



**STUDI KOMPARASI  
PENGARUH GRADASI GABUNGAN DI LABORATORIUM DAN  
GRADASI *HOT BIN ASPHALT MIXING PLANT* CAMPURAN  
LASTON (*AC-WEARING COURSE*) TERHADAP KARAKTERISTIK  
UJI MARSHALL**

**TESIS**

Disusun Dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Program Magister Teknik Sipil

Oleh :

**R. ANTARIKSO UTOMO  
L4A.001010**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2008**



**STUDI KOMPARASI  
PENGARUH GRADASI GABUNGAN DI LABORATORIUM DAN  
GRADASI *HOT BIN ASPHALT MIXING PLANT* CAMPURAN  
LASTON (*AC-WEARING COURSE*) TERHADAP KARAKTERISTIK  
UJI MARSHALL**

**TESIS**

Disusun Dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Program Magister Teknik

Disusun Oleh :

**R. ANTARIKSO UTOMO**  
L4A.001010

Disetujui untuk Dipresentasikan

Pembimbing I

Pembimbing II

**Ir. Muhrozi, MS.**

**Drs.Bagus Priyatno, ST.,MT.**

## ABSTRAK

Perencanaan yang baik, terkadang meleset dalam pelaksanaannya, yang akibatnya akan berdampak pada masyarakat pengguna jalan. Komposisi gradasi perkerasan lentur yang digunakan sering tidak sesuai dengan desain perencanaan dan peruntukannya. Banyak upaya yang dilakukan untuk melihat kembali komposisi yang digunakan gradasi yang digunakan. Diantaranya dengan melihat perbandingan gradasi gabungan di laboratorium dengan gradasi gabungan pada unit *Hot Bin* di *AMP*, yang berbeda jauh, juga sering menghadapi kendala akibat tidak pernah diadakan kalibrasi pada saringan yang ada pada unit *Hot Bin* di *AMP*. Dari faktor sumber daya manusia sering diakibatkan oleh sikap para operator pelaksana pekerjaan konstruksi jalan yang amat sering mengabaikan pentingnya pengukuran dan kalibrasi gradasi gabungan di unit *Hot Bin* di *AMP*. Sering terjadinya pencampur-bauran agregat dalam muatan *bin*, tipe yang benar dari *feeders*, termasuk tipe *belt* untuk agregat pasir halus, pintu *feeders* jarang dikalibrasi secara tepat dan terpasang dengan kuat, serta tidak terjaganya secara terpisah ukuran agregat dilokasi *stockpile*, menjadi penyebab penyimpangan pada *Job Mix Agregate Formula (JMAGF)*.

Dari nilai karakteristik campuran yang dihasilkan pada test *Marshall* pada tahap I, sesuai Spesifikasi baru serta dari hasil analisa, nilai karakteristik yang memenuhi syarat untuk  $VMA > 15\%$  pada kadar aspal 4,5% - 6,5%,  $VFA > 65\%$  pada kadar aspal 5,5% - 6,5% dan  $VIM 3,5\% - 5,5\%$  pada kadar aspal 5,5% - 6%, dari hasil analisis *void* dan uji stabilitas, flow, *MQ* pada kadar aspal 5,5% - 6%, maka ditentukan kadar aspal optimum 5,80 %.

Dari hasil evaluasi pengujian tahap II terlihat bahwa semua karakteristik *Marshall*, baik pada gradasi gabungan di laboratorium maupun gradasi gabungan di *Hot Bin AMP*, terlihat pada gradasi gabungan di *Hot Bin AMP* maupun hasil gradasi ekstraksinya setelah pengujian tampak gradasi lebih kasar dan hasil ekstraksi setelah di tumbuk mengalami degradasi bahan susunnya menjadi halus yang mengakibatkan stabilitas, *Flow* maupun *MQ* jauh menurun dibandingkan dengan gradasi gabungan di laboratorium. Untuk hasil analisa *void* (*VMA*, *VFA* dan *VIM*) tidak semuanya memenuhi persyaratan sesuai dengan spesifikasi *AC - WC*, yang memenuhi persyaratan hanya pada kadar aspal optimum untuk gradasi gabungan di *Hot Bin AMP*, sedangkan pada gradasi gabungan di laboratorium masih lebih baik, karena semua hasil analisa *void* memenuhi persyaratan, hanya yang tidak memenuhi persyaratan pada kadar aspal 6,8%. Persoalan yang terjadi di lapangan (*AMP*), sulitnya pengendalian bahan susun campuran aspal – agregat, mulai dari *Querry* tempat penyimpanan/penimbunan bahan susun terdiri dari agregat kasar, medium dan kecil yang tidak memenuhi persyaratan, kemudian pada unit *Cold Bin AMP* terutama pada bukaan pintunya, selanjutnya di instalasi *Hot Bin nya* sendiri yang tidak sesuai lagi dengan saringan yang diperlukan, kurangnya *quality control* dan kalibrasi peralatan yang ada pada unit instalasi *AMP* yang memperburuk kualitas hasil diharapkan.

## ABSTRACTION

Good Planning, sometimes slip in its of, what as a result will affect at road; street consumer society. limber Gradation ossifying composition which used often disagree with planning desain and destining it. Many conducted effort to refer back used by composition is used gradation. Among seen aliance gradation comparison in laboratory with aliance gradation at Hot Bin unit in different AMP far, also often face constraint effect of have never been performed to calibrate at filter exist in Hot Bin unit in AMP. From human being days somber factor is often resulted from by road; street construction job/activity executor all operator attitude which very often disregard is important of measurement and calibrate aliance gradation in Hot Bin unit AMP. Often the happening of mix one each othersing aggregate in bin payload, real correct type from feeders, including belt type for the aggregate of smooth sand, feeders door seldom be calibrated precisely and attached powerfully, and also do not awake of separately stockpile location aggregate size measure, becoming deviation cause at Job Mix Agregate Formula ( JMAGF).

From yielded by mixture characteristic value Marshall test I phase, according to new Specification and also from result of analysis, up to standard characteristic value for the VAM OF > 15% rate pave 4,5 - 6,5%, VFA> 65% rate pave 5,5 - 6,5% and VIM3,5 - 5,5% rate pave 5,5 - 6%,dari result of void analysis and stability test, flow, MQ rate pave 5,5 - 6%, hence determined by optimum asphalt rate 5,80 %.

From result of evaluation examination II phase seen that any Marshall characteristic, good aliance gradation in aliance gradation and also laboratory in Hot Bin AMP, seen at aliance gradation in Hot Bin AMP and also its gradation result of after visible examination of harsher gradation and result of ekstraksi after boxing to experience of materials degradasi compile become refinement resulting stability, Flow and also downhill MQ far compared to aliance gradation in laboratory. To result of void analysis ( VMA, VFA And VIM) not all fulfill conditions as according to specification of AC - WC, fulfilling conditions only at optimum asphalt rate for the gradation of aliance in Hot Bin AMP, while at aliance gradation in laboratory still is better, because all result of void analysis fulfill conditions, only which do not fulfill conditions at rate pave 6,8%.Persoalan that happened in field ( AMP), difficult of material control compile asphalt mixture aggregate, start from depository Quarry place / conglomeration of materials compile to consist of harsh aggregate, medium and small which do not fulfill conditions, then at Cold Bin AMP unit especially at its door aperture, hereinafter in its Hot installation it him is inappropriate again with needed filter, lack of control quality and calibrate equipments exist in AMP installation unit making worse the quality of result expected.

## PRAKATA

Puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan petunjuk-Nya sehingga tesis dengan judul **Pengaruh Gradasi Gabungan di Laboratorium dan Gradasi *Hot Bin Asphalt Mixing Plant* Campuran Laston (AC-Wearing Course) terhadap Karakteristik Uji Marshall.**

Tesis ini disusun sebagai syarat menyelesaikan studi pada Program Magister Teknik Sipil Konsentrasi Transportasi Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro. Selama menyelesaikan tesis ini, penulis banyak menerima petunjuk, saran, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Sehubungan dengan hal tersebut penulis mengucapkan rasa terima kasih yang tulus kepada :

- 1) Dr. Ir. Suripin, M. Eng., selaku Ketua Program Pasca Sarjana Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro,
- 2) Dr. Ir. Bambang Riyanto, DEA., selaku Sekretaris Program Pasca Sarjana Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro,
- 3) Ir. Muhrozi, MS., selaku Dosen Pembimbing I,
- 4) Drs. Bagus Priyatno ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II,
- 5) Ir. Siti Hardiyati MT., selaku Tim Pembahas.
- 6) Ir. Bambang Hariyadi, M.Sc, selaku Tim Pembahas.
- 7) Para dosen dan staf Administrasi Program Pasca Sarjana Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
- 8) Pimpinan dan staf Laboratorium Teknik Sipil Akademi Teknologi Semarang,
- 9) Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini.

Mudah-mudahan tesis ini berguna untuk pengembangan lebih lanjut bagi kemajuan bidang KeBina Margaan pada umumnya dan pengembangan teknologi konstruksi Jalan pada khususnya.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAC</b>	<b>iv</b>
<b>PRAKATA</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>xii</b>
<b>ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1.3. Manfaat Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Sistematika Penulisan	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1. Umum	5
2.2. Aspal	6
2.3. Agregat	7
2.3.1. Agregat Kasar	8
2.3.2. Agregat Halus	8
2.3.3. Mineral Pengisi ( <i>Filler</i> )	8
2.4. Gradasi Campuran AC-WC	9
2.5. Persyaratan Perencanaan Campuran Beraspal Panas	11
2.6. Pengujian Analisa Campuran AC-WC	15
2.7. Metoda Pengujian <i>Marshall Test</i>	17
2.8. Penelitian yang pernah dilakukan	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>19</b>
3.1. Umum	19
3.2. Bahan Penelitian	21
3.3. Peralatan Penelitian	21
3.4. pengujian dan Persyaratan Bahan	22
3.4.1. Aspal	22
3.4.2. Agregat dan <i>Filler</i>	22
3.5. Metoda Campuran AC-WC	22
3.5.1. Prosedur Perhitungan Kadar Aspal Rencana	25

3.5.2. Pengujian <i>Marshall</i>	26
3.5.3. Pengujian Perendaman Standard	28
3.6. Hipotesa	28
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	<b>29</b>
4.1. Hasil Pengujian Material	29
4.1.1. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat	29
4.1.2. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal	31
4.1.3. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Tahap I	34
4.1.4. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> di Laboratorium Tahap II	36
4.1.5. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> di <i>Hot Bin AMP</i> Tahap II	38
4.1.6. Hasil Perbandingan Gradasi gabungan antara di Labortorium, Gradasi di <i>Hot Bin AMP</i> dan gradasi hasil Extraksi	45
4.2. Pembahasan	48
4.2.1. Karakteristik Campuran AC-WC	48
4.2.2. Evaluasi Hasil Laboratorium terhadap Karakteristik Campuran AC-WC Tahap I terhadap Spesifikasi	55
4.2.3. Komparasi Pengaruh Gradasi Gabungan di Laboratorium dengan di <i>Hot Bin AMP</i> terhadap Nilai Karakteristik <i>Marshall</i>	56
4.2.4. Evaluasi Komparasi Pengaruh Gradasi Gabungan di Laboratorium dengan di <i>Hot Bin AMP</i> terhadap Nilai Karakteristik <i>Marshall</i>	66
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>69</b>
5.1. Kesimpulan	69
5.2. Saran	70
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>74</b>

## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
2.1.	Pengujian dan Persyaratan untuk Aspal Penetrasi 60/70	7
2.2.	Pengujian dan Persyaratan untuk Agregat dan <i>Filler</i>	9
2.3.	Gradasi Agregat untuk Campuran beraspal	10
2.4.	Ketentuan sifat – sifat Campuran	14
3.1.	Gradasi Gabungan Agregat di Laboratorium AC - WC	23
3.2.	Gradasi Gabungan Agregat di <i>Hot Bin AMP</i> AC - WC	24
3.3.	Jumlah Sampel yang direncanakan	25
4.1.	Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat	29
4.3.	Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal Penetrasi 60/70 ex Pertamina	31
4.4.	Hasil test <i>Marshall</i> Campuran AC-WC dengan variasi kadar aspal	34
4.5.	Hasil Gradasi Campuran AC – WC untuk pengujian di Laboratorium	36
4.6.	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> di Laboratorium pada kondisi <i>Dry</i> contoh 1	37
4.7.	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> di Laboratorium pada kondisi <i>Soaked</i> contoh 1	37
4.8.	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> di Laboratorium pada kondisi <i>Dry</i> contoh 2	37
4.9.	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> di Laboratorium pada kondisi <i>Soaked</i> contoh 2	38
4.10.	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> di Laboratorium pada kondisi <i>Dry</i> contoh 3	38
4.11.	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> di Laboratorium pada kondisi <i>Soaked</i> contoh 3	38
4.12.	Hasil Gradasi dari <i>Hot Bin AMP</i> untuk pengujian di Lapangan contoh 1	39
4.13.	Hasil Ekstraksi <i>AMP</i> setelah Pengujian	40
4.14.	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> di <i>Hot Bin AMP</i> pada kondisi <i>Dry</i> contoh 1	40
4.15.	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> di <i>Hot Bin AMP</i> pada kondisi <i>Soaked</i> contoh 1	41
4.16.	Hasil Gradasi dari <i>Hot Bin AMP</i> untuk pengujian di Lapangan contoh 2	41
4.17.	Hasil Ekstraksi <i>AMP</i> setelah Pengujian	42
4.18.	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> di <i>Hot Bin AMP</i> pada kondisi <i>Dry</i> contoh 2	42
4.19.	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> di <i>Hot Bin AMP</i> pada kondisi <i>Soaked</i> contoh 2	43
4.20.	Hasil Gradasi dari <i>Hot Bin AMP</i> untuk pengujian di Lapangan contoh 3	43
4.21.	Hasil Ekstraksi <i>AMP</i> setelah Pengujian	44
4.22.	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> di <i>Hot Bin AMP</i> pada kondisi <i>Dry</i> contoh 3	44
4.23.	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> di <i>Hot Bin AMP</i> pada kondisi <i>Soaked</i> contoh 3	44
4.24.	Perbandingan Target Gradasi, Gradasi <i>Hot Bin</i> dan Gradasi Ekstraksi 1	45
4.25.	Perbandingan Target Gradasi, Gradasi <i>Hot Bin</i> dan Gradasi Ekstraksi 2	46
4.26.	Perbandingan Target Gradasi, Gradasi <i>Hot Bin</i> dan Gradasi Ekstraksi 3	47
4.27.	Kadar Aspal terhadap Nilai <i>Density</i> campuran AC-WC	48
4.28.	Kadar Aspal terhadap Nilai <i>VMA</i> campuran AC-WC	49

4.29.	Kadar Aspal terhadap Nilai <i>VFA</i> campuran <i>AC-WC</i>	50
4.30.	Kadar Aspal terhadap Nilai <i>VIM</i> campuran <i>AC-WC</i>	51
4.31.	Kadar Aspal terhadap Nilai Stabilitas campuran <i>AC-WC</i>	52
4.32.	Kadar Aspal terhadap Nilai <i>Flow</i> campuran <i>AC-WC</i>	53
4.33.	Kadar Aspal terhadap Nilai <i>MQ</i> campuran <i>AC-WC</i>	54
4.34.	Gradasi gabungan di Laboratorium serta gradasi di <i>Hot Bin AMP</i> dan ekstraksi	56
4.35.	Pengaruh Gradasi gabungan di Laboratorium dan di <i>Hot Bin AMP</i> Terhadap nilai <i>Density</i> pada kondisi <i>Dry</i> dan <i>Soaked</i>	56
4.36.	Pengaruh Gradasi gabungan di Laboratorium dan di <i>Hot Bin AMP</i> Terhadap nilai <i>VMA</i> pada kondisi <i>Dry</i> dan <i>Soaked</i>	58
4.37.	Pengaruh Gradasi gabungan di Laboratorium dan di <i>Hot Bin AMP</i> Terhadap nilai <i>VFA</i> pada kondisi <i>Dry</i> dan <i>Soaked</i>	59
4.38.	Pengaruh Gradasi gabungan di Laboratorium dan di <i>Hot Bin AMP</i> Terhadap nilai <i>VIM</i> pada kondisi <i>Dry</i> dan <i>Soaked</i>	61
4.39.	Pengaruh Gradasi gabungan di Laboratorium dan di <i>Hot Bin AMP</i> Terhadap nilai <i>Stabilitas</i> pada kondisi <i>Dry</i> dan <i>Soaked</i>	62
4.41.	Pengaruh Gradasi gabungan di Laboratorium dan di <i>Hot Bin AMP</i> Terhadap nilai <i>MQ</i> pada kondisi <i>Dry</i> dan <i>Soaked</i>	65
4.42.	Rekapitulasi komparasi pengaruh Gradasi gabungan di Laboratorium dan di <i>Hot Bin AMP</i> Terhadap nilai karakteristik <i>Marshall</i> kondisi <i>Dry</i>	67
4.43.	Rekapitulasi komparasi pengaruh Gradasi gabungan di Laboratorium dan di <i>Hot Bin AMP</i> Terhadap nilai karakteristik <i>Marshall</i> pada <i>Soaked</i>	67

## DAFTAR GAMBAR

2.1.	Spesifikasi Gradasi Campuran ukuran Maksimum 19 mm ( <i>AC-WC</i> )	10
3.1.	Bagan Alir Penelitian Pelaksanaan Penelitian	20
3.2.	Gradasi Gabungan di Laboratorium	23
3.3.	Gradasi Gabungan di <i>Hot Bin AMP</i>	24
4.1.	Penentuan kadar aspal optimum aspal penetrasi 60/70	35
4.2.	Penentuan Gradasi Gabungan di laboratorium	36
4.3.	Penentuan Gradasi Gabungan di <i>Hot Bin AMP</i> (contoh 1)	39
4.4.	Hasil Gradasi Extraksi setelah Pengujian (contoh 1 )	40
4.5.	Penentuan Gradasi Gabungan di <i>Hot Bin AMP</i> (contoh 2)	41
4.6.	Hasil Gradasi Extraksi setelah Pengujian (contoh 2)	42
4.7.	Penentuan Gradasi Gabungan di <i>Hot Bin AMP</i> (contoh 3)	43
4.8.	Hasil Gradasi Extraksi setelah Pengujian (contoh 3)	44
4.9.	Perbandingan Target Gradasi, Gradasi <i>Hot Bin</i> dan <i>Gradasi Extraksi 1</i>	46
4.10.	Perbandingan Target Gradasi, Gradasi <i>Hot Bin</i> dan <i>Gradasi Extraksi 2</i>	46
4.11.	Perbandingan Target Gradasi, Gradasi <i>Hot Bin</i> dan <i>Gradasi Extraksi 3</i>	47
4.12.	Grafik hubungan Kadar Aspal dan <i>Density</i>	48
4.13.	Grafik hubungan Kadar Aspal dan <i>VMA</i>	49
4.14.	Grafik hubungan Kadar Aspal dan <i>VFA</i>	50
4.15.	Grafik hubungan Kadar Aspal dan <i>VIM</i>	51
4.16.	Grafik hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas	52
4.17.	Grafik hubungan Kadar Aspal dan <i>Flow</i>	53
4.18.	Grafik hubungan Kadar Aspal dan <i>Marshall Quotient</i>	54
4.19.	Pengaruh gradasi gabungan di Laboratorium dan di <i>Hot Bin AMP</i> Terhadap nilai <i>density</i> pada kondisi <i>Dry</i> dan <i>Soaked</i>	57

4.20.	Pengaruh gradasi gabungan di Laboratorium dan di <i>Hot Bin AMP</i> Terhadap nilai <i>VMA</i> pada kondisi <i>Dry</i> dan <i>Soaked</i>	58
4.21.	Pengaruh gradasi gabungan di Laboratorium dan di <i>Hot Bin AMP</i> Terhadap nilai <i>VFA</i> pada kondisi <i>Dry</i> dan <i>Soaked</i>	59
4.22.	Pengaruh gradasi gabungan di Laboratorium dan di <i>Hot Bin AMP</i> Terhadap nilai <i>VIM</i> pada kondisi <i>Dry</i> dan <i>Soaked</i>	61
4.23.	Pengaruh gradasi gabungan di Laboratorium dan di <i>Hot Bin AMP</i> Terhadap nilai Stabilitas pada kondisi <i>Dry</i> dan <i>Soaked</i>	62
4.24.	Pengaruh gradasi gabungan di Laboratorium dan di <i>Hot Bin AMP</i> Terhadap nilai <i>Flow</i> pada kondisi <i>Dry</i> dan <i>Soaked</i>	64
4.25.	Pengaruh gradasi gabungan di Laboratorium dan di <i>Hot Bin AMP</i> Terhadap nilai <i>MQ</i> pada kondisi <i>Dry</i> dan <i>Soaked</i>	66

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A.1	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	78
Lampiran A.2.	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	79
Lampiran A.3	Pemeriksaan Berat Jenis <i>Filler</i> Debu batu, Pemeriksaan Indek Kepipihan	80
Lampiran A.4	Pemariksaan Keausan agregat dengan Mesin <i>Los Angeles</i> Kelekatan Agregat terhadap Aspal, <i>Sand Equivalent</i>	81
Lampiran A.5	Pemeriksaan <i>Soundness</i>	82
Lampiran B.1	Laporan Pengujian Aspal Keras jenis Pertamina Penetrasi 60/70	83
Lampiran B.2	Pengujian Penetrasi Jenis aspal Pertamina Penetrasi 60/70	84
Lampiran B.3	Pemeriksaan Titik Lembek Jenis aspal Pertamina Penetrasi 60/70	85
Lampiran B.4	Pengujian Daktilitas Jenis aspal Pertamina Penetrasi 60/70	86
Lampiran B.5	Pengujian Kelarutan dalam CCL <sub>4</sub>	87
Lampiran B.6	Pengujian Titik Nyala Jenis aspal Pertamina Penetrasi 60/70	88
Lampiran B.7	Pengujian Berat Jenis Jenis aspal Pertamina Penetrasi 60/70	89
Lampiran B.8	Pengujian Kehilangan Berat Jenis aspal Pertamina Penetrasi 60/70	90
Lampiran B.9	Pengujian Penetrasi setelah Kehilangan Berat	91
Lampiran B.10	Pengujian Daktilitas setelah Kehilangan Berat	92
Lampiran C	Pemeriksaan Sifat-sifat Campuran Aspal dengan Metoda <i>Marshall</i> Tahap I	93
Lampiran D	Pemeriksaan Sifat-sifat Campuran Aspal dengan Metoda <i>Marshall</i> Tahap II di Laboratorium Kondisi <i>Dry</i> dan <i>Soaked</i>	94
Lampiran E	Pemeriksaan Sifat-sifat Campuran Aspal dengan Metoda <i>Marshall</i> Tahap II di <i>Hot Bin AMP</i> Kondisi <i>Dry</i> dan <i>Soaked</i>	97

## ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

<i>AASHTO</i>	= <i>Assosiation of American Society Highway Transport Organization</i>
<i>AC-BC</i>	= <i>Asphalt Concrete Binder Course</i>
<i>ASTM</i>	= <i>American Society for Testing and Material</i>
<i>BS</i>	= <i>British Standards Institution</i>
<i>Gsb</i>	= Berat jenis kering/ <i>bulk spesific gravity</i> (gr/cc)
<i>Gsa</i>	= Berat jenis semu/ <i>apparent spesific gravity</i> (gr/cc)
<i>Gse</i>	= Berat jenis efektif/ <i>bulk spesific gravity SSD</i> (gr/cc)
<i>Gsb<sub>tot</sub> agregat</i>	= Berat jenis kering agregat gabungan (gr/cc)
<i>P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, ...</i>	= Prosentase berat dari masing-masing agregat
<i>Gsb<sub>1</sub>, Gsb<sub>2</sub>, Gsb<sub>3</sub>, ...Gsb<sub>n</sub></i>	= Berat jenis kering dari masing-masing agregat 1,2,3..n
<i>Gsa<sub>tot</sub> agregat</i>	= Berat jenis semu agregat gabungan
<i>Gsa<sub>1</sub>, Gsa<sub>2</sub>, Gsa<sub>3</sub>, ...Gsa<sub>n</sub></i>	= Berat jenis semu dari masing-masing agregat 1,2,3..n
<i>Gse<sub>tot</sub> agregat</i>	= berat jenis efektif agregat gabungan
<i>Gse<sub>1</sub>, Gse<sub>2</sub>, Gse<sub>3</sub>, ...Gse<sub>n</sub></i>	= Berat jenis efektif dari masing-masing agregat 1,2,3..n
<i>V<sub>bulk</sub></i>	= Volume campuran setelah pemadatan (cc)
<i>W<sub>SSD</sub></i>	= Berat dalam kondisi kering permukaan (gr)
<i>W<sub>w</sub></i>	= Berat dalam air (gr)
<i>Gmb</i>	= Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)
<i>Gmm</i>	= Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)
<i>P<sub>b</sub></i>	= Prosentase kadar aspal terhadap total campuran (%)
<i>P<sub>ba</sub></i>	= Penyerapan aspal, persen total agregat (%)
<i>P<sub>be</sub></i>	= Kadar aspal efektif, persentotal campuran (%)
<i>P<sub>f</sub></i>	= Prosentase kadar <i>Filler</i> terhadap total campuran (%)
<i>P<sub>s</sub></i>	= Kadar agregat, persen total campuran (%)
<i>Puslitbang</i>	= Pusat Penelitian dan Pengembangan
<i>G<sub>b</sub></i>	= Berat jenis aspal (gr/cc)
<i>VIM</i>	= <i>Void In the Mix</i> / Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, prosentase dari volume total

VMA	= <i>Void in the Mineral Aggregate</i> Rongga udara pada mineral agregat, prosentase dari volume total
VFA	= <i>Void Filled with Asphalt</i> / Rongga udara yang terisi aspal, prosentase dari VMA
MQ	= <i>Marshall Quotient</i>
MS	= <i>Marshall Stability</i>
Msi	= Stabilitas <i>Marshall</i> setelah perendaman 24 jam pada temperatur 60°C
MSs	= Stabilitas <i>Marshall</i> standar pada perendaman selama 30-40 menit pada temperatur 60°C
SNI	= Standar Nasional Indonesia
Superpave	= <i>Superior Performing Asphalt Pavement</i>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pembinaan jalan yang hasilnya dapat memenuhi tuntutan masyarakat pengguna jalan bukanlah pekerjaan yang mudah, terlebih pada saat kondisi anggaran terbatas serta beban kendaraan yang cenderung jauh melampaui batas dan kondisi cuaca yang kurang bersahabat. Disamping itu, makin meningkatnya kesadaran masyarakat untuk menyampaikan tuntutannya atas penyediaan prasarana jalan merupakan tantangan yang perlu mendapat perhatian dari pihak – pihak yang terkait dalam pembinaan jalan. Aspek tersebut merupakan kenyataan yang tidak bisa dihindari dan perlu dijadikan pendorong untuk mencari upaya yang dapat meningkatkan pembinaan jalan secara efektif dan efisien, baik pada pembangunan jalan baru maupun pada pelaksanaan pemeliharaan / peningkatan jalan yang ada.

Perencanaan yang baik, terkadang meleset dalam pelaksanaannya, yang akibatnya akan berdampak pada masyarakat pengguna jalan. Komposisi gradasi perkerasan lentur yang digunakan sering tidak sesuai dengan desain perencanaan dan peruntukannya. Banyak upaya yang dilakukan untuk melihat kembali komposisi yang digunakan gradasi yang digunakan. Diantaranya dengan melihat perbandingan gradasi gabungan di laboratorium dengan gradasi gabungan pada unit *Hot Feed Bin* di *Asphalt Mixing Plant (AMP)*, yang berbeda jauh, juga sering menghadapi kendala akibat tidak pernah diadakan kalibrasi pada saringan yang ada pada unit *Hot Feed Bin* di *AMP*. Dari faktor sumber daya manusia sering diakibatkan oleh sikap para operator pelaksana pekerjaan konstruksi jalan yang amat sering mengabaikan pentingnya pengukuran dan kalibrasi gradasi gabungan di laboratorium, maupun gradasi gabungan di unit *Hot Feed Bin* di *Asphalt Mixing Plant (AMP)*. Sering terjadinya pencampur-bauran agregat dalam muatan *bin*, tipe yang benar dari *feeders*, termasuk tipe *belt* untuk agregat pasir halus, pintu *feeders* jarang dikalibrasi secara tepat dan terpasang dengan kuat, serta tidak terjaganya secara terpisah ukuran agregat di lokasi *stockpile*, menjadi penyebab penyimpangan pada *Job Mix Agregate Formula (JMAGF)*..

Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dilakukan penelitian komparasi pengaruh gradasi gabungan di laboratorium dan gradasi di unit *Hot Feed Bin Asphalt Mixing Plant (AMP)* pada campuran Laston (*AC – WC*) terhadap karakteristik uji *Marshall*, yang mengacu pada Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas.

### 1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan maksud untuk mengetahui / mendapatkan beberapa hal, antara lain :

- a. Mengetahui kinerja gradasi *Job Mix Agregate Formula (JMAGF)* campuran Laston (*AC-WC*) di Laboratorium dan membandingkannya dengan gradasi *Job Mix Agregate Formula (JMAGF)* dengan kadar aspal yang sama campuran Laston (*AC-WC*) di unit *Hot Feed Bin Asphalt Mixing Plant (AMP)*.
- b. Memberi gambaran sejauh mana pengaruh pengaruh gradasi gabungan di laboratorium dan gradasi di unit *Hot Feed Bin Asphalt Mixing Plant (AMP)* pada campuran Laston (*AC – WC*)

terhadap karakteristik uji *Marshall*, yang mengacu pada Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas.

Tujuan dari penelitian ini :

Melihat korelasi besarnya pengaruh gradasi gabungan di laboratorium dan gradasi di unit *Hot Feed Bin Asphalt Mixing Plant (AMP)* pada campuran Laston (*AC – WC*) terhadap karakteristik uji *Marshall*.

### **1.3. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan kepada pembina jalan dan semua pihak yang terkait dengan pekerjaan campuran aspal panas, terutama tentang pentingnya perencanaan *JMAGF* di laboratorium terhadap pelaksanaan *JMAGF* di lapangan/ unit *Hot Feed Bin Asphalt Mixing Plant (AMP)* , yang ditujukan baik itu unsur perencanaan, pelaksana maupun pengawas. Khusus untuk perencanaan diharapkan sudah mengantisipasi pada desain perkerasan yang dibuat untuk konstruksi jalan yang berpotensi menggunakan unit *AMP* yang diragukan kelaikan operasionalnya akibat terlalu lama tidak dilakukan perbaikan/kalibrasi secara benar dan berkala.

#### 1.4. Batasan Masalah

Penelitian ini perlu dibatasi agar dapat dilakukan secara efektif dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Adapun lingkup penelitian ini terbatas pada :

1. Sumber bahan baku campuran beton aspal yang dipakai pada penelitian ini terdiri dari :
  - a. Aspal keras penetrasi 60/70 produksi PERTAMINA
  - b. Agregat ( kasar, halus dan abu batu ) dari *stockpile AMP* PT. Adhi Karya Cabang VI Divisi Konstruksi III Laboratorium Kawasan Semarang, yang berasal dari Kali Kuto Batang.
2. Perencanaan campuran *Job Mix Aggregate Formula (JMAGF)* di laboratorium Teknik Sipil Akademi Teknologi Semarang, menggunakan perencanaan gradasi campuran untuk lapis permukaan Laston AC-WC yang mengacu pada Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas.
3. Perencanaan campuran *Job Mix Aggregate Formula (JMAGF)* di lapangan, menggunakan bahan dari *stockpile* pada unit *Hot Feed Bin AMP* milik PT. Adhi Karya.
4. Ekstaksi menggunakan bahan campuran *Job Mix Aggregate Formula (JMAGF)* di lapangan, menggunakan bahan dari *stockpile* pada unit *Hot Feed Bin AMP* milik PT. Adhi Karya.
5. Stabilitas *Marshall* dan kelelahan ( *Flow* ) dari benda uji yang diambil masing-masing dari unit Laboratorium dan unit *AMP*.

Uji yang dilakukan adalah *Marshall Test* untuk mengetahui nilai karakteristik *Marshall* campuran Laston (AC-WC), dengan menggunakan gradasi gabungan di Laboratorium dan gradasi di unit *Hot Feed Bin AMP* dengan hasil ekstraksinya.

#### 1.5. Sistematika Penulisan

Sesuai dengan petunjuk mengenai penyusunan tesis, maka penulisan tesis yang akan dilakukan terdiri dari pendahuluan, tinjauan pustaka, metodologi penelitian, analisa dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran.

