



**KAJIAN LABORATORIUM SIFAT MARSHALL DAN *DURABILITAS*  
*ASPHALT CONCRETE - WEARING COURSE (AC-WC)* DENGAN  
MEMBANDINGKAN PENGGUNAAN ANTARA SEMEN PORTLAND  
DAN ABU BATU SEBAGAI *FILLER***

**TESIS**

Disusun Dalam Rangka Memenuhi Salah Satu  
Persyaratan Program Magister Teknik Sipil

Oleh

**RIAN PUTROWIJOYO**

NIM : L4A 000 030

**PROGRAM PASCA SARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG**

2006

**HALAMAN PENGESAHAN**

**KAJIAN LABORATORIUM SIFAT MARSHALL DAN *DURABILITAS*  
*ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC)* DENGAN  
MEMBANDINGKAN PENGGUNAAN ANTARA SEMEN PORTLAND  
DAN ABU BATU SEBAGAI *FILLER***

**TESIS**

**Disusun Oleh**

**RIAN PUTROWIJOYO**

**L4A.000030**

**Dipertahankan di depan Tim Penuji pada tanggal :  
20 Maret 2006**

**Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Maister Teknik Sipil**

- 1. Ketua : Ir. Murozi, MS. ....**
- 2. Sekretaris : Drs. Bagus Priyatno, ST. MT. ....**
- 3. Anggota 1 : Dr. Ir. Sri Prabandiyani, M.Sc. ....**
- 4. Anggota 2 : Ir. Djoko Purwanto, MS. ....**
- 5. Anggota 3 : Ir. Siti Hardiyati, MT. ....**

**Semarang, 20 Maret 2006  
Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana  
Universitas Diponegoro Semarang**

**Ketua,**

**Dr. Ir. Suripin, M.Eng.  
NIP. 131 668 511**

**ABSTRACTION**

**STUDY LABORATORY OF MARSHALL'S NATURE AND DURABILITAS OF ASPHALT CONCRETE - WEARING COURSE (AC-WC) BY COMPARING USAGE BETWEEN PORTLAND CEMENT AND STONE ASH AS FILLER**, Rian Putrowijoyo, 2006, Program of Magister Technique Civil, Program of Pascasarjana, Univrsitas Diponegoro Semarang

In the year 1999 Department Settlement and Development of Region [release] new specification about Guidance of Planning of Mixture pave Heat With Approach Of Absolute Density. One of the new specification the released is Asphalt Concrete - Wearing Course ( AC-WC) as enduing timeworn second in asphalt concrete type coat represent top-ranking coat in limber ossifying.

At mixture of AC-WC which usually use dusty filler of stone at this writing is compared to to use filler cement portland. Cement used by portland is itself is portland cement tipe-I which commonly use as mixture at concrete construction and met many in marketing.

Before done by examination of Marshall and of durabilitas at mixture, done by examination at nature of portland cement stone ash and as comparator. Result of examination specific gravity at portland cement is 3,153 gr/cc while specific gravity stone ash is 2,635 gr/cc. For the examination of material get away 75 micron at portland cement is 99,6% while at stone ash is 88,8%. Asphalt plan rate to be used by goodness at mixture with filler cement stone ash and also portland is 5,5% to totalizing mixture.

After to test Marshall with asphalt rate plan hence optimum asphalt rate which got by at mixture with filler cement stone ash and portland have unequal value, that is at 100% stone ash is 5,738%, 50% stone ash - 50% portland cement is 5,725% and 100% portland cement is 5,725%, is later; then equalized to become 5,7%. the got KAO have fulfilled peryaratan will the nature of Marshall while VIM and of VFA as its constrictor

All nature of Marshall at examination which have been executed by have fulfilled the specification of which is required by goodness at 2x75 tumbukan and also at 2x400 tumbukan. Examination at optimum asphalt rate both kinds of the tumbukan represent parameter link of Marshall with llama of perendaman where its duration is 0, 24, 48, 72 and 96 hour.

By the end of perendaman that is after 96 hour, AC-WC with filler 100% stone ash have stability 1399,25 discharge and singk 4,425mm. AC-WC with filler 50% stone ash - 50% portland cement have stability 1499,38 discharge and singk 4,275 mm. While AC-WC with filler 100% portland cement have stability 1739,9 discharge and singk 4,025 mm. AC-WC with filler 100% portland cement in the reality more stable but stiff if in comparing 50% stone ash - 50% portland cement and 100% portland cement.

At test of durabilitas mixture with filler 100% portland cement have better value from at 50% stone ash - 50% portland cement and 100% stone ash. At stability index off[is rest of mixture with filler 100% portland cement have the percentage of 95,1578%, at 50% stone ash - 50% portland cement 92,02 while at 100% stone ash 91,5040%.

## ABSTRAKSI

**KAJIAN LABORATORIUM SIFAT MARSHALL DAN DURABILITAS ASPHALT CONCRETE - WEARING COURSE (AC-WC) DENGAN MEMBANDINGKAN PENGGUNAAN ANTARA SEMEN PORTLAND DAN ABU BATU SEBAGAI FILLER,**  
Rian Putrowijoyo, 2006, Program Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro Semarang.

Pada tahun 1999 Departemen Permukiman dan Pengembangan Wilayah mengeluarkan spesifikasi baru tentang Pedoman Perencanaan Campuran beraspal Panas Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak. Salah satu spesifikasi baru yang dikeluarkan adalah *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)* sebagai lapis aus ke-2 dalam lapisan jenis beton aspal merupakan lapisan yang paling atas dalam perkerasan lentur.

Pada campuran AC-WC yang biasanya menggunakan *filler* abu batu pada penulisan ini dibandingkan dengan menggunakan *filler* semen portland. Semen portland yang digunakan itu sendiri adalah semen portland tipe-I yang biasa digunakan sebagai campuran pada konstruksi beton dan banyak dijumpai di pasaran.

Sebelum dilakukan pengujian Marshall dan durabilitas pada campuran, dilakukan pengujian pada sifat semen portland dan abu batu sebagai pembanding. Hasil pengujian berat jenis pada semen portland adalah 3,153 gr/cc sedangkan berat jenis abu batu adalah 2,635 gr/cc. Untuk pengujian material lolos 75 mikron pada semen portland adalah 99,6% sedangkan pada abu batu adalah 88,8%. Kadar aspal rencana yang akan digunakan baik pada campuran dengan *filler* semen portland maupun abu batu adalah 5,5% terhadap total campuran.

Setelah dilakukan uji Marshall dengan kadar aspal rencana maka kadar aspal optimum yang didapat pada campuran dengan *filler* semen portland dan abu batu mempunyai nilai yang tidak sama, yaitu pada 100% abu batu adalah 5,738%, 50% abu batu – 50% semen portland adalah 5,725% dan 100% semen portland adalah 5,725%, kemudian disamakan menjadi 5,7%. KAO yang didapatkan tersebut telah memenuhi persyaratan akan sifat-sifat Marshall sedangkan VIM dan VFA sebagai pembatasnya.

Seluruh sifat Marshall pada pengujian yang telah dilaksanakan sudah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan baik pada 2x75 tumbukan maupun pada 2x400 tumbukan. Pengujian pada kadar aspal optimum dengan kedua macam tumbukan tersebut merupakan hubungan parameter Marshall dengan lama perendaman dimana jangka waktunya adalah 0, 24, 48, 72 dan 96 jam.

Pada akhir perendaman yaitu setelah 96 jam, AC-WC dengan *filler* 100% abu batu mempunyai stabilitas 1399,25 kg dan kelelahan 4,425mm. AC-WC dengan *filler* 50% abu batu – 50% semen portland mempunyai stabilitas 1499,38 kg dan kelelahan 4,275 mm. Sedangkan AC-WC dengan *filler* 100% semen portland mempunyai stabilitas 1739,9 kg dan kelelahan 4,025 mm. AC-WC dengan *filler* 100% semen portland ternyata lebih stabil tetapi kaku jika di bandingkan 50% abu batu - 50% semen portland dan 100% semen portland.

Pada uji durabilitas campuran dengan *filler* 100% semen portland mempunyai nilai yang lebih baik dari pada 50% abu batu – 50% semen portland dan 100% abu batu. Pada indeks stabilitas sisa campuran dengan *filler* 100% semen portland mempunyai prosentase 95,1578%, pada 50% abu batu – 50% semen portland 92,02 sedangkan pada 100% abu batu 91,5040%.

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAKSI .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR LAMPIRAN .....	ix
<b>BAB I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian .....	4
1.2.1. Maksud Penelitian.....	4
1.2.2. Tujuan Penelitian .....	4
1.3. Batasan Masalah .....	5
1.4. Hipotesa .....	6
1.5. Manfaat Penelitian .....	6
1.6. Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>8</b>
2.1. Bahan Campuran Aspal Beton .....	8
2.1.1. Agregat .....	8
2.1.2. Semen Portland .....	10
2.1.3. Aspal .....	13
2.2. Karakteristik Beton Aspal .....	14
2.3. AC-WC ( <i>Asphalt Concrete – Wearing Course</i> ) .....	16
2.4. Perencanaan Gradasi Campuran .....	19
2.5. Kadar Aspal Rencana .....	22
2.6. Parameter dan Formula Perhitungan .....	22
2.6.1. Berat Jenis <i>Bulk</i> dan <i>Apparent</i> Total Agregat .....	22
2.6.2. Berat Jenis Efektif Total Agregat .....	23
2.6.3. Berat Jenis Maksimum Campuran .....	24
2.6.4. Berat Jenis Campuran Padat .....	24
2.6.5. Penyerapan Aspal .....	25
2.6.6. Kadar Aspal Efektif .....	25
2.6.7. Rongga di antara mineral agregat (VMA) .....	26
2.6.8. Rongga dalam campuran (VIM) .....	26

2.6.9.	Rongga udara yang terisi aspal (VFA)	27
2.6.10.	Stabilitas	27
2.6.11.	<i>Flow</i>	27
2.6.12.	Hasil Bagi Marsahll	28
2.7.	Durabilitas Standar	28
2.8.	Durabilitas Modifikasi	29
2.9.	Penelitian Yang Pernah Dilakukan	31
<b>BAB III.</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>36</b>
2.10.	Umum	36
2.11.	Bahan Penelitian	39
2.12.	Peralatan Penelitian	39
2.13.	Prosedur Perencanaan Penelitian	40
2.14.	Pengujian Marshall	42
2.15.	Prosedur Pengujian Material	45
2.15.1.	Pengujian Material Agregat	45
2.15.2.	Pengujian Material Aspal	47
<b>BAB IV.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>48</b>
4.1.	Hasil Perencanaan Gradasi Campuran	48
4.2.	Hasil Pengujian Kualitas Material	51
4.2.1.	Agregat Kasar	51
4.2.2.	Agregat Halus	52
4.2.3.	<i>Filler</i>	53
4.2.4.	Aspal	54
4.3.	Penentuan Berat Jenis, Penyerapan Aspal dan Perkiraan Kadar Aspal Rencana	55
4.4.	Hasil Analisa Marshall pada Kadar Aspal Rencana	56
4.5.	Hasil Analisa Marshall pada Kondisi Kadar Aspal Optimum dan Durabilitas Dengan 2 X 75 Tumbukan	61
4.6.	Hasil Analisa Marshall Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum dan Durabilitas Dengan 2 X 400 Tumbukan	66
<b>BAB V.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>71</b>
5.1	Kesimpulan	71
5.2.	Saran	72
	DAFTAR PUSTAKA	73
	LAMPIRAN	75

## DAFTAR TABEL

1. Tabel 2.1. Senyawa bahan pembuatan semen portland .....	10
2. Tabel 2.2. Sumber bahan pembuatan semen portland .....	11
3. Tabel 2.3. Karakteristik semen portland .....	12
4. Tabel 2.4. Gradasi Agregat Untuk Campuran Lapis Beton Aspal .....	17
5. Tabel 2.5. Ketentuan Sifat-sifat Campuran .....	18
6. Tabel 2.6. Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal AC-WC.....	19
7. Tabel 2.7. Hasil Penelitian Agus Taufik Mulyono (1996) .....	31
8. Tabel 3.1. Jumlah Sampel Yang Direncanakan .....	42
9. Tabel 3.2. Ketentuan Agregat Kasar .....	45
10. Tabel 3.3. Ketentuan Agregat Halus .....	46
11. Tabel 3.4. Ketentuan <i>filler</i> .....	46
12. Tabel 3.5. Ketentuan Aspal .....	47
13. Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Penyesuaian Proporsi Agregat Campuran .....	49
13. Tabel 4.2. Hasil Pengujian Agregat Kasar .....	52
14. Tabel 4.3. Hasil Pengujian Agregat Halus .....	52
15. Tabel 4.4. Hasil Pengujian <i>Filler</i> .....	53
16. Tabel 4.5. Hasil Pengujian Aspal .....	54
17. Tabel 4.6. Hasil Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Aspal .....	55
18. Tabel 4.7. Perkiraan Nilai Kadar Aspal .....	55
19. Tabel 4.8. Hasil Pengujian Marshall pada Kadar Aspal Rencana dengan 2x75 Tumbukan .....	56
20. Tabel 4.9. Hasil Pengujian Marshall pada Kadar Aspal Rencana dengan 2x75 Tumbukan .....	61
21. Tabel 4.10. Hasil Uji Perendaman pada 2 x 75 Tumbukan .....	65
22. Tabel 4.11. Hasil Pengujian Marshall pada Kadar Aspal Rencana dengan 2x400 Tumbukan .....	66
23. Tabel 4.12. Hasil Uji Perendaman pada 2 x 400 Tumbukan .....	70

## DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 2.1.	Gradasi AC-WC dan Titik Kontrol Gradasi (Skala Logaritmik) .....	20
2. Gambar 2.2.	Gradasi AC-WC dan Titik Kontrol Gradasi (Ukuran Butir Pangkat 0,45) .....	21
3. Gambar 2.3.	Gambaran Skema Kurva Keawetan .....	30
4. Gambar 3.1.	Bagan Alir Tahapan Penelitian .....	38
5. Gambar 4.1.	Skema Kurva Gradasi Agregat Campuran .....	50
6. Gambar 4.2.	Grafik Hubungan Parameter Marshall dengan Kadar Aspal Rencana pada 2 x 75 Tumbukan .....	57
7. Gambar 4.3.	Pemilihan Kadar Aspal Optimum pada 2 x 75 Tumbukan .....	60
8. Gambar 4.4.	Grafik Hubungan Parameter Marshall dengan Lama Perendaman pada KAO dengan 2 x 75 Tumbukan .....	62
9. Gambar 4.5.	Kurva Keawetan Campuran pada KAO dengan 2 x 75 Tumbukan .....	65
10. Gambar 4.6.	Grafik Hubungan Parameter Marshall dengan Lama Perendaman pada KAO dengan 2 x 400 Tumbukan .....	68
11. Gambar 4.7.	Kurva Keawetan Campuran pada KAO dengan 2 x 75 Tumbukan .....	70

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>LAMPIRAN 1. PERENCANAAN GRADASI AGREGAT CAMPURAN</b>	
LAMPIRAN 1.1.	Proporsi Agregat Campuran Dengan <i>Filler</i> 100% Abu Batu ..... 75
LAMPIRAN 1.2.	Kurva Gradasi dengan <i>Filler</i> 100% Abu Batu ..... 76
LAMPIRAN 1.3.	Proporsi Agregat Campuran Dengan <i>Filler</i> 50% Abu Batu dan 50% Semen Portland ..... 77
LAMPIRAN 1.4.	Kurva Gradasi dengan <i>Filler</i> 50% Abu Batu & 50% Semen Portland ..... 78
LAMPIRAN 1.5.	Proporsi Agregat Campuran Dengan <i>Filler</i> 100% Semen Portland ..... 79
LAMPIRAN 1.6.	Kurva Gradasi AC-WC dengan <i>Filler</i> 100% Semen Portland ..... 80
<b>LAMPIRAN 2. PENGUJIAN SIFAT-SIFAT AGREGAT KASAR</b>	
LAMPIRAN 1.1.	Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar ..... 81
LAMPIRAN 1.2.	Abrasi Dengan Mesin Los Angeles ..... 82
LAMPIRAN 1.3.	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal ..... 83
LAMPIRAN 1.4.	Indeks Kepipihan ..... 84
LAMPIRAN 1.5.	Indeks Kelonjongan ..... 85
LAMPIRAN 1.6.	Agregat Kasar Lolos Saringan No. 200 ..... 86
<b>LAMPIRAN 3. PENGUJIAN SIFAT-SIFAT AGREGAT HALUS</b>	
LAMPIRAN 3.1.	Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus ..... 87
LAMPIRAN 3.2.	Nilai Setara Pasir ..... 88
LAMPIRAN 3.3.	Agregat Halus Lolos Saringan No. 200 ..... 89
<b>LAMPIRAN 4. PENGUJIAN SIFAT-SIFAT <i>FILLER</i></b>	
LAMPIRAN 4.1.	Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus ..... 90
LAMPIRAN 4.2.	<i>Filler</i> Lolos Saringan No. 200 ..... 91
<b>LAMPIRAN 5. PENGUJIAN SIFAT-SIFAT ASPAL</b>	
LAMPIRAN 5.1.	Penetrasi ..... 92
LAMPIRAN 5.2.	Titik Lembek ..... 93
LAMPIRAN 5.3.	Titik Nyala ..... 94
LAMPIRAN 5.4.	Daktilitas ..... 95
LAMPIRAN 5.5.	Berat Jenis ..... 96
LAMPIRAN 5.6.	Kelarutan Dalam Ccl4 ..... 97
LAMPIRAN 5.7.	Penurunan Berat ..... 98
LAMPIRAN 5.8.	Penetrasi Setelah Penurunan Berat ..... 99
LAMPIRAN 5.9.	Daktilitas Setelah Penurunan Berat ..... 100
<b>LAMPIRAN 6. PERHITUNGAN PERSIAPAN UJI MARSHALL</b>	
LAMPIRAN 6.1.	Berat Jenis dan Penyerapan Aspal pada Agregat Campuran Dengan Kadar <i>Filler</i> 100% Abu Batu ..... 101
LAMPIRAN 6.2.	Berat Jenis dan Penyerapan Aspal pada Agregat Campuran Dengan Kadar <i>Filler</i> 50% Abu Batu – 50% Semen Portland ..... 102
LAMPIRAN 6.3.	Berat Jenis dan Penyerapan Aspal pada Agregat Campuran Dengan Kadar <i>Filler</i> 100% Semen Portland ..... 103
LAMPIRAN 6.4.	Kadar Aspal Rencana ..... 104
<b>LAMPIRAN 7. HASIL PENGUJIAN MARSHALL PADA KONDISI KADAR ASPAL RENCANA DENGAN 2X75 TUMBUKAN</b>	
LAMPIRAN 7.1.	Sifat-sifat Marshall pada Campuran dengan Kadar <i>Filler</i> 100% Abu Batu ..... 105
LAMPIRAN 7.2.	Grafik Hubungan Parameter Marshall dan Kadar Aspal pada Kadar <i>Filler</i> 100% Abu Batu ..... 106
LAMPIRAN 7.3.	Diagram Batang Pemilihan Kadar Aspal Optimum pada Kadar <i>Filler</i> 100% Abu Batu ..... 107
LAMPIRAN 7.4.	Sifat-sifat Marshall pada Campuran dengan Kadar <i>Filler</i> 50% Abu Batu dan 50% Semen Portland ..... 108

LAMPIRAN	7.5.	Grafik Hubungan Parameter Marshall dan Kadar Aspal pada Kadar <i>Filler</i> 50% Abu Batu dan 50% Semen Portland .....	109
LAMPIRAN	7.6.	Diagram Batang Pemilihan Kadar Aspal Optimum pada Kadar <i>Filler</i> 50% Abu Batu dan 50% Semen Portland .....	110
LAMPIRAN	7.7.	Sifat-sifat Marshall pada Campuran dengan Kadar <i>Filler</i> 100% Semen Portland .....	111
LAMPIRAN	7.8.	Grafik Hubungan Parameter Marshall dan Kadar Aspal pada Kadar <i>Filler</i> 100% Semen Portland .....	112
LAMPIRAN	7.9.	Diagram Batang Pemilihan Kadar Aspal Optimum pada Kadar <i>Filler</i> 100% Semen Portland .....	113
<b>LAMPIRAN 8. HASIL PENGUJIAN MARSHALL PADA KONDISI KADAR ASPAL OPTIMUM DENGAN 2X75 TUMBUKAN</b>			
LAMPIRAN	8.1.	Sifat-sifat Marshall pada Campuran dengan Kadar <i>Filler</i> 100% Abu Batu .....	114
LAMPIRAN	8.2.	Grafik Hubungan Parameter Marshall dan Lama Perendaman pada Kadar <i>Filler</i> 100% Abu Batu .....	115
LAMPIRAN	8.3.	Skema Kurva Keawetan Campuran pada Kadar <i>Filler</i> 100% Abu Batu .....	116
LAMPIRAN	8.4.	Sifat-sifat Marshall pada Campuran dengan Kadar <i>Filler</i> 50% Abu Batu dan 50% Semen Portland .....	117
LAMPIRAN	8.5.	Grafik Hubungan Parameter Marshall dan Lama Perendaman pada Kadar <i>Filler</i> 50% Abu Batu dan 50% Semen Portland .....	118
LAMPIRAN	8.6.	Skema Kurva Keawetan Campuran pada Kadar <i>Filler</i> 50% Abu Batu dan 50% Semen Portland .....	119
LAMPIRAN	8.7.	Sifat-sifat Marshall pada Campuran dengan Kadar <i>Filler</i> 100% Semen Portland .....	120
LAMPIRAN	8.8.	Grafik Hubungan Parameter Marshall dan Lama Perendaman pada Kadar <i>Filler</i> 100% Semen Portland .....	121
LAMPIRAN	8.9.	Skema Kurva Keawetan Campuran pada Kadar <i>Filler</i> 100% Semen Portland ....	122
<b>LAMPIRAN 9. HASIL PENGUJIAN MARSHALL PADA KONDISI KADAR ASPAL OPTIMUM DENGAN 2X400 TUMBUKAN</b>			
LAMPIRAN	9.1.	Sifat-sifat Marshall pada Campuran dengan Kadar <i>Filler</i> 100% Abu Batu .....	123
LAMPIRAN	9.2.	Grafik Hubungan Parameter Marshall dan Lama Perendaman pada Kadar <i>Filler</i> 100% Abu Batu .....	124
LAMPIRAN	9.3.	Skema Kurva Keawetan Campuran pada Kadar <i>Filler</i> 100% Abu Batu .....	125
LAMPIRAN	9.4.	Sifat-sifat Marshall pada Campuran dengan Kadar <i>Filler</i> 50% Abu Batu dan 50% Semen Portland .....	126
LAMPIRAN	9.5.	Grafik Hubungan Parameter Marshall dan Lama Perendaman pada Kadar <i>Filler</i> 50% Abu Batu dan 50% Semen Portland .....	127
LAMPIRAN	9.6.	Skema Kurva Keawetan Campuran pada Kadar <i>Filler</i> 50% Abu Batu dan 50% Semen Portland .....	128
LAMPIRAN	9.7.	Sifat-sifat Marshall pada Campuran dengan Kadar <i>Filler</i> 100% Semen Portland .....	129
LAMPIRAN	9.8.	Grafik Hubungan Parameter Marshall dan Lama Perendaman pada Kadar <i>Filler</i> 100% Semen Portland .....	130
LAMPIRAN	9.9.	Skema Kurva Keawetan Campuran pada Kadar <i>Filler</i> 100% Semen Portland ....	131
<b>LAMPIRAN 10. KOREKSI DAN KALIBRASI STABILITAS</b>			
LAMPIRAN	10.1.	Angka Koreksi Stabilitas Marshall .....	132
LAMPIRAN	10.2.	Kalibrasi Proving Ring .....	133

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. LATAR BELAKANG**

Dewasa ini perkembangan dan pertumbuhan penduduk sangat pesat. Seiring dengan hal tersebut mengakibatkan peningkatan mobilitas penduduk. Sehingga muncul banyak kendaraan-kendaraan berat di jalan raya yang melintas di jalan raya. Salah satu prasarana transportasi adalah jalan yang merupakan kebutuhan pokok dalam kegiatan masyarakat. Dengan melihat peningkatan mobilitas penduduk yang sangat tinggi dewasa ini maka diperlukan peningkatan baik kuantitas maupun kualitas jalan yang memenuhi kebutuhan masyarakat.

