranan penting dalam pembentukan semen, yaitu senyawa  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Kandungan abu cangkang kelapa sawit diperlihatkan pada tabel 2.8 berikut :

Tabel.2.8. Komposisi Abu Sawit (% berat)

Unsur/senyawa	Persentase (%)
Silika ( $\text{SiO}_2$ )	61
Kalsium Oksida ( $\text{CaO}$ )	7,5
Natrium (Na)	1,1
Kalium (K)	1,5
Magnesium (Mg)	2,8
Klor (Cl)	1,3
Karbonat ( $\text{CO}_3$ )	1,9
Nitrogen (N)	0,05
Posfat (P)	0,9

Sumber : Zahrina, 2017

Berikut ini merupakan diagram proses buah sawit hingga menghasilkan abu pembakaran cangkang kelapa sawit :



Gambar 2.2 Diagram Alir Terjadinya Abu Cangkang Kelapa Sawit  
 Sumber : Zahrina, 2017

Dari hasil proses pembuatan *Crude Palm Oil* (CPO) maka akan dihasilkan limbah padat diantaranya cangkang kelapa sawit yang dapat mencemari lingkungan apabila tidak dimanfaatkan dan dibiarkan. Untuk sebagian Pabrik Kelapa Sawit (PKS) hal ini tidak menjadi masalah bagi mereka karena limbah ini dapat digunakan sebagai bahan bakar pada boiler.

Cangkang buah sawit yang sudah terbakar akan menghasilkan sisa- sisa pembakaran yang nantinya akan menjadi limbah dari pada boiler (tungku pembakaran) berupa abu Terbang (Fly ash), yakni abu yang berada dibawah tungku tepatnya ditempat pengumpulan abu.

## 2.4 Aspal Campuran Panas

Saat ini, di Indonesia terdapat berbagai macam jenis beton aspal campuran

panas yang digunakan untuk lapisan perkerasan jalan. Perbedaannya terletak pada jenis gradasi agregat dan kadar aspal yang digunakan. Pemilihan jenis beton aspal yang akan digunakan di suatu lokasi sangat ditentukan oleh fungsi beton aspal yang diharapkan, dan sifat beton aspal yang lebih diutamakan.

Sebagai contoh, jika perkerasan jalan direncanakan akan digunakan untuk melayani lalu lintas kendaraan berat, maka sifat stabilitas lebih diutamakan. Ini berarti jenis beton aspal yang paling sesuai adalah beton aspal yang memiliki agregat campuran bergradasi baik. Pemilihan jenis beton aspal ini mempunyai konsekuensi rongga dalam campuran menjadi sedikit, kadar aspal yang dapat dicampurkan juga berkurang, sehingga selimut aspal menjadi lebih tipis dan mudah menjadi retak.

Menurut Saodang (2015), Jenis beton aspal campuran panas yang saat ini ada di Indonesia adalah :

1. Laston (Lapisan Aspal Beton), adalah jenis beton aspal campuran panas yang saat ini digunakan di Indonesia adalah laston (Lapis Aspal Beton), yaitu beton aspal yang umum digunakan untuk jalan raya. Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas.
2. Laston dimodifikasi (*AC Modified*) menggunakan bahan aspal polimer atau aspal dimodifikasi dengan asbuton atau aspal *multigrade* disebut masing-masing sebagai *AC-WC Modified*, *AC-BC Modified*, dan *AC-Base Modified*. Laston dimodifikasi ditujukan untuk jalan dengan lalu lintas rencana lebih besar dari 10 juta ESA.

3. Lataston (Lapisan Tipis Aspal Beton), adalah beton aspal bergradasi senjang dengan ukuran maksimum 19 mm ditujukan untuk jalan dengan lalulintas rencana kurang dari 10 juta ESA. Lataston yang umum disebut dengan HRS (*Hot Rolled Sheet*) ini memiliki sifat durabilitas dan fleksibilitas yang lebih utama dibandingkan dengan sifat beton aspal lainnya. Sesuai fungsinya Lataston mempunyai 2 macam campuran yaitu :
  - a. Lataston Lapis Permukaan sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama HRS-WC (*Hot Rolled Sheet-Wearing Coarse*). Tebal nominal minimum HRS-WC adalah 3 cm.
  - b. Lataston Lapis Fondasi, dikenal dengan nama HRS-Base (*Hot Rolled Sheet-Base*). Tebal nominal minimum HRS-Base adalah 3,5 cm.
  
4. Latasir (Lapisan Tipis Aspal Pasir), adalah beton aspal untuk jalan dengan lalu lintas ringan yaitu lalulintas rencana kurang dari 0,5 juta ESA, dan pada lokasi dimana agregat kasar tidak atau sulit diperoleh. Lapisan ini khusus mempunyai ketahanan alur (*rutting*) rendah. Latasir sangat tidak direkomendasikan untuk daerah berlalu lintas berat atau daerah tanjakan. Latasir yang biasa disebut sebagai SS (*Sand Sheet*) dibedakan atas :
  - a. Latasir kelas A, dikenal dengan nama SS-A. Tebal nominal minimum SS-A adalah 1,5 cm.
  - b. Latasir kelas B, dikenal dengan nama SS-B. Tebal nominal minimum SS-B adalah 2 cm. Gradasi agregat SS-B lebih kasar dari SS-A.

5. Lapisan perata adalah beton aspal yang digunakan sebagai lapisan perata dan pembentuk penampang melintang pada permukaan jalan lama. Semua jenis campuran beton aspal dapat digunakan, tetapi untuk membedakan dengan campuran untuk lapisan perkerasan jalan baru, maka setiap jenis campuran beton aspal tersebut ditambahkan huruf L (*Leveling*). Jadi ada jenis campuran AC-WC (L), AC-BC (L), AC-base (L), HRS-WC (L), dan seterusnya.
  
6. SMA (*Split Mastic Asphalt*), adalah beton aspal bergradasi terbuka dengan selimut aspal yang tebal. Campuran ini menggunakan bahan tambahan berupa fiber selulosa yang berfungsi untuk meningkatkan stabilitas campuran dan memiliki kadar aspal yang tinggi. Lapisan ini terutama digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Ada 3 jenis SMA, yaitu :
  - a. SMA 0/5 dengan tebal perkerasan 1,5 – 3 cm
  - b. SMA 0/8 dengan tebal perkerasan 2 – 4 cm
  - c. SMA 0/11 dengan tebal perkerasan 3 – 5 cm

#### 2.4.1. Lapis Aspal Beton (Laston)

Lapis aspal beton adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Material agregatnya terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus, dan filer yang bergradasi baik. Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran



ini adalah stabilitas (Sukirman, 2016).

## 1. Fungsi Lapis Aspal Beton

Berdasarkan Bina Marga (2018), sesuai fungsinya laston terdiri dari 3 macam campuran yaitu :

- a) Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*). Lapisan ini harus tahan terhadap cuaca, gaya geser dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air yang dapat melindungi lapis di bawahnya dari rembesan air. Ukuran agregat maksimum = 19 mm dan tebal nominal minimum AC-WC adalah 4 cm.
- b) Laston sebagai lapisan antara, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete- Binder Course*) adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat. Ukuran agregat maksimum 25,4 mm & tebal nominal minimum AC-BC adalah 5 cm.
- c) Laston sebagai lapisan fondasi, dikenal dengan nama AC-base (*Asphalt Concrete-Base*). Ukuran agregat maksimum = 37,5 mm dan tebal nominal minimum AC-Base adalah 6 cm.

## 2. Karakteristik Campuran Laston

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran lapis aspal beton adalah :

- a) Stabilitas, yaitu kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun

bleeding. Stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan agregat dengan gradasi rapat, agregat permukaan kasar, agregat berbentuk kubus, aspal penetrasi rendah dan aspal dalam jumlah yang mencukupi untuk ikatan butir.