- a. Bab I : Pendahuluan  
Merupakan awal dari penyusunan tesis, dalam bab ini dikemukakan arah judul tesis. Bab ini berisi permasalahan yang hendak dibahas, termasuk latar belakang, tujuan, kegunaan serta waktu penelitian.
- b. Bab II : Tinjauan Pustaka  
Bab ini berisi mengenai teori – teori yang digunakan sebagai landasan atau acuan dari penelitian, serta syarat – syarat untuk melaksanakan penelitian. Dalam bab ini hasil tinjauan pustaka dikemukakan secara sistematis dan kronologis.
- c. Bab III : Metodologi Penelitian  
Dalam bab ini dituliskan mengenai tahapan dan cara penelitian serta uraian mengenai pelaksanaan penelitian. Bab ini berisi uraian tentang data dan metode yang akan digunakan dalam penelitian maupun penyelidikan serta hipotesa yang diajukan dan ingin diuji.
- d. Bab IV : Analisa Data dan Pembahasan

Bab ini berisi mengenai hasil – hasil penelitian dan juga berisi tentang analisa dari hasil penelitian tersebut serta pembahasannya. Hasil ditampilkan dalam bentuk gambar, grafik, tabel dengan keterangan atau judul yang jelas. Hasil yang ditulis dalam kesimpulan harus terlebih dahulu muncul dalam bagian pembahasan ini. Bab ini merupakan bagian yang sangat penting dari keseluruhan penelitian.

e. Bab V : Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan – kesimpulan terutama setelah dilakukan analisa dan pembahasan. Kesimpulan dinyatakan secara khusus dan menjawab semua permasalahan yang diteliti atau diamati. Kesimpulan merupakan rangkuman hasil – hasil yang berasal dari bab pembahasan secara rinci. Kemudian dalam bab ini juga berisi mengenai saran atau rekomendasi yang didasarkan pada hasil penelitian dan penilaian menurut pendapat serta pemikiran peneliti.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Spesifikasi campuran beraspal panas untuk perkerasan lentur di rancang menggunakan metoda *Marshall* konvensional. Untuk kondisi lalu lintas berat perencanaan metoda *Marshall* menetapkan pemadatan benda uji sebanyak 2 x 75 tumbukan dengan batas rongga campuran (*VIM*) antara 3 sampai 5, didapat hasil pengujian pengendalian mutu menunjukkan bahwa kesesuaian parameter kontrol di lapangan seringkali tidak terpenuhi untuk mencapai persyaratan dalam spesifikasi, sehingga kinerja perkerasan jalan tidak tercapai. Kondisi ini sulit untuk menjamin campuran yang tahan terhadap kerusakan berbentuk alur plastis, oleh karena itu metoda *Marshall* konvensional belum cukup untuk menjamin kinerja campuran beraspal panas yang digunakan untuk lalu lintas berat dan padat dengan suhu tinggi. Keterbatasan metoda *Marshall* adalah ketergantungannya terhadap gradasi gabungan campuran yang tepat untuk mencapai rongga dalam campuran (*VIM*) yang disyaratkan.

Rongga dalam campuran (*VIM*) setelah dilalui lalu lintas dalam beberapa tahun mencapai kurang dari 1%, sehingga terjadi perubahan bentuk plastis. Untuk kondisi seperti ini, metoda *Marshall* dengan 2 x 75 tumbukan sudah tidak sesuai lagi. Untuk menambah kesempurnaan dalam prosedur perencanaan gradasi gabungan campuran dilapangan, maka ditentukan pengujian tambahan, yaitu pemadatan ultimit pada benda uji sampai mencapai kepadatan mutlak (*refusal density*). Metoda *Marshall* masih dapat digunakan sebagai dasar untuk perencanaan secara *volumetrik*. Untuk mengendalikan gradasi gabungan campuran dilaboratorium maupun dilapangan, diperkenalkan kriteria kadar rongga dalam campuran (*VIM*) minimum dan maksimum dalam persyaratan campuran, terutama untuk campuran beraspal panas sebagai lapis permukaan jalan. *VIM* dirancang dapat dicapai tidak kurang dari 2 % untuk lalu lintas berat. Pemadatan contoh benda uji harus dilakukan dengan jumlah tumbukan yang berlebih sebagai simulasi adanya pemadatan sekunder oleh lalu lintas, sampai benda uji tidak bertambah lebih padat lagi. Kepadatan 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.

#### 2.2 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai suatu cairan yang lekat atau berbentuk padat terdiri dari *hydrocarbon* atau turunannya, terlarut dalam *trichloro-ethylene* dan bersifat tidak mudah menguap serta lunak secara bertahap jika dipanaskan. Aspal berwarna coklat tua sampai hitam dan bersifat melekatkan, padat atau semi padat, dimana sifat aspal yang menonjol tersebut didapat dialam atau dengan penyulingan minyak (*Kreb, RD & Walker, RD, 1971*).

Aspal terbuat dari minyak mentah melalui proses penyulingan atau dapat ditemukan dalam kandungan alam sebagai bagian dari komponen alam yang ditemukan bersama-sama material lainnya seperti pada cekungan bumi yang mengandung aspal.

Aspal adalah material yang mempunyai sifat *visco-elastis* dan tergantung dari waktu pembebanan. Pada proses pencampuran dan proses pemadatan sifat aspal dapat ditunjukkan dari nilai viscositasnya, sedangkan pada sebagian besar kondisi saat masa pelayanan aspal mempunyai sifat viscositas yang diwujudkan dalam suatu nilai modulus kekakuan (*Shell Bitumen, 1990*).

*AASHTO* (1982) menyatakan bahwa jenis aspal keras ditandai dengan angka penetrasi aspal. Angka ini menyatakan tingkat kekerasan aspal atau tingkat konsistensi aspal. Semakin besar angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin rendah, sebaliknya semakin kecil angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal makin tinggi.

Terdapat bermacam-macam tingkat penetrasi aspal yang dapat digunakan dalam campuran *aggregate* aspal antara lain 40/50, 60/70, 80/100. Umumnya aspal yang digunakan di Indonesia adalah penetrasi 80/100 dan penetrasi 60/70.

Aspal pada lapis keras jalan berfungsi sebagai bahan ikat antar agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan yang lebih besar dari kekuatan agregat. Aspal merupakan material yang bersifat *visco-elastis* dan memiliki ciri yang beragam mulai dari yang bersifat lekat sampai yang bersifat elastis. Diantara sifat aspal lainnya adalah:

Aspal mempunyai sifat *Rheologic* (mekanis), yaitu hubungan antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) dipengaruhi oleh waktu. Apabila mengalami pembebanan dengan jangka waktu pembebanan yang sangat cepat, maka aspal akan bersifat elastis, tetapi jika pembebanannya terjadi dalam jangka waktu yang lambat, sifat aspal menjadi plastis (*viscous*).

Aspal adalah bahan yang *Thermoplastis*, yaitu konsistensinya atau viskositasnya akan berubah sesuai dengan perubahan temperatur yang terjadi. Semakin tinggi temperatur aspal, maka viskositasnya akan semakin rendah atau semakin encer, demikian pula sebaliknya. Dari segi pelaksanaan lapis keras, aspal dengan viskositas yang rendah akan menguntungkan karena aspal akan menyelimuti batuan dengan lebih baik dan merata. Namun pemanasan yang berlebihan terhadap aspal akan merusak molekul-molekul dari aspal, misalnya aspal menjadi getas dan rapuh.

Aspal mempunyai sifat *Thixotropy*, yaitu jika dibiarkan tanpa mengalami tegangan-regangan akan berakibat aspal menjadi mengeras sesuai dengan jalannya waktu

Fungsi kandungan aspal dalam campuran juga berperan sebagai selimut penyelubung agregat dalam bentuk tebal film aspal yang berperan menahan gaya geser permukaan dan mengurangi kandungan pori udara yang lebih lanjut juga berarti mengurangi penetrasi air dalam campuran. Jenis pengujian dan persyaratan untuk aspal seperti yang tercantum dalam Tabel. 2.1.

**Tabel. 2.1.** Pengujian dan persyaratan untuk aspal penetrasi 60/70

No.	Pengujian	Metoda	Syarat		Satuan
			Min	Max	
1	Penetrasi (25°C, 5 detik)	SNI 06-2456-1991	60	79	0,1 mm
2	Titik Lembek	SNI 06-2434-1991	48	58	°C
3	Titik Nyala	SNI 06-2433-1991	200	0	°C
4	Kelarutan CCl <sub>4</sub>	ASTM-D2042	99	-	% Berat
5	Daktalitas (25°C, 5 cm/menit)	SNI 06-2432-1991	100	-	Cm
6	Pen setelah kehilangan berat	SNI-06-2441-1991	54	-	% asli
7	Daktalitas setelah kehilangan berat	SNI-06-2432-1991	100	-	cm
6	Berat jenis	SNI 06-2488-1991	1	-	gr/cm <sup>3</sup>

### 2.3 Agregat

Agregat adalah suatu bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran yang berupa berbagai jenis butiran atau pecahan yang termasuk di dalamnya antara lain pasir, kerikil, agregat pecah, terak dapur tinggi.

Agregat adalah suatu kombinasi dari pasir, kerikil, batu pecah atau kombinasi material lain yang digunakan dalam campuran beton aspal. Proporsi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*) didasarkan kepada spesifikasi dan gradasi yang tersedia. Jumlah agregat di dalam campuran aspal biasanya 90 sampai 95 persen dari berat, atau 75 sampai 85 persen dari volume. Agregat dapat diperoleh secara alami atau buatan. Agregat yang terjadi secara alami adalah pasir, kerikil, dan batu.

Kebanyakan agregat memerlukan beberapa proses seperti dipecah, dicuci sebelum agregat tersebut bisa digunakan dalam campuran aspal. *Shell* (1990) mengelompokkan *aggregate* menjadi 3 (tiga), yaitu :

#### 2.3.1. Agregat Kasar

Agregat kasar yaitu batuan yang tertahan di saringan 2,36 mm, atau sama dengan saringan standar *ASTM* No. 8. Dalam campuran agregat - aspal, agregat kasar sangat penting dalam membentuk kinerja karena stabilitas dari campuran diperoleh dari *interlocking* antar agregat.

#### 2.3.2. Agregat halus

Agregat halus yaitu batuan yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm) dan tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm). Fungsi utama agregat halus adalah memberikan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari campuran melalui *interlocking* dan gesekan antar partikel.

#### 2.3.3. Mineral pengisi (*filler*)

Mineral pengisi (*filler*) yaitu material yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm). *Filler* dapat berfungsi untuk mengurangi jumlah rongga dalam campuran, namun demikian jumlah *filler* harus dibatasi pada suatu batas yang menguntungkan. Terlampaui tinggi kadar *filler* cenderung menyebabkan campuran menjadi getas dan akibatnya akan mudah retak akibat beban lalu lintas, pada sisi lain kadar *filler* yang terlampaui rendah menyebabkan campuran menjadi lembek pada temperatur yang relatif tinggi.