Di Indonesia, campuran beraspal panas untuk perkerasan lentur di rancang menggunakan metode Marshall. Pada perencanaan Marshall tersebut menetapkan untuk kondisi lalulintas berat pemadatan benda uji sebanyak 2x75 tumbukan dengan batas rongga campuran antara 3,5-5,5%. Hasil pengujian pengendalian mutu menunjukkan bahwa kesesuaian parameter kontrol di lapangan seringkali tidak terpenuhi untuk mencapai persyaratan dalam spesifikasi. Selain itu rongga dalam campuran setelah dilalui lalu lintas dalam beberapa tahun mencapai kurang dari 1% yang memungkinkan terjadinya perubahan bentuk plastis. Kondisi ini sulit untuk menjamin campuran yang tahan terhadap kerusakan berbentuk alur plastis, sehingga kinerja perkerasan jalan tidak tercapai.

Metode Marshall konvensional yang menggunakan 2x75 tumbukan belum cukup untuk menjamin kinerja campuran beraspal yang digunakan untuk lalu lintas berat dan padat dengan suhu tinggi. Keterbatasan metode Marshall adalah ketergantungannya terhadap kepadatan yang baik setelah dilalui kendaraan untuk mencapai rongga udara yang disyaratkan. Oleh karena itu untuk kondisi seperti tersebut di atas maka metode Marshall dengan 2x75 tumbukan sudah tidak sesuai lagi.

Pada dasarnya metode Marshall masih dapat digunakan sebagai dasar untuk perencanaan secara volumetrik. Tetapi untuk menambah kesempurnaan dalam prosedur perencanaan campuran maka di tentukan pengujian tambahan, yaitu: pemadatan ultimit pada benda uji sampai mencapai kepadatan mutlak (*refusal density*). Sedangkan untuk mengendalikan kepadatan maka diperkenalkan kriteria kadar rongga minimum dan maksimum dalam persyaratan campuran, terutama untuk campuran beraspal panas sebagai lapis permukaan jalan. Rongga dalam campuran dirancang dapat dicapai tidak kurang dari 3,5% untuk lalu lintas berat. Pemadatan contoh uji harus dilakukan dengan jumlah tumbukan yang berlebih sebagai simulasi adanya pemadatan oleh lalu lintas, sampai benda uji tidak bertambah padat lagi. Kepadatan yang mutlak ini berguna untuk menjamin bahwa dengan pendekatan adanya pemadatan oleh lalu lintas setelah beberapa tahun umur rencana, lapis permukaan tidak akan mengalami perubahan bentuk plastis (*plastic deformation*). Bila pengujian ini diterapkan maka kinerja perkerasan jalan beraspal yang dicampur secara panas akan meningkat.

Sejak tahun 1995 Bina Marga telah menyempurnakan konsep spesifikasi campuran beraspal panas bersama-sama dengan Puslitbang Jalan. Dalam Spesifikasi baru diperkenalkan perencanaan campuran beraspal panas dengan pendekatan kepadatan mutlak. Kepadatan mutlak adalah massa per satuan volume termasuk rongga contoh uji yang dipadatkan sampai mencapai tertinggi (maksimum) yang dicapai sehingga campuran tersebut praktis tidak dapat menjadi lebih padat lagi. Hal tersebut sesuai dengan metode pengujian yang ditentukan dalam dalam “Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak”(Depkimbangwil 1999).

Pada tahun 1999, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Telah mengeluarkan SK.No.76/KPTS/Db/1999 tentang Pedoman Teknik yang berjudul Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak yang kemudian diikuti dengan dikeluarkannya Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas pada tahun 2001. Semua Campuran

dirancang dalam spesifikasi tersebut untuk menjamin bahwa asumsi rancangan yang berkenaan dengan kadar aspal yang cocok, rongga udara, stabilitas, kelenturan dan keawetan ketebalan terpenuhi. Beberapa Jenis Campuran Aspal dalam spesifikasi tersebut adalah sebagai berikut:

a. Latasir (*Sand Sheet*) Kelas A dan B

Campuran-campuran ini ditujukan untuk jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya pada daerah di mana agregat kasar sulit diperoleh. Pemilihan kelas A atau B terutama tergantung pada gradasi pasir yang digunakan. Campuran latasir biasanya memerlukan penambahan filler agar memenuhi kebutuhan sifat-sifat yang disyaratkan. Campuran ini mempunyai ketahanan yang rendah terhadap alur (*rutting*), oleh sebab itu tidak boleh digunakan dengan lapisan yang tebal, pada jalan dengan lalu lintas berat dan pada daerah tanjakan.

b. Lataston (*HRS*)

Lataston (*Hot Roller Sheet*) mempunyai persyaratan kekakuan yang sama dengan tipikal yang disyaratkan untuk aspal beton konvensional (*AC*) yang bergradasi menerus. Lataston terdiri dari dua macam campuran, yaitu : Lataston Lapis Pondasi (*HRS-Base*) dan Lataston Lapis Permukaan (*HRS-Wearing Course*) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm.

c. Laston (*AC*)

Laston (Lapis Aspal Beton) lebih peka terhadap variasi kadar aspal maupun variasi gradasi agregat daripada Lataston (*HRS*). Aspal Beton (*AC*) terdiri dari tiga macam campuran, yaitu : Laston Lapis Aus 2 (*AC-WC*), Laston Lapis Aus 1 (*AC-BC*) dan Laston Lapis Pondasi (*AC-Base*) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm dan 37,5 mm.

Dalam upaya meningkatkan kekuatan struktur perkerasan jalan di samping perlu adanya penggunaan campuran beraspal panas dengan spesifikasi baru, pemilihan jenis material yang digunakan adalah sangat penting. Selain aspal,

agregat kasar dan agregat halus, *filler* adalah salah satu komponen dalam campuran yang mempunyai peranan besar. Prosentase yang kecil pada *filler* terhadap campuran bukan berarti tidak mempunyai efek yang besar pada sifat-sifat Marshall yang juga merupakan kinerja campuran terhadap beban lalulintas.

Bahan pengisi pada campuran yang sering digunakan pada proses pembuatan aspal di *AMP (Asphalt Mixing Plant)* adalah abu batu. Semen portland adalah salah satu material yang digunakan untuk berbagai konstruksi bangunan memberikan peluang alternatif sebagai material penyusun campuran aspal. Material tersebut adalah bahan non plastis yang telah disetujui oleh Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah sebagai *filler* pada campuran beraspal panas. Ada kemungkinan persyaratan spesifikasi pada material tersebut dapat terpenuhi. Selain itu keberadaan semen portland banyak dijumpai di banyak tempat penjualan material, sehingga mudah untuk mendapatkannya dibandingkan material yang lain.

## **1.2. MAKSUD DAN TUJUAN PENELITIAN**

Dengan melihat latar belakang di atas maka penulis mempunyai maksud dan tujuan sebagai berikut.

### **1.2.1. Maksud Penelitian**

- 1) Mencoba penerapan uji Marshall pada salah satu campuran beraspal panas dengan kepadatan mutlak yang merupakan spesifikasi baru yang dikeluarkan oleh Departemen permukiman dan Prasarana Wilayah, yaitu *AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course)*.
- 2) Meneliti pengaruh penggunaan semen portland sebagai *filler* dalam *AC-WC*.

### **1.2.2. Tujuan Penelitian**

Membandingkan antara penggunaan semen portland dengan abu batu sebagai *filler* dalam campuran *AC-WC*, dilihat dari Stabilitas dan kepadatan serta keawetan dan kekuatan terhadap kerusakan campuran setelah dilakukan perendaman selama 0, 24, 48, 72 dan 96 jam.

### 1.3. BATASAN MASALAH

Pada penelitian ini bahan material yang digunakan adalah sebagai berikut:

- 1) Agregat kasar, berasal dari Sukorejo Kendal dan diperoleh dari hasil pemecahan batu (*stone crusher*) dari AMP PT. Adhi Karya Divisi IV Cabang Semarang.
- 2) Bahan pengisi campuran (*filler*) yang biasa digunakan adalah abu batu dari hasil pemecahan batu (*stone crusher*) dari AMP PT. Adhi Karya Divisi IV Cabang Semarang.
- 3) Agregat halus (pasir kali) menggunakan pasir kali asal Muntilan.
- 4) *Filler* lain sebagai bahan perbandingan adalah semen portland yang biasa digunakan untuk berbagai macam konstruksi bangunan dan terdapat di banyak pasaran.
- 5) Untuk bahan aspal menggunakan aspal PERTAMINA dengan penetrasi 60/70.
- 6) Pencampuran menggunakan Spesifikasi yang dikeluarkan oleh Direktorat Jendral Prasarana Wilayah Departmen Permukiman dan Prasarana Wilayah Republik Indonesia, Pebruari 2004.
- 7) Penelitian benda uji variasi kadar *filler* abu batu dan semen portland 100% abu batu, 50% abu batu – 50% semen portland dan 100% semen portland.
- 8) Dalam pengujian untuk KAO dengan variasi perkiraan kadar aspal optimum, yaitu : -1,0; -0,5, Pb, +0,5, +1,0.
- 9) Uji Marshall Standar dengan 2x75 kali tumbukan.
- 10) Uji Marshall dengan kepadatan mutlak dengan 4x400 kali tumbukan
- 11) Uji durabilitas modifikasi dengan lama perendaman 0 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam dan 96 jam pada KAO.

#### **1.4. HIPOTESA**

*Asphalt Concrete - Wearing Course / AC-WC* dengan menggunakan *filler* semen portland lebih baik jika dibandingkan dengan AC-WC yang menggunakan *filler* abu batu.

#### **1.5. MANFAAT PENELITIAN**

Dengan adanya kajian ini, diharapkan bisa memberikan pemahaman dan menambah wawasan mengenai pengaruh penggunaan semen portland sebagai bahan alternatif *filler* dalam campuran aspal panas, khususnya AC-WC sebagai lapis aus ke-2 permukaan perkerasan lentur ditinjau terhadap sifat Marshall {*stability, flow, void in mineral agregat (VMA), void in the mix (VIM), void filled with asphalt (VFA) dan Marshall Quotient*} dan sifat durabilitas campuran.

#### **1.6. SISTEMATIKA PENULISAN**

Dengan mengacu pada petunjuk mengenai penyusunan tesis, maka penelitian yang akan dilakukan ini terdiri dari lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

##### **1) BAB I PENDAHULUAN**

Mengemukakan tentang informasi secara umum dari penelitian ini yang berkenaan dengan latar belakang masalah, maksud dan tujuan penelitian, hipotesa, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

##### **2) BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi tentang teori-teori yang dijadikan dasar dalam analisa dan pembahasan masalah, serta beberapa definisi dari studi literatur yang berhubungan dalam penulisan ini.

##### **3) BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bagian ini berisi uraian tentang bahan penelitian, peralatan penelitian, prosedur perencanaan penelitian, pengujian Marshall, prosedur pengujian material, kadar aspal rencana dan parameter dan formula perhitungan serta.

4) **BAB IV HASIL PEMBAHASAN**

Menyajikan data yang diperoleh dari hasil pengumpulan yang diperoleh dari hasil perhitungan dan pengujian dalam penelitian ini. Selanjutnya data tersebut kemudian diolah dan dianalisa sehingga akan menghasilkan informasi yang berguna.

5) **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Dalam bab ini dikemukakan tentang kesimpulan hasil penelitian dan saran-saran dari peneliti berdasarkan analisis yang dilakukan pada bab sebelumnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. BAHAN CAMPURAN BETON ASPAL**

Campuran aspal adalah kombinasi material bitumen dengan agregat yang merupakan permukaan perkerasan yang biasa dipergunakan akhir-akhir ini. Material aspal dipergunakan untuk semua jenis jalan raya dan merupakan salah satu bagian dari lapisan beton aspal jalan raya kelas satu hingga di bawahnya.

Material bitumen adalah hidrokarbon yang dapat larut dalam karbon disulfat. Material tersebut biasanya dalam keadaan baik pada suhu normal dan apabila kepanasan akan melunak atau berkurang kepadatannya. Ketika terjadi pencampuran antara agregat dengan bitumen yang kemudian dalam keadaan dingin, campuran tersebut akan mengeras dan akan mengikat agregat secara bersamaan dan membentuk suatu lapis permukaan perkerasan (Harold N. Atkins, PE. 1997).

##### **2.1.1. Agregat**

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya berupa hasil alam atau buatan (Departemen Pekerjaan Umum – Direktorat Jendral Bina Marga. 1998).

Agregat adalah partikel mineral yang berbentuk butiran-butiran yang merupakan salah satu penggunaan dalam kombinasi dengan berbagai macam tipe mulai dari sebagai bahan material di semen untuk membentuk beton, lapis pondasi jalan, material pengisi, dan lain-lain (Harold N. Atkins, PE. 1997).

Sedangkan secara umum agregat didefinisikan sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat (Silvia Sukirman, 2003).

Dari beberapa pendapat di atas, maka dapat diartikan bahwa agregat sebagai suatu kumpulan butiran batuan yang berukuran tertentu yang diperoleh dari hasil

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

Beberapa tipikal ketentuan penggunaan dalam penggambaran agregat menurut Harold N. Atkins, (1997) adalah sebagai berikut :

- 1). *Fine Aggregate (sand size/ukuran pasir)* : Sebagian besar partikel agregat berukuran antara 4,75mm (*no.4 sieve test*) dan 75 $\mu$ m (*no.200 sieve test*).
- 2). *Coarse Aggregate (gravel size/ukuran kerikil)* : Sebagian besar agregat berukuran lebih besar dari 4,75mm (*no.4 sieve test*).
- 3). *Pit run* : agregat yang berasal dari pasir atau *gravel pit* (biji kerikil) yang terjadi tanpa melewati suatu proses atau secara alami.
- 4). *Crushed gravel : pit gravel* (kerikil dengan pasir atau batu bulat) yang mana telah didapatkan dari salah satu alat pemecah untuk menghancurkan banyak partikel batu yang berbentuk bulat untuk menjadikan ukuran yang lebih kecil atau untuk memproduksi lapisan kasar (*rougher surfaces*).
- 5). *Crushed rock* : agregat dari pemecahan batuan. Semua bentuk partikel tersebut bersiku-siku/tajam (*angular*), tidak ada bulatan dalam material tersebut.
- 6). *Screenings* : kepingan-kepingan dan debu atau bubuk yang merupakan produksi dalam pemecahan dari batuan (*bedrock*) untuk agregat.
- 7). *Concrete sand* : pasir yang (biasanya) telah dibersihkan untuk menghilangkan debu dan kotoran.
- 8). *Fines* : endapan lumpur (*silt*), lempung (*clay*) atau partikel debu lebih kecil dari 75 $\mu$ m (*no.200 sieve test*), biasanya terdapat kotoran atau benda asing yang tidak diperlukan dalam agregat.

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas karena dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban di atasnya dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya.

### 2.1.2. Semen Portland

Menurut Krebs, R.D. and Walker, R.D., (1971) definisi dari semen yang dalam hal kegunaan dari spesifikasi ini semen portland, adalah produk yang didapatkan dengan membubukkan kerak besi yang terdiri dari material pokok, yaitu kalsium silikat hidrolis. Komposisi senyawa kimia dari semen portland adalah sebagai berikut dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Senyawa bahan pembuatan semen portland

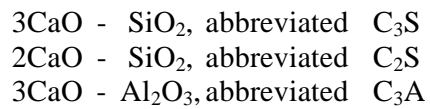
No	Oksidasi	Lambang	Kode	Prosetase
1.	Calcium oxide	CaO	C	60 – 65
2.	Magnesium oxide	MgO	M	0 – 5
3.	Aluminium oxide	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A	4 – 8
4.	Ferrie oxide	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F	2 – 5
5.	Sillicon dioxide	SiO <sub>2</sub>	S	20 – 24
6.	Sulfur trioxide	SO <sub>3</sub>	s	1 – 3

Sumber : Krebs, R.D. and Walker, R.D., (1971)

Sedangkan menurut Harold N. Atkins, PE. (1997) material yang terpenting dan mempunyai *cost* yang paling tinggi dalam pembuatan beton adalah semen portland. Semen portland dibuat dari batu kapur (*limestone*) dan mineral yang lainnya, dicampur dan dibakar dalam sebuah alat pembakaran dan sesudah itu didapat bahan material yang berupa bubuk. Bubuk tersebut akan mengeras dan terjadi ikatan yang kuat karena suatu reaksi kimia ketika dicampur dengan air.

Kekuatan 100% dari semen dapat dilihat pada campuran beton semen yang mengeras pada hari 28 setelah bereaksi dengan air. Proses kimia tersebut dinamakan proses hidrasi. Ketentuan mineral yang paling pokok untuk memproduksi semen portland adalah kapur/*lime* (CaO), silica (SiO<sub>2</sub>), alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan besi oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Produksi Senyawa dari semen adalah sebagai berikut :



Sedangkan sumber senyawa bahan pembuatan semen portland dapat di lihat pada Tabel 2.2. di bawah ini

Tabel 2.2. Sumber bahan pembuatan semen portland

Typical Sources of Raw Materials Used in Manufacturing of Portland Cement				
No.	Lime	Silica	Alumina	Iron
1.	cement rock	sand	clay	iron ore
2.	Limestone	traprock	shale	iron calcine
3.	Marl	calcium silicate	slag	iron dust
4.	alkali waste	quartzite	fly ash	iron pyrite
5.	olyster shell	fuller's earth	copper slag	iron sinters
6.	coguina shell		aluminum ore refuse	iron oxide
7.	Chalk		stuarolite	blast-furnace flue dust
8.	Marble		diaspore clay	
9.			granodiorite	
10			kaoline	

Sumber : Courtesy of the Canadian Portland Cement Association (Harold N. Atkins, PE. 1997)

Sedangkan Tabel 2.3. merupakan karakteristik semen portland dengan berbagai tipe yang salah satunya akan digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 2.3. Karakteristik semen portland

TYPE SEMEN				I	IA <sup>a</sup>	II	IIA <sup>a</sup>	III	IIIA <sup>a</sup>	IV	V
1.	Rongga udara dalam mortar	maks.	%	12	22	12	22	12	22	12	12
		min.	%	-	16	-	16	-	16	-	-
2.	Kehalusan, masing2 permukaan	a.turbidimeter test, minimum	cm <sup>2</sup> /gr	1600	1600	1600	1600	-	-	1600	1600
		b.air permeability test, minimum	cm <sup>2</sup> /gr	2800	2800	2800	2800	-	-	2800	2800
3.	Autoclave expansion maximum		%	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
4.	Kuat tekan	1 hari	psi	-	-	-	-	1800	1450	-	-
			MPa	-	-	-	-	12,4	10,0	-	-
		3 hari	psi	1800	1450	1500	1200	3500	2800	-	1200
			MPa	12,4	10,0	10,3	8,3	24,1	19,3	-	8,3
		7 hari	psi	2800	2250	2500	2000	-	-	1000	2200
			MPa	19,3	15,5	17,2	13,8	-	-	6,9	15,2
		28 hari	psi	-	-	-	-	-	-	2500	3000
			MPa	-	-	-	-	-	-	17,2	20,7
5.	Gilmore test :	a. initial set	menit	60	60	60	60	60	60	60	60
		b. final set	jam	10	10	10	10	10	10	10	10
6.	Vicat test :	a. initial set	menit	45	45	45	45	45	45	45	45
		b. final set	jam	8	8	8	8	8	8	8	8

Sumber : ASTM C.150 (Harold N. Atkins, PE. 1997)

Dalam penelitian ini seperti pada Tabel 2.3. di atas tipe semen portland yang digunakan adalah semen portland tipe I yang sangat umum digunakan dalam berbagai macam pekerjaan.

### **2.1.3. Aspal**

Aspal adalah material semen hitam, padat atau setengah padat dalam konsistensinya di mana unsur pokok yang menonjol adalah bitumen yang terjadi secara alam atau yang dihasilkan dengan penyulingan minyak (*Petroleum*). Aspal Petroleum dan aspal liquid adalah material yang sangat penting.

Menurut *The Asphalt Institute Superpave (1999) Series No.1 (SP-1)*, tonase dari produksi aspal setiap tahunnya bertambah terus-menerus mulai dari 3 juta ton pada tahun 1926 meningkat menjadi 8 juta ton pada tahun 1946, kemudian terjadi peningkatan secara drastis pada tahun 1964 yaitu sebanyak 24 ton. Aspal adalah sistem koloida yang rumit dari material hydrocarbon yang terbuat dari *Asphaltenes, resin* dan *oil*.