- b) Durabilitas (keawetan) diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu atau keausan akibat gesekan kendaraan.
- c) Fleksibilitas (kelenturan) adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.
- d) Ketahanan geser/kekesatan adalah ketahanan yang diberikan perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan atau basah maupun di waktu kering.
- e) Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur dan retak.
- f) Kedap Air (*Impermeability*), adalah kemampuan aspal beton untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat.
- g) Kemudahan pelaksanaan (*workability*) adalah mudahnya suatu campuran untuk di hampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan.

Berdasarkan spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga (2018), setiap jenis lapisan memiliki ketebalan tersendiri yang ditunjukkan pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9. Tebal Nominal Minimum Campuran beraspal Laston

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (Cm)
Lapisan Beton	Lapis Aus	AC-WC	4,0
	Lapis Antara	AC- BC	6,0
	Lapis Pondasi	AC- Base	7,5

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018

Dan berikut adalah ketentuan karakteristik/sifat lapis aspal beton dapat dilihat pada tabel 2.10 berikut ini :

Tabel 2.10 Ketentuan Karakteristik/Sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran		AC		
		AC-WC	AC-BC	AC-Base
Kadar Aspal Optimum (%)	Min.	5,1	4,3	4,0
Jumlah Tumbukan per Bidang		75		112
Rongga dalam Campuran (%)	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam Agregat (%)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65	63	60
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800		1800
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks	4		6
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250		300
Stabilitas Marshall Sisa ( <i>durability index</i> ), 60 C (%)	Min.	90		

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018

### 2.4.2. Karakteristik Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)

Lapisan AC-WC adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambah. Suhu pencampuran pada umumnya antara 140-155°C yang disebut juga dengan *hot mix*. Sebagai lapis aus, maka kadar aspal yang dikandungnya haruslah cukup sehingga dapat memberikan lapis kedap air (Soehartono, 2015).

Campuran yang di gunakan untuk lapisan AC-WC pada pengujian *Marshall* harus memenuhi beberapa persyaratan dalam pengujiannya. Adapun persyaratan campuran untuk laston dapat dilihat pada Tabel 2.11 :

Tabel. 2.11 Persyaratan Spesifikasi Mutu Campuran AC-WC

Sifat-sifat Campuran	Spesifikasi
Jumlah tumbukan per bidang	75 kali
Kadar Aspal	5 – 7 %
Rongga dalam Campuran (VIM)	3 - 5 %
Rongga dalam Agregat (VMA)	Min 15 %
Rongga terisi Aspal (VFA)	Min 65 %
Kepadatan ( <i>bulk density</i> )	Min 2,228 gr/cm <sup>3</sup>
Stabilitas	Min 800 kg
Pelelehan ( <i>Flow</i> )	2 - 4 mm
<i>Marshall Quotient (MQ)</i>	Min 250 kg/mm
Stabilitas Marshall Sisa ( <i>Durability Index</i> ) 60 <sup>0</sup> C	Min 90%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018

### 2.5 Perencanaan Campuran (*Job Mix Design*)

Perencanaan campuran diperlukan untuk mendapatkan resep campuran yang memenuhi spesifikasi, menghasilkan campuran yang memenuhi kinerja yang baik dari agregat yang tersedia.

Salah satu metode perencanaan campuran yang umum digunakan adalah metode Bina Marga. Menurut Bina Marga (2018), prosedur perencanaan campuran adalah sebagai berikut :

- 1) Pemilihan agregat dan penentuan sifat-sifatnya yang harus sesuai spesifikasi material. Parameter perencanaannya adalah :
  - Berat jenis agregat yang akan dipergunakan dalam perhitungan campuran
  - Sifat-sifat/karakteristik agregat yang harus dipenuhi untuk lapis perkerasan
  - Gradasi butir dari masing-masing agregat kasar, pasir dan abu batu.
- 2) Penentuan campuran nominal berdasarkan sifat-sifat/karakteristik yang diperoleh dan dengan kadar aspal optimum yang ditentukan dalam spesifikasi. Fraksi agregat kasar adalah agregat yang ukuran butir agregatnya dominan terdiri dari agregat kasar, sedikit agregat halus dan atau abu batu. Fraksi agregat halus adalah agregat yang ukuran butir agregatnya dominan terdiri dari agregat halus, sedikit agregat kasar dan atau abu batu. Fraksi abu batu adalah agregat yang ukuran butir agregatnya dominan terdiri dari abu batu, sedikit agregat kasar dan atau halus.

Komponen agregat campuran dinyatakan dalam fraksi rencana yang terdiri dari :

- CA (*coarse aggregate*) yaitu fraksi agregat kasar = persen berat material yang tertahan saringan no.8 terhadap berat total campuran
- FA (*fine aggregate*) yaitu fraksi agregat halus = persen berat material yang lolos saringan no.8 dan tertahan saringan no.200 terhadap berat total campuran

- FF (filler) yaitu fraksi bahan pengisi = persen berat material yang lolos saringan no.200 terhadap berat total campuran
- b yaitu persen kadar aspal yang digunakan terhadap berat total campuran.

Untuk memudahkan perencanaan persentase proporsi campuran maka digunakan aljabar matrik seperti persamaan 2.13 :

$$CA + MA + FA + Sand + FF = 100\% \dots\dots\dots (2.13)$$

Gradasi dari agregat campuran nominal dihitung berdasarkan persen terhadap berat total agregat, bukan terhadap berat total campuran. Gradasi agregat campuran nominal tidak perlu sepenuhnya sesuai dengan amplop gradasi, asalkan batas fraksi rencana yang ditentukan masih memenuhi.

- 3) Pemeriksaan campuran di laboratorium bertujuan untuk menentukan kadar aspal optimum dan persentase bahan pengisi. Untuk itu perlu direncanakan campuran dengan 5 variasi kadar aspal, sedangkan untuk agregat kasar dan agregat halus proporsinya tetap konstan. Persentase kadar aspal rencana yang digunakan mulai dari 4,5% - 6,5% untuk campuran AC-BC, dan 5%-7% untuk campuran AC-WC. Dari hasil pemeriksaan marshall akan didapatkan kadar aspal optimum yang nantinya akan digunakan untuk campuran selanjutnya.

## 2.6 Pemeriksaan dengan Marshall

Kinerja campuran aspal beton dapat diperiksa dengan menggunakan alat

pemeriksaan Marshall. Metode pengujian Marshall dalam campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh *Bruce Marshall* dan selanjutnya dikembangkan oleh U.S Corps of Engineer dan telah distandarisasi oleh ASTM D 1559-62T, atau AASHTO T-245-74.

Pemeriksaan Marshall dimaksudkan untuk menentukan stabilitas dan kelelahan (*flow*) dari campuran aspal. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji) berkapasitas 2500 kg dan flowmeter. Proving ring yang dilengkapi arlogi pengukur digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan flowmeter untuk mengukur kelelahan plastis atau flow. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 10 cm dan tinggi 7,5 cm dipersiapkan di laboratorium dalam cetakan benda uji dengan mempergunakan penumbuk dengan berat 4536 kg dan tinggi jatuh 45,7 cm dibebani dengan kecepatan tetap 50 mm/menit (Sukirman, 2016).