Agregat yang akan digunakan sebagai campuran beraspal panas AC-WC harus memenuhi persyaratan seperti tercantum pada Tabel 2.2, sebagai berikut

**Tabel. 2.2.** Pengujian dan persyaratan untuk *agregat* dan *filler*.

No.	Pengujian	Metoda	Syarat
<b>Agregat kasar</b>			
1	Penyerapan air	SNI 03-1969-1990	≤ 3%
2	Berat jenis	SNI 03-1970-1990	≥ 2,5
3	Keausan / Los angeles abrasion test	SNI 03-2417-1991	≤ 40%
4	Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 06-2439-1991	≥ 95%
5	Partikel pipih dan lonjong	ASTM D-4791	Maks 10%
<b>Agregat halus</b>			
1	Penyerapan air	SNI 03-1970-1990	≤ 3%
2	Berat jenis	SNI 03-1970-1990	≥ 2,5
3	Ekivalent pasir	AASHTO T-176	≥ 50%
<b>Filler</b>			
1	Berat jenis	SNI 15-2531-199	0,5- 9 gr/m <sup>3</sup>

## 2.4 Gradasi Campuran AC-WC

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan karakteristik perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan karakteristik dalam proses pelaksanaan di laboratorium maupun di lapangan (*AMP*)

Gradasi agregat dapat dibedakan atas :

- 2.4.1. Gradasi seragam (*uniform graded*) adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, berat volume kecil.
- 2.4.2. Gradasi rapat, merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang seimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik. Gradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek dan berat volume besar.
- 2.4.3. Gradasi senjang (*gap graded*), merupakan campuran yang tidak memenuhi 2 (dua) kategori di atas. *Aggregate* bergradasi buruk yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur merupakan campuran dengan 1 fraksi hilang atau 1 fraksi sedikit. Gradasi seperti ini juga disebut gradasi senjang. Gradasi senjang akan menghasilkan lapis perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis di atas.

Penentuan distribusi ukuran aggregate akan mempengaruhi kekakuan jenis campuran aspal. Gradasi rapat akan menghasilkan campuran dengan kekakuan yang lebih besar dibandingkan gradasi terbuka. Dari segi kelelahan, kekakuan adalah suatu hal yang penting karena akan mempengaruhi tegangan dan regangan yang diterima campuran beraspal panas akibat beban dinamik lalu lintas.

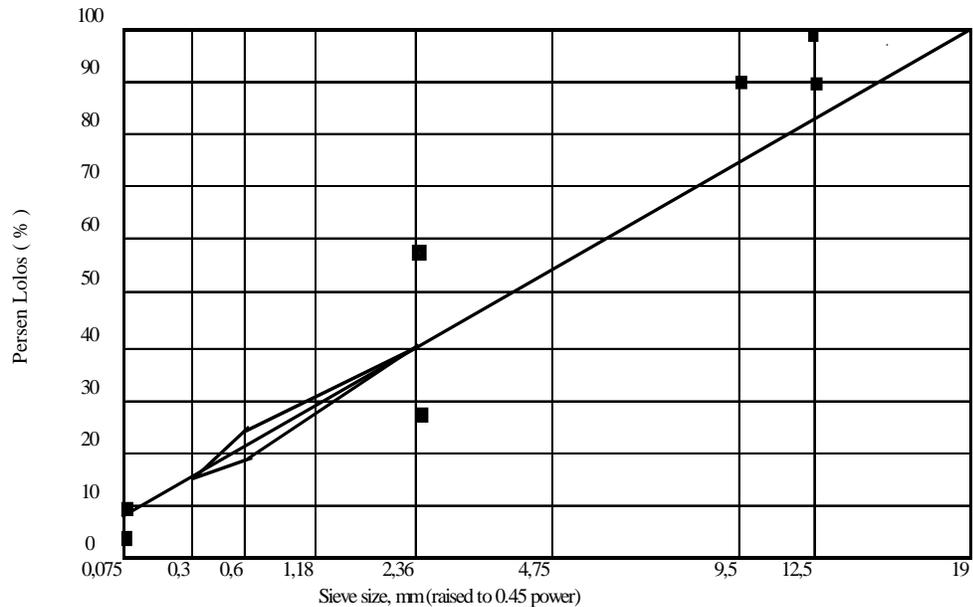
Spesifikasi baru beton aspal menetapkan gradasi dengan 2 (dua) spesifikasi khusus yaitu target gradasi berada dalam batas titik-titik kontrol dan menghindari daerah penolakan seperti Tabel 2.3 dan Gambar 2.1.

Titik-titik kontrol berfungsi sebagai batas rentang dimana suatu target gradasi harus lewat titik-titik tersebut diletakkan di ukuran maksimum nominal dan dipertengahan saringan (2,36 mm) dan ukuran saringan terkecil (0,075 mm).

**Tabel 2.3.** Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal

UKURAN AYAKAN		% BERAT YANG LOLOS						
		LATASIR (SS)		LASTON (HRS)		LASTON (AC)		
ASTM	(mm)	Kelas A	Kelas B	WC	Base	WC	BC	Base
1,5"	37,500							100
1"	25,000						100	90 – 100
¾"	19,000	100	100	100	100	100	90 - 100	MAKS. 90
½"	12,50			90 – 100	90 – 100	90 – 100	MAKS. 90	
3/8"	9,500	90 – 100		75 – 85	65 – 100	MAKS. 90		
NO. 8	2,360		75 – 100	50 – 72	1	28 - 58	23 - 39	19 – 45
NO. 16	1,180							
NO. 30	0,600			35 – 60	15 – 35			
NO. 200	0,075	10 – 15	8 – 13	6 – 12	2 – 9	4 - 10	4 - 8	3 – 7
DAERAH LARANGAN								
NO. 4	4,750					-	-	39,52
NO. 8	2,360					39,10	34,60	26,80 – 30,80
NO. 16	1,180					25,60–31,60	22,30–28,30	18,1 – 24,10
NO. 30	0,600					19,10–23,10	16,70 20,70	13,60 – 17,60
NO. 50	0,300					15,50	13,70	11,40

Sumber : Puslitbang Prasarana Transportasi (Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas) Edisi Agustus 2001



Gambar : 2.1 Spesifikasi Gradasi Campuran Ukuran Max 19 mm (AC-WC)

Daerah penolakan terletak di antara pertengahan saringan dan saringan 0,3 mm. Gradasi yang melewati daerah penolakan disebut "*humped gradation*" karena bentuk *hump* (punggung bukit) daerah ini.

Di dalam campuran, daerah penolakan ini menunjukkan terlalu banyak pasir halus dari seluruh total pasir, sehingga mengalami kesulitan dalam pemadatan dan mengurangi ketahanan terhadap deformasi selama umur rencana. Gradasi yang mengikuti garis kepadatan (*density*) maksimum seringkali memberikan *VMA* (*void in mineral aggregate*) yang tidak mencukupi untuk memberikan kadar aspal yang sesuai dalam menghasilkan keawetan campuran beraspal panas.

Kennedy (1996) menyarankan untuk menghasilkan kinerja jalan yang baik dengan volume lalu lintas yang tinggi dipilih target gradasi yang lewat di bawah daerah penolakan.

Gradasi agregat gabungan baik yang dilaksanakan dilaboratorium maupun di *Cold Feed Bin* di AMP, untuk gradasi agregat gabungan dilaboratorium harus dilaksanakan berdasarkan hasil analisis saringan, untuk itu ditentukan berat ukuran agregat dengan persentase yang telah ditetapkan terlebih dahulu dalam target gradasi campuran AC-WC, target gradasi ditentukan sesuai spesifikasi ukuran agregat maksimum 19mm. Sedangkan gradasi agregat gabungan di *Cold Feed Bin* di AMP didasarkan pada keseimbangan saringan yang ada di *Cold Feed Bin* untuk campuran AC-WC, terdiri dari *Cold Bin I* (pasir), *Cold Bin II* (abu batu), *Cold Bin III* (agregat kasar 1/2"), dan *Cold Bin IV* (agregat kasar 3/4").

## 2.5. Persyaratan Perencanaan Campuran Beraspal Panas

Perencanaan campuran mencakup kegiatan pemilihan dan penentuan proporsi material untuk mencapai sifat-sifat akhir dari campuran aspal yang diinginkan (*Asphalt Institute 1993*). Tujuan dari perencanaan campuran aspal adalah untuk mendapatkan campuran efektif dari gradasi agregat dan aspal yang akan menghasilkan campuran aspal yang memiliki sifat-sifat campuran sebagai berikut :

- a. Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi permanen yang disebabkan oleh lalu lintas, baik beban yang bersifat statis maupun dinamis sehingga campuran akan tidak mudah aus, bergelombang , melendut, bergeser dan lain-lain.
- b. Fleksibilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan terhadap defleksi akibat beban lalu lintas tanpa mengalami keretakan yang disebabkan oleh :
  - 1) Beban yang berlangsung lama yang berakibat terjadinya kelelahan pada lapis pondasi atau pada tanah dasar yang disebabkan oleh pembebanan sebelumnya.
  - 2) Lendutan berulang yang disebabkan oleh waktu pembebanan lalu lintas yang berlangsung singkat.
  - 3) Adanya perubahan volume campuran.
- c. Durabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk mempertahankan kualitasnya dari disintegrasi atas unsur-unsur pembentuknya yang diakibatkan oleh beban lalu lintas dan pengaruh cuaca. Campuran aspal harus mampu bertahan terhadap perubahan yang disebabkan oleh :
  - 1) Proses penuaan pada aspal dimana aspal akan menjadi lebih keras. Hal ini disebabkan oleh pengaruh oksidasi dari udara dan proses penguapan yang berakibat akan menurunkan daya lekat dan kekenyalan aspal.
  - 2) Pengaruh air yang menyebabkan kerusakan atau kehilangan sifat lekat antara aspal dan material lainnya.
- d. *Impermeability* adalah campuran aspal harus bersifat kedap air untuk melindungi lapisan perkerasan di bawahnya dari kerusakan yang disebabkan oleh air yang akan mengakibatkan campuran menjadi kehilangan kekuatan dan kemampuan untuk menahan beban lalu lintas.
- e. Pemasatan adalah proses pemampatan yang memberikan volume terkecil, menggelincir rongga sehingga batas yang disyaratkan dan menambah kepadatan optimal. Mengingat efek yang timbul oleh pengaruh udara,air serta pembebanan oleh arus lalu lintas apabila rongga dalam campuran tidak

memenuhi syarat yang ditentukan. hal ini harus dihindari supaya tidak terjadi penyimpangan. Pada pelaksanaan pemadatan dilapangan sangat rawan akan terjadinya penyimpangan, baik alat-alat yang digunakan tidak sesuai standar yang ditetapkan maupun jumlah lintasannya. *Hughes* dalam Fauziah (2001) menyatakan bahwa sifat fisik maupun mekanis campuran aspal sangat dipengaruhi oleh teknik pemadatan benda uji, untuk itu pemilihan teknik pemadatan laboratorium berpengaruh sangat nyata terhadap campuran aspal sebagai bahan pembentuk lapis perkerasan jalan. Pemadatan pada hakekatnya adalah untuk memperluas bidang sentuh antar butiran, sehingga mempertinggi *internal friction* yaitu gesekan antar butiran agregat dalam campuran. Pemadatan merupakan suatu upaya untuk memperkecil jumlah *VIM*, sehingga memperoleh nilai struktural yang diharapkan.