Sedangkan material aspal tersebut berwarna coklat tua hingga hitam dan bersifat melekat, berbentuk padat atau semi padat yang didapat dari alam dengan penyulingan minyak. (Krebs, RD & Walker, RD.,1971)

Aspal dibuat dari minyak mentah (*crude oil*) dan secara umum berasal dari sisa organisme laut dan sisa tumbuhan laut dari masa lampau yang tertimbun oleh dan pecahan batu batuan. setelah berjuta juta tahun material organis dan lumpur terakumulasi dalam lapisan lapisan setelah ratusan meter, beban dari beban teratas menekan lapisan yang terbawah menjadi batuan sedimen. Sedimen tersebut yang lama kelamaan menjadi atau terproses menjadi minyak mentah senyawa dasar hydrocarbon. Aspal biasanya berasal dari destilasi minyak mentah tersebut, namun aspal ditemukan sebagai bahan alam (misal : asbuton), dimana sering juga disebut mineral (*Shell Bitumen, 1990*).

## 2.2. KARAKTERISTIK BETON ASPAL

Menurut Silvia Sukirman (2003), terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas, keawetan, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air dan kemudahan pelaksanaan (*workability*). Di bawah ini adalah penjelasan dari ketujuh karakteristik tersebut.

- 1). Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan mayoritas kendaraan berat membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas beton aspal adalah :

- a. Gesekan internal yang dapat berasal dari kekasaran permukaan butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal.
- b. Kohesi yang merupakan gaya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya, sehingga mampu memelihara tekanan kontak antar butir agregat.

- 2). Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran.

- 3). Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (*konsolidasi/settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas ataupun akibat beban sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli.

- 4). Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*) adalah kemampuan beton aspal untuk menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika menggunakan kadar aspal yang tinggi.
5. Kekesatan/tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya esek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir ataupun slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal.
6. Kedap air adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat.
7. *Workability* adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Kemudahan pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekatan aspal terhadap perubahan temperatur dan gradasi serta kondisi agregat.

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

### **2.3. AC-WC (ASPHALT CONCRETE – WEARING COURSE)**

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika semen aspal, maka pencampuran umumnya antara 145-155°C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal dengan *hotmix*. (Silvia Sukirman, 2003).

Material utama penyusun suatu campuran aspal sebenarnya hanya dua macam, yaitu agregat dan aspal. Namun dalam pemakaiannya aspal dan agregat bisa menjadi bermacam-macam, tergantung kepada metode dan kepentingan yang dituju pada penyusunan suatu perkerasan.

Salah satu produk campuran aspal yang kini banyak digunakan oleh Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah adalah *AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course)* / Lapis Aus Aspal Beton. *AC-WC* adalah salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu *AC-WC*, *AC-BC* dan *AC-Base*. Ketiga jenis Laston tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang telah disempurnakan oleh Bina Marga bersama-sama dengan Pusat Litbang Jalan. Dalam perencanaan spesifikasi baru tersebut menggunakan pendekatan kepadatan mutlak.

Penggunaan *AC-WC* yaitu untuk lapis permukaan (paling atas) dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya. Pada campuran laston yang bergradasi menerus tersebut mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan campuran bergradasi senjang. Hal tersebut menyebabkan campuran *AC-WC* lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran.

Gradasi agregat gabungan untuk campuran AC-WC yang mempunyai gradasi menerus tersebut ditunjukkan dalam persen berat agregat, harus memenuhi batas-batas dan harus berada di luar daerah larangan (*restriction zone*) yang diberikan dalam Tabel 2.4. di bawah ini dengan membandingkan dengan AC-BC yang mempunyai ukuran butir agregat maksimum 25 mm atau 1” dan AC-Base 37,5 mm atau 1½”. Sedangkan AC-WC mempunyai ukuran butir agregat maksimum 19 mm atau ¾”.

Tabel 2.4. Gradasi Agregat Untuk Campuran Lapis Beton Aspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos		
ASTM	(mm)	WC	BC	Base
1½”	37,5	-	-	100
1”	25	-	100	90 – 100
¾”	19	100	90 – 100	maks. 90
½”	12,5	90 - 100	maks. 90	
⅜”	9,5	maks. 90		
no.8	2,36	28 – 58	23 – 49	19 – 45
no.16	1,18	-	-	-
no.30	0,6	-	-	-
no.50	0,3	-	-	-
No.100	0,15	-	-	-
No.200	0,075	4 – 10	4 – 8	3 – 7
		Daerah Larangan		
no.4	4,75	-	-	39,5
no.8	2,36	39,1	34,6	26,8 – 30,8
no.16	1,18	25,6 – 31,6	22,3 – 28,3	18,1 – 24,1
no.30	0,6	19,1 – 23,1	16,7 – 20,7	13,6 – 17,6
no.50	0,3	15,5	13,7	11,4

Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2004)

Tabel 3.1. di bawah ini merupakan ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas di Indonesia yang dikeluarkan oleh Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah. Hal tersebut merupakan acuan dalam penelitian ini.

Tabel 2.5. Ketentuan Sifat-sifat Campuran

Sifat Sifat Campuran		Laston		
		WC	BS	Base
Penyerapan Aspal %	max	1,2		
Jumlah tumbukan perbidang		75		112
Rongga dalam campuran %	min	3,5		
	max	5,5		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	min	65	63	60
Stabilitas Marshall (kg)	min	800		1500
Kelelehan (mm)	min	3		5
Marshall Quotient (kg/mm)	min	250		300
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 <sup>0</sup> C	min	75		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	min	2,5		
<p>Catatan :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1). Modifikasi Marshall, diameter cetakan benda uji 152,4mm. Untuk kondisi kepadatan mutlak digunakan alat penumbuk getar agar terhindar dari kemungkinan adanya agregat yang pecah.</li> <li>(2). Untuk menentukan kepadatan membal (refusal), penumbuk bergetar (vibratory hamer) disarankan digunakan untuk menghindari pecahnya butiran agregat dalam campuran. Jika digunakan penumbukan manual jumlah tumbukan perbidang harus 600 untuk cetakan berdiameter 6 inch dan 400 untuk cetakan berdiameter 4 inch.</li> <li>(3). Berat jenis efektif agregat dihitung berdasarkan pengujian bj. maksimum agregat (Gmm test, AASHTO T-209).</li> <li>(4). Direksi pekerjaan dapat menyetujui prosedur pengujian AASHTO T.283 sebagai alternatif pengujian kepekaan kadar air. Pengondisian beku cair (freeze thaw conditioning) tidak diperlukan. Standar minimum untuk diterimanya prosedur T.283 harus 80% kuat tarik sisa.</li> </ol>				
<p>Sumber : Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah – Direktorat Jendral Prasarana Wilayah, (2004)</p>				

## 2.4. PERENCANAAN GRADASI CAMPURAN

Selanjutnya dapat dilakukan pemilihan gradasi agregat campuran. Jenis campuran yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji adalah campuran aspal panas AC untuk lapisan *wearing course* dengan spesifikasi gradasi menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah 2004, seperti terlihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal AC-WC

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos			% Contoh Target Gradasi	
ASTM	(mm)	Batasan	Daerah Larangan	Fuller	Lolos	Tertahan
1 <sup>1/2</sup> "	37,5	-	-	-	-	-
1"	25	-	-	-	-	-
3/4"	19	100	-	100	100	-
1/2"	12,5	90 – 100	-	82,8	93,0	7,0
3/8"	9,5	maks. 90	-	73,2	80,0	13,0
no.4	4,75	-	-	53,6	55,0	25,0
no.8	2,36	28 – 58	39,1	39,1	36,0	19,0
no.16	1,18	-	25,6 – 31,6	28,6	24,0	12,0
no.30	0,6	-	19,1 – 23,1	21,1	17,0	7,0
no.50	0,3	-	15,5	15,5	12,0	5,0
no.100	0,15	-	-	11,3	8,0	4,0
no.200	0,075	4 – 10	-	8,3	6,0	2,0
						6,0

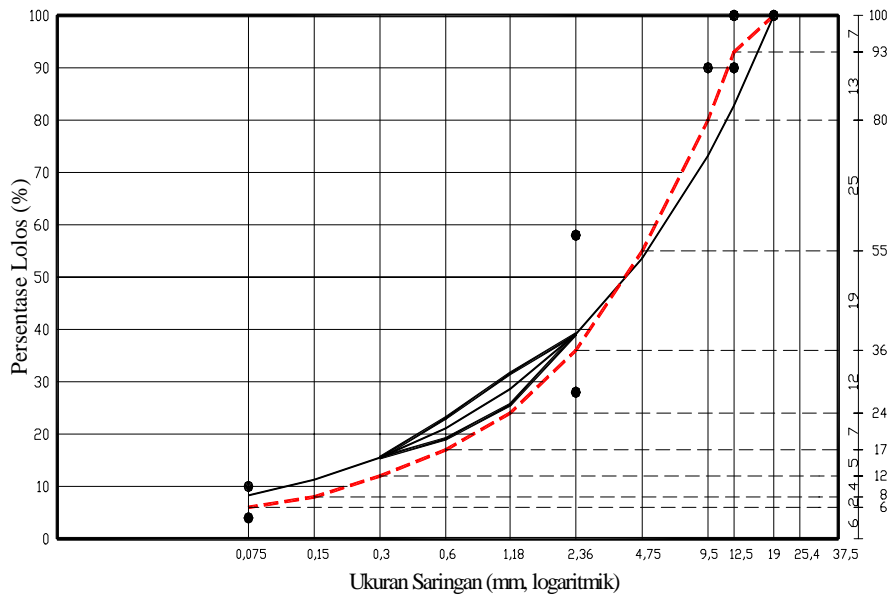
Untuk campuran AC-WC, kombinasi gradasi agregat dianjurkan tidak berhimpit dengan kurva Fuller. Kurva Fuller disajikan dalam Tabel 2.6. untuk campuran AC-WC digunakan dalam spesifikasi ini diperoleh dari rumus berikut ini :

$$p = 100 \left( \frac{d}{D} \right)^{0,45} \dots\dots\dots (2.1)$$

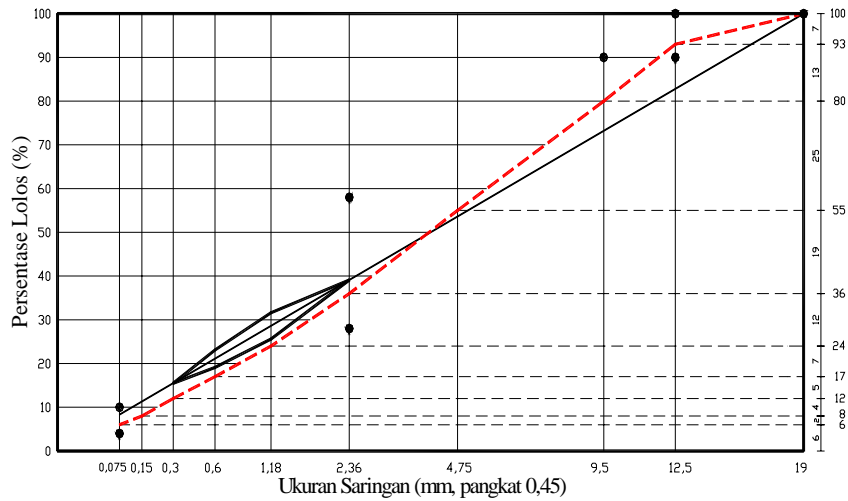
- Keterangan :  $p$  : persentase bahan yang lolos saringan  $d$  (%)  
 $D$  : ukuran butir terbesar (mm)  
 $d$  : ukuran saringan yang ditinjau (mm)

Gradasi kombinasi agregat untuk campuran aspal diharuskan menghindari daerah larangan (*restriction zone*) sebagaimana dicantumkan pada tabel 3.7.

Kurva gradasi AC-WC ditunjukkan dalam Gambar 3.2. dan 3.3. di mana terlihat bagaimana gradasi ini menghindari daerah larangan melalui bagian bawah daerah tersebut. Namun dapat juga daerah larangan tersebut dihindari melewati bagian atas.



Gambar 2.1. Gradasi AC-WC dan Titik Kontrol Gradasi (Skala Logaritmik)



Gambar 2.2. Gradasi AC-WC dan Titik Kontrol Gradasi (Ukuran Butir Pangkat 0,45)

keterangan :   
 ————— = zona terbatas   
 ————— = fuler M S = 19mm   
 ..... = contoh target gradasi   
 • = titik kontrol

Untuk memperoleh gradasi gabungan cara yang digunakan oleh penulis dengan cara analitis. Kombinasi agregat dari tiga fraksi yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan *filler* dapat digabungkan dengan persamaan dasar di bawah ini.

$$P = A.a + B.b + C.c \dots\dots\dots (2.2)$$

$$1 = a + b + c \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

- P : Persen lolos agregat campuran dengan ukuran tertentu (%)
- A,B,C : Persen bahan yang lolos saringan masing<sup>2</sup> ukuran (%)
- a,b,c : Proporsi masing<sup>2</sup> agregat yang digunakan, jumlah total 100% (%)

$$a = \frac{P - B}{A - B} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$c = \frac{B.a - P}{B - C} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$b = 1 - a - c \dots\dots\dots (2.6)$$

Setelah didapatkan nilai a, b dan c maka proporsi masing-masing fraksi agregat dalam campuran dapat dievaluasi.

## 2.5. KADAR ASPAL RENCANA

Perkiraan awal kadar aspal optimum dapat direncanakan setelah dilakukan pemilihan dan pengabungan pada tiga fraksi agregat. Sedangkan perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$P_b = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + K \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

- P<sub>b</sub> : Perkiraan kadar aspal optimum
- CA : Nilai prosentase agregat kasar
- FA : Nilai prosentase agregat halus
- FF : Nilai prosentase *Filler*
- K : konstanta (kira-kira 0,5 - 1,0)

Hasil perhitungan P<sub>b</sub> dibulatkan ke 0,5% ke atas terdekat.

## 2.6. PARAMETER DAN FORMULA PERHITUNGAN

Parameter dan formula untuk menganalisa campuran aspal panas adalah sebagai berikut :

### 2.6.1. Berat Jenis *Bulk* dan *Apparent Total Agregat*

Agregat total terdiri atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi/*filler* yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda, baik berat jenis kering (*bulk spesific gravity*) dan berat jenis semu (*apparent grafity*). Setelah didapatkan Kedua macam berat jenis pada masing-masing agregat pada pengujian material agregat maka berat jenis dari total agregat tersebut dapat dihitung dalam persamaan berikut :

1. Berat jenis kering (*bulk spesific gravity*) dari total agregat

$$G_{sb_{tot\ agregat}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots\dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sb_1}} + \frac{P_2}{G_{sb_2}} + \frac{P_3}{G_{sb_3}} + \dots\dots + \frac{P_n}{G_{sb_n}}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

- Gsb<sub>tot agregat</sub> : Berat jenis kering agregat gabungan, (gr/cc)
- Gsb<sub>1</sub>, Gsb<sub>2</sub>... Gsb<sub>n</sub> : Berat jenis kering dari masing-masing agregat 1,2,3..n, (gr/cc)
- P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, ... : Prosentase berat dari masing-masing agregat, (%)

2. Berat jenis semu (*apparent spesific gravity*) dari total agregat

$$Gsb_{tot\ agregat} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{Gsb_1} + \frac{P_2}{Gsb_2} + \frac{P_3}{Gsb_3} + \dots + \frac{P_n}{Gsb_n}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

- Gsa<sub>tot agregat</sub> : Berat jenis semu agregat gabungan, (gr/cc)
- Gsa<sub>1</sub>, Gsa<sub>2</sub>... Gsa<sub>n</sub> : Berat jenis semu dari masing-masing agregat 1,2,3..n, (gr/cc)
- P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, ... : Prosentase berat dari masing-masing agregat, (%)

### 2.6.2. Berat Jenis Efektif Agregat

Berat jenis maksimum campuran (Gmm) diukur dengan AASHTO T.209-90, maka berat jenis efektif campuran (Gse), kecuali rongga udara dalam partikel agregat yang menyerap aspal dapat dihitung dengan rumus berikut yang biasanya digunakan berdasarkan hasil pengujian kepadatan maksimum teoritis.

$$Gse = \frac{Pmm - Pb}{\frac{Pmm}{Gmm} - \frac{Pb}{Gb}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

- Gse : Berat jenis efektif/ *efektive spesific gravity*, (gr/cc)
- Gmm : Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)
- Pmm : Persen berat total campuran (=100)
- P<sub>b</sub> : Prosentase kadar aspal terhadap total campuran, (%)
- Ps : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran, (%)
- Gb : Berat jenis aspal

Berat jenis efektif total agregat dapat ditentukan juga dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$Gse = \frac{Gsb + Gsa}{2} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

- Gse : Berat jenis efektif/ *efektive spesific gravity*, (gr/cc)
- Gsb : Berat jenis kering agregat / *bulk spesific gravity*, (gr/cc)
- Gsa : Berat jenis semu agregat / *apparent spesific gravity*, (gr/cc)

### 2.6.3. Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran, Gmm 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. Sebaliknya pengujian berat jenis maksimum dilakukan dengan benda uji sebanyak minimum dua buah (duplikat) atau tiga buah (triplikat).

Selanjutnya Berat Jenis Maksimum (Gmm) campuran untuk masing-masing kadar aspal dapat dihitung menggunakan berat jenis efektif (Gse) rata-rata sebagai berikut:

$$Gmm = \frac{Pmm}{\frac{Ps}{Gse} + \frac{Pb}{Gb}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan:

- Gmm : Berat jenis maksimum campuran,(gr/cc)
- Pmm : Persen berat total campuran (=100)
- Ps : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran, (%)
- Pb : Prosentase kadar aspal terhadap total campuran, (%)
- Gse : Berat jenis efektif/ *efektive spesific gravity*, (gr/cc)
- Gb : Berat jenis aspal,(gr/cc)

### 2.6.4. Berat Jenis Bulk Campuran Padat

Perhitungan berat jenis bulk campuran setelah pemadatan (Gmb) dinyatakan dalam gram/cc dengan rumus sebagai berikut :

$$Gmb = \frac{W_a}{V_{bulk}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan:

- Gmb : Berat jenis campuran setelah pemadatan, (gr/cc)
- V<sub>bulk</sub> : Volume campuran setelah pemadatan, (cc)
- W<sub>a</sub> : Berat di udara, (gr)

### 2.6.5. Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total, tidak terhadap berat campuran. Perhitungan penyerapan aspal (Pba) adalah sebagai berikut:

$$P_{ba} = 100 \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{se} \times G_{sb}} G_b \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan:

- Pba : Penyerapan aspal, persen total agregat (%)
- Gsb : Berat jenis *bulk* agregat, (gr/cc)
- Gse : Berat jenis efektif agregat, (gr/cc)
- Gb : Berat jenis aspal, (gr/cc)

### 2.6.6. Kadar Aspal Efektif

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

$$Pbe = Pb - \frac{Pba}{100} Ps \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan:

- Pbe : Kadar aspal efektif, persen total campuran, (%)
- Pb : Kadar aspal, persen total campuran, (%)
- Pba : Penyerapan aspal, persen total agregat, (%)
- Ps : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran, (%)

**2.6.7. Rongga di antara mineral agregat (*Void in the Mineral Agregat/ VMA*)**

Rongga antar mineral agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dihitung berdasarkan berat jenis *bulk* (*Gsb*) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume bulk campuran yang dipadatkan. VMA dapat dihitung pula terhadap berat campuran total atau terhadap berat agregat total. Perhitungan VMA terhadap campuran adalah dengan rumus berikut :

1) Terhadap Berat Campuran Total

$$VMA = 100 - \left[ \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \right] \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan:

- VMA : Rongga udara pada mineral agregat, prosentase dari volume total, (%)
- Gmb : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)
- Gsb : Berat jenis *bulk* agregat, (gr/cc)
- Ps : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran, (%)

2) Terhadap Berat Agregat Total

$$VMA = 100 - \left[ \frac{Gmb}{Gsb} \times \frac{100}{(100 + Pb)} \times 100 \right] \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan:

- VMA : Rongga udara pada mineral agregat, prosentase dari volume total, (%)
- Gmb : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)
- Gsb : Berat jenis *bulk* agregat, (gr/cc)
- Pb : Kadar aspal, persen total campuran, (%)

**2.6.8. Rongga di dalam campuran (*Void In The Compacted Mixture/ VIM*)**

Rongga udara dalam campuran (*Va*) atau *VIM* dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$VIM = 100 - \left[ \frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \right] \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan:

- VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, prosentase dari volume total, (%)
- Gmb : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)
- Gmm : Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)

**2.6.9. Rongga udara yang terisi aspal (*Voids Filled with Bitumen/ VFA*)**

Rongga terisi aspal (VFA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Rumus adalah sebagai berikut:

$$VFA = 100 \times \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan:

- VFA : Rongga udara yang terisi aspal, prosentase dari VMA, (%)
- VMA : Rongga udara pada mineral agregat, prosentase dari volume total, (%)
- VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, prosentase dari volume total, (%)

**2.6.10. Stabilitas**

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Untuk nilai stabilitas, nilai yang ditunjukkan pada jarum dial perlu dikonversikan terhadap alat *Marshall*. Selain itu pada umumnya alat *Marshall* yang digunakan bersatuan Lbf (pound force), sehingga harus disesuaikan satuannya terhadap satuan kilogram. Selanjutnya nilai tersebut juga harus disesuaikan dengan angka koreksi terhadap ketebalan atau volume benda uji.

**2.6.11. Flow**

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas seperti di atas Nilai *flow* berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Hanya saja untuk alat uji jarum dial *flow* biasanya sudah dalam satuan mm (milimeter), sehingga tidak perlu dikonversikan lebih lanjut.

### 2.6.12. Hasil Bagi Marshall

Hasil bagi Marshall / *Marshall Quotient (MQ)* merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelehan. Sifat Marshall tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots (2.20)$$

keterangan:

- MQ : *Marshall Quotient, (kg/mm)*
- MS : *Marshall Stabilit,y (kg)*
- MF : *Flow Marshall, (mm)*

### 2.7. DURABILITAS STANDAR

Prosedur pengujian durabilitas mengikuti rujukan SNI M-58-1990. Uji perendaman dilakukan pada temperatur  $60 \pm 1^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Masing-masing golongan terdiri dari 2 sampel yang direndam pada bak perendaman untuk semua variasi kadar aspal.

Spesifikasi Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah untuk mengevaluasi keawetan campuran adalah pengujian Marshall perendaman di dalam air pada suhu  $60^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Perbandingan stabilitas yang direndam dengan stabilitas standar, dinyatakan sebagai persen, dan disebut Indeks Stabilitas Sisa (IRS), dan dihitung sebagai berikut :

$$IRS = \left[ \frac{MSi}{MSs} \right] \times 100 \% \dots\dots\dots (2.21)$$

keterangan:

- IRS : Indeks Kekuatan Sisa (*Index Retained Strength*) (%)
- MSi : Stabilitas *Marshall* setelah perendaman 24 jam suhu ruang  $60 \pm 1^\circ\text{C}$ , (kg)
- MSs : Stabilitas *Marshall* standar pada perendaman selama  $30 \pm 1$  menit suhu  $60^\circ\text{C}$ , (kg)

Spesifikasi baru beton aspal campuran panas mensyaratkan IRS harus lebih besar dari 75% seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

## 2.8. DURABILITAS MODIFIKASI

*Crauss, J et al, 1981* telah mengembangkan parameter tunggal yang dapat menggambarkan kondisi keawetan suatu campuran beraspal panas, setelah melalui serangkaian periode perendaman tertentu. Parameter ini dinamakan Indeks Keawetan yang terdiri dari dua jenis, yaitu indeks keawetan pertama dan indeks keawetan kedua. Dalam metode ini dilakukan lama perendaman yaitu ½, 24 dan 48 jam.