Uji Marshall dilakukan untuk berbagai tujuan antara lain :

1. Sebagai bagian dalam proses merancang campuran beton aspal
2. Sebagai bagian dalam sistem penjaminan mutu campuran
3. Sebagai bagian dari penelitian karakteristik beton aspal

Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76 yang menyatakan secara garis besar pengujian Marshall meliputi :

1. Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji dilakukan berdasarkan *job mix design* yang telah direncanakan sebelumnya. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam membuat

benda uji adalah:

- Jumlah benda uji yang disiapkan.
- Persiapan agregat yang akan digunakan.
- Penentuan suhu pencampuran dan suhu pemadatan.
- Pencampuran dan pemadatan benda uji
- Persiapan untuk pengujian Marshall

## 2. Perhitungan Volume Isi Benda Uji

Penentuan volume isi dari benda uji aspal dilakukan segera setelah benda uji dingin dan mencapai suhu ruang. Pertama, benda uji ditimbang dalam keadaan kering, lalu direndam dalam air selama 24 jam sehingga air menyerap ke dalam rongga benda uji, lalu benda uji diangkat dari dalam air dan dilap bagian luar sehingga kering permukaan lalu timbang kembali. Lalu benda uji kering permukaan ditimbang kembali saat di dalam air. Untuk menentukan volume benda uji dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Volume isi} = \text{Berat Benda Uji SSD} - \text{Berat Benda Uji dalam air} \dots\dots\dots (2.14)$$

## 3. Pengujian Nilai Stabilitas dan *Flow*

### a) Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan dalam menahan beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk yang permanen seperti gelombang, alur ataupun *bleeding* dan dinyatakan dalam kg. Pengukuran stabilitas dengan uji *Marshall* diperlukan untuk mengetahui kekuatan tekan geser dari sampel yang ditahan dua sisi kepala penekan, dengan nilai stabilitas yang cukup tinggi



diharapkan perkerasan dapat menahan beban lalu lintas tanpa terjadi kehancuran geser. Untuk mendapatkan nilai stabilitas dapat dilakukan dengan mengalikan hasil pembacaan dari alat marshall test dengan kalibrasi proving ring sebesar 13,786 kg.

b) Kelelehan/Flow

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas, nilai flow juga diperoleh berdasarkan yang ditunjukkan oleh jarum flowmeter. Hanya saja untuk jarum flowmeter sudah dalam satuan mm sehingga tidak perlu di konversikan lebih lanjut.

Campuran yang memiliki nilai kelelehan yang rendah dan stabilitas yang tinggi, cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki nilai kelelehan yang tinggi dengan stabilitas yang rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapatkan beban lalu lintas.

4. Nilai Volumetrik Benda Uji

Volumetrik campuran beraspal yang dimaksud adalah volume benda uji campuran yang telah dipadatkan.

Perhitungan berat Jenis dan volume rongga campuran beraspal adalah menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut :

a) Kepadatan (*Bulk Density*)

Kepadatan merupakan berat campuran benda uji pada setiap satuan volume. Campuran yang mempunyai nilai kepadatan tinggi akan mampu menahan beban

yang lebih besar serta kedekatan terhadap air dan udara yang tinggi pula. Berikut rumus untuk menentukan kepadatan :

$$Bulk\ Density = \frac{Berat\ Kering\ Benda\ uji}{Volume\ Isi\ Benda\ Uji} \dots\dots\dots (2.15)$$

b) Rongga Dalam Campuran / *Void In Mix* (VIM)

Void In Mix atau disebut juga rongga dalam campuran digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran, sedemikian sehingga rongga tidak terlalu kecil (menimbulkan bleeding) atau terlalu besar (menimbulkan oksidasi/penuaan aspal dengan masuknya udara dan sinar ultra violet) dan menurunkan sifat durabilitas aspal. Rongga udara dalam campuran (VIM) dinyatakan dalam persen dan dapat dihitung dengan persamaan 2.16 sebagai berikut :

$$VIM = 100\% \times \frac{Gmm \times Gmb}{Gmm} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana :

VIM : Rongga udara dalam campuran (%)

Gmm : Berat jenis maksimum campuran

BJ Bulk : Berat jenis Bulk campuran

c) Rongga Campuran Agregat / *Void Mineral Aggregate* (VMA)

Rongga campuran agregat adalah rongga antar butiran agregat, terdiri dari rongga udara serta aspal efektif yang dinyatakan dalam persentase volume total campuran.

Apabila VMA rendah maka nilai kekakuan menjadi tinggi. Nilai VMA berpengaruh juga terhadap sifat kedekatan campuran, semakin banyak rongga

yang ada maka akan semakin kurang nilai kekedapan terhadap air dan udara. Apabila VMA terlalu kecil maka campuran akan rapat, sehingga aspal akan sulit mencapai rongga, akibatnya apabila diberikan beban lalu lintas akan terjadi deformasi pada lapisan perkerasan tersebut, berupa lendutan, alur, hal ini disebabkan karena ruang yang terisi oleh aspal akan lebih sedikit sehingga akan menjadi kerapuhan pada perkerasan tersebut. Rongga diantara agregat (VMA) dapat dinyatakan dalam persen dan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$VMA = 100 - \frac{(100 - Pa) \times Bulk\ Density}{Gsb} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana :

VMA : Rongga diantara agregat (%)

Pa : Kadar aspal terhadap berat total campuran

Gsb : Berat jenis Bulk agregat total

d) Rongga Terisi Aspal / *Void Filled with Asphalt* (VFA)

VFA adalah persentase rongga dalam campuran agregat yang terisi aspal atau rasio antara volume aspal pada campuran dan volume pori pada agregat.

Semakin rapat gradasi dan semakin tingginya kadar aspal maka VFA akan semakin besar. Apabila VFA besar maka rongga semakin kecil sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara menjadi lebih tinggi, akan mengakibatkan terjadinya deformasi karena rongga yang tersedia terlalu kecil, dan campuran sudah kelebihan aspal (bledding). Sebaliknya jika nilai VFA terlalu

kecil maka kedekatan terhadap air dan udara akan menjadi berkurang sehingga lebih cepat untuk teroksidasi.

VFA dapat dihitung dengan persamaan 2.18 berikut ini :

$$VFA = 100\% \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana :

VFA : Rongga terisi aspal (%)

VMA : Rongga diantara agregat (%)

VIM : Rongga udara dalam campuran (%)

e) Hasil Bagi Marshall / *Marshall Quotient* (MQ)

Parameter Marshall Qoutient diperlukan untuk dapat mengetahui tingkat kekakuan (stiffness) campuran. Nilai MQ yang terlalu besar menunjukkan kekuatan campuran perkerasan tinggi dan kaku, akan berakibat mudahnya terjadi retakan, sebaliknya bila harga MQ terlalu kecil menunjukkan terlalu plastis yang berakibat mudah mengalami deformasi.

Hasil bagi marshall merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelahan yang dinyatakan dalam kg/mm dan dapat dihitung dengan persamaan 2.19 :

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana :

MQ : Marshall quotient (kg/mm)

MS : Marshall Stability (kg)

MF : Flow marshall (mm)

## 2.7. Durabilitas (*Durability Index*)

Durabilitas (keawetan/ketahanan) merupakan kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas, gesekan, seperti berat kendaraan, gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan serta menahan keausan akibat pengaruh air, cuaca, udara atau suhu (Sukirman, 2016).

Pengujian perendaman *Marshall* bertujuan untuk menentukan ketahanan dari campuran aspal. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi menurunnya sifat durabilitas suatu campuran (lapisan aspal) adalah air. Jika suatu lapisan aspal selalu terendam oleh air, maka sifat durabilitas campuran tersebut akan berkurang. Selain itu, banyaknya rongga yang tersisa dalam campuran setelah pemadatan juga mengakibatkan durabilitas campuran aspal menurun. Semakin besar rongga yang tersisa, maka beton aspal akan semakin kedap air. Semakin banyak udara di dalam beton aspal, menyebabkan semakin mudahnya selimut aspal beroksidasi dengan udara, menjadi getas dan durabilitasnya menurun (Sukirman, 2016).