- f. Temperatur pemadatan merupakan faktor penting yang mempengaruhi pemadatan, kepadatan hanya bisa terjadi pada saat aspal dalam keadaan cukup cair sehingga aspal tersebut dapat berfungsi sebagai pelumas. Jika aspal sudah dalam keadaan cukup dingin maka kepadatan akan sulit dicapai. Temperatur campuran beraspal panas merupakan satu-satunya faktor yang paling penting dalam pemadatan, disebabkan temperatur pada saat pemadatan sangat mempengaruhi viscositas aspal yang digunakan dalam campuran beraspal panas. Apabila temperatur pada saat pemadatan rendah, mengakibatkan viscositas aspal menjadi tinggi dan membuat sulit dipadatkan. Menaikkan temperatur pemadatan atau menurunkan viscositas aspal berakibat partikel agregat dalam campuran beraspal panas dapat dipadatkan lebih baik lagi, adapun *density* pada saat pemadatan campuran beraspal panas terjadi pada suhu lebih tinggi dari 275<sup>0</sup> F (135<sup>0</sup> C). *Density* menurun dengan cepat ketika pemadatan dilakukan pada suhu lebih rendah.
- g. *Workability* adalah campuran agregat aspal harus mudah dikerjakan saat pencampuran, penghamparan dan pemadatan, untuk mencapai satuan berat jenis yang diinginkan tanpa mengalami suatu kesulitan sampai mencapai tingkat pemadatan yang diinginkan dengan peralatan yang memungkinkan.

Pada tahun 2001 Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah mengeluarkan Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas. Spesifikasi ini mengikuti trend perkembangan metoda perencanaan campuran beraspal yang berorientasi pada kinerja. Penyempurnaan spesifikasi campuran beraspal, terutama diarahkan untuk mengantisipasi kerusakan berupa deformasi plastis. Walaupun demikian upaya tersebut dilakukan dengan tidak mengorbankan keawetan dan ketahanan campuran terhadap fatig. Salah satu jenis campuran yang dirangkum dalam spesifikasi baru tersebut adalah *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*. Ketentuan sifat-sifat campuran dan gradasi agregat untuk campuran aspal Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas dapat dilihat pada Tabel 2.4

**Tabel 2.4.** Ketentuan Sifat-sifat Campuran

SIFAT-SIFAT CAMPURAN	LATASIR		LATASTON		LASTON		
	KELAS A & B	WC	BASE	WC	BC	BASE	

PENYERAPAN KADAR ASPAL		MAX.	2,0	1,2 UNTUK LALU LINTAS > 1.000.000 ESA 1,7 UNTUK LALU LINTAS < 1.000.000 ESA				
JUMLAH TUMBUKAN PER BIDANG			50	75			112	
RONGGA DALAM CAMPURAN (%)	LALU LINTAS (LL) > 1 JUTA ESA	MIN.	TIDAK DIGUNAKAN UNTUK LALU LINTAS BERAT	-		4,9		
		MAX.		-		5,9		
	> 0,5 JUTA ESA & < 1 JUTA ESA	MIN.		4,0		3,9		
		MAX.		6,0		4,9		
	LALU LINTAS (LL) < 0,5 JUTA ESA	MIN.		3,0			3,0	
	MAX.	6,0			5,0			
RONGGA DALAM AGGREGATE (VMA) (%)		MIN.	2,0	18	17	15	14	13
RONGGA TERISI ASPAL (%)	LALU LINTAS (LL) > 1 JUTA ESA	MIN.	TIDAK DIGUNAKAN UNTUK LALU LINTAS BERAT	65		65	63	60
	> 0,5 JUTA ESA & < 1 JUTA ESA	MIN.		68				
	LALU LINTAS (LL) < 0,5 JUTA ESA	MIN.		75				73
STABILITAS MARSHALL (Kg)		MIN.	200	800			800	
		MAX.	850	-			-	
KELELEHAN (mm)		MIN.	2	2			2	
		MAX.	3	-			-	
MARSHALL QUOTIENT (Kg/mm)		MIN	80	200			200	
STABILITAS MARSHALL SISA SETELAH PERENDAMAN SELAMA 24 JAM - 60° C		MIN	85 UNTUK LALU LINTAS > 1.000.000 ESA 80 UNTUK LALU LINTAS < 1.000.000 ESA					
PEMADATAN DENGAN KEPADATAN MUTLAK :								
JUMLAH TUMBUKAN MARSHALL 2 x TIAP PERMUKAAN			TIDAK DIGUNAKAN UNTUK LALU LINTAS BERAT	400			600	
RONGGA DALAM CAMPURAN (%) PADA KEPADATAN MEMBAL (REFUSAL)	LALU LINTAS (LL) > 1 JUTA ESA	MIN.		-		2,5		
		MAX.						
	> 0,5 JUTA ESA & < 1 JUTA ESA	MIN.		2				
		MAX.						
	LALU LINTAS (LL) < 0,5 JUTA ESA		1					

Catatan :

1. Modifikasi Marshall.
2. Untuk menentukan kepadatan membal (*refusal*), penumbuk bergetar (*Vibratory hammer*) disarankan digunakan untuk menghindari pecahnya butiran agregat dalam campuran. Jika digunakan penumbuk manual jumlah tumbukan perbidang harus 600 untuk cetakan berdiameter 6 in dan 400 untuk cetakan berdiameter 4 inch.
3. Untuk lalu lintas yang sangat lambat atau lajur padat, gunakan ESA yang lebih tinggi.
4. Berat jenis efektif agregat akan dihitung berdasarkan pengujian Berat Jenis Maksimum Agregat (*Gmm Test, AASHTO T-209*).
5. Direksi Pekerjaan dapat menyetujui prosedur pengujian *AASHTO T283* sebagai alternatif pengujian kepekaan kadar air. Pengkondisian beku cair (*freeze thaw conditioning*) tidak diperlukan. Standar minimum untuk diterimanya prosedur T283 harus 80% Kuat Tarik Sisa.

Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Agustus 2001.

## 2.6. Pengujian Analisa campuran AC-WC.

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

a. Berat Jenis Bulk dari Total Agregat :

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sb1}} + \frac{P_2}{G_{sb2}} + \frac{P_3}{G_{sb3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{sbn}}} \text{-----} (2.1)$$

b. Berat Jenis Aparent dari Total Agregat

$$G_{sa} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sa1}} + \frac{P_2}{G_{sa2}} + \frac{P_3}{G_{sa3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{san}}} \text{-----} (2.2)$$

c. Berat Jenis Efektif dari Total Agregat

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}} \text{-----} (2.3)$$

d. Berat Jenis Teoritik Maksimum dari Campuran (*Compacted Mixture*)

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \text{-----} (2.4)$$

e. Rongga Udara dalam Campuran (*Void in the Compated Mixture*) dalam persen terhadap total volume :

$$VIM = 100 \times \left( \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \right) \text{-----} (2.5)$$

f. Rongga dalam mineral agregat (*Void in the Mineral Aggregate*) dalam persen terhadap total volume :

$$VMA = 100 - \left( \frac{G_{MB} \times P_s}{G_{SB}} \right) \text{-----} (2.6)$$

g. Berat isi atau kepadatan (*density*) :

$$Density = \frac{\text{Berat benda uji di udara}}{\text{Isi benda uji}} \text{-----} (2.7)$$

h. Persen rongga terisi aspal (*Void Filled with Asphalt*) dalam persen terhadap VMA :

$$VFA = 100x\left(\frac{VMA - VIM}{VMA}\right) \text{ ----- (2.8)}$$

i. Marshall *Quotient* ( MQ )

$$MQ = \frac{MS}{MF} \text{ ----- (2.9)}$$

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

$$IRS = \frac{MS_i}{MSS} \times 100 \text{ ..... (2.10)}$$

Keterangan :

$G_{sb}$	= Berat Jenis Bulk total agregat dalam gr/cc
$P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$	= Persen berat dari agregat 1, 2, 3, ..., n
$G_{sb1}, G_{sb2}, G_{sb3}, \dots, G_{sbn}$	= Berat Jenis Bulk dari agregat 1, 2, 3, ..., n
$G_{sa}$	= Berat Jenis Apparent dari total agregat
$G_{sa1}, G_{sa2}, G_{sa3}, \dots, G_{san}$	= Berat Jenis Apparent dari agregat 1, 2, 3, ..., n
$G_{se}$	= Berat Jenis Efektif dari total agregat
$G_{mm}$	= Berat Jenis Teoritis maksimum dari campuran padat tanpa rongga udara.
$P_{mm}$	= Total campuran yang hilang. Persen dari total campuran = 100 %
$P_b$	= Kadar aspal dari total berat campuran
$G_b$	= Berat Jenis dari aspal
$P_s$	= Persentase agregat, persen dari total berat campuran
$G_{mb}$	= Berat Jenis Bulk dari campuran
<i>VIM</i>	= <i>Void in the Mix</i> (Persen rongga dalam campuran), Persen dari total volume
<i>VMA</i>	= <i>Void in Mineral Aggregate</i> (Persen rongga dalam mineral agregat), persen dari volume bulk
<i>VFA</i>	= Rongga udara yang terisi aspal, prosentase dari <i>VMA</i>
<i>MS</i>	= Stabilitas <i>Marshall</i>
<i>MF</i>	= <i>Marshall Flow</i> (kelelehan)
<i>MQ</i>	= <i>Marshall Quotient</i>
<i>MSS</i>	= Stabilitas <i>Marshall</i> kondisi Standar

<i>MSI</i>	= Stabilitas <i>Marshall</i> kondisi setelah direndam selama 24 jam dengan suhu 60° C
<i>IRS</i>	= <i>Indeks of Retained Strength</i> .

## 2.7. Metoda Pengujian *Marshall Test*.

Konsep dasar dari metoda *Marshall* dalam campuran aspal dikembangkan oleh *Bruce Marshall*, seorang insinyur bahan aspal bersama-sama dengan *The Mississippi State Highway Department*. Kemudian *The U.S. Army Corp of Engineers*, melanjutkan penelitian dengan intensif dan mempelajari hal-hal yang ada kaitannya, selanjutnya meningkatkan dan menambah kelengkapan pada prosedur pengujian *Marshall* dan pada akhirnya mengembangkan kriteria rancangan campuran pengujiannya, kemudian distandarisasikan didalam *American Society for Testing and Material 1989 (ASTM d-1559)*.

Dua parameter penting yang ditentukan dalam pengujian tersebut, seperti beban maksimum yang dapat dipikul benda uji sebelum hancur atau *Marshall Stability* dan deformasi permanen dari sampel sebelum hancur, yang disebut *Marshall Flow*, serta turunan dari keduanya yang merupakan perbandingan antara *Marshall Stability* dengan *Marshall Flow* yang diebut dengan *Marshall Quotient*, yang merupakan nilai kekakuan berkembang (*speudo stiffness*), yang menunjukkan ketahanan campuran beraspal terhadap deformasi permanen (*Shell, 1990*).