### 1) Indeks Durabilitas Pertama

Indeks pertama didefinisikan sebagai jumlah kelandaian yang berurutan dari kurva keawetan. Berdasarkan gambar 3.8. indeks (r) dinyatakan sebagai berikut :

$$r = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{S_i - S_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} \dots\dots\dots (2.22)$$

Keterangan:

- r : Nilai Penurunan stabilitas (kg)
- S<sub>0</sub> : nilai absolut dari kekuatan awal
- S<sub>i</sub> : persen kekuatan yang tersisa pada waktu t<sub>i</sub>
- S<sub>i+1</sub> : persen kekuatan yang tersisa pada waktu t<sub>i+1</sub>
- t<sub>i</sub>, t<sub>i+1</sub> : waktu perendaman (mulai dari awal pengujian)

Sebagai contoh, kalau pengukuran diambil setelah ½, 24, 48, 72 dan 96 jam perendaman maka indeks kekuatan yang tersisa menjadi :

$$r = \frac{S_0 - S_{0,5}}{0,5} + \frac{S_{0,5} - S_{24}}{23,5} + \frac{S_{24} - S_{48}}{24} + \frac{S_{48} - S_{72}}{24} + \frac{S_{72} - S_{96}}{24}$$

### 2) Indeks Durabilitas Kedua

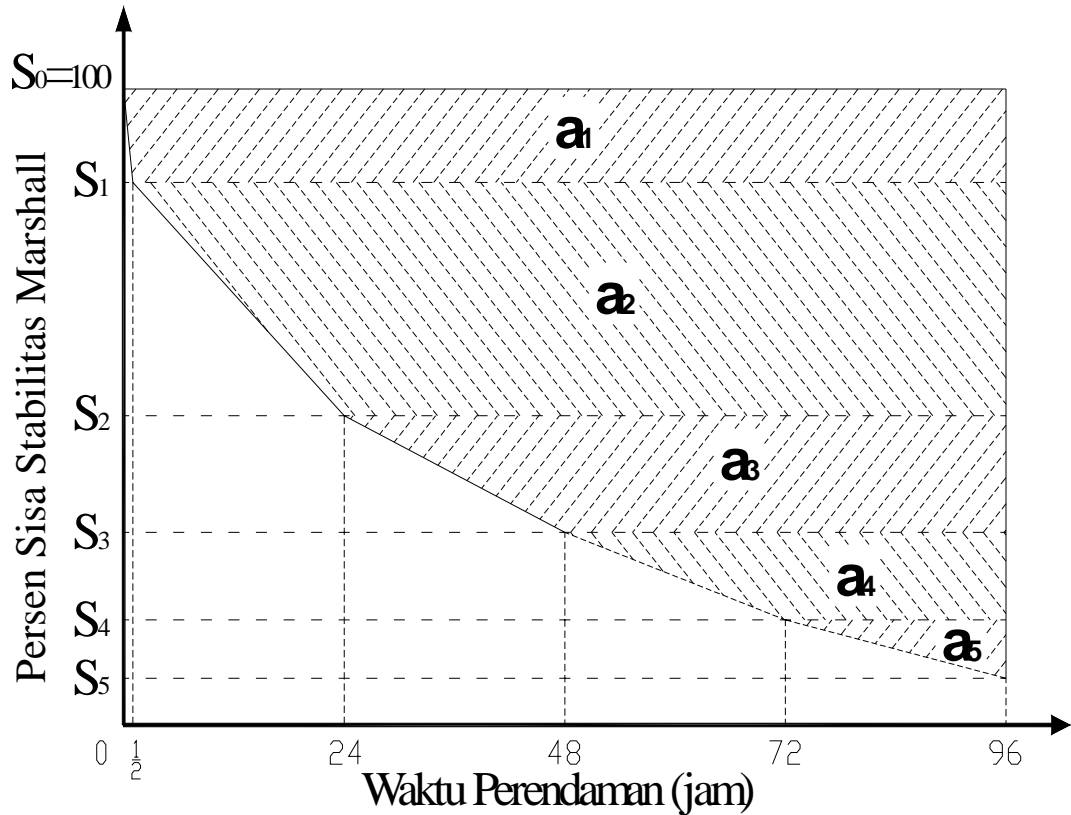
Indeks kedua didefinisikan sebagai luas kehilangan kekuatan rata-rata antara kurva keawetan dengan garis S<sub>0</sub> = 100 persen. Berdasarkan gambar 3.8. indeks (a) ini dinyatakan sebagai berikut :

$$a = \frac{1}{t_n} \sum_{i=1}^n a_1 = \frac{1}{2t_n} \sum_{i=0}^{n-1} (S_i - S_{i+1}) [2t_n - (t_i + t_{i+1})] \dots\dots\dots (2.23)$$

Indeks keawetan kedua didefinisikan sebagai luas kehilangan kekuatan satu hari. Nilai positif dari (a) menunjukkan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai negatif sebagai peningkatan kekuatan. Menurut definisinya,  $a < 100$ . Karena itu, memungkinkan untuk menyatakan persentase kekuatan sisa satu hari ( $S_a$ ) sebagai berikut :

$$S_a = (100 - a) \dots\dots\dots (2.24)$$

Luas kehilangan kekuatan tersebut dapat dilihat dengan contoh skema pada Gambar 2.3. di bawah ini.



Gambar 2.3. Skema Kurva Keawetan

Sumber : CRAUS, J dan kawan-kawan (1981)

## 2.7. PENELITIAN YANG PERNAH DILAKUKAN

Beberapa ilmuwan telah melakukan penelitian yang berkaitan dengan penggunaan semen portland sebagai *filler* dalam campuran aspal dan dapat dijadikan acuan atau literatur untuk penyusunan tesis / penelitian ini, di antaranya adalah :

### 1) Agus Taufik Mulyono (1996)

Dalam penelitiannya ditulis tentang variasi jenis dan kadar *filler* terhadap kinerja campuran aspal. Penelitian ini dibahas tentang campuran dengan menggunakan tiga macam *filler*, yaitu semen, kapur dan lanau. Pengujian yang dilakukan menggunakan Marshall Test.

Selanjutnya hasil yang diperoleh dapat dituliskan pada masing-masing karakteristik (stabilitas, kadar aspal optimum dan durabilitas) pada Tabel 2.7. di bawah ini.

Tabel 2.7. Hasil Penelitian Agus Taufik Mulyono (1996)

Karakteristik	<i>Filler</i>		
	Semen	Kapur	Lanau
Stabilitas	900kg	725kg	575kg
KAO	5.5%	6.5%	6.5%
Durabilitas	95%	80%	60%

Dengan melihat hasil penelitian yang terdapat pada Tabel 2.7. di atas maka dapat disimpulkan bahwa semen mempunyai stabilitas yang tinggi, rendah kadar aspal optimum serta tahan terhadap rendaman air. Sehingga dapat dikatakan mempunyai karakteristik yang lebih baik dibandingkan kedua *filler* lainnya.

### 2) Rudy Erwandy Saragih (2005)

Dalam Penelitiannya yang berjudul “Asbuton Halus Dalam Sistem Aspal – *Filler*“, di mana variasi variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah

jenis *filler*, prosentase *filler* terhadap aspal minyak dan lama pengadukan. Jenis *filler* yang digunakan adalah asbuton dan semen. Variasi berat *filler* terhadap aspal minyak adalah 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%. Lama pengadukan untuk setiap variasi adalah 5 menit, 10 menit, 15 menit dan pengadukan dilakukan pada suhu 140 °C.

Dari hasil pengujian terlihat bahwa penambahan prosentase *filler* mengakibatkan penurunan nilai penetrasi. Pada suhu 25°C, penetrasi untuk prosentase *filler* semen 0% adalah 96,80 dan untuk prosentase *filler* 50% adalah 36,30. Sedangkan pada suhu 35 °C, penetrasi untuk prosentase *filler* semen 0% adalah 248,75 dan untuk prosentase *filler* semen 50% adalah 114,25. Titik lembek tanpa *filler* adalah 47 °C, pada *filler* semen titik lembek meningkat menjadi 57,5°C untuk prosentase 50%. Hasil menunjukkan bahwa lama pengadukan tidak memberikan perbedaan nilai penetrasi dan titik lembek yang signifikan.

Kecenderungan yang sama juga terjadi pada aspal-*filler* asbuton. Pada suhu 25°C, penetrasi untuk prosentase *filler* asbuton 0% adalah 96,80 dan untuk prosentase *filler* 50 % adalah 19,10. Sedangkan pada suhu 35 °C, penetrasi untuk prosentase 0% adalah 248,75 dan prosentase 50 % adalah 45,13. Titik lembek meningkat menjadi 64 °C untuk prosentase *filler* 50%.

Dari perbandingan antara aspal-*filler* asbuton dan aspal-*filler* semen, aspal-*filler* asbuton memberikan nilai penetrasi yang lebih rendah dibandingkan dengan aspal-*filler* semen untuk kondisi yang sama. Sejalan dengan hal ini maka titik lembek aspal-*filler* asbuton memberikan nilai yang lebih tinggi dibandingkan aspal-*filler* semen. Dari hasil perhitungan Indeks Penetrasi (IP) dengan menggunakan persamaan Pfeiffer dan Van Doormaal untuk variasi jumlah *filler* tidak memperlihatkan kecenderungan yang konsisten mengenai kepekaan terhadap perubahan suhu.

### 3) Ricky Kusmawan (1999)

Judul penelitiannya adalah “Pengaruh Jenis *Filler* Dan Gradasi Agregat Pada Durabilitas *Stone Mastic Asphalt*” (SMA), Dimana penelitian terhadap campuran SMA dengan menggunakan gradasi agregat yang berbeda-beda telah banyak dilakukan di berbagai negara untuk mencari campuran yang cocok untuk digunakan pada kondisi setempat, tetapi informasi mengenai pengaruh gradasi agregat terhadap durabilitas belum tersedia.

Pengujian yang dilakukan J. Craus (1981) dengan menggunakan periode perendaman yang lebih lama mengindikasikan adanya pengaruh *filler* terhadap potensi durabilitas campuran. Oleh sebab itu penting untuk menggunakan prosedur pengujian potensi durabilitas yang sesuai untuk mendapatkan rancangan campuran yang baik.

Untuk keperluan tersebut dalam penelitian ini dikaji ukuran potensi durabilitas dari *Stone Mastic Asphalt* dan menilai pengaruh dari jenis *filler* dan gradasi agregat terhadap potensi durabilitasnya. Kriteria potensi durabilitas pada campuran aspal dibagi atas tiga kelompok kriteria utama yakni: kriteria karakteristik dasar campuran, Perendaman Standar Marshall (perendaman 1 hari), dan Perendaman Modifikasi Marshall (perendaman 0, 3, 7, 14, dan 28 hari). Tiga jenis *filler* yaitu abu batu, semen portland dan kapur, serta dua jenis gradasi yang digunakan yakni gradasi *upper limit* dan *lower limit* dari spesifikasi gradasi Bina Marga digunakan dalam penelitian ini. Kriteria karakteristik dasar memperlihatkan keberadaan rongga di campuran dan laju pengerasan aspal sebagai kriteria utamanya. Pengujian Perendaman Standar Marshall menggunakan kriteria Stabilitas Marshall Sisa mengindikasikan bahwa gradasi *lower limit* lebih baik dengan nilai tertingginya mencapai 95,9% untuk campuran menggunakan *filler* kapur.

Pengujian Perendaman Modifikasi Marshall menunjukkan Indeks Durabilitas sebagai indikator pengaruh jenis-jenis *filler* dan gradasi agregat terhadap perendaman yang lebih lama, dan pengujian ini dapat mengklasifikasikan setiap jenis campuran. Indeks pertama mengindikasikan campuran dengan *filler* kapur dengan kedua macam gradasi memperlihatkan keunggulan dalam hal potensi durabilitas dibanding campuran dengan *filler* lain ( $r = 1,66\%$  untuk gradasi upper limit dan  $r = 1,77\%$  untuk gradasi lower limit). Indeks kedua juga mengindikasikan kecenderungan yang sama seperti indeks pertama tetapi lebih sensitif terhadap nilai tinggi dan rentang kehilangan kekuatan yang lebih tinggi untuk gradasi tertentu.

#### 4) Marsono (1996)

Dalam penelitiannya yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Portland Cement Pada Campuran SMA Grading 0/11 Terhadap Durabilitas Dan Permeabilitas Campuran” dengan abstraksi sebagai berikut :

*Filler* sebagai bahan pengisi dalam campuran SMA 0/11 akan menambah kerapatan campuran sehingga mempengaruhi karakteristik Marshall campuran. *Filler* yang sering digunakan adalah debu batu. Salah satu kendala yang sering dihadapi dilapangan adalah mahalnya debu batu yang dihasilkan dari *tersier crusher*.

Penelitian SMA 0/11 dengan *filler* pengganti air dilakukan dengan dua tahap. Tahap I untuk mencari kadar *filler* portland cement pengganti dengan pengujian laboratorium yang menggunakan alat Marshall terhadap tiap model benda uji campuran SMA 0/11 dengan variasi kadar *filler* portland cement 7,5% sampai 13,5% dengan interval 1,5% dan kadar aspal 6% sampai 8% dengan interval 0,5% dengan aspal AC 60/70 untuk mendapatkan KAO. Tahap II dibuat model campuran SMA 0/11 untuk pengujian terhadap durabilitas dengan alat Marshall dan permeabilitas untuk mendapatkan koefisien permeabilitas.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa portland cement memenuhi spesifikasi Bina Marga (1987), untuk rentang filler dari 7,5% sampai 13,5% terpilih pada kadar filler 9% dengan KAO 7,55%. Untuk durabilitas, penurunan stabilitas (R) 4,221 indeks penurunan (r) 0,3608. Pada permeabilitas, nilai koefisien permeabilitas (k)  $3,76 \cdot 10^{-4}$  cm/det.

## **BAB III**

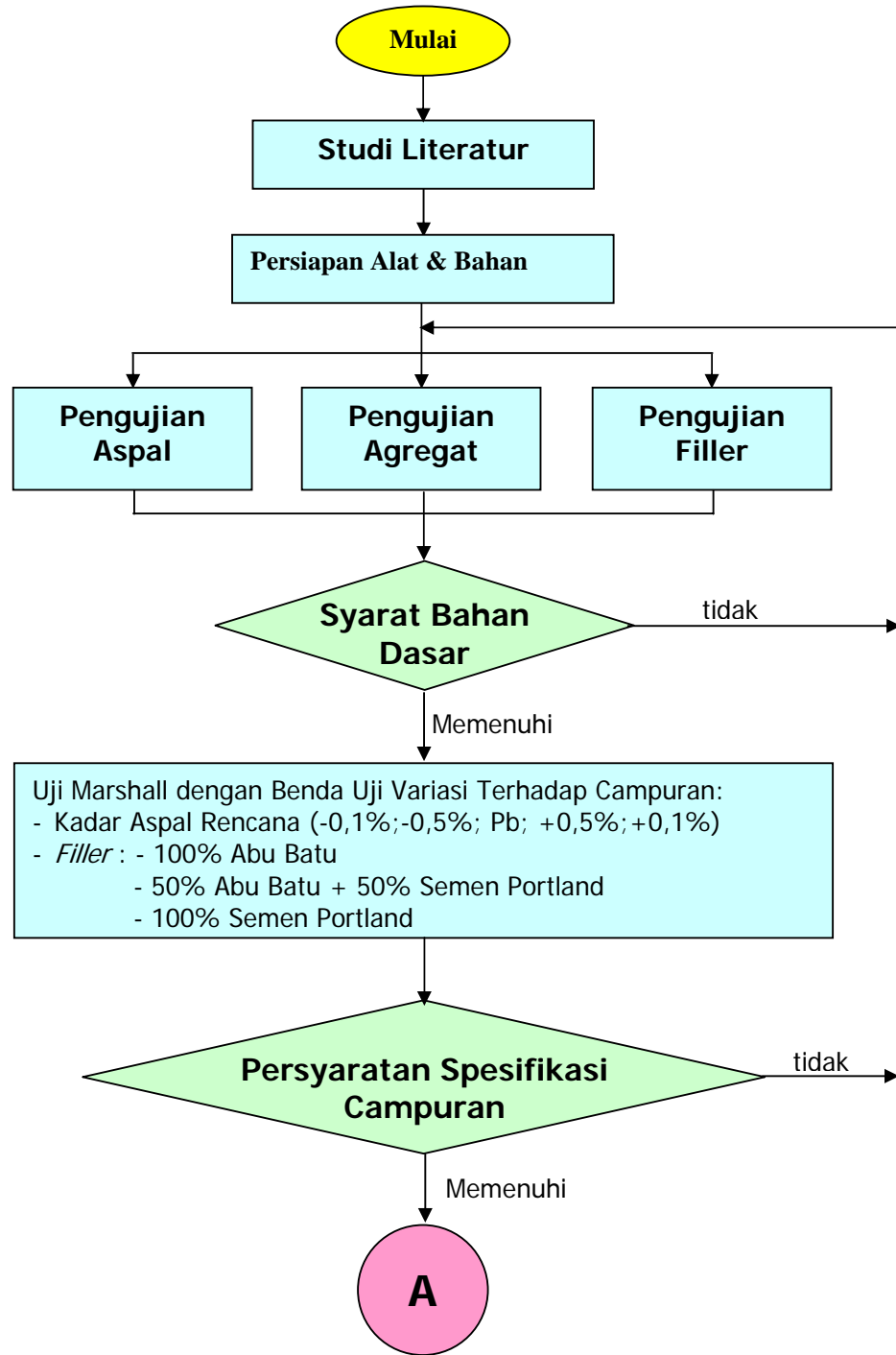
### **METODOLOGI PENELITIAN**

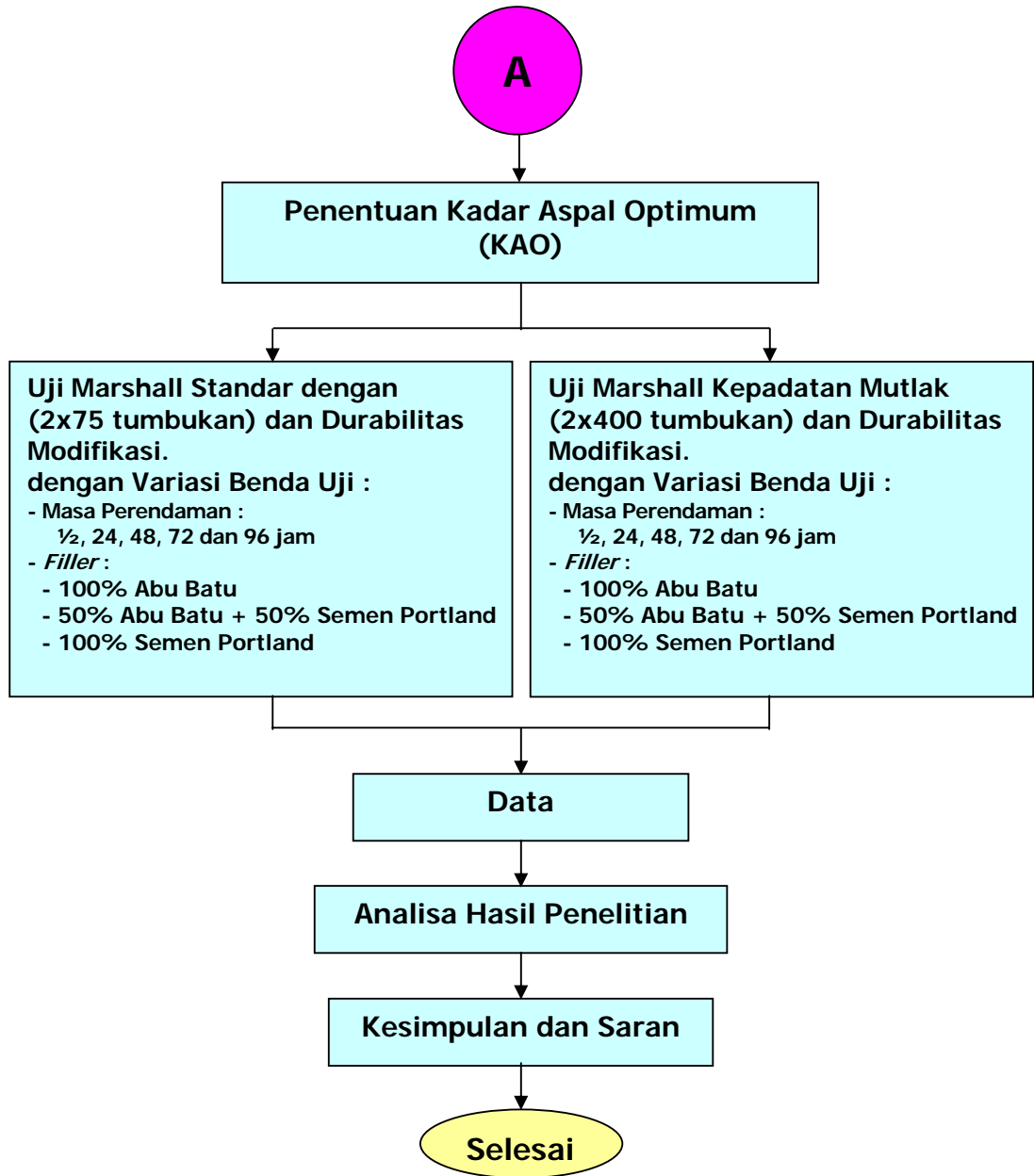
#### **3.1. UMUM**

Penelitian ini dilakukan di laboratorium ATS (Akademi Teknologi Semarang) dengan dasar menggunakan sistem pencampuran aspal panas *Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC)* dengan panduan *The Asphalt Institute (1997) Superpave Series No.1 (SP-1)* yang merupakan dasar dari pembangunan jalan raya dan banyak digunakan oleh Bina Marga. Sedangkan standar-standar pengujian yang digunakan sebagian menggunakan standar yang dikeluarkan oleh *The Asphalt Institute (1997) Superpave Series No.1 (SP-1)* namun sebagian besar mengadopsi dari metode-metode yang disahkan atau distandarkan oleh Bina Marga yang berupa SK-SK SNI.