Menurut Sukirman (2016) faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal adalah :

1. VIM kecil, sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh
2. VMA besar, sehingga selimut aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi kemungkinan terjadinya *bleeding* besar. Untuk mencapai VMA yang besar ini maka digunakan agregat bergradasi senjang.

3. Selimut aspal/film aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal berdurabilitas tinggi tetapi kemungkinan terjadinya *bleeding* juga tinggi.

Metoda praktis yang sering digunakan untuk mengevaluasi keawetan/ketahanan campuran beraspal adalah dengan melakukan perendaman benda uji di air pada suhu tertentu dan waktu tertentu.

Bina Marga (2018) mensyaratkan untuk pengujian keawetan campuran beraspal adalah dengan merendam benda uji dalam air selama 30 menit dalam waterbath dengan suhu 60<sup>0</sup>C, kemudian setelah itu, dibandingkan stabilitasnya dengan benda uji yang tidak direndam atau dengan benda uji yang direndam lebih dari 30 menit. Waktu perendaman selama 30 menit merupakan waktu awal atau waktu standart benda uji yang akan dilakukan uji durabilitas. Semakin tinggi nilai IKS menyatakan potensi durabilitas dari campuran tersebut semakin baik. Indeks keawetan dinyatakan dengan Indeks kekuatan sisa campuran beraspal akibat pengaruh perendaman dirumuskan pada persamaan 2.20 berikut :

$$IKS = \frac{S2}{S1} \times 100 \dots \dots \dots (2.20)$$

Dimana :

S1: nilai rata-rata stabilitas *Marshall* setelah perendaman selama T1 menit (Kg)

S2: nilai rata-rata stabilitas *Marshall* setelah perendaman selama T2 menit (Kg)

IKS: Indeks Kekuatan Sisa/ *Durability Index* (%)

Nilai IKS yang disyaratkan oleh Spesifikasi Bina Marga 2018 adalah minimum 90%. Nilai tersebut menandakan bahwa campuran aspal masih dianggap cukup tahan terhadap kerusakan yang ditimbulkan oleh pengaruh air.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan langsung di laboratorium PT. Adhi Karya (Persero) Tbk, AMP Medan Base Cam, Pasar V Patumbak, Kabupaten Deli Serdang.

#### 3.2 Bahan Pengujian

##### 1. Agregat

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari Sei Wampu Binjai, Sumatera Utara dan ada 2 jenis yaitu agregat kasar dan agregat halus :

##### a) Agregat Kasar

Frakasi agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini ada 2 yaitu batu pecah (*coarse aggregate*) dan medium aggregate yang tertahan di saringan no.8.



Gambar 3.1 CA (*Coarse Aggregate*)  
Sumber : Penelitian di Laboratorium





Gambar 3.2. MA (*Medium Aggregate*)  
Sumber : Penelitian di Laboratorium

b) Agregat Halus

Fraksi agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini ada 2 yaitu abu batu (*fine aggregate*) dan pasir yang lolos saringan no.8 dan tertahan saringan no.200.



Gambar 3.3. Abu Batu (*Fine Aggregate*)  
Sumber : Penelitian di Laboratorium



Gambar 3.4. Pasir  
Sumber : Penelitian di Laboratorium

## 2. Aspal

Penelitian ini, aspal yang digunakan adalah aspal pertamina Pen 60/70 yang berasal dari AMP PT.Adhi Karya.



Gambar 3.5 Aspal yang telah dipanaskan  
Sumber : Penelitian di Laboratorium

## 3. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi atau *filler* yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu cangkang kelapa sawit yang didapatkan dari pabrik kelapa sawit PTPN III Sumatera Utara.



Gambar 3.6 Abu Cangkang Kelapa Sawit  
Sumber : Penelitian di Laboratorium

#### 4. Air Perendaman

Air perendaman digunakan untuk melakukan perendaman benda uji. Air yang digunakan adalah air yang sudah tersedia di Laboratorium PT.Adhi Karya.

### 3.3 Peralatan Pengujian

#### A. Peralatan Pengujian Bahan

##### 1. Spliter

Spliter adalah alat yang digunakan untuk menyiapkan benda uji agregat yang telah diambil dari lapangan untuk disesuaikan dengan kondisi agregat dan jumlah benda uji yang diperlukan.



Gambar 3.7 Spliter

Sumber : Penelitian di Laboratorium

2. Satu Set Saringan

Saringan digunakan untuk pengujian gradasi campuran agregat kasar dan agregat halus.



Gambar 3.8. Satu Set Saringan

Sumber : Penelitian di Laboratorium

### 3. Timbangan

Timbangan digunakan untuk menimbang proporsi agregat halus, agregat kasar, dan filler untuk mendapatkan berat yang sesuai dengan perencanaan.



Gambar 3.9 Timbangan

Sumber : Penelitian di Laboratorium

### 4. Mesin Ayakan (*Shieve Shaker*)

Mesin ini digunakan untuk mengayak agregat halus dan agregat kasar.



Gambar 3.10. Mesin Ayakan

Sumber : Penelitian di Laboratorium

## 5. Pikhnometer

Pikhnometer dalam penelitian ini merupakan alat yang digunakan dalam pengujian berat jenis agregat halus.



Gambar 3.11. Pikhnometer  
Sumber : Penelitian di Laboratorium

## 6. Wadah/Nampan

Nampan ini digunakan sebagai wadah/tempat untuk menampung hasil pembagian dari splitter dan meletakkan agregat kasar, agregat halus dan filler yang telah dibagi sesuai proporsinya.



Gambar 3.12. Wadah/Nampan  
Sumber : Penelitian di Laboratorium

## B. Peralatan Pembuatan Benda Uji

### 1. Kualii

Kualii digunakan untuk memasak campuran aspal dengan agregat dan filler hingga campuran teraduk rata dan siap untuk dicetak.



Gambar 3.13. Kualii  
Sumber : Penelitian di Laboratorium

### 2. Spatula

Spatula digunakan sebagai alat pengaduk campuran aspal dan agregat saat dipanaskan diatas kompor.



Gambar 3.14. Spatula  
Sumber : Penelitian di Laboratorium

### 3. Kompor

Kompor digunakan untuk memanaskan campuran aspal dan agregat hingga campuran tercampur rata dan mencapai suhu 150°C.



Gambar 3.15. Kompor  
Sumber : Penelitian di Laboratorium

#### 4. Termometer

Termometer digunakan untuk mengecek campuran aspal dan agregat yang dipanaskan sudah mencapai suhu  $150^{\circ}\text{C}$  agar bisa segera dilakukan pemadatan.



Gambar 3.16 Termometer  
Sumber : Penelitian di Laboratorium

#### 5. Cetakan Benda Uji

Campuran aspal dengan agregat yang telah dipanaskan selanjutnya dicetak dengan menggunakan alat cetak benda uji berdiameter 10,2 cm dan tinggi 7,5 cm.





Gambar 3.17. Cetakan Benda Uji  
Sumber : Penelitian di Laboratorium

#### 6. Penumbuk Benda Uji

Penumbuk manual benda uji digunakan untuk memadatkan campuran aspal yang masih panas. Alat penumbuk ini memiliki diameter 9,8 cm, berat 4,5 kg dengan tinggi jatuh bebas 45,7 cm.



Gambar 3.18 Alat Penumbuk Benda Uji  
Sumber : Penelitian di Laboratorium

#### 7. Timbangan

Timbangan digunakan untuk menimbang berat benda uji yang telah dileuarkan dari cetakan dan juga digunakan untuk menimbang berat benda uji didalam air.



Gambar 3.19 Timbangan  
Sumber : Penelitian di Laboratorium

#### 8. Dongkrak

Dongkrak digunakan untuk mengeluarkan benda uji dari cetakan setelah proses pemadatan dan benda uji sudah mencapai suhu ruangan.