Pada sebagian besar agregat, daya ikat terhadap air jauh lebih besar jika dibandingkan terhadap aspal, karena air memiliki *wetting power* yang jauh lebih besar dari aspal. Keberadaan debu yang berlebihan pada agregat juga akan berakibat kegagalan pengikatan ataupun berakibat munculnya potensi kehilangan daya ikat campuran beraspal.

Uji perendaman *Marshall (Marshall Immersion Test)* merupakan uji lanjutan dari uji *Marshall* sebelumnya, dengan maksud mengukur ketahanan daya ikat/adhesi campuran beraspal terhadap pengaruh air dan suhu (*water sensitivity and temperature susceptibility*). Ada beberapa cara yang digunakan untuk menilai tingkat durabilitas campuran beraspal, salah satunya adalah dengan mencari *Marshall Retained Strenght Index* atau dengan cara lain yaitu dengan menghitung Indeks Penurunan Stabilitas. Perbedaan keduanya adalah dasar perbandingan dari variasi lamanya perendaman dalam alat *waterbath*. Prosedur pengujian durabilitas mengikuti rujukan SNI M-58-2990.

## 2.8. Penelitian yang telah dilakukan

Penelitian yang pernah dilakukan untuk membandingkan gradasi agregat gabungan dilaboratorium dan di *Hot Feed Bin* di *AMP* belum banyak/pernah dilakukan secara empirik yang dapat dijadikan acuan untuk penyusunan tesis / penelitian ini, diantaranya adalah : Proyek – proyek pembangunan jalan yang dilakukan oleh Dinas Bina Marga Pemerintah Provinsi Jawa tengah, dimana sebelum dilaksanakan operasional pelaksanaan pekerjaan pembagunan jalan, dilaksanakan *Trial Mixing Plant* untuk menyamakan gradasi gabungan yang sudah disepakati sesuai spesifikasi teknis dilaboratorium dan gradasi gabungan di *AMP* yang dilakukan atas dasar pengalaman, hasil *core drill trial mix* dan tidak ada standar yang konsisten terutama pada unit penimbunan/*stockpile* terhadap segregasi penimbunan dan kelembaban juga pada unit *cold feed bin*.

Penelitian dilakukan dengan membandingkan pengaruh gradasi agregat gabungan / *Job Mix Agregat Formula* dilaboratorium didasarkan nilai tengah sesuai spesifikasi dari campuran *AC-WC* dengan gradasi agregat gabungan / *Job Mix Agregat Formula* di unit *Hot Feed Bin* untuk campuran *AC-WC*, terdiri dari *Hot Bin I* (pasir), *Hot Bin II* (agregat kasar ½”), dan *Cold Bin III* (agregat kasar ¾”) terhadap karakteristik uji *Marshall* dan uji Durabilitas.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

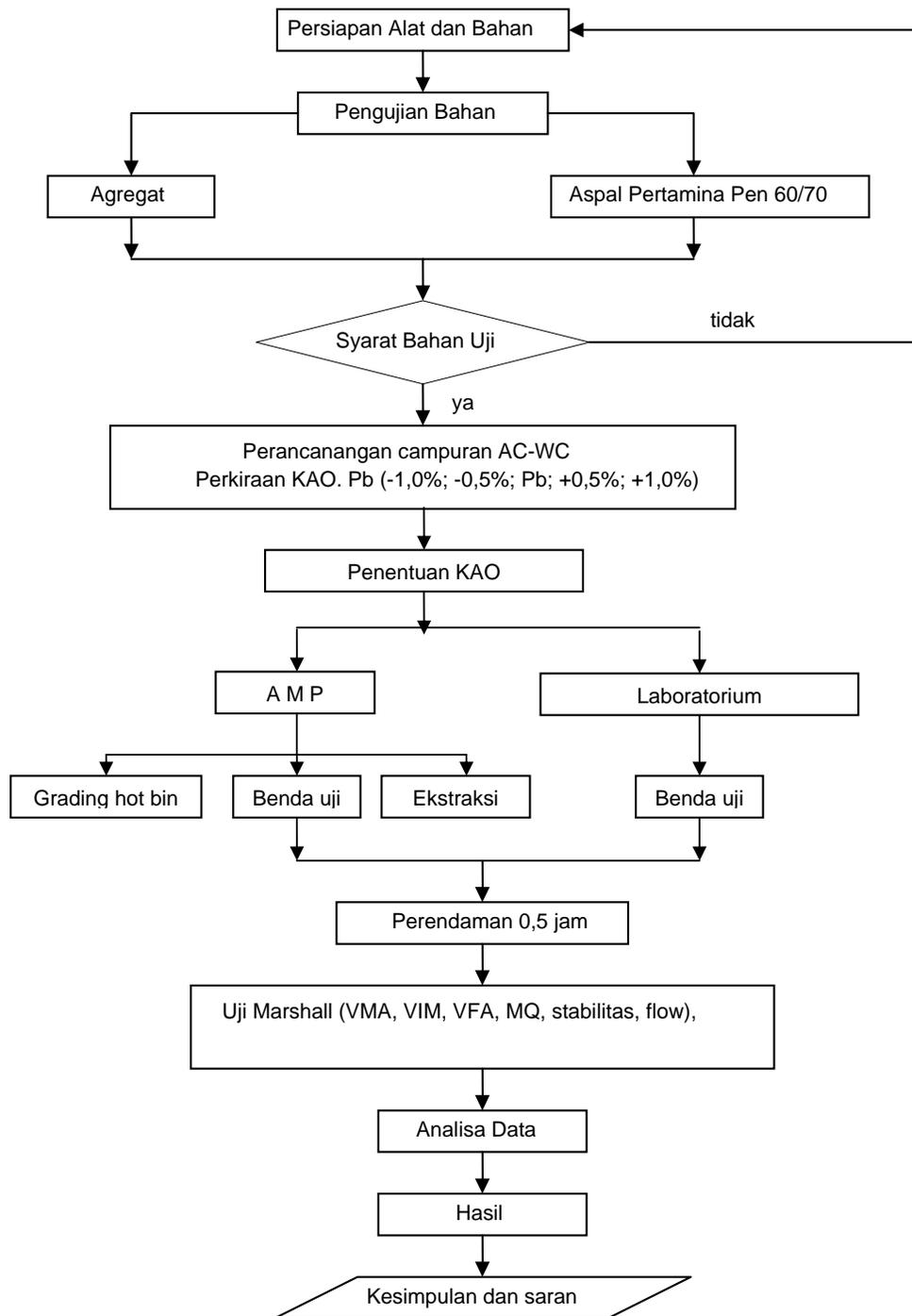
### 1.6. Umum

Agar tujuan dan sasaran penelitian dapat dicapai sesuai yang diharapkan perlu ditentukan alur / program kerja penelitian yang akan dilaksanakan. Alur / program kerja penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1, secara garis besar, metode pengkajian yang akan dilaksanakan berupa pengambilan bahan – bahan dilapangan / *stockpile* kemudian dilanjutkan pengujian / pengukuran dan pengamatan dilaboratorium baik terhadap bahan individu ( aspal, agregat, filler ) dan briket campuran aspal panas. Analisa data dilakukan dengan cara membandingkan hasil yang diperoleh dari pengujian dilaboratorium dengan nilai yang ada dalam persyaratan terhadap kinerja campuran *AC-WC*.

Bahan – bahan yang digunakan untuk campuran *AC-WC* harus sesuai dengan spesifikasi dan beragam pengujian dilakukan untuk menjamin bahan yang digunakan memiliki sifat – sifat yang diinginkan. Agregat yang digunakan berasal dari satu sumber agar diperoleh sifat – sifat teknis yang sama. Sebagai sebuah komponen penting dari campuran, aspal yang digunakan harus sesuai dengan kondisi lingkungan dan memenuhi spesifikasi.

Dalam penelitian ini, pengujian bahan – bahan dilakukan dengan menggunakan prosedur SNI. Jika prosedur pengujian tidak terdapat pada SNI, digunakan prosedur – prosedur lain seperti *AASHTO*, dan *ASTM*.

## Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian

### 3.2 Bahan Penelitian

- Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain:
- a. Agregat kasar, berasal dari Kalikuto, Batang dan diperoleh dari hasil pemecahan batu (*stone crusher*) dari AMP 05 PT. Adhi Karya Cabang VI .
  - b. Begitu pula untuk agregat pengisi (*filler*) yang digunakan adalah abu batu dari hasil pemecahan batu (*stone crusher*) dari AMP 05 PT. Adhi Karya Cabang VI.
  - c. Agregat halus (pasir kali), berasal dari Kalikuto, Batang dan diperoleh dari hasil pemecahan batu (*stone crusher*) dari AMP 05 PT. Adhi Karya Cabang VI.
  - d. Untuk bahan aspal menggunakan aspal aspal Pertamina dengan penetrasi 60/70.

### 3.3 Peralatan Penelitian

- a. Alat uji pemeriksaan aspal

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.

- b. Alat uji pemeriksaan agregat

Alat uji yang digunakan untuk pemeriksaan agregat antara lain mesin *Los Angeles* (tes abrasi), saringan standar, alat pengering (oven), timbangan berat, alat uji berat jenis (piknometer, timbangan, pemanas), alat uji indeks kepipihan, bak perendam, tabung *sand equivalent*, alat saringan uji soundness.

- c. Alat uji karakteristik campuran agregat aspal

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

- 1) Alat tekan *Marshall* yang terdiri kepala penekan berbentuk lengkung, cincin penguji berkapasitas 3000 kg (6000 lbs) yang dilengkapi dengan arloji pengukur kelelahan palstis (*flowmeter*).
- 2) Alat cetak benda uji berbentuk silinder diameter 10,2 cm (4 in) dengan tinggi 7,5 cm (3 in) untuk *Marshall* standar dan diameter 15,24 cm (6 in) dengan tinggi 9,52 cm untuk *Marshall* modifikasi dan dilengkapi dengan plat dan leher sambung.
- 3) Penumbuk manual yang mempunyai permukaan rata berbentuk silinder dengan diameter 9,8 cm (3.86 inch), berat 4,5 kg (10 lb) dengan tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18 in) untuk *Marshall* standar.
- 4) Ejektor untuk mengeluarkan benda uji setelah proses pemadatan.

- 5) Bak perendam (*water bath*) yang dilengkapi pengatur suhu.
- 6) Alat Ekstraksi untuk menguraikan hasil campuran beraspal panas dari *Hot Feed Bin Asphalt Mixing Plant (AMP)*.
- 7) Alat-alat penunjang meliputi panci pencampur, kompor pemanas, termometer, kipas angin, sendok pengaduk, kaos tangan anti panas, kain lap, kaliper, spatula, timbangan dan spidol untuk menandai benda uji.

### 3.4. Pengujian dan Persyaratan Bahan

#### 3.4.1. Aspal

aspal yang akan digunakan di sini adalah aspal Pertamina dengan penetrasi 60/70 dan pengujian yang dilakukan terhadap aspal tersebut adalah seperti dapat dilihat pada Tabel 2.1.