Di dalam penelitian ini pengujian dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan *filler*), aspal dan pengujian terhadap campuran (uji Marshall). Pengujian terhadap agregat termasuk pemeriksaan berat jenis, pengujian abrasi dengan mesin Los Angeles, kelekatan terhadap aspal, indeks kepipihan dan penyerapan air. Untuk pengujian aspal termasuk juga pengujian penetrasi, titik nyala-titik bakar, titik lembek, kehilangan berat, kelarutan ( $\text{CCl}_4$ ), daktilitas dan berat jenis. Sedangkan metode yang digunakan sebagai pengujian campuran adalah metode Marshall, dimana dari pengujian Marshall tersebut didapatkan hasil-hasil yang berupa komponen-komponen Marshall, yaitu stabilitas, *flow*, *void in total mix (VITM)*, *void filled with asphalt* dan kemudian dapat dihitung *Marshall Quotient*-nya. Pengujian terakhir adalah berupa uji rendaman Marshall atau uji *Immersion*.

Beberapa hal yang harus dipersiapkan untuk memproses perencanaan penelitian campuran AC-WC terdapat pada bagan alir yang ditunjukkan dalam Gambar 3.1.





Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian

### 3.2. BAHAN PENELITIAN

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- 1) Agregat kasar, berasal dari Batu Eks. Kalikuto Kendal dan diperoleh dari hasil pemecahan batu (*stone crusher*) dari AMP PT. Adhi Karya Divisi IV Cabang Semarang.
- 2) Begitu pula untuk agregat pengisi (*filler*) yang digunakan adalah abu batu dari hasil pemecahan batu (*stone crusher*) dari AMP PT. Adhi Karya Divisi IV Cabang Semarang.
- 3) Agregat halus (pasir kali) menggunakan pasir kali asal Muntilan.
- 4) *Filler* lain sebagai bahan perbandingan adalah semen Portland yang biasa digunakan untuk berbagai macam konstruksi bangunan dan terdapat di banyak pasaran.
- 5) Untuk bahan aspal menggunakan aspal PERTAMINA dengan penetrasi 60/70.

### 3.3. PERALATAN PENELITIAN

- 1) Alat uji pemeriksaan aspal  
Alat yang digunakan untuk pemeriksaan aspal antara lain: alat uji penetrasi, alat uji titik lembek, alat uji titik nyala dan titik bakar, alat uji daktilitas, alat uji berat jenis (piknometer dan timbangan), alat uji kelarutan ( $\text{CCl}_4$ ).
- 2) Alat uji pemeriksaan agregat  
Alat uji yang digunakan untuk pemeriksaan agregat antara lain mesin Los Angeles (tes abrasi), saringan standar (yang terdiri dari ukuran  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{8}$ ", #4, #8, #16, #30, #50 dan #200), alat uji kepipihan, alat pengering (oven), timbangan berat, alat uji berat jenis (piknometer, timbangan, pemanas), bak perendam dan tabung *sand equivalent*.

3) Alat uji karakteristik campuran agregat aspal

Alat uji yang digunakan adalah seperangkat alat untuk metode Marshall, meliputi:

- a) Alat tekan Marshall yang terdiri kepala penekan berbentuk lengkung, cincin penguji berkapasitas 3000kg (5000lb) yang dilengkapi dengan arloji pengukur *flowmeter*.
- b) Alat cetak benda uji berbentuk silinder diameter 10,2cm (4inch) dengan tinggi 7,5cm (3inch) untuk Marshall standar.
- c) Penumbuk manual yang mempunyai permukaan rata berbentuk silinder dengan diameter 9,8cm, berat 4,5kg (10lb) dengan tinggi jatuh bebas 45,7cm (18inch).
- d) Ejektor untuk mengeluarkan benda uji setelah proses pemadatan.
- e) Bak perendam yang dilengkapi pengatur suhu.
- f) Alat-alat penunjang yang meliputi panci pencampur, kompor pemanas, termometer, kipas angin, sendok pengaduk, kaos tangan anti panas, kain lap, kaliper, spatula, timbangan dan tip-ex/cat minyak yang digunakan untuk menandai benda uji.

#### **3.4. PROSEDUR PERENCANAAN PENELITIAN**

Untuk menentukan kadar aspal optimum diperkirakan dengan penentuan kadar optimum secara empiris dengan persamaan ( $P_b$ ) sesuai pada rumus 3.7. Nilai  $P_b$  hasil perhitungan dibulatkan mendekati 0,5%. Ditentukan 2 (dua) kadar aspal di atas dan 2 (dua) kadar aspal di bawah kadar aspal perkiraan awal yang sudah dibulatkan mendekati 0,5% ini. Kemudian dilakukan penyiapan benda uji untuk tes Marshall sesuai tahapan berikut ini :

a. Tahap I

Berdasarkan perkiraan kadar aspal optimum Pb dibuat benda uji dengan jenis aspal pertamina dengan dua variasi kadar aspal di atas Pb dan dua variasi kadar aspal di bawah Pb (-1,0%; -0,5%; Pb; +0,5%; +1,0%) serta variasi komposisi *Filler* dengan dibuat masing-masing 2 (dua) benda uji. Untuk variasi komposisi kadar *filler* adalah 100%abu batu, 50%abu batu + 50% semen portlad dan 100% semen portland. Kemudian dilakukan pengujian Marshall standar dengan 2x75 tumbukan dan pengujian durabilitas untuk menentukan VIM, VMA, VFA, kepadatan, stabilitas, kelelahan, hasil bagi Marshall dan indeks stabilitas sisa. Dari hubungan antara kadar aspal dengan parameter Marshall, dapat ditentukan kadar aspal optimum.

b. Tahap II

Setelah didapatkan kadar aspal optimum maka dilakukan pembuatan benda uji dengan variasi komposisi *filler* yaitu 100%abu batu, 50%abu batu-50% semen portland dan 100% semen portland pada durasi perendaman 1/2, 24 dan 48 jam. Kemudian dilakukan uji marshall dengan kondisi stadar (2x75 tumbukan) dan dengan kondisi rufusal (2x400 tumbukan) untuk menentukan VIM, VMA, VFA, kepadatan, stabilitas, kelelahan dan hasil bagi Marshall, serta pengujian durabilitas standar dan durabilitas modifikasi untuk menentukan nilai indeks durabilitas pertama (r,R) dan nilai indeks durabilitas kedua (a,Sa). Seluruh kriteria hasil Marshall yang didapatkan mengacu pada standar Departemen Permukiman dan Pengembangan Wilayah 2004 yang ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Perincian perkiraan jumlah sampel yang akan digunakan dalam pengujian dapat dilihat pada jumlah sampel penelitian seperti Tabel 3.1. di bawah ini :

Tabel 3.1. Jumlah Sampel yang Direncanakan

TAHAP PENGUJIAN	VARIASI	KOMPOSISI <i>FILLER</i>						SUB JML	JUM LAH	
		100AB		50AB-50SP		100SP				
		D	S	D	S	D	S			
I. Marshall Standar Kadar Aspal Optimum (KAO)	Kadar Aspal (%)	-1,0	2	0	2	0	2	0	6	30
		-0,5	2	0	2	0	2	0	6	
		Pb	2	0	2	0	2	0	6	
		+0,5	2	0	2	0	2	0	6	
		+1,0	2	0	2	0	2	0	6	
II. a. Marshall Standar (2x75) & Durabilitas Modifikasi  b. Marshall dg. Kepadatan Mutlak (2x400) & Durabilitas Modifikasi	Perendaman (jam)	0	2	0	2	0	2	0	6	30
		24	0	2	0	2	0	2	6	
		48	0	2	0	2	0	2	6	
		72	0	2	0	2	0	2	6	
		96	0	2	0	2	0	2	6	
		0	2	0	2	0	2	0	6	30
		24	0	2	0	2	0	2	6	
		48	0	2	0	2	0	2	6	
		72	0	2	0	2	0	2	6	
		96	0	2	0	2	0	2	6	
JUMLAH TOTAL									<b>90</b>	
Keterangan : - S = sampel diasumsikan dalam kondisi ( <i>soaked</i> ) rendaman - D = sampel diasumsikan dalam kondisi ( <i>dry</i> ) kering - AB = abu batu - SP = semen portland										

### 3.5. PENGUJIAN MARSHALL

- 1) Dilakukan penimbangan agregat sesuai dengan prosentase pada target gradasi yang diinginkan untuk masing-masing fraksi dengan berat campuran kira-kira 1200 gram untuk diameter 4 inchi, kemudian dilakukan pengeringan campuran agregat tersebut sampai beratnya tetap sampai suhu  $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ .
- 2) Dilakukan pemanasan aspal untuk pencampuran pada viskositas kinematik  $100 \pm 10$  centistokes. Agar temperatur campuran agregat dan aspal tetap maka pencampuran dilakukan di atas pemanas dan diaduk hingga rata.

- 3) Setelah temperatur pemadatan tercapai yaitu pada viskositas kinematik  $100 \pm 10$  centistokes, maka campuran tersebut dimasukkan ke dalam cetakan yang telah dipanasi pada temperatur 100 hingga  $170^\circ$  dan diolesi vaselin terlebih dahulu, serta bagian bawah cetakan diberi sepotong kertas filter atau kertas lilin (*waxed paper*) yang telah dipotong sesuai dengan diameter cetakan sambil ditusuk-tusuk dengan spatula sebanyak 15 kali di bagian tepi dan 10 kali di bagian tengah.
- 4) Pemadatan standar dilakukan dengan pemadat manual dengan jumlah tumbukan 75 kali di bagian sisi atas kemudian dibalik dan sisi bagian bawah juga ditumbuk sebanyak 75 kali.
- 5) Pemadatan lanjutan untuk kepentingan kepadatan membal (*refusal*) dilaksanakan seperti cara pemadatan standar hanya tumbukannya dilakukan sebanyak 2 x 400 tumbukan.
- 6) Setelah proses pemadatan selesai benda uji didiamkan agar suhunya turun, setelah dingin benda uji dikeluarkan dengan ejektor dan diberi kode.
- 7) Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel dan diukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm dan ditimbang beratnya di udara.
- 8) Benda uji direndam dalam air selama 10-24 jam supaya jenuh.
- 9) Setelah jenuh benda uji ditimbang dalam air.
- 10) Benda uji dikeluarkan dari bak dan dikeringkan dengan kain pada permukaan agar kondisi kering permukaan jenuh (*saturated surface dry, SSD*) kemudian ditimbang.
- 11) Benda uji direndam dalam bak perendaman pada suhu  $60 \pm 1^\circ\text{C}$  selama 30 hingga 40 menit. Untuk uji perendaman mendapatkan stabilitas sisa pada suhu  $60 \pm 1^\circ\text{C}$  selama 24 jam.
- 12) Bagian dalam permukaan kepala penekan dibersihkan dan dilumasi agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.

- 13) Benda uji dikeluarkan dari bak perendam, lalu diletakkan tepat di tengah pada bagian bawah kepala penekan kemudian bagian atas kepala diletakkan dengan memasukkan lewat batang penuntun. Setelah pemasangan sudah lengkap maka diletakkan tepat di tengah alat pembebanan. Kemudian arloji kelelahan (*flow meter*) dipasang pada dudukan di atas salah satu batang penuntun.
- 14) Kepala penekan dinaikkan hingga menyentuh atas cincin penguji, kemudian diatur kedudukan jarum arloji penekan dan arloji kelelahan pada angka nol.
- 15) Pembebanan dilakukan dengan kecepatan tetap 51 mm (2 inch) per menit, hingga kegagalan benda uji terjadi yaitu pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun, pada saat itu pula dibuka arloji kelelahan. Titik pembacaan pada saat benda uji mengalami kegagalan adalah merupakan nilai stabilitas Marshall.
- 16) Setelah pengujian selesai, kepala penekan diambil, bagian atas dibuka dan benda uji dikeluarkan. Waktu yang diperlukan dari saat diangkatnya benda uji dari rendaman air sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 60 detik.
- 17) Untuk pembuatan benda uji dilakukan dengan menggunakan jenis aspal Pertamina dengan tingkat penetrasi 60/70.
- 18) Campuran agregat aspal standar dimasukkan ke dalam cetakan dan ditumbuk tiap sisi sebanyak 2x75 kali pada temperatur  $\pm 160^{\circ}\text{C}$ .
- 19) Selanjutnya campuran agregat dengan aspal dicampur pada suhu  $\pm 160^{\circ}\text{C}$ , sedangkan suhu pematannya ditetapkan pada suhu  $140^{\circ}\text{C}$ .
- 20) Campuran agregat – aspal untuk mencapai kepadatan membal dimasukkan ke dalam cetakan dan ditumbuk tiap sisinya 2x400 kali pada suhu  $\pm 160^{\circ}\text{C}$  dan suhu pemadatan  $\pm 140^{\circ}\text{C}$ .
- 21) Setelah proses pemadatan selesai, benda uji didinginkan selama  $\pm 4$  jam dan kemudian dilakukan tes Marshall.

### 3.6. PROSEDUR PENGUJIAN MATERIAL

Pengujian material yang dilaksanakan pada penelitian ini, meliputi pemeriksaan terhadap agregat kasar, agregat halus *filler* dan aspal dengan mengacu pada standar Spesifikasi Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2004).

#### 3.6.1. Pengujian Material Agregat

Dalam pemilihan bahan agregat diupayakan menjamin tingkat penyerapan air yang paling rendah. Hal itu merupakan antisipasi atas hilangnya material aspal yang terserap oleh agregat.

Agregat dapat terdiri atas beberapa fraksi, misalnya fraksi kasar, fraksi medium dan abu batu atau pasir alam. Pada umumnya fraksi kasar dan fraksi medium digolongkan sebagai agregat kasar. Sedangkan untuk abu batu dan pasir alam sebagai agregat halus.

##### A. Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar untuk perencanaan ini adalah agregat yang tertahan di atas saringan 2,36mm atau saringan no.8. Fraksi agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran-ukuran nominal. Sedangkan ketentuannya dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Ketentuan Agregat Kasar

No	Karakteristik	Metode Pengujian	Persyaratan
1.	Berat jenis dan penyerapan air	AASHTO T-85 - 81	-
2.	Berat Jenis SSD	AASHTO T-85 - 81	-
3.	Berat Jenis Apparent	AASHTO T-85 - 81	-
4.	Penyerapan Air	SNI 1969-1989 - F	maks. 3%
5.	Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	maks. 40%
6.	Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	min. 95%
7.	Indeks kepipihan	ASTM D-4791	maks. 25%
8.	Indeks kelonjongan	ASTM D-4791	maks. 10%
9.	Material lolos saringan no.200	SNI 03-4142-1996	maks. 1%

Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah – Direktorat Jendral Prasarana Wilayah, (2004)

## B. Agregat Halus

Agregat halus dari masing-masing sumber harus terdiri atas pasir alam atau hasil pemecah batu dan harus disediakan dalam ukuran nominal maksimum 2,36mm. Agregat halus hasil pemecahan dan pasir alam harus ditimbun dalam cadangan terpisah dari agregat kasar di atas serta dilindungi terhadap hujan dan pengaruh air. Material tersebut harus merupakan bahan bersih, keras bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Ketentuan tentang agregat halus terdapat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Ketentuan Agregat Halus

No	Karakteristik	Metode Pengujian	Persyaratan
1.	Berat jenis dan penyerapan air	AASHTO T-85 - 81	-
2.	Berat Jenis SSD	AASHTO T-85 - 81	-
3.	Berat Jenis Apparent	AASHTO T-85 - 81	-
4.	Penyerapan Air	SNI 1969-1989 - F	maks. 3%
5.	Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	min. 50%
6.	Material lolos saringan no.200	SNI-03-4428-1997	maks. 8%

Sumber : *Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah – Direktorat Jendral Prasarana Wilayah, (2004)*

## C. Filler

Bahan pengisi harus bebas dari semua bahan yang tidak dikehendaki. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan. Bahan pengisi yang diuji pada penelitian ini adalah semen portland dan abu batu mempunyai ketentuan yang sama seperti pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Ketentuan *filler*

No.	Karakteristik	Metode Pengujian	Persyaratan
1.	Berat jenis	AASHTO T-85 - 81	-
2.	Material lolos saringan no.200	SNI M-02-1994-03	min. 70%

Sumber : *Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah – Direktorat Jendral Prasarana Wilayah, (2004)*

### 3.6.2. Pengujian Material Aspal

Penggunaan aspal Pen 60 disesuaikan dengan kondisi suhu udara rata-rata 25°C. Metode pengujian aspal sesuai spesifikasi Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2004) dengan mengacu pada SNI (1991) dan AASHTO T.102 dengan ketentuan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Ketentuan Aspal

No	Karakteristik	Metode Pengujian	Persyaratan
1	Penetrasi; 25°C; 100gr.; 5detik; 0,1mm	SNI 06-2456-1991	60 – 70
2	Titik lembek; °C	SNI 06-2434-1991	48 – 58
3	Titik nyala; °C	SNI 06-2433-1991	min. 200
4	Daktilitas; 25°C; cm	SNI 06-2432-1991	min. 100
5	Berat jenis; gr/cc	SNI 06-2441-1991	min. 1,0
6	Kelarutan dlm. Tricilor Etylen; %berat	SNI 06-2438-1991	min. 99
7	Penurunan Berat (dg. TFOT); %berat	SNI 06-2440-1991	maks. 0,8
8	Penetrasi setelah penurunan berat; %asli	SNI 06-2456-1991	min. 54
9	Daktilitas setelah penurunan berat; %asli	SNI 06-2432-1991	min. 50

Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah – Direktorat Jendral Prasarana Wilayah, (2004)

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. HASIL PERENCANAAN GRADASI AGREGAT CAMPURAN**

Dalam memperoleh gradasi agregat yang sesuai dengan spesifikasi gradasi, maka kombinasi untuk masing-masing agregat campuran ditentukan terdiri dari tiga fraksi agregat yang penggabungannya dalam hal ini menggunakan cara analitis. Sedangkan pada proses gradingnya terdiri dari lima fraksi agregat, karena untuk fraksi batu pecah dan pasir Muntiran mempunyai prosentase yang sama untuk rencana campuran, sedangkan pada fraksi *filler* terdiri dari 100% abu batu, 50% abu batu dan 50% semen portland dan 100% semen portland ada kemungkinan mempunyai prosentase lolos saringan yang berbeda. Kemungkinan akan hal tersebut telah dibuktikan dengan proses grading beberapa kali pada material yang sama tetapi pada karung tempat penyimpanan material yang berbeda.

Pada proses perhitungan dalam mencari prosentase masing-masing fraksi agregat untuk masing-masing campuran dilakukan secara tersendiri. Hal tersebut dikarenakan masing-masing jenis *filler* yang didapat mempunyai hasil yang berbeda pada masing-masing ukuran saringan walaupun hampir sama pada proporsi tiap fraksi. Untuk proses perhitungan itu sendiri menggunakan rumus dasar analitis penyesuaian proporsi agregat campuran.

Berikut ini adalah hasil perhitungan penyesuaian proporsi agregat campuran pada Tabel 4.1.

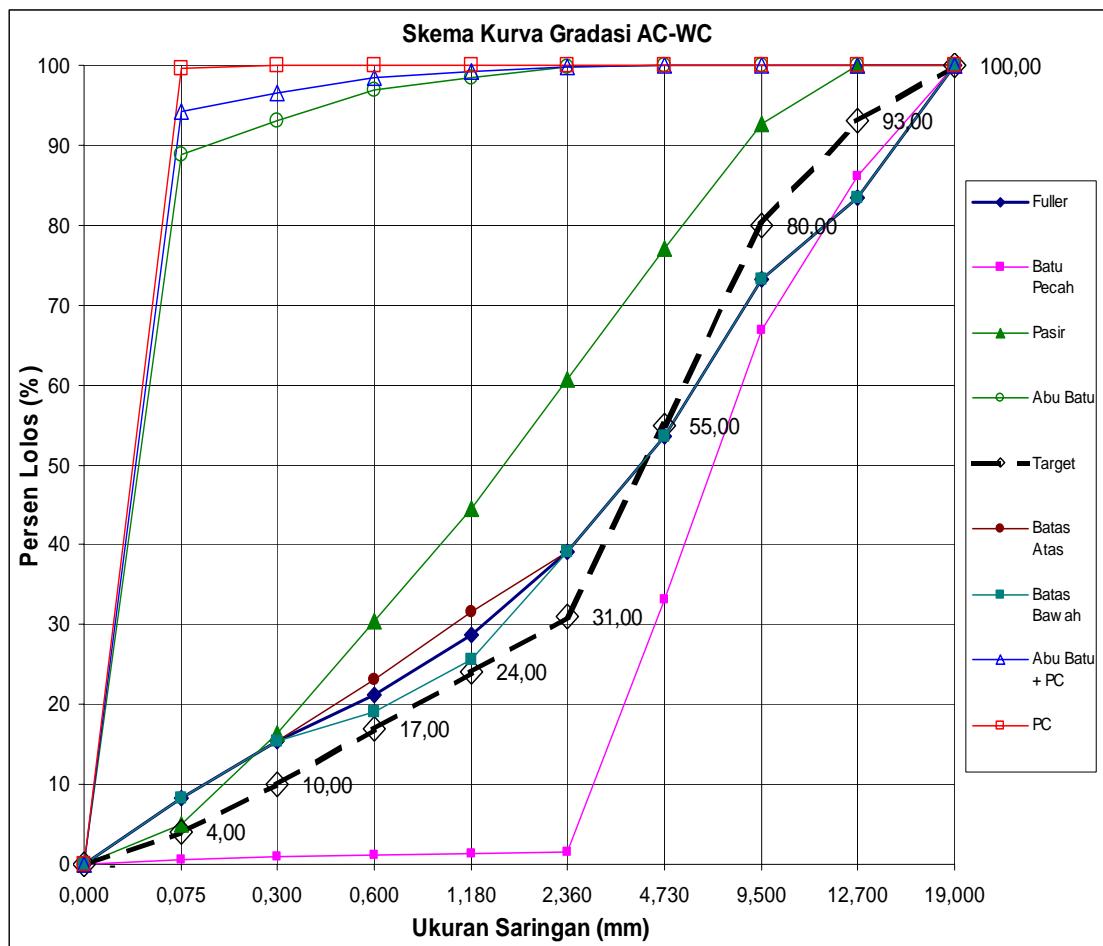
Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Penyesuaian Proporsi Agregat Campuran