Gambar 3.20 Dongkrak  
Sumber : Penelitian di Laboratorium

#### 9. Bak perendam

Bak perendam digunakan untuk merendam benda uji selama 24 jam agar benda uji menjadi jenuh air.



Gambar 3.21. Bak Perendam  
Sumber : Penelitian di Laboratorium

## 10. Alat Pendukung

Alat pendukung dalam pembuatan benda uji yaitu seperti sarung tangan anti panas, kain lap dan tipe-x untuk memberi tanda pada benda uji.

### C. Peralatan Pengujian Benda Uji

#### 1. Alat Marshall Test

Alat uji yang digunakan adalah seperangkat alat untuk metode marshall, meliputi alat tekan marshall yang terdiri dari kepala penekan berbentuk lengkung, cincin penguji berkapasitas 2500 kg yang dilengkapi arloji pengukur *flowmeter* dan arloji *stability*.



Gambar 3.22 Alat Marshall Test  
Sumber : Penelitian di Laboratorium

## 2. Alat Uji Durabilitas

Alat untuk uji durabilitas adalah *water bath* yang dilengkapi pengatur suhu.



Gambar 3.23 Water Bath  
Sumber : Penelitian di Laboratorium

### 3.4 Prosedur Pengujian

#### 1. Persiapan Bahan dan Alat

Semua peralatan dan bahan dipersiapkan, mulai dari aspal yang telah dicairkan, filler agregat halus dan kasar dan juga alat untuk pengujian bahan, alat untuk pembuatan benda uji dan alat untuk pengujian benda uji.

Untuk agregat kasar dan agregat halus dipersiapkan dengan metode spliter. Metode ini bertujuan untuk membagi agregat agar terbagi rata dan siap untuk dilakukan pengujian selanjutnya. Adapun cara melakukan metode spliter adalah sebagai berikut :

- Siapkan spliter dan dua buah nampan dibawah lubang pembagi spliter.
- Tumpahkan agregat tersebut kedalam spliter dengan kecepatan tertentu sehingga terjadi aliran bebas melalui lubang-lubang spliter
- Teruskan kegiatan pertama hingga kedua hingga agregat terbagi menjadi 2 bagian

- Lakukan sampai diperoleh berat agregat untuk jumlah benda uji yang direncanakan (biasanya paling sedikit 5 kg). Simpan benda uji yang telah terbagi 2 tadi untuk selanjutnya dilakukan uji berat jenis.

## 2. Pengujian Material

Pengujian material yang dilaksanakan pada penelitian ini, meliputi pemeriksaan terhadap agregat kasar, agregat halus dan *filler*.

### a) Pemeriksaan Analisa Saringan

Prosedur dalam melakukan pemeriksaan analisa saringan adalah :

1. Fraksi agregat kasar dan fraksi agregat halus dikeringkan didalam oven dengan suhu 110°C atau menggunakan sinar matahari sampai berat tetap. Berat tetap yaitu keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar daripada 0,1%
2. Fraksi agregat kasar, fraksi agregat halus dan filler dicampur dan disaring lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas/sesuai dengan urutan saringan yang terdapat pada spesifikasi yang digunakan. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang saringan (*sieve shaker*) selama 15 menit, dan catat hasilnya.
3. Lalu setelah itu, tahap selanjutnya masukkan *coarse aggregate* saja kedalam susunan saringan kemudian saring dan guncang selama 15 menit. Dan lakukan hal yang sama untuk *medium aggregate*, *fine aggregate*, pasir dan juga filler.

b) Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Pada umumnya fraksi kasar (*coarse aggregate*) dan fraksi medium (*medium aggregate*) digolongkan sebagai agregat kasar. Adapun berdasarkan SNI-03-1969-2008, prosedur untuk dari percobaan berat jenis agregat kasar adalah sebagai berikut :

1. Ambil benda uji yaitu agregat tertahan No.8, timbang kira-kira sebanyak 2,5 kg.
2. Cuci benda uji hingga tidak ada debu atau bahan-bahan lain yang menempel pada permukaan agregat.
3. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  atau dengan menggunakan sinar matahari sampai berat tetap.
4. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama  $\pm 3$  jam, kemudian timbang, hasil ini disebut berat kering (Bk).
5. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama  $\pm 24$  jam.
6. Keluarkan benda uji dalam air, keringkan dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (SSD). Untuk butiran yang besar pengeringan harus satu persatu.
7. Timbang benda uji kering permukaan jenuh (Bj).
8. Letakkan benda uji di dalam keranjang, lalu masukkan kedalam air dan guncang batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap, kemudian tentukan beratnya di dalam air (Ba).
9. Hitung berat jenis bulk, berat jenis apparent dan berat jenis SSD dengan menggunakan rumus yang telah ditentukan.

c) Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Agregat halus terdiri atas pasir alam dan abu batu (*Fine aggregate*) dan harus disediakan dalam ukuran nominal maksimum 2,36 mm. Adapun berdasarkan SNI- 03-1970-2008, prosedur percobaan untuk berat jenis agregat halus adalah sebagai berikut :

1. Keringkan benda uji yaitu agregat yang lolos saringan No.4 sebanyak 500 gr kedalam oven pada suhu  $110 \pm 50C$  sampai berat tetap. Berat tetap adalah keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dalam waktu 2 jam berturut-turut, tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar dari pada 0,1 %. Dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama  $24 \pm 4$  jam.
2. Buang air perendam dengan hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas talam, keringkan di udara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji. Lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh.
3. Untuk mengetahui apakah sudah kering permukaan jenuh lakukan dengan cara mengisi benda uji kedalam cone (kerucut terpancung), lalu padatkan dengan batang penumbukan sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung. Jika benda uji runtuh tetapi masih daam keadan tercetak berrati kering permukaan jenuh sudah tercapai. Dan timbang berat benda uji kering permukaan jenuh.
4. Masukkan benda uji kedalam piknometer. Masukkan air suling sampai mencapai 90% isi piknometer, putar sambil diguncang sampai tidak terlihat

gelembung udara didalamnya. Untuk mempercepat proses ini dapat digunakan pompa hampa udara, tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang terhisap, dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer.

5. Timbang piknometer berisi air dan benda uji (Bt)
6. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu  $110 \pm 50C$  sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji.
7. Setelah benda uji dingin kemudian timbanglah (Bk).
8. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dengan suhu  $25^{\circ}C$  (B).
9. Hitung berat jenis bulk, berat jenis apparent dan berat jenis SSD dengan menggunakan rumus yang telah ditentukan.

d) Pemeriksaan Filler

Filler yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu cangkang sawit yang kering dan lolos saringan no.200. Bahan pengisi (*filler*) diayak dan dipisahkan dengan bahan-bahan yang tidak dikehendaki. Filler diyakini dapat memperbaiki adhesi antara agregat dan aspal. Standar pengujian yang digunakan adalah AASHTO T- 85-81 dan SNI M-0201994-03.

3. *Job Mix Design* Campuran Aspal

Setelah semua agregat halus, agregat kasar dan *filler* yang telah melewati proses pemeriksaan dan telah memenuhi persyaratan, maka selanjutnya dilakukan perencanaan campuran aspal (*job mix design*) yang kemudian dilanjutkan dengan membuat benda uji.



Job mix design yaitu kegiatan merancang proporsi campuran yang meliputi penentuan proporsi fraksi agregat kasar dan fraksi agregat halus, penentuan kadar aspal dan juga proporsi *filler* sesuai dengan ketentuan persentase fraksi agregat kasar + persentase fraksi agregat halus + persentase filler = 100%.