#### 3.4.2. Agregat dan Filler

Untuk keperluan pengujian dilaboratorium Agregat kasar dan halus diambil dari hasil pengolahan *Stock pile* di AMP 05 PT.Adhi Karya Cabang VI, dimana Agregat kasar bergradasi lolos saringan ¾" tertahan # 8 dan agregat halus bergradasi lolos saringan # 8 tertahan # 200. Bahan pengisi (*filler*) yang digunakan di dalam penelitian ini adalah abu batu sekurang - kurangnya 85 % dari material ini disyaratkan lolos saringan No. 200. Untuk keperluan pengujian dari lapangan bahan diambil dari *Cold Bin I* (pasir), *Cold Bin II* (abu batu), *Cold Bin III* (agregat kasar ½"), dan *Cold Bin IV* (agregat kasar ¾") AMP. Pengujian dan persyaratan untuk agregat dan *filler* dapat dilihat pada Tabel 2.2.

### 3.5. Metoda Campuran AC - WC

Ketentuan sifat-sifat campuran gradasi agregat untuk campuran aspal Spesifikasi baru beton aspal campuran panas dapat dilihat pada Tabel 2.3. dan Tabel 2.4.

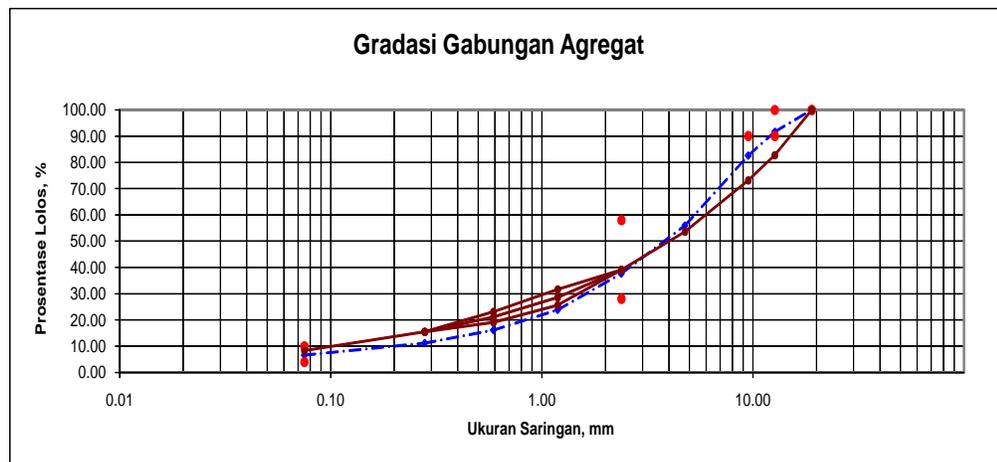
Jenis campuran yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji adalah campuran panas agregat aspal untuk laston AC-WC. Berdasarkan hasil analisis saringan maka ditentukan berat ukuran agregat dengan persentase yang telah ditetapkan terlebih dahulu dalam target gradasi. Target gradasi ditentukan sesuai spesifikasi untuk ukuran agregat maksimum 19mm (lihat tabel 3.4 dan gambar 3.2).

Pada pengujian dilaboratorium diketahui proporsi masing-masing fraksi pada titik tengah gradasi dimana setiap benda uji umumnya memerlukan berat kira-kira 1200 gram untuk menghasilkan tinggi benda uji setelah dipadatkan setinggi 63,50 ± 1,27 mm dengan diameter 100 mm (4inch.), seperti terlihat pada Tabel 3.1 dan Gambar 3.2

**Tabel : 3.1. Gradasi Gabungan Agregat di Laboratorium AC-WC**

	Ukuran Saringan								
	3/4 "	1/2 "	3/8 "	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 200
inchi									
mm	19,00	12,70	9,50	4,76	2,38	1,19	0,59	0,279	0,075

Data Analisa Saringan										
BP. Max.3/4"		100,00	40,51	11,87	4,40	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00
BP. Max 1/2"		100,00	100,00	88,40	31,68	12,72	1,26	0,00	0,00	0,00
Abu Batu		100,00	100,00	100,00	100,00	72,40	48,58	32,32	23,54	17,70
Pasir		100,00	100,00	100,00	94,10	87,32	74,44	55,48	34,92	10,36
Komposisi Campuran										
BP. Max.3/4"	14,00 %	14,00	5,67	1,66	0,62	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
BP. Max 1/2"	44,00 %	44,00	44,00	38,90	13,94	5,60	0,55	0,00	0,00	0,00
Abu Batu	31,00 %	31,00	31,00	31,00	31,00	22,44	15,06	10,02	7,30	5,49
Pasir	11,00 %	11,00	11,00	11,00	10,35	9,61	8,19	6,10	3,84	1,14
Total Gradasi Gabungan										
		100,00	91,67	82,56	55,91	37,67	23,80	16,12	11,14	6,63
Titik Kontrol	maks	100	100	90		58				10
	min	100	90			28				4
Garis Fuller		100	82,8	73,2	53,6	39,1	28,6	21,1	15,5	8,3
Zona Tertutup	maks					39,1	31,6	23,1	15,5	
	min					39,1	25,6	19,1	15,5	



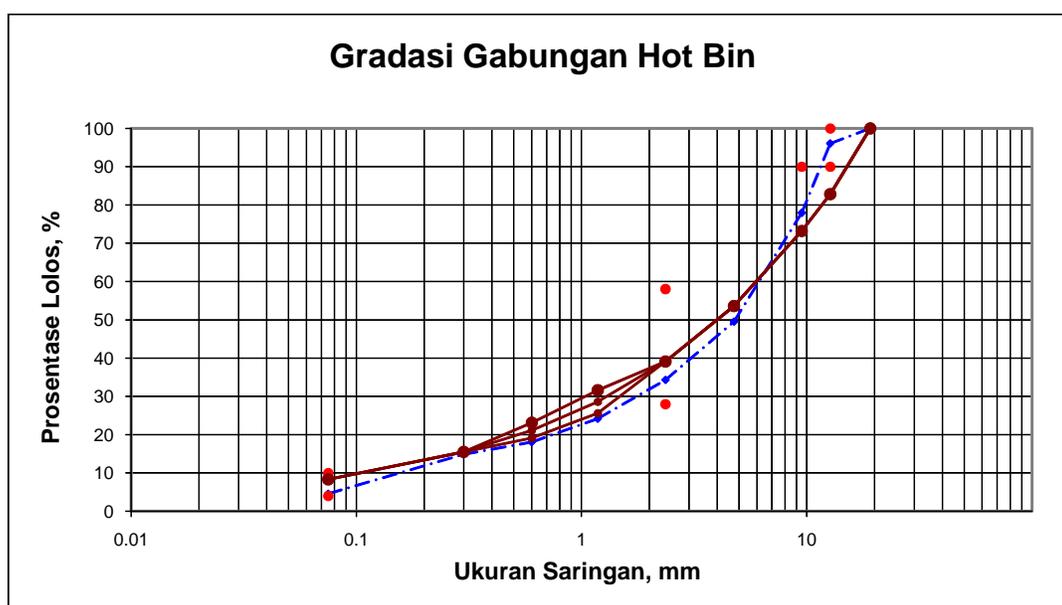
Gambar : 3.2 Gradasi Gabungan di Laboratorium

Sedangkan pada pengujian di *Hot Bin AMP* diketahui proporsi masing-masing fraksi sesuai *Hot Bin I* (pasir), *Hot Bin II* (abu batu), *Hot Bin III* (agregat kasar 1/2"), dan *hot Bin IV* (agregat kasar 3/4") seperti pada Tabel 3.2. dan Gambar 3.3.

Tabel 3.2. Target Gradasi Gabungan di *Hot Feed Bin AMP* dengan ukuran maksimum 19 mm

	Ukuran Saringan								
	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 200
Inchi	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 200
mm	19,1	12,7	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,075
Data Gradasi :									
HB. I	100,0	100,0	100,0	100,0	85,0	60,1	45,3	37,6	11,2
HB. II	100,0	100,0	100,0	47,1	4,3	2,5	1,2	0,9	0,8
HB. III	100,0	90,1	44,8	1,6	0,6	0,5	0,4	0,0	0,0

Kombinasi Agregat :										
HB. I	39 %	39,0	39,0	39,0	39,0	33,2	23,4	17,7	14,7	4,4
HB. II	21 %	21,0	21,0	21,0	9,9	0,9	0,5	0,3	0,2	0,2
HB. III	40 %	40,0	36,0	17,9	0,6	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0
<b>Total camp. agregat</b>		100,0	96,0	77,9	49,5	34,3	24,2	18,1	14,9	4,5
Spesifikasi gradasi										
Max	100	100	90		58					10
Min	100	90			28					4
<b>Fuller</b>	100	82,8	73,2	53,6	39,1	28,6	21,1	15,5	8,3	
Zona tertutup										
Max					39,1	31,6	23,1	15,5		
Min					39,1	25,6	19,1	15,5		



Gambar : 3.3. Target Gradasi Ukuran Maksimum 19 mm

### 3.5.1. Prosedur Perhitungan Kadar Aspal Rencana

Untuk menentukan kadar aspal optimum diperkirakan dengan penentuan kadar aspal optimum secara empiris dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% FF) + K \dots\dots\dots (3.1)$$

Dengan :

$P_b$  = perkiraan kadar aspal terhadap campuran, persentase berat terhadap campuran

CA = Agregat kasar tertahan saringan No. 8 (2,36 mm)

FA = Agregat halus lolos saringan No. 8 (2,36 mm)

FF = Bahan pengisi (filler) lolos saringan No. 200

K = Konstanta 0,5- 1,0 untuk laston

a. Tahap I :

Berdasarkan perkiraan kadar aspal optimum Pb dibuat benda uji dengan jenis aspal yang berbeda, yaitu aspal pertamina dengan dua variasi kadar aspal diatas Pb dan dua variasi kadar aspal dibawah Pb (-1,0 %; - 0,5 %; Pb; +0,50 %, + 1,0%), masing-masing 2 (dua) benda uji terdiri dari kondisi *dry* ( kering ) dan *soaked* ( rendaman ). Kemudian dilakukan pengujian *Marshall* pada (2 x 75) tumbukan untuk menentukan *VIM*, *VMA*, *VFA*, kepadatan, stabilitas, kelelehan, *MQ*, dan *IRS*. Dari grafik hubungan antara kadar aspal dengan parameter *Marshall* , tentukan kadar aspal optimum.

b. Tahap II :

Buat 48 (empat puluh delapan) benda uji pada gradasi agregat gabungan secara Laboratorium dan 72 (tujuh puluh dua) benda uji *ekstraksi* dari hasil gradasi gabungan di unit *Hot Feed Bin AMP* pada kadar aspal optimum, kemudian variasikan masing-masing kadar aspal optimum (-0,50%;  $K_{opt.} + 0,50\% + 1,0\%$ ) dan lakukan kembali uji *Marshall* (2 x75) untuk menentukan *VIM*, *VMA*, *VFA*, kepadatan, stabilitas, *Flow* , hasil bagi *Marshall*.

**Tabel 3.3.** Jumlah sampel yang direncanakan  
Tahap I : Uji *Marshall* menentukan Kadar Aspal Optimum

Jenis Aspal	Kadar Aspal (%)					Jumlah