Ukuran Saringan	(#)	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 200	Pan
	(mm)	19	12,7	9,5	4,73	2,36	1,18	0,60	0,30	0,075	
<b>Komposisi Filler = 100% Abu Batu</b>											
P=31; A=1,6; B=60,7; C=99,8											
Titik Kontrol	Batas Bawah	100,00	90,00	-	-	28,00	-	-	-	4,00	-
	Batas Atas	100,00	100,00	90,00	-	58,00	-	-	-	10,00	-
% Lolos Agregat Camp. (Tengah2)		100,00	95,00	-	-	31,00	-	-	-	7,00	-
Zona Larangan	Batas Bawah	-	-	-	-	39,1	25,6	19,1	15,5	-	-
	Batas Atas	-	-	-	-	39,1	31,6	23,1	15,5	-	-
Batu Pecah		100,00	86,20	66,90	33,10	1,60	1,30	1,10	0,90	0,50	-
Pasir		100,00	100,00	92,60	77,10	60,70	44,60	30,40	16,30	5,00	-
Abu Batu		100,00	100,00	100,00	100,00	99,80	98,40	96,90	93,10	88,80	-
(P-B) / (A-B) = a =		0,5025 x Batu Pecah	50,25	43,32	33,62	16,63	0,80	0,65	0,55	0,45	0,25
1 - (a+c) = b =		0,4848 x Pasir	48,48	48,48	44,89	37,38	29,43	21,62	14,74	7,90	2,42
(B.a-P) / (B-C) = c =		0,0127 x Abu Batu	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,25	1,23	1,18	1,13
Total Lolos Saringan (%)		100,00	93,06	79,78	55,28	31,50	23,52	16,52	9,54	3,80	-
Target Lolos Saringan (%)		100,00	93,00	80,00	55,00	31,00	24,00	17,00	10,00	4,00	-
Prosentase Tertahan (%)			7,00	13,00	25,00	24,00	7,00	7,00	7,00	6,00	4,00
Berat Masing2 (gram)			84,00	156,00	300,00	288,00	84,00	84,00	84,00	72,00	48,00
<b>Komposisi Filler = 50% Abu Batu - 50% Semen Portland</b>											
P=31; A=1,6; B=60,7; C=99,9											
Titik Kontrol	Batas Bawah	100,00	90,00	-	-	28,00	-	-	-	4,00	-
	Batas Atas	100,00	100,00	90,00	-	58,00	-	-	-	10,00	-
% Lolos Agregat Camp. (Tengah2)		100,00	95,00	-	-	31,00	-	-	-	7,00	-
Zona Larangan	Batas Bawah	-	-	-	-	39,1	25,6	19,1	15,5	-	-
	Batas Atas	-	-	-	-	39,1	31,6	23,1	15,5	-	-
Batu Pecah		100,00	86,20	66,90	33,10	1,60	1,30	1,10	0,90	0,50	-
Pasir		100,00	100,00	92,60	77,10	60,70	44,60	30,40	16,30	5,00	-
Abu Batu + PC		100,00	100,00	100,00	100,00	99,90	99,20	98,45	96,55	94,20	-
0,5025 x Batu Pecah		50,25	43,32	33,62	16,63	0,80	0,65	0,55	0,45	0,25	-
0,4848 x Pasir		48,48	48,48	44,89	37,38	29,43	21,62	14,74	7,90	2,42	-
0,0127 x (Abu Batu + PC)		1,27	1,27	1,27	1,27	1,26	1,26	1,25	1,22	1,19	-
Total Lolos Saringan (%)		100,00	93,06	79,78	55,28	31,50	23,53	16,54	9,58	3,87	-
Target Lolos Saringan (%)		100,00	93,00	80,00	55,00	31,00	24,00	17,00	10,00	4,00	-
Prosentase Tertahan (%)			7,00	13,00	25,00	24,00	7,00	7,00	7,00	6,00	4,00
Berat Masing2 (gram)			84,00	156,00	300,00	288,00	84,00	84,00	84,00	72,00	48,00
<b>Komposisi Filler = 50% Abu Batu - 50% Semen Portland</b>											
P=31; A=1,6; B=60,7; C=100,0											
Titik Kontrol	Batas Bawah	100,00	90,00	-	-	28,00	-	-	-	4,00	-
	Batas Atas	100,00	100,00	90,00	-	58,00	-	-	-	10,00	-
% Lolos Agregat Camp. (Tengah2)		100,00	95,00	-	-	31,00	-	-	-	7,00	-
Zona Larangan	Batas Bawah	-	-	-	-	39,1	25,6	19,1	15,5	-	-
	Batas Atas	-	-	-	-	39,1	31,6	23,1	15,5	-	-
Batu Pecah		100,00	86,20	66,90	33,10	1,60	1,30	1,10	0,90	0,50	-
Pasir		100,00	100,00	92,60	77,10	60,70	44,60	30,40	16,30	5,00	-
Semen Portland		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	99,60	-
0,5025 x Batu Pecah		50,25	43,32	33,62	16,63	0,80	0,65	0,55	0,45	0,25	-
0,4848 x Pasir		48,48	48,48	44,90	37,38	29,43	21,62	14,74	7,90	2,42	-
0,0126 x Semen Portland		1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	-
Total Lolos Saringan (%)		100,00	93,06	79,78	55,28	31,50	23,54	16,55	9,62	3,93	-
Target Lolos Saringan (%)		100,00	93,00	80,00	55,00	31,00	24,00	17,00	10,00	4,00	-
Prosentase Tertahan (%)			7,00	13,00	25,00	24,00	7,00	7,00	7,00	6,00	4,00
Berat Masing2 (gram)			84,00	156,00	300,00	288,00	84,00	84,00	84,00	72,00	48,00
<b>Fraksi</b>		<b>Agregat Kasar</b>				<b>Agregat Halus</b>				<b>Filler</b>	
<b>Prosentase Tertahan (%)</b>		<b>45,00</b>				<b>51,00</b>				<b>4,00</b>	
<b>Berat Masing2 (gram)</b>		<b>540,00</b>				<b>612,00</b>				<b>48,00</b>	

Pada Tabel 4.1. di atas terlihat prosentase lolos masing-masing saringan ketiga *filler* itu mempunyai nilai yang berbeda. Tetapi hasil akhir pada proses perhitungan mempunyai hasil proporsi fraksi agregat yang sama. Hal tersebut dikarenakan pembulatan angka pada prosentase lolos saringan masing-masing agregat campuran. Disamping itu pada nilai masing-masing prosentase lolos saringan masih kami butuhkan dalam target rencana campuran untuk memudahkan dalam proses penimbangan yang mana alat penimbangan tersebut hanya mempunyai angka ketelitian 0,1 gram saja.

Selanjutnya hasil perhitungan dan penyesuaian proporsi masing-masing agregat campuran tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Gambar 4.1. Skema Kurva Gradasi Agregat Campuran



Pada Gambar 4.1. di atas, *filler* yang direncanakan yaitu 100% abu batu, 50% abu batu – 50% semen portland dan 100% semen portland mempunyai prosentase lolos saringan yang berbeda. Terjadi kecenderungan makin besar nilai prosentase lolos saringan yang terkecil pada *filler* yang makin besar prosentase kadar semen portlandnya. Sedangkan garis patah-patah pada Gambar 4.1. yaitu garis target merupakan gradasi agregat campuran yang direncanakan. Timbulnya garis target tersebut didapat dari hasil perhitungan secara analitis.

## **4.2. HASIL PENGUJIAN KUALITAS MATERIAL**

Pengujian kualitas material dalam campuran aspal panas ini terdiri dari material agregat dan aspal. Sedangkan material agregat itu sendiri terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan filler. *Filler* yang digunakan sebagai bahan penelitian terdiri dari tiga macam, yaitu abu batu, abu batu dan semen portland dan semen portland. Hasil dari pengujian kualitas material tersebut sangat menentukan kinerja campuran yang dihasilkan.

### **4.2.1. Agregat Kasar**

Proses pengujian berat jenis bulk, berat jenis SSD, berat jenis apparent dan penyerapan air pada agregat kasar dilakukan secara berurutan, dikarenakan pada pengujian tersebut memiliki kebutuhan parameter yang sama dan saling terkait. Yaitu berat benda uji kering oven, berat benda uji kering permukaan jenuh dan berat benda uji dalam air. Sehingga pengujian tersebut dapat dilakukan pada hari yang bersamaan dan menjadi satu paket pengujian. Sedangkan pengujian yang lain dilakukan berlainan waktu. Hasil pengujian agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.2. di bawah ini.

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Karakteristik	Standar Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1.	Berat Jenis Bulk	AASHTO T-85 - 81	2,608 gr/cc	-	-
2.	Berat Jenis SSD	AASHTO T-85 - 81	2,664 gr/cc	-	-
3.	Berat Jenis Apparent	AASHTO T-85 - 81	2,762 gr/cc	-	-
4.	Penyerapan Air	SNI 1969-1989 - F	2,14%	maks. 3%	Memenuhi
5.	Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	23,7%	maks. 40%	Memenuhi
6.	Kelekatatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	98,0%	min. 95%	Memenuhi
7.	Partikel pipih	ASTM D-4791	15,9%	maks. 25%	Memenuhi
8.	Partikel Lonjong	ASTM D-4791	9,4%	maks. 10%	Memenuhi
9.	Material lolos saringan no.200	SNI 03-4142-1996	0,5%	maks. 1%	Memenuhi

Seluruh hasil pengujian agregat kasar yang terdapat pada Tabel 4.1. di atas telah memenuhi standar pengujian yang disyaratkan.

#### 4.2.2. Agregat halus

Perbedaan pengujian masing-masing berat jenis dan penyerapan air antara agregat kasar dan agregat halus pada metode dan peralatan pengujian, sedangkan proses perhitungannya hampir sama. Selain itu tingkat ketelitian pada agregat halus lebih diperlukan dibandingkan agregat kasar. Hal tersebut dikarenakan gradasi agregat halus lebih kecil dari pada agregat kasar, sehingga material yang terbuang lebih besar kemungkinannya. Pada Tabel 4.3. di bawah ini adalah hasil pengujian agregat halus.

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Karakteristik	Standar Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1.	Berat Jenis Bulk	AASHTO T-85 - 81	2,715 gr/cc	-	-
2.	Berat Jenis SSD	AASHTO T-85 - 81	2,743 gr/cc	-	-
3.	Berat Jenis Apparent	AASHTO T-85 - 81	2,794 gr/cc	-	-
4.	Penyerapan Air	SNI 1969-1989 - F	1,05%	maks. 3%	Memenuhi
5.	Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	74,51%	min. 50%	Memenuhi
6.	Material lolos saringan no.200	SNI-03-4428-1997	5,0%	maks. 8%	Memenuhi

Prosentase lolos saringan #200 pada agregat halus 10 (sepuluh) kali lebih besar dibandingkan agregat kasar. Sedangkan untuk mencermati proses perhitungannya adalah merupakan hal yang sama dengan agregat kasar. Syarat minimal telah dimiliki pada pengujian nilai setara pasir untuk agregat halus pada campuran AC-WC.

#### 4.2.3. Filler

Hasil pengujian ketiga jenis *filler*, ditampilkan menjadi satu pada Tabel 4.4. berikut ini agar dapat dilihat perbedaan masing-masing nilai hasil pengujian baik pada berat maupun jenis lolos saringan #200 yang mana memiliki persyaratan spesifikasi yang sama untuk masing-masing jenis *filler*. Sedangkan seluruh hasil pengujian *filler* dapat dilihat pada Tabel 4.4. di bawah ini.

Tabel 4.4. Hasil Pengujian *Filler*

<i>Jenis Filler</i>	Karakteristik	Standar Pengujian	Hasil	Spesifikasi
I. Abu Batu	1. Lolos saringan no.200	SNI M-02-1994-03	88,8%	min. 70%
	2. Berat Jenis	AASHTO T-85 - 81	2,635gr/cc	-
II. Abu Batu + PC	1. Lolos saringan no.200	SNI M-02-1994-03	94,2%	min. 70%
	2. Berat Jenis	AASHTO T-85 - 81	2,676gr/cc	-
III. Semen Portland	1. Lolos saringan no.200	SNI M-02-1994-03	99,6%	min. 70%
	2. Berat Jenis	AASHTO T-85 - 81	3,15r/cc	-

Hanya ada satu macam pengujian berat jenis pada masing-masing jenis *filler*, sedangkan untuk kebutuhan proses perhitungan Marshall, berat jenis *bulk* dan *apparent* adalah nilai yang sama.

#### 4.2.4. Aspal

Pada pengujian material aspal kondisi ruang laboratorium juga mempengaruhi hasil dalam pengujian titik lembek, titik nyala dan titik bakar pada aspal yang hasil penetrasinya menunjukkan nilai 68,4. Hasil Pengujian aspal dapat dilihat pada Tabel 4.5. di bawah ini.

Tabel 4.5. Hasil Pengujian Aspal

No	Karakteristik	Standar Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1	Penetrasi; 25°C	SNI 06-2456-1991	68,4	60 – 70	Memenuhi
2	Titik lembek; °C	SNI 06-2434-1991	51°C	48 – 58	Memenuhi
3	Titik nyala & titik bakar; °C	SNI 06-2433-1991	343 & 353 °C	min. 200	Memenuhi
4	Daktilitas; 25°C; cm	SNI 06-2432-1991	>110 cm	min. 100	Memenuhi
5	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	1,06321244	min. 1,0	Memenuhi
6	Kelarutan dlm. CCl <sub>4</sub> ; %berat	SNI 06-2438-1991	99,58	min. 99	Memenuhi
7	Penurunan Berat ; %berat	SNI 06-2440-1991	0,162	maks. 0,8	Memenuhi
8	Penetrasi setelah penurunan berat	SNI 06-2456-1991	62,7	min. 54	Memenuhi
9	Daktilitas setelah penurunan berat	SNI 06-2432-1991	>110 cm	min. 50	Memenuhi

Dari hasil pengujian aspal seperti pada Tabel 4.5. diatas merupakan hasil pengujian yang dilakukan berulang-ulang. Selain itu penyimpanan material yang benar juga merupakan salah satu keberhasilan dalam seluruh hasil pengujian aspal agar memenuhi standar spesifikasi.

#### 4.3. PENENTUAN BERAT JENIS, PENYERAPAN ASPAL DAN PERKIRAAN KADAR ASPAL RENCANA

Setelah didapatkan hasil pengujian baik agregat kasar, agregat halus dan *filler*, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mencari berat jenis *bulk* dan *apparent* gabungan ketiga fraksi agregat campuran tersebut. Kedua macam berat jenis tersebut ditentukan maka didapat berat jenis efektif yang mana sebagai salah satu unsur perhitungan dalam mencari prosentase penyerapan aspal.

Tabel 4.6. Hasil Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Aspal

Prosentase <i>Filler</i>	Gsb	Gsa	Gse	Pba
100% Abu Batu	2,6591gr/cc	2,7762gr/cc	2,7177gr/cc	0,8608%
50% Abu Batu 50% PC	2,6597gr/cc	2,7768gr/cc	2,7182gr/cc	0,8608%
100% Semen Portland	2,6647gr/cc	2,7823gr/cc	2,7235gr/cc	0,8609%

Dalam perhitungan untuk mendapatkan nilai pada Marshall, berat jenis bulk diperlukan untuk mendapatkan nilai prosentase rongga di antara mineral agregat dan rongga di dalam campuran. Untuk berat jenis efektif diperlukan secara tidak langsung untuk mencari nilai prosentase rongga di dalam campuran setelah didapatkan berat jenis maksimum campuran teoritis. Sedangkan penyerapan aspal diperlukan dalam penentuan kadar aspal efektif.

Ketiga jenis campuran dengan perbedaan masing-masing kadar filler tersebut memiliki persamaan proporsi masing-masing fraksi agregat campuran. Sehingga dalam perencanaan kadar aspal dalam campuran memiliki perhitungan yang sama, maka didapat satu nilai yang sama pada Tabel 4.7. berikut ini.

Tabel 4.7. Perkiraan Nilai Kadar Aspal

- 1,0	- 0,5	Pb	+ 0,5	+ 1,0
4,50	5,00	5,50	6,00	6,50

#### 4.4. HASIL ANALISA MARSHALL PADA KADAR ASPAL RENCANA

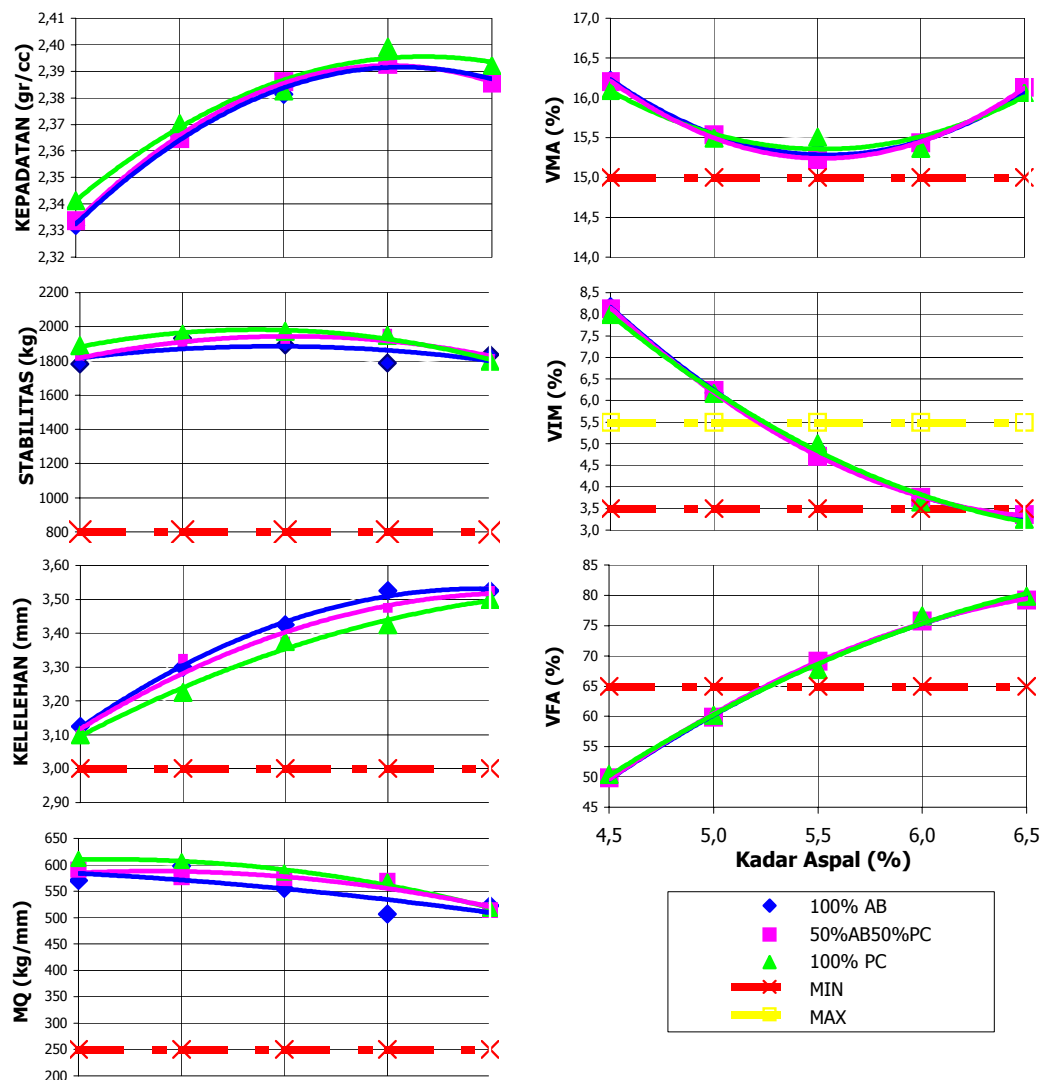
Proses pengujian Marshall dapat dilakukan setelah seluruh persyaratan material, berat jenis, penyerapan aspal dan perkiraan kadar aspal rencana telah terpenuhi. Diperlukan juga tabel angka koreksi dan kalibrasi pada alat uji tekan Marshall dalam perhitungan stabilitas marshall setelah disesuaikan dari lbf menjadi kilogram. Sedangkan hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 4.8. di bawah ini.

Tabel 4.8. Hasil Pengujian Marshall pada Kadar Aspal Rencana dengan 2x75 Tumbukan

Sifat Marshall	Kadar <i>Filler</i> & Batasan	Kadar Aspal				
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Kepadatan (Gmb) (gr/cc)	100% AB	2,3320	2,3657	2,3814	2,3930	2,3867
	50% AB-50% PC	2,3338	2,3647	2,3860	2,3927	2,3856
	100% PC	2,3413	2,3703	2,3825	2,3992	2,3921
Stabilitas (kg)	100% AB	1783,65	1933,90	1894,19	1787,43	1837,02
	50% AB-50% PC	1829,59	1893,21	1927,10	1958,92	1811,76
	100% PC	1888,90	1956,06	1972,76	1948,47	1799,95
	Minimum	800				
Kelelahan (mm)	100% AB	3,125	3,300	3,425	3,525	3,525
	50% AB-50% PC	3,100	3,325	3,375	3,475	3,525
	100% PC	3,100	3,225	3,375	3,425	3,500
	Minimum	3				
Hasil Bagi Marshall (MQ) (kg/mm)	100% AB	570,700	597,684	555,258	507,024	522,942
	50% AB-50% PC	590,850	576,273	575,221	569,734	513,890
	100% PC	610,869	606,889	585,408	568,911	516,103
	Minimum	250				
Rongga di antara Mineral Agregat (VMA) (%)	100% AB	16,2496	15,4830	15,3699	15,4084	16,0792
	50% AB-50% PC	16,2014	15,5349	15,2229	15,4365	16,1338
	100% PC	15,9148	15,3181	15,3305	15,1896	15,8901
	Minimum	15				
Rongga Dalam Campuran (VIM) (%)	100% AB	8,1811	6,1754	4,8707	3,7229	3,2920
	50% AB-50% PC	8,1267	6,2312	4,7035	3,7527	3,3526
	100% PC	7,9893	6,1690	5,0031	3,6508	3,2496
	Minimum	3,5				
	Maksimum	5,5				
Rongga Terisi Aspal (VFA) (%)	100% AB	49,6601	60,1188	68,3157	75,9733	79,5472
	50% AB-50% PC	49,8412	59,9014	69,1228	75,7871	79,2367
	100% PC	49,8319	59,7398	67,3758	76,3586	79,6227
	Minimum	65				

Sifat-sifat Marshall yang ada pada Tabel 4.4. dan baris teratas terdapat sifat Kepadatan Marshall pada campuran yang didapatkan dari hasil berat benda uji di udara dibagi volume benda uji tersebut tanpa rongga. Kepadatan maksimum terjadi pada kadar aspal 6% terhadap campuran dan tidak ada perbedaan yang berarti pada masing-masing kadar *filler* terhadap campuran.

Selain kepadatan pada campuran, hasil pengujian sifat-sifat Marshall yang terdapat pada Tabel 4.8. juga terlihat pada Gambar 4.2. di bawah ini.



Gambar 4.2. Grafik Hubungan Parameter Marshall dengan Kadar Aspal Rencana pada 2x75 Tumbukan

Menurut *trendline* pada Gambar 4.2. di atas terlihat stabilitas yang tinggi terdapat pada campuran dengan kadar aspal 5,5% walaupun perbedaan itu relatif tipis sekali. Dapat juga dikatakan bahwa kadar aspal rencana pada formula campuran tidak mempunyai pengaruh yang besar dalam memperoleh hasil pengujian terhadap Stabilitas Marshall. Sedangkan Material agregat pada campuran yang lebih berperan dalam mendapatkan nilai stabilitas dengan batas minimum ketentuan yang disyaratkan yaitu sebesar 800 kg.

Pada uji Marshall terhadap kadar aspal rencana, kadar aspal yang tinggi merupakan nilai yang besar pada angka kelelahan di mana syarat batas minimum sebesar 3 mm. Dapat dikatakan juga bahwa semakin besar kadar aspal di dalam campuran maka akan semakin menghasilkan kelenturan yang tinggi.

Ada sedikit kecenderungan menurun pada nilai Hasil Bagi Marshall terhadap prosentase kadar aspal yang tinggi. Penurunan tersebut disebabkan oleh hasil perhitungan, yaitu pembagian antara stabilitas mendekati tetap dengan kelelahan yang cenderung meningkat. Persyaratan spesifikasi telah dipenuhi dan jauh di atasnya, yaitu 250 kg/mm. Stabilitas yang tinggi tidak menjamin Hasil Bagi Marshall yang tinggi pula bila hal tersebut juga diikuti oleh angka kelelahan yang tinggi.

Seperti pada Pedoman Teknik Perencanaan Campuran Beraspal Panas dari Departemen Permukiman dan Pengembangan Wilayah Tahun 1999 bahwa Kondisi rongga di antara mineral agregat seperti pada Gambar 4.2. mempunyai nilai minimum di atas batas minimum persyaratan spesifikasi, maka pada titik tersebut akan memenuhi.

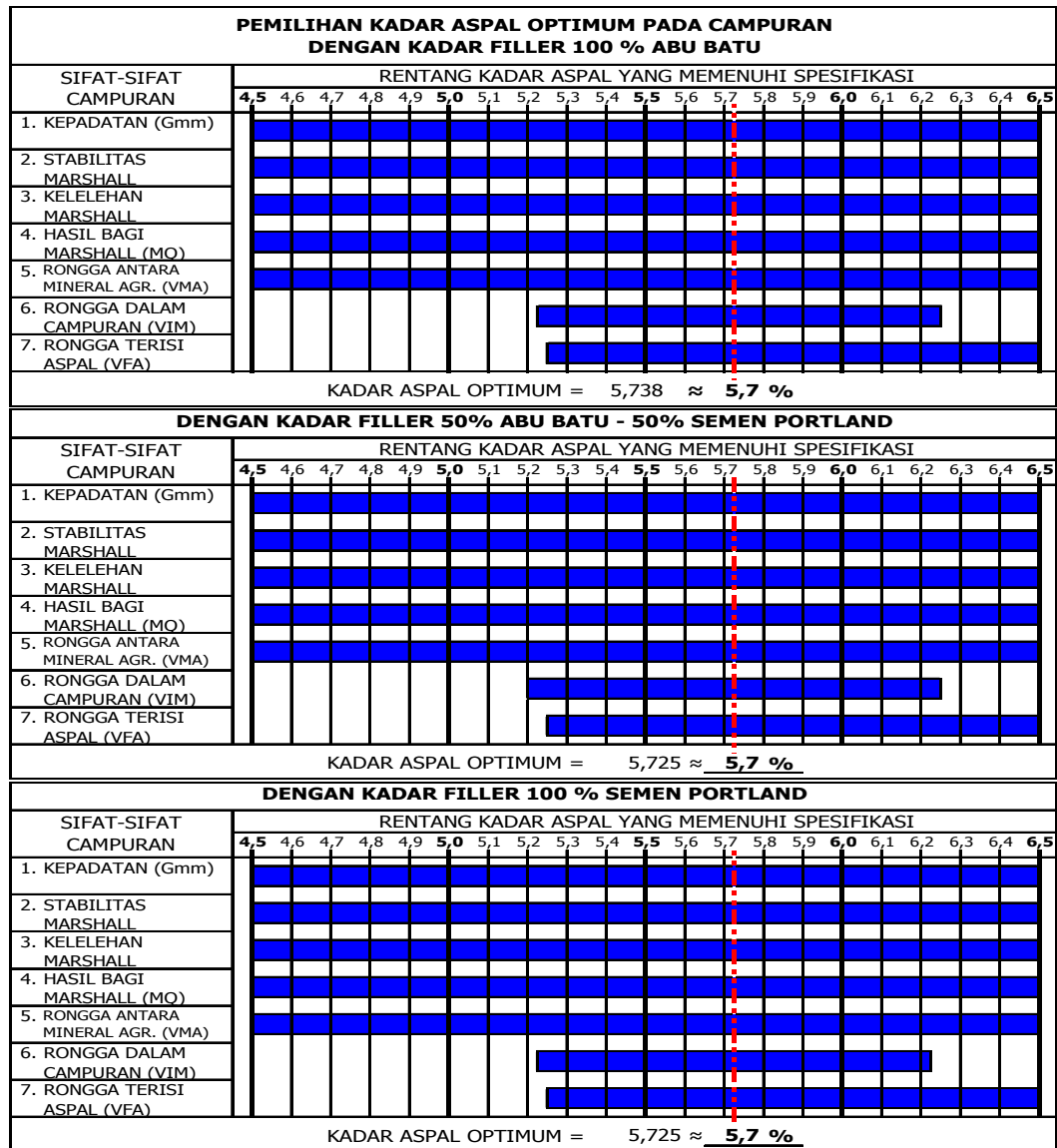
Selain faktor kepadatan benda uji, rongga udara di dalam campuran dipengaruhi oleh ketelitian dalam pengujian material agregat yang lolos ukuran saringan 75 mikron (#200). Perhitungan untuk menentukan target proporsi *filler* adalah faktor penentu utama hasil evaluasi terhadap besarnya prosentase VIM. Prosentase yang terlalu tinggi dari yang disyaratkan yaitu batas minimum 3,5% dan batas maksimum 5,5% akan menimbulkan kekurangan rongga udara di dalam campuran sehingga mengakibatkan kadar aspal yang berlebihan di luar

perencanaan. Persyaratan spesifikasi telah dipenuhi sebagian dari kadar aspal yang direncanakan dan memiliki rentang yang terkecil dibandingkan sifat-sifat Marshall yang lain.

Ada hubungan yang saling berkaitan antara VFA, VMA dan VIM dimana bila dua di antaranya diketahui maka dapat mengevaluasi yang lain. Kriteria VFA membantu perencanaan campuran dengan memberikan VMA yang dapat diterima. Pengaruh utama kriteria VFA yang dengan persyaratan batas minimum 65% terhadap campuran adalah dapat membatasi VMA maksimum dan kadar aspal maksimum. Selain itu VMA juga dapat membatasi kadar rongga udara campuran yang diijinkan memenuhi kriteria VMA minimum.

Dari seluruh hasil uji Marshall yang telah di laksanakan telah memenuhi seluruh persyaratan spesifikasi. Kadar aspal optimum yang didapatkan dari ketiga jenis campuran dengan masing-masing kadar *filler* yang hampir sama pada proses evaluasinya. Kemudian untuk memudahkan proses pengujian Marshall berikutnya, maka nilai kadar aspal optimum yang didapat dibulatkan menjadi satu angka di belakang koma agar masing-masing campuran dengan masing-masing komposisi *filler* mempunyai kadar aspal optimum yang sama. Selain itu pembulatan tersebut dilakukan untuk memudahkan dalam penyesuaian dari prosentase terhadap campuran menjadi berat dalam satuan gram. Sedangkan alat penimbang aspal yang akan digunakan dalam proses pencampuran mempunyai angka ketelitian 0,1 gram.

Berikut ini pada Gambar 4.3. adalah Diagram Pemilihan Kadar Aspal Optimum pada AC-WC dengan masing-masing jenis *filler* pada 2x75 tumbukan.



Gambar 4.3. Pemilihan Kadar Aspal Optimum pada 2 x 75 Tumbukan

Seluruh rentang kadar aspal untuk sifat-sifat Marshall seperti pada Gambar 4.3. di atas kecuali VFA dan VIM tidak terpotong oleh batasan yang disyaratkan. Dari ketiga jenis campuran tersebut juga mempunyai bentuk rentang kadar aspal pada sifat-sifat Marshall yang hampir sama.

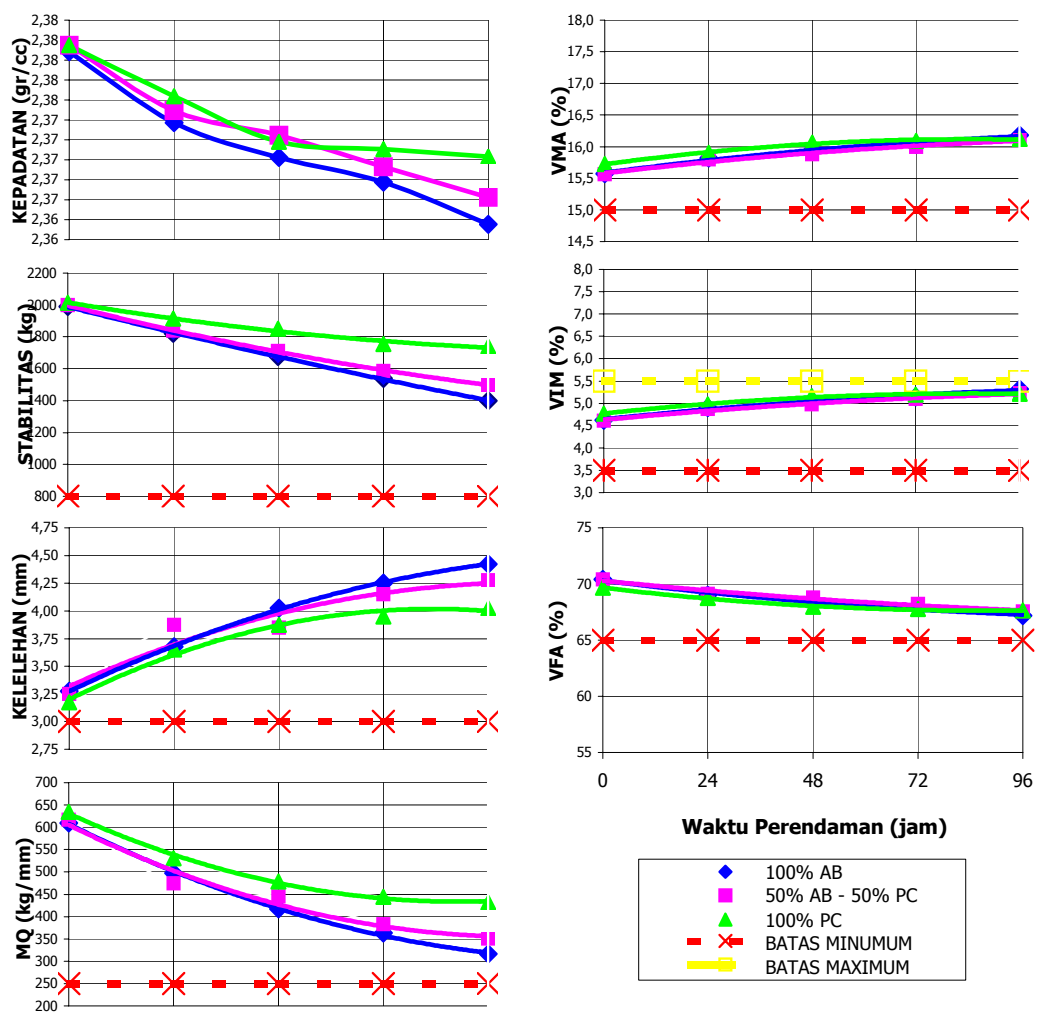
#### 4.5. HASIL ANALISA MARSHALL PADA KONDISI KADAR ASPAL OPTIMUM DAN DURABILITAS DENGAN 2 X 75 TUMBUKAN

Hubungan parameter sifat Marshall kali ini adalah terhadap lama perendaman. Terdapat perbedaan hasil pengujian Marshall, yaitu pada campuran dengan kadar *filler* 100% semen portland mempunyai nilai yang tertinggi pada stabilitas dan hasil bagi Marshall sedangkan terendah pada angka kelelahan dapat dilihat pada Tabel 4.9. di bawah ini.

Tabel 4.9. Hasil Pengujian Marshall KAO dengan 2 x 75 Tumbukan dan Variasi Rendaman

Sifat Marshall	Kadar <i>Filler</i> & Batasan	Lama Perendaman (jam)				
		0	24	48	72	96
Kepadatan (Gmb) (gr/cc)	100% AB	2,381	2,374	2,370	2,368	2,364
	50%AB-50%PC	2,381	2,375	2,372	2,369	2,366
	100% PC	2,381	2,376	2,372	2,371	2,370
Stabilitas (kg)	100% AB	1990,91	1821,76	1677,13	1537,98	1399,25
	50%AB-50%PC	1998,37	1838,92	1711,82	1587,09	1499,38
	100% PC	2013,03	1915,56	1849,65	1754,26	1739,90
	Minimum	800,00				
Kelelahan (mm)	100% AB	3,275	3,675	4,025	4,250	4,425
	50%AB-50%PC	3,250	3,875	3,850	4,150	4,275
	100% PC	3,175	3,650	3,875	3,950	4,025
	Minimum	3,000				
Hasil Bagi Marshall (MQ) (kg/mm)	100% AB	609,68	497,27	416,91	362,77	316,42
	50%AB-50%PC	616,33	474,55	444,85	382,54	351,06
	100% PC	634,09	530,78	478,61	444,27	432,29
	Minimum	250,00				
Rongga di antara Mineral Agregat (VMA) (%)	100% AB	15,569	15,822	15,946	16,033	16,183
	50%AB-50%PC	15,563	15,796	15,883	15,996	16,104
	100% PC	15,723	15,904	16,064	16,092	16,118
	Minimum	15,000				
Rongga Dalam Campuran (VIM) (%)	100% AB	4,621	4,907	5,047	5,144	5,314
	50%AB-50%PC	4,612	4,875	4,973	5,101	5,222
	100% PC	4,772	4,976	5,158	5,189	5,218
	Minimum	3,5				
	Maksimum	5,5				
Rongga Terisi Aspal (VFA) (%)	100% AB	70,415	69,028	68,419	67,913	67,190
	50%AB-50%PC	70,418	69,141	68,795	68,242	67,571
	100% PC	69,660	68,756	67,960	67,758	67,638
	Minimum	65,000				

Selain stabilitas, kelelahan dan hasil bagi Marshall sifat-sifat Marshall yang lain pada kondisi kadar aspal optimum dengan 2x75 tumbukan adalah sama dengan uji Marshall pada kondisi kadar aspal rencana yaitu tidak ada perbedaan yang berarti pada masing-masing jenis campuran. Perbedaan nilai masing-masing sifat campuran pada tiga komposisi *filler* dapat dilihat pada Gambar 4.4. dibawah ini.



Gambar 4.4. Grafik Hubungan Parameter Marshall dengan Lama Perendaman pada KAO dengan 2 x 75 Tumbukan

Seperti Gambar 4.4. di atas, seluruh jenis campuran pada pengujian ini mempunyai kepadatan yang hampir sama sebelum terjadi rendaman. Kemudian terjadi penurunan kepadatan pada campuran yang diakibatkan oleh lama waktu perendaman. Lamanya waktu perendaman itu sendiri mengakibatkan terjadi disintegrasi mineral agregat pada campuran terutama pada lapisan briket bagian luar. Pada kondisi seperti itu, pada waktu dilakukan penimbangan benda uji harus hati-hati, sebab akan semakin terkelupasnya lapisan campuran. Pada perendaman maksimum yaitu 96 jam campuran dengan kadar *filler* 100% abu batu mengalami penurunan pada titik terendah dibandingkan dengan campuran dengan kadar *filler* 50% abu batu dan 50% semen portland dan diikuti pada campuran dengan kadar *filler* 100% semen portland.

Penurunan yang tidak terlalu drastis pada stabilitas Marshall terhadap lama perendaman terjadi pada campuran dengan kadar *filler* 100% semen portland. Sedangkan kedua jenis campuran yang lainnya mengalami penurunan yang lebih besar dan mempunyai nilai yang hampir sama. Seperti pada kepadatan, pada awal sebelum perendaman stabilitas ketiga campuran tersebut mempunyai nilai yang hampir sama.

Pada uji kelelahan Marshall terhadap perendaman, campuran dengan kadar *filler* 100% abu batu adalah kondisi yang tertinggi diikuti dengan 50% abu batu dan 50% semen portland mempunyai nilai yang tertinggi. Sedangkan campuran dengan kadar *filler* semen portland adalah yang terendah nilai kelelehannya dan tampak lebih mempertahankan kekakuannya.

Seperti yang terjadi pada stabilitas Marshall, hasil bagi Marshall terjadi penurunan dengan bentuk *trendline* yang hampir sama. Peningkatan angka kelelahan terhadap lama perendaman mempengaruhi pada penurunan hasil bagi Marshall walaupun tidak terlalu banyak.

Hampir sama dengan rongga di antara mineral agregat, rongga udara di dalam campuranpun mempunyai bentuk *trendline* yang cenderung meningkat tetapi relatif datar. Sesuai rencana campuran pada kadar aspal optimum sesuai dengan persyaratan spesifikasi bahwa rongga udara mempunyai prosentase berada di antara batas yang disyaratkan. Tetapi akibat lama perendaman mengakibatkan rongga udara mendekati pada garis batas maksimum yaitu 5,5%.

Kebalikan dari rongga di antara mineral agregat, maka rongga terisi aspal cenderung memiliki prosentase yang menurun tetapi relatif datar. Penurunan tersebut masih jauh di atas batas minimal prosentase yang disyaratkan. Sehingga dapat dikatakan bahwa ruang sebagai tempat terisinya aspal pada campuran semakin menyempit dikarenakan ruangan tersebut terisi oleh air. Hasil evaluasi sifat Marshall tersebut yaitu VFA, tergantung dari prosentase VMA dan VIM yang didapat.

Hasil yang berbeda pada masing-masing jenis campuran akan sifat stabilitas Marshall dapat dibaca pada indeks stabilitas sisa dimana stabilitas sebelum direndam dibandingkan dengan stabilitas yang direndam selama 24 jam. Pengujian tersebut adalah uji durabilitas standar yang di lakukan di dalam *waterbath* dengan kondisi temperatur  $60\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Sebenarnya kondisi seluruh benda uji baik yang kering maupun basah tetap direndam dalam *waterbath*. Hanya saja benda uji yang kering hanya direndam selama  $30\pm 1$  menit untuk memastikan benda uji tersebut dalam keadaan hampa udara, sedangkan benda uji basah direndam selama  $24\pm 1$  jam agar benar-benar dalam kondisi jenuh air dan panas seperti kondisi di lapangan.

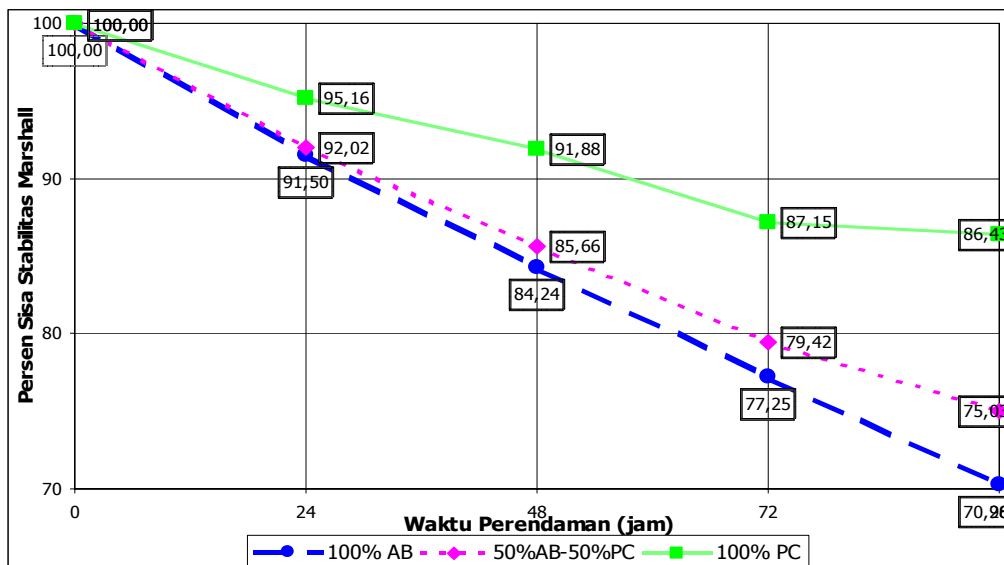
Durabilitas modifikasi dengan variasi lama perendaman lebih menampakkan penurunan prosentase stabilitas yang tersisa seperti pada indeks durabilitas pertama yang didefinisikan sebagai kelandaian berurutan dari kurva keawetan. Sedangkan indeks durabilitas kedua didefinisikan sebagai luas kehilangan kekuatan rata-rata antara kurva keawetan dengan garis  $S_o=100\%$ .

Mengenai uji durabilitas pada campuran dapat dilihat pada Tabel 4.10. di bawah ini baik yang standar maupun modifikasi.

Tabel 4.10. Hasil Uji Perendaman pada 2 x 75 Tumbukan

Sifat Marshall	Kadar Filler & Batasan	Lama Perendaman (jam)					Hasil
		0	24	48	72	96	
Stabilitas (kg)	100% AB	1990,91	1821,76	1677,13	1537,98	1399,25	-
	50% AB-50% PC	1998,37	1838,92	1711,82	1587,09	1499,38	-
	100% PC	2013,03	1915,56	1849,65	1754,26	1739,90	-
Persen Sisa Stabilitas (kg)	100% AB	100,00	91,50	84,24	77,25	70,28	-
	50% AB-50% PC	100,00	92,02	85,66	79,42	75,03	-
	100% PC	100,00	95,16	91,88	87,15	86,43	-
Durabilitas Standar : IRS (%)	100% AB						91,50
	50% AB-50% PC						92,02
	100% PC						95,16
	Minimal						75,00
r (%)	100% AB	0,00	0,35	0,30	0,29	0,29	1,24
	50% AB-50% PC	0,00	0,33	0,26	0,26	0,18	1,04
	100% PC	0,00	0,20	0,14	0,20	0,03	0,57
a (%)	100% AB	0,00	7,43	4,54	2,62	0,87	3,87
	50% AB-50% PC	0,00	6,98	3,97	2,34	0,55	3,46
	100% PC	0,00	4,24	2,05	1,78	0,09	2,04
Sa (%)	100% AB						96,13
	50% AB-50% PC						96,54
	100% PC						97,96

Selain pada Tabel 4.10. di atas hasil pengujian durabilitas pada campuran dengan variasi rendaman dapat dilihat pada Gambar 4.5. di bawah ini.