#### 4. Pembuatan Benda Uji

Prosedur pembuatan sampel benda uji dibagi menjadi 2 tahap, yaitu sebagai berikut :

##### Pembuatan Benda Uji Tahap I

Langkah-langkah yang dilakukan pada pembuatan benda uji tahap pertama yaitu :

1. Masukkan agregat halus, agregat kasar dan filler abu batu kedalam kuai dengan proporsi sesuai perencanaan (*job mix design*) dan kemudian aduk dan panaskan hingga mencapai suhu  $150^{\circ}\text{C}$
2. Kemudian masukkan aspal cair dengan berat sesuai perencanaan dan aduk rata hingga tercampur dengan baik sambil dipanaskan diatas kompor.
3. Variasi kadar aspal rencana yang digunakan pada tahap I ini adalah 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% sesuai ketentuan kadar aspal untuk campuran AC-WC.
4. Masukkan campuran aspal panas kedalam mould penumbuk aspal kemudian adonan ditusuk-tusuk sebanyak 15 kali dan lakukan penumbukan 75 kali pada kedua sisi benda uji.
5. Setelah benda uji padat dan mencapai suhu ruang segera keluarkan benda uji dari cetakan menggunakan dongkrang dan lalu timbang dalam keadaan kering.

6. Kemudian lakukan perendaman di dalam bak perendaman selama 24 jam.
7. Setelah direndam 24 jam, bagian luar benda uji di lap sehingga kering permukaan dan ditimbang. Lalu benda uji ditimbang kembali di dalam air.
8. Sebelum dilakukan test marshall, benda uji tadi direndam kembali selama 30 menit di dalam waterbath dengan suhu 60°C untuk mendapatkan suhu benda uji sesuai dengan suhu terpanas dilapangan.
9. Dan terakhir barulah dilakukan test marshall untuk mendapatkan nilai stability dan flow dan kemudian dapat dihitung juga VIM, VMA, VFA, bulk density dan nilai marshall nya. Dari beberapa variasi kadar aspal tersebut kemudian dihubungkan dengan parameter marshall dan pada akhirnya dapat ditentukan kadar aspal optimum (KAO).

Adapun perincian jumlah sampel untuk menentukan KAO adalah :

Tabel 3.1 Jumlah Sampel untuk Penentuan KAO

No	Kadar Aspal	Jumlah
1	5%	3 sampel
2	5,5%	3 sampel
3	6%	3 sampel
4	6,5%	3 sampel
5	7%	3 sampel
Total Sampel		15 Sampel

## Pembuatan Benda Uji Tahap II

Setelah didapat kadar aspal optimum maka dilakukan pembuatan benda uji dengan proporsi fraksi agregat kasar, fraksi agregat halus dan filler abu cangkang

kelapa sawit sesuai *job mix design* yang telah dirancang. Dan juga dengan KAO yang telah di dapat dari pengujian sebelumnya. Langkah-langkah yang dapat dilakukan pada pembuatan benda uji tahap II yaitu :

1. Masukkan agregat kasar, agregat halus dan filler abu cangkang sawit ke dalam kualii sesuai perencanaan dan kemudian aduk dan panaskan hingga mencapai suhu 150<sup>0</sup>C
2. Kemudian masukkan aspal cair dengan berat sesuai perencanaan dan aduk rata hingga tercampur dengan baik sambil dipanaskan diatas kompor.
3. Selanjutnya masukkan campuran ke dalam mould penumbuk, kemudian ditusuk-tusuk sebanyak 15 kali. Lalu tumbuk/padatkan 75 kali di kedua sisi benda uji lalu diamkan hingga mencapai suhu ruang.
4. Setelah benda uji padat dan mencapai suhu ruang segera keluarkan benda uji dari cetakan dan lalu timbang dalam keadaan kering.
5. Kemudian semua benda uji di rendam di dalam bak perendaman selama 24 jam agar jenuh air.
6. Setelah direndam 24 jam, bagian luar benda uji di lap sehingga kering permukaan dan ditimbang. Kemudian benda uji ditimbang kembali di dalam air.
7. Selanjutnya, semua benda uji dibagi 4 untuk dilakukan 4 variasi perendaman didalam waterbath. Rendam benda uji di waterbath dengan suhu 60<sup>0</sup> C dengan variasi perendaman 30 menit (perendaman standar), 24 jam, 48 jam dan 96 jam untuk mengetahui perbandingan nilai durabilitas dari benda uji.
8. Lakukan test marshall

Adapun perincian perkiraan jumlah sampel dengan variasi perendaman tersebut dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut :

Tabel 3.2 Jumlah Sampel dengan Variasi Perendaman

Campuran	Variasi Rendaman			
	30 menit	24 jam	48 jam	96 jam
0% Abu cangkang kelapa sawit	3 sampel	3 sampel	3 sampel	3 sampel
4% Abu cangkang kelapa sawit	3 sampel	3 sampel	3 sampel	3 sampel
Total Sampel	24 buah			

#### 5. Pengujian *Marshall Test*

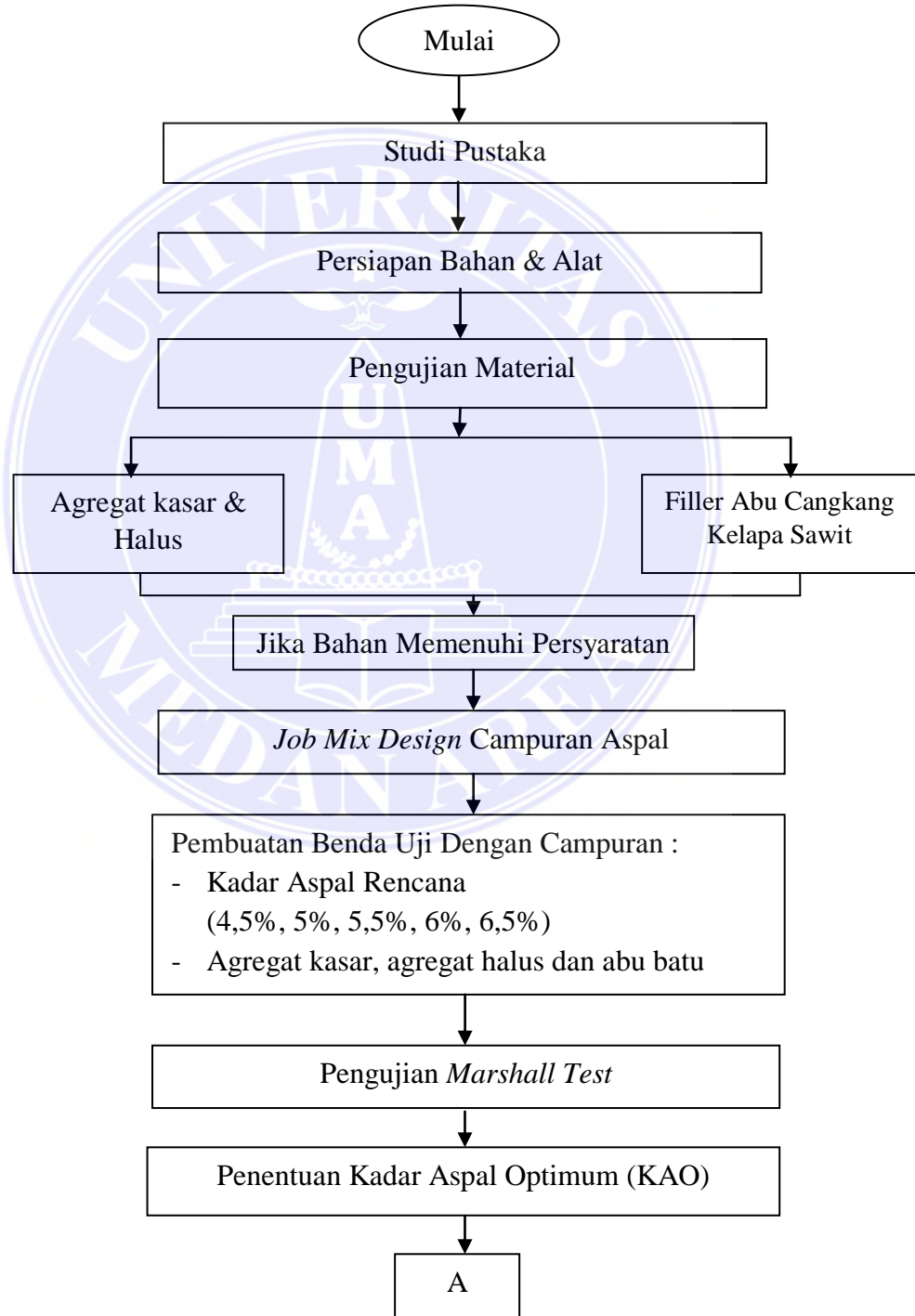
Pengujian marshall test ini dilakukan untuk benda uji penentuan KAO dan juga benda uji dengan variasi perendaman.

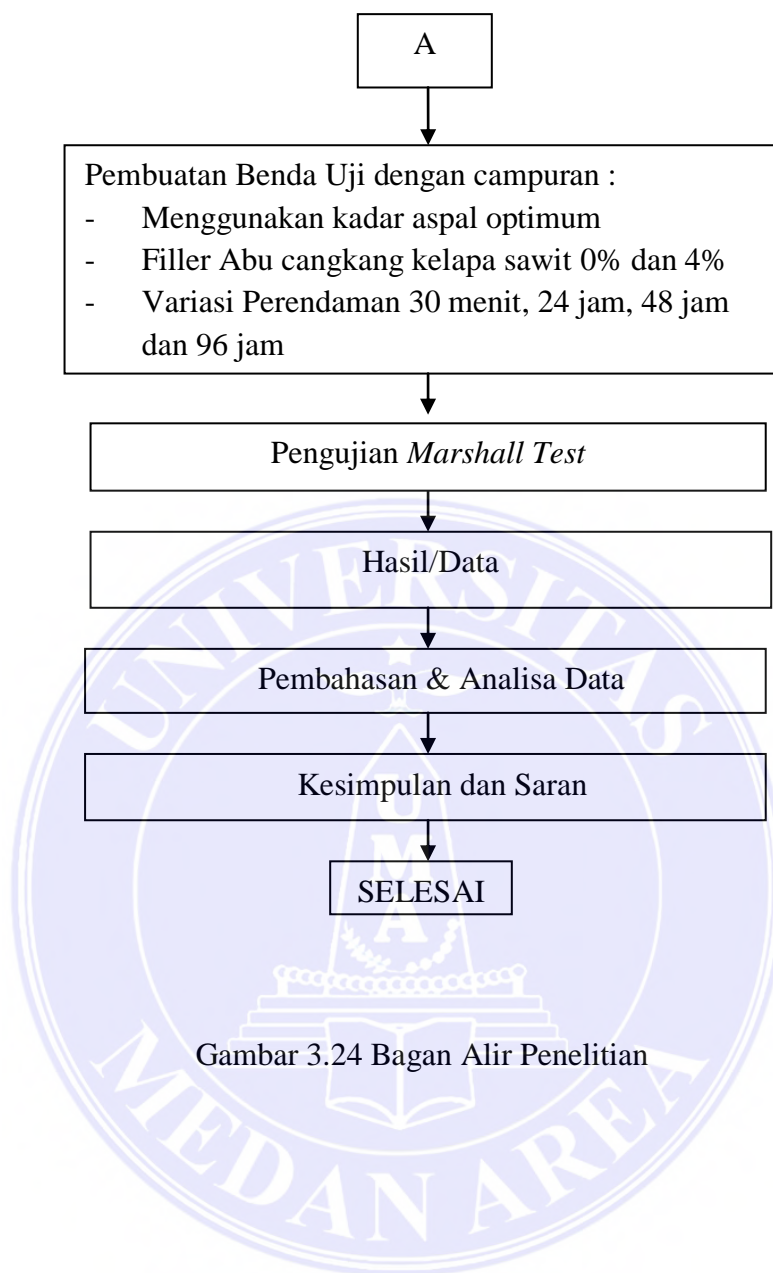
Langkah dalam Marshall test adalah sebagai berikut :

- 1) Benda uji dikeluarkan dari water bath kemudian diletakkan pada alat Marshall untuk dilakukan pengujian.
- 2) Letakkan benda uji tepat pada bagian bawah kepala penekan dan lalu masukkan bagian atas kepala penekan. Setelah pemasangan sudah lengkap maka letakkan kepala penekan ditengah alat pembebanan.
- 3) Kemudian pasang arloji *flow meter* dan hidupkan mesin marshall.
- 4) Penekan dinaikkan hingga menyentuh atas cincin penguji
- 5) Pembebanan dilakukan pada kecepatan tetap 51 mm per menit. Perhatikan arloji flow dan arloji stability hingga arloji stability berhenti di suatu angka dan arloji flow meter berputar melambat. Dan lakukan pembacaan. Cara pembacaan arloji stability yaitu berdasarkan jarum arloji yang berhenti dan menunjukkan suatu angka dan sedangkan pembacaan arloji flowmeter yaitu berdasarkan putaran jarumnya, 1 putaran bernilai 1 mm.

- 6) Setelah pengujian selesai, benda uji dikeluarkan, dan hitung nilai VIM, VFA, VMA, bulk density, MQ dan *durability index* dari masing-masing perendaman.

Adapun diagram alir penelitiannya adalah sebagai berikut :





Gambar 3.24 Bagan Alir Penelitian

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tentang uji durabilitas campuran aspal menggunakan *filler* abu cangkang kelapa sawit, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil uji durabilitas campuran aspal menggunakan *filler* abu cangkang kelapa sawit perendaman 24 jam memiliki nilai durabilitas tertinggi dibanding benda uji lainnya yaitu dengan nilai durabilitas sebesar 97% dan nilai stabilitas sebesar 1148,8 kg. Sementara itu, untuk benda uji lainnya yaitu pada waktu perendaman 48 jam memiliki nilai durabilitas sebesar 88,7% dan nilai stabilitas sebesar 1052 kg, dan benda uji dengan waktu perendaman 96 jam memiliki nilai durabilitas sebesar 69,2% dan nilai stabilitas sebesar 818 kg. Sehingga dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai durabilitas perendaman 24 jam sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018, sedangkan benda uji perendaman 48 jam dan 96 jam nilai durabilitasnya tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.
2. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, pada campuran aspal menggunakan *filler* abu cangkang kelapa sawit diperoleh nilai durabilitas yang lebih baik dibandingkan campuran yang tidak menggunakan *filler* abu cangkang kelapa sawit. Hal ini terlihat bahwa nilai durabilitas terbesar pada campuran aspal menggunakan *filler* abu cangkang kelapa sawit yaitu sebesar

97%, sedangkan nilai durabilitas terbesar pada campuran aspal tanpa filler abu cangkang kelapa sawit hanya sebesar 91,5%.