Gambar 4.5. Kurva Keawetan Campuran pada KAO dengan 2 x 75 Tumbukan

#### 4.6. HASIL ANALISA MARSHALL PADA KONDISI KADAR ASPAL OPTIMUM DAN DURABILITAS DENGAN 2 X 400 TUMBUKAN

Kadar aspal optimum, berat jenis dan penyerapan aspal yang akan digunakan dalam uji Marsahall dengan pendekatan kepadatan mutlak di sini adalah sama dengan yang digunakan pada 2 x 75 tumbukan. Jumlah tumbukan yang lebih dari lima kali lipat ini mempengaruhi kepadatan, stabilitas, kelelahan dan hasil bagi Marshall menjadi berbeda dari uji Marshall standar yang telah dilakukan. Hasil pengujian tumbukan sebanyak 2 x 400 ini dapat di lihat pada Tabel 4.11. di bawah ini.

Tabel 4.11. Hasil Pengujian Marshall pada Kadar Aspal Rencana dengan 2 x 400 Tumbukan

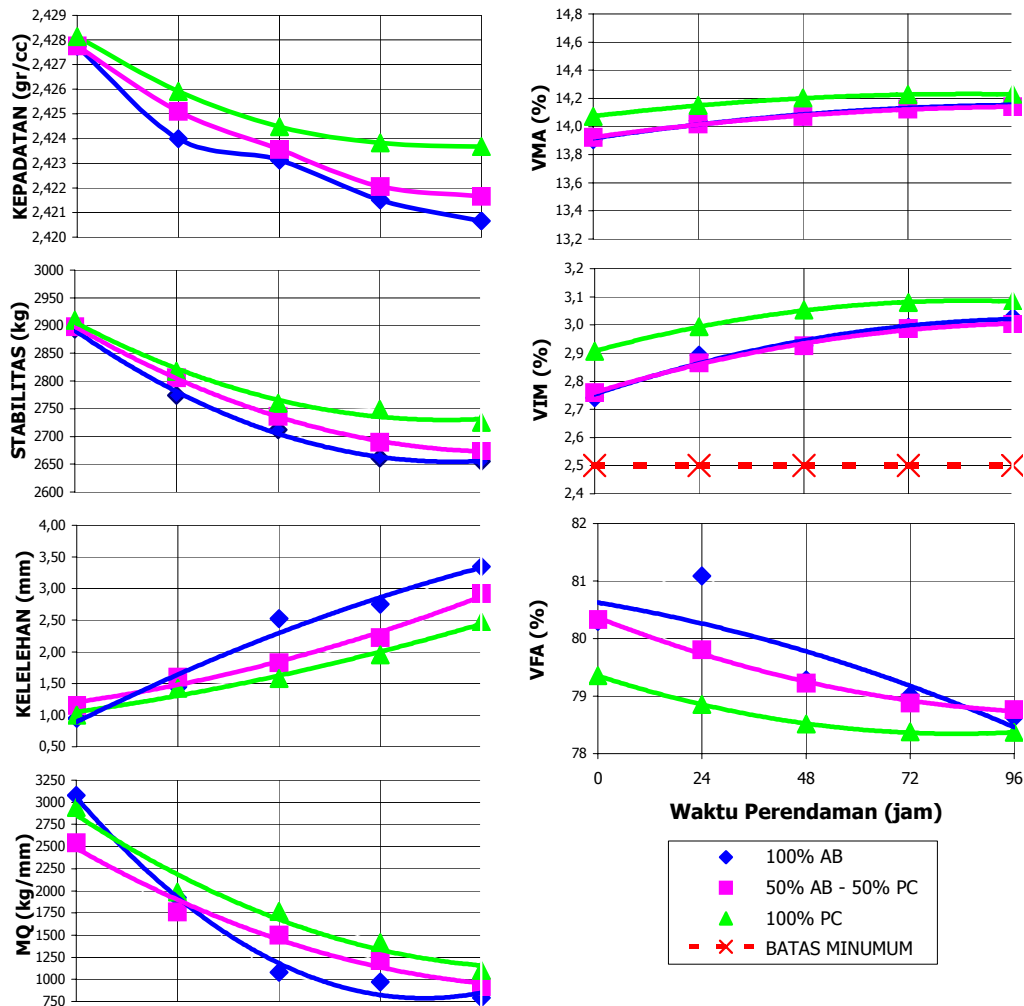
Sifat Marshall	Kadar <i>Filler</i> & Batasan	Lama Perendaman (jam)				
		0	24	48	72	96
Kepadatan (Gmb) (gr/cc)	100% AB	2,4277	2,4240	2,4231	2,4215	2,4207
	50%AB-50%PC	2,4278	2,4251	2,4236	2,4220	2,4217
	100% PC	2,4281	2,4259	2,4245	2,4238	2,4237
Stabilitas (kg)	100% AB	2893,87	2773,94	2711,93	2661,13	2655,63
	50%AB-50%PC	2898,05	2805,61	2736,51	2689,96	2673,85
	100% PC	2909,52	2817,90	2759,51	2748,94	2725,81
Kelelahan (mm)	100% AB	0,950	1,450	2,525	2,750	3,350
	50%AB-50%PC	1,150	1,600	1,825	2,225	2,925
	100% PC	1,000	1,425	1,575	1,950	2,475
Hasil Bagi Marshall (MQ) (kg/mm)	100% AB	3074,83	1921,73	1078,07	967,82	794,39
	50%AB-50%PC	2540,86	1761,77	1499,57	1208,76	913,93
	100% PC	2940,82	1987,60	1767,26	1414,15	1102,87
Rongga di antara Mineral Agregat (VMA) (%)	100% AB	13,906	14,040	14,070	14,127	14,158
	50%AB-50%PC	13,923	14,017	14,072	14,125	14,139
	100% PC	14,072	14,150	14,201	14,225	14,230
Rongga Dalam Campuran (VIM) (%)	100% AB	2,742	2,893	2,927	2,992	3,026
	50%AB-50%PC	2,759	2,865	2,927	2,987	3,003
	100% PC	2,906	2,995	3,052	3,079	3,085
	Minimum	2,5				
Rongga Terisi Aspal (VFA) (%)	100% AB	80,297	81,087	79,284	79,015	78,625
	50%AB-50%PC	80,330	79,810	79,226	78,881	78,766
	100% PC	79,356	78,853	78,518	78,376	78,368

Sifat-sifat Marshall terhadap lama perendaman pada uji ini hampir sama dengan uji Marshall standar hanya nilainya saja yang berbeda. Berat jenis kering padat pada benda uji kali ini lebih besar dari sebelumnya. Berat benda uji di udara rata-rata hampir sama dengan campuran dengan 2 x 75 tumbukan. Hanya saja volume tanpa rongga yang sebagai pembagiannya untuk mendapatkan nilai kepadatan rata-rata lebih kecil, sehingga hasil pembagiannya menjadi lebih besar. Penurunan yang relatif tidak terlalu banyak juga terjadi akibat lama perendaman selama 96 jam.

Tingginya nilai stabilitas sebesar 2909,52 kilogram pada awal perendaman hampir mendekati kemampuan batas dari *proving ring* pada alat uji tekan Marshall sebesar 3000 kilogram. *Trendline* tertinggi masih di tempati oleh campuran dengan kadar *filler* 100% semen portland. Namun demikian pada awal perendaman kondisi masing-masing campuran relatif sama.

Kondisi yang sangat kaku juga di alami pada campuran dengan kadar *filler* 100% semen portland. Setelah uji tekan Marshall dilakukan, beberapa benda uji telah hancur terutama pada masa perendaman yang tertinggi. Justru pada campuran dengan kadar *filler* 100% abu batu masih ada ikatan antar agregat walaupun hampir mendekati hancur. Aspal yang masih melekat pada agregat tidak menunjukkan kelenturannya sehingga tidak jauh berbeda dengan agregat.

Penurunan hasil bagi Marshall terhadap lama perendaman lebih tajam dari sebelumnya. Hal tersebut disebabkan oleh kenaikan yang tinggi pada angka kelelahan Marshall yang sebagai pembagi dari stabilitas pada akhir masa rendaman, sedangkan nilai stabilitas sendiri juga menurun. Secara keseluruhan nilai hasil bagi Marshall pada 2 x 400 tumbukan tersebut lebih tinggi dari pada campuran dengan 2 x 75 tumbukan. Untuk lebih jelas dalam mencermati penurunan *MQ* tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.6. di bawah ini.



Gambar 4.6. Grafik Hubungan Parameter Marshall dengan Lama Perendaman pada KAO dengan 2 x 400 Tumbukan

Pada Gambar 4.6. di atas, kurang lebih hanya 2,5% perbedaan prosentase rongga di antara mineral agregat dari awal sampai akhir masa perendaman sehingga tampak pada gambar di atas bentuk *trendline* relatif datar. *Trendline* pada campuran dengan kadar *filler* 50% abu batu dan 50% semen portland serta 100% abu batu pada sifat campuran tersebut saling berhimpit walaupun penyebaran titik koordinatnya tidak sama. Sedangkan campuran dengan kadar *filler* 100% semen portland berada di atasnya.

Lama perendaman mengakibatkan penurunan pada nilai kepadatan sehingga rongga udara di dalam campuran semakin bertambah. Di antara semua sifat-sifat Marshall dengan pendekatan kepadatan mutlak ini hanya VIM yang memiliki persyaratan spesifikasi. Persyaratan itupun berubah hanya dengan syarat batas minimal dan nilainya pun berubah menjadi sebesar 2,5%. Kondisi yang ada sekarang ini masih berada di atas batas minimal dan lama perendaman membuat semakin jauh.

Perbedaan di antara jenis campuran mengenai rongga terisi aspal terlihat pada Gambar 4.6. dengan jarak yang relatif senggang. Akan tetapi setelah semakin lama masa perendaman dilakukan maka semakin sempit rongga terisi aspal yang terdapat di dalam campuran. Prosentase tertinggi pada awal perendaman dimiliki oleh campuran dengan kadar *filler* 100% abu batu, kemudian diikuti 50% abu batu dan 50% semen portlan dan terendah oleh campuran dengan kadar *filler* 100% semen portland. Namun demikian kembali seperti pada pegujian campuran dengan 2 x 75 tumbukan maka hasil uji Marshall dengan pendekatan kepadatan mutlak pada rongga terisi aspal inipun tergantung pada VMA dan VIM yang dihasilkan. Apabila VMA semakin meningkat maka VFA pun semakin meningkat. Sedangkan apabila VIM meningkat maka VFA akan menurun persentasenya.

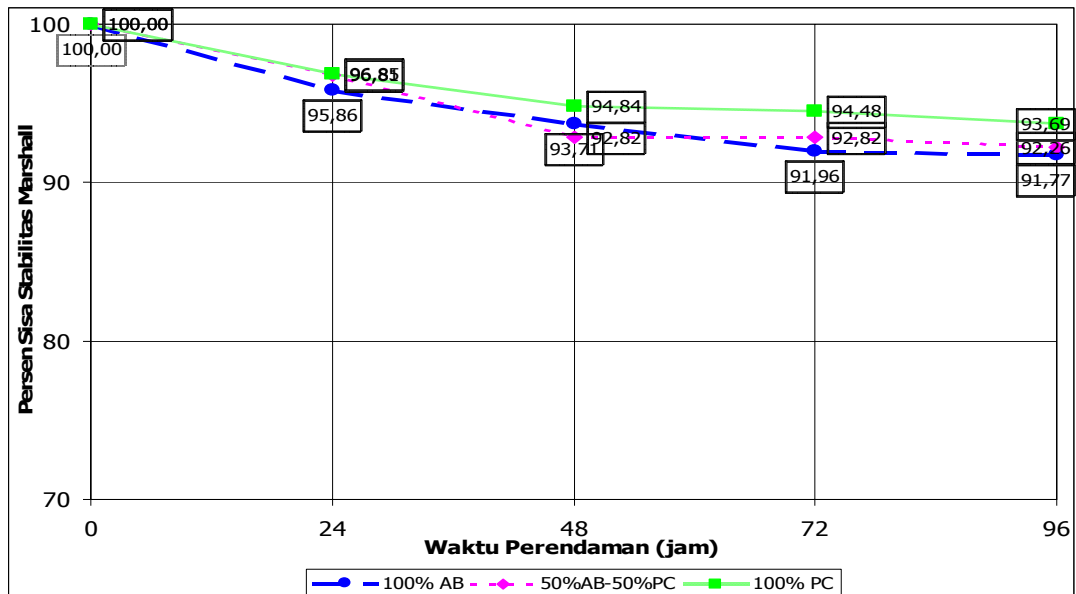
Pada uji durabilitas standar, indeks stabilitas sisa pada uji Marshall dengan pendekatan kepadatan mutlak yang telah evaluasi ini memiliki nilai yang lebih besar dari pada campuran dengan 2 x 75 tumbukan. Pada awal perendaman stabilitas yang dimiliki cukup besar kemudian setelah dilakukan perendaman pada campuran tersebut masih mempertahankan stabilitasnya.

Jumlah kelandaian yang berurutan pada kurva keawetan pada Tabel 4.12. di bawah ini menunjukkan bahwa pada uji Marshall kali ini mempunyai nilai yang lebih kecil. Kelandaian yang terkecil tersebut dimiliki oleh campuran dengan kadar *filler* 100% semen portland. Pada awal perendaman sampai pada jam ke 48 campuran tersebut menurun kemudian sampai pada jam ke 72 sedikit mendatar lalu kembali menurun sampai pada jam ke 96.

Tabel 4.12. Hasil Uji Perendaman pada 2 x 400 Tumbukan

Sifat Marshall	Kadar <i>Filler</i> & Batasan	Lama Perendaman (jam)					Hasil
		0	24	48	72	96	
Stabilitas (kg)	100% AB	2893,87	2773,94	2711,93	2661,13	2655,63	-
	50% AB-50%PC	2898,05	2805,61	2736,51	2689,96	2673,85	-
	100% PC	2909,52	2817,90	2759,51	2748,94	2725,81	-
Persen Sisa Stabilitas (kg)	100% AB	100,00	95,86	93,71	91,96	91,77	-
	50% AB-50%PC	100,00	96,81	92,82	92,82	92,26	-
	100% PC	100,00	96,85	94,84	94,48	93,69	-
IRS (%)	100% AB						95,86
	50% AB-50%PC						96,81
	100% PC						96,85
r (%)	100% AB	0,00	0,17	0,09	0,07	0,01	0,34
	50% AB-50%PC	0,00	0,13	0,10	0,07	0,02	0,32
	100% PC	0,00	0,13	0,08	0,02	0,03	0,26
a (%)	100% AB	0,00	3,63	1,34	0,66	0,02	1,41
	50% AB-50%PC	0,00	2,79	1,49	0,60	0,07	1,24
	100% PC	0,00	2,76	1,25	0,14	0,10	1,06
Sa (%)	100% AB						98,59
	50% AB-50%PC						98,76
	100% PC						98,94

Keawetan pada campuran masih ditunjukkan pada campuran dengan kadar *filler* 100% semen portland. Hal itu ditunjukkan dengan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Kurva Keawetan Campuran pada KAO dengan 2x400 Tumbukan

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. KESIMPULAN**

- 1) Pada uji Marshall dengan kadar aspal rencana seluruh sifat-sifat Marshall yang didapatkan mempunyai hasil yang hampir sama untuk masing-masing jenis campuran dengan tiga macam komposisi *filler*.
- 2) Lama perendaman mengakibatkan turunnya nilai stabilitas Marshall. Begitu juga pada campuran dengan 2x400 tumbukan mengalami hal yang sama. Sifat Marshall pada campuran dengan kedua macam tumbukan itu, hanya pada campuran dengan kadar *filler* 100% semen portland yang paling kecil tingkat penurunannya dibandingkan dengan *filler* yang lain. Urutan penurunan stabilitas berikutnya adalah campuran dengan kadar *filler* 50% abu batu – 50% semen portland dan diikuti 100% semen portland.
- 3) Kekakuan yang semakin berkurang pada benda uji seiring dengan lama masa perendaman. Kelenturan masih berusaha dipertahankan oleh campuran dengan kadar *filler* 100% abu batu yang diikuti 50% abu batu – 50% semen portland dan diikuti pada 100% semen portland. Kondisi tersebut dialami pada campuran dengan dua macam tumbukan yang telah dilakukan.
- 4) Prosentase stabilitas yang direndam selama 24 jam dengan stabilitas standar memperlihatkan perbedaan yang besar pada ketiga jenis campuran dengan masing-masing kadar *filler*. Perbedaan nilai IRS tersebut lebih ketika dilakukan uji Marshall dengan 2x400 tumbukan.
- 5) Pada jumlah kelaikan yang berurutan dan luas kehilangan kekuatan rata-rata pada kurva keawetan semakin mudah dilihat perbedaannya pada ketiga jenis campuran dengan masing-masing kadar *filler* dengan nilai yang terbesar adalah campuran dengan kadar *filler* 100% abu batu kemudian 50% abu batu – 50% semen portland dan diikuti 100% semen portland.

## 5.2. SARAN

- 1) Pada lalulintas dengan beban kendaraan berat sebaiknya menggunakan campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course* dengan *filler* semen portland yang mana lebih bisa menahan stabilitas yang tinggi dibandingkan dengan abu batu.
- 2) Dalam memenuhi tingkat kenyamanan pengguna jalan dengan kondisi beban kendaraan ringan dan bebas dari genangan, penggunaan abu batu sebagai *filler* mempunyai kelenturan yang lebih baik dari pada semen portland yang cenderung lebih kaku.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, (1976), *Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Manual Pemeriksaan Bahan Jalan*, Direktorat Jendral Bina Marga, No.01/MN/BM/1976, Jakarta.
2. Anonim, (1978), *The American Association of State Highway and Transportation Officials, Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, Part I (Specifications) 15<sup>th</sup> edition*, AASHTO Publication, Washington.
3. Anonim, (1978), *The American Association of State Highway and Transportation Officials, Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, Part II (Methods of Sampling and Testing)*. AASHTO Publication, Washington.
4. Anonim, (1997) *The Asphalt Institute, Performance Graded Asphalt Binder Specification and Testing*, Superpave Series No.1 (SP-1), Kentucky.
5. Anonim, (1998), *Departemen Pekerjaan Umum – Direktorat Jendral Bina Marga, Spesifikasi*, Jakarta.
6. Anonim, (1999), *Departemen Permukiman dan Pengembangan Wilayah, Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak*, Badan Penelitian dan Pengembangan Kimbangwil – Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi dan Prasarana Jalan, No.023/T/BM/1999 SK.No.76/KPTS/Db/ 1999, Bandung.
7. Anonim, (2001), *Departemen Permukiman dan Pengembangan Wilayah, Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas*, Badan Penelitian dan Pengembangan Kimbangwil – Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi dan Prasarana Jalan, Bandung.
8. Anonim, (2002), *Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas*, Jakarta.
9. Anonim, (2004), *Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Spesifikasi Proyek Pembangunan Jalan dan Jembatan Propinsi Jawa Tengah*, Direktorat Jendral Prasarana Wilayah, Jakarta.
10. Das'at Widodo, (1999), *Agregat Sebagai Bahan Perkerasan Jalan*, Penataran dan Pelatihan Dosen Teknik Sipil Perguruan Tinggi Swasta Kopertis Wilayah VI, Semarang.

11. Harold N. Atkins, (1997), *Highway Materials, Soils and Concretes, 3th Edition Prentice Hall*, New Jersey.
12. J. Craus (1981), *Durability of Bituminous Paving Mixtures as Related to filler Type and Properties*, Proceedings of the Association of Asphalt Pavin Technologists, Asphalt Paving Technology, vol.5o pp. 293-315, UK.
13. Kerbs, R.D. and Walker, R.D., (1971), *Highway Materials, McGraw Hill*, New York.
14. Marsono (1996), *Pengaruh Penggunaan Portland Cement Pada Campuran SMA Grading 0/11 Terhadap Durabilitas Dan Permeabilitas Campuran*, Tesis Magister, UGM, Yogyakarta.
15. Mulyono, A.T., (1996), *Variasi Jenis Dan Kadar Filler Terhadap Stabilitas, fleksibilitas dan Tingkat Durabilitas HRS (Hot Rolled Sheet) Kelas B*, Media Teknik, No.3, Edisi Nopember, UGM, Yogyakarta.
16. Priyatno, B, (1999), *Perancangan Prasarana Jalan*, Dalam Penataran dan Pelatihan Dosen Teknik Sipil Perguruan Tinggi Swasta Kopertis Wilayah VI, Jawa Tengah.
17. Priyatno, B, (2001), *Metode Perencanaan Campuran Beraspal Panas Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak / Percetage Refusal Density (PRD) Berdasarkan Spesifikasi Yang Disempurnakan*, Penataran dan Pelatihan Dosen Teknik Sipil Perguruan Tinggi Swasta Kopertis Wilayah VI, Jawa Tengah.
18. Priyatno, B, (2001), *Parameter Model Analisis Karakteristik Campuran Lapis Perkerasan Lentur Jalan*, Penataran dan Pelatihan Dosen Teknik Sipil Perguruan Tinggi Swasta Kopertis Wilayah VI, JawaTengah.
19. Ricky Kusmawan, (1999), *Pengaruh Jenis Filler Dan Gradasi Agregat Pada Durabilitas Stone Mastic Asphalt*, Tesis Magister, UGM, Yogyakarta.
20. Rudy Erwandy Saragih (2005), *Asbuton Halus Dalam Sistem Aspal – Filler*, Tesis Magister, UGM, Yogyakarta.
21. *Shell Bitumen, (1990). The Shell Bitumen Hand Book*, Shell Bitumen UK, UK.
22. Sukirman, S, (2003), *Beton Aspal Campuran Panas*, Nova, Bandung.
23. Watson, J. (1994), *Highway Construction and Maintenance Second Edition*, Longman Scientific & Technical, USA.
24. Yasid Muntohar, (2002), *Pengaruh Filler Terhadap Nilai Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR)*, Tesis Magister, UNDIP, Semarang.