## 5.2 Saran

1. Dari hasil pengujian durabilitas yang diperoleh, penulis menyarankan sebaiknya perkerasan aspal tidak terendam air selama lebih dari 24 jam untuk memperoleh keawetan/ketahanan lapisan aspal.
2. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan filler abu cangkang kelapa sawit dengan komposisi filler yang memiliki variasi (misalnya menggunakan variasi filler 1%, 2%, 3%, 4% dan atau lebih) dan juga menggunakan variasi waktu perendaman yang lebih lama.
3. Dari pengujian nilai durabilitas ini diharapkan dapat menambah wawasan dan informasi mengenai bagaimana hubungan nilai durabilitas dan nilai marshall terhadap variasi waktu perendaman.
4. Dan dari hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi petunjuk kepada pengguna jasa yang bergerak pada bidang jasa konstruksi, khususnya perkerasan jalan raya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Agusmaniza, Roni., 2018, *Uji Durabilitas Campuran AC-WC Menggunakan Kombinasi Limbah Plastik dan Abu Cangkang Kelapa Sawit*, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Bina Marga. 2018., *Spesifikasi Umum Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Divisi 6*. Kementerian PUPR, Jakarta.
- Fauziah. M., 2017., *Pemanfaatan Limbah Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Tambah Untuk Meningkatkan Kekuatan Dan Keawetan Campuran Aspal Concrete Binder Course (AC-BC)*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Guslianda, Reza., 2015, *Durabilitas Campuran AC-BC Menggunakan Limbah Cangkang Kelapa Sawit*, Universitas Teuku Umar Alue Peunyareng, Meulaboh.
- Hardiyatmo, H. Christady., 2015, *Pemeliharaan Jalan Raya Edisi 2*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Lubis, Kamaluddin., 2017, *Buku Pedoman Praktikum Bahan Perkerasan*. Universitas Medan Area, Medan.
- Puri, Anas., 2016, *Pengaruh Penambahan Abu Sawit Sebagai bahan Pengisi Terhadap Karakteristik Marshall Material Beton Aspal*, Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Rahmadi, 2018., *Analisis Marshall Campuran AC-WC Dengan Buton Granular Asphalt dan Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Substitusi*, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Saodang, Hamirhan., 2015, *Konstruksi Jalan Raya, Edisi ke-2 Perancangan Perkerasan Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.
- Soehartono, 2015, *Teknologi Aspal dan Penggunaannya*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Sukirman, Silvia., 2016, *Beton Aspal Campuran Panas*, Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- Tahir, Anas, 2019, *Kinerja Durabilitas Campuran Beton Aspal Ditinjau Dari Faktor variasi Lama Perendaman*, Universitas Tadulako, Palu.
- Winayati, 2017, *Pengaruh Filler Abu Tandan Sawit Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran AC-BC*, Universitas Lancang Kuning, Pekanbaru.

Yelvi, 2015, *Evaluasi Kinerja Campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC) Memakai Limbah Abu Sawit Sebagai Filler*, Politeknik Negeri Padang, Padang.

Zahrina, I., 2017, *Pemanfaatan Abu Sawit dan Cangkang Sawit Sebagai Sumber Silika Pada Sintesis ZSM-5 dari Zeolit Alam*, Universitas Riau, Pekanbaru.





## DOKUMENTASI

### 1. Lokasi pengambilan material : AMP. PT. Adhi Karya (Persero) Tbk.





## UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21

## 2. Proses Penelitian



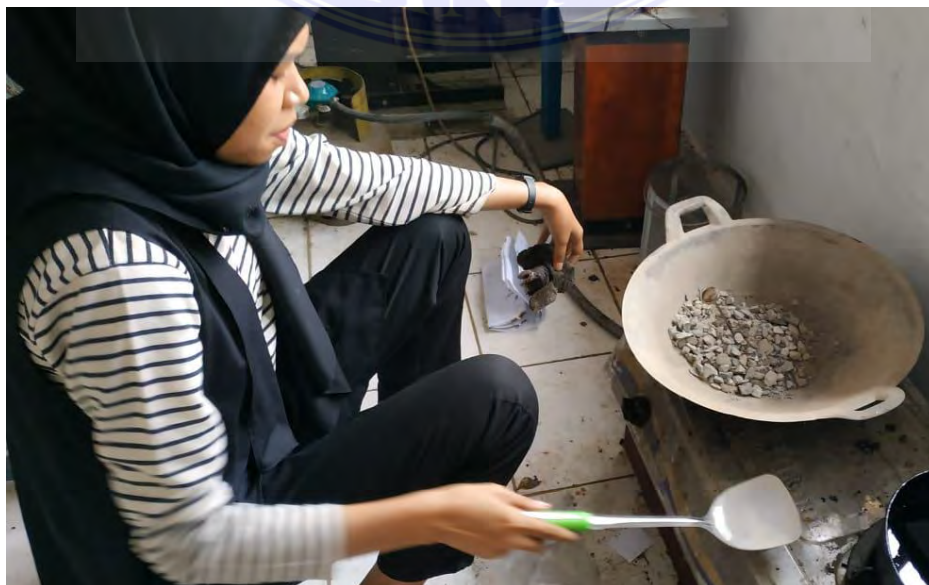
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21



UNIVERSITAS MEDAN AREA

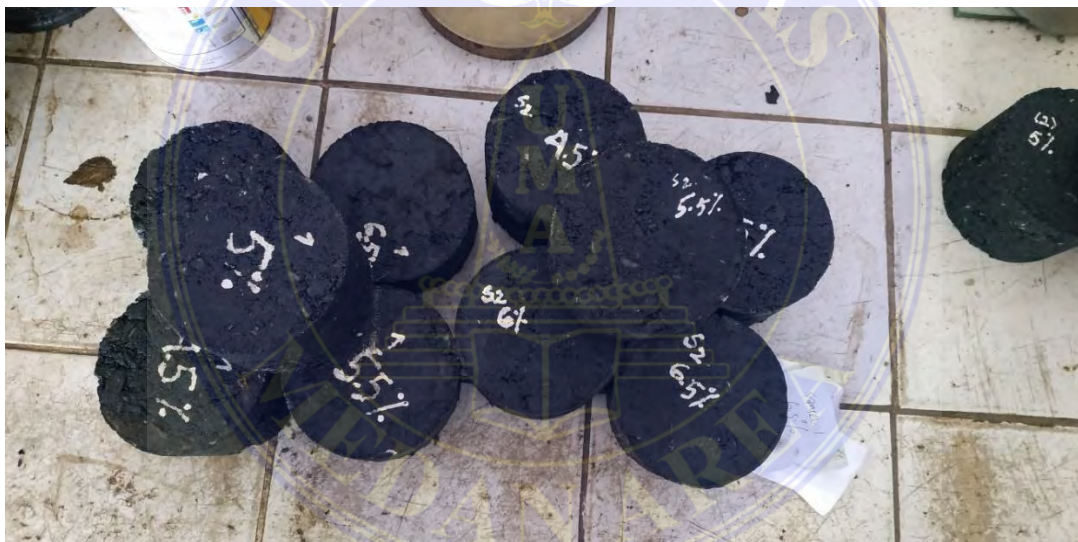
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21





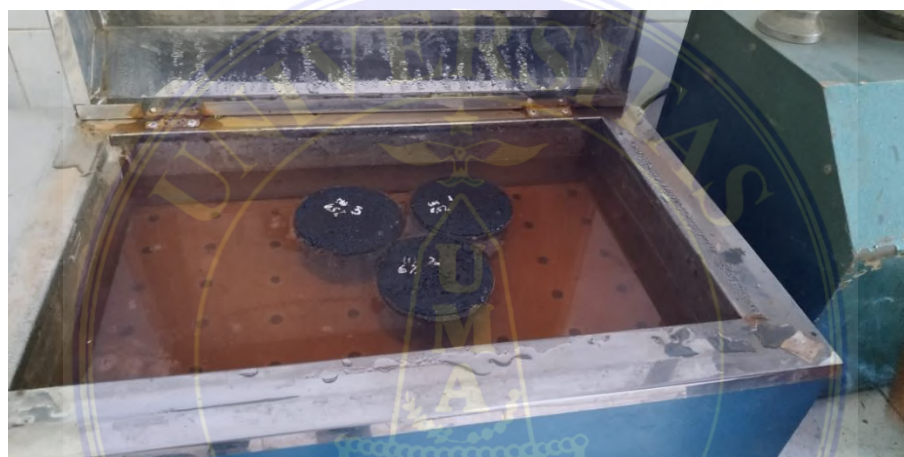
## UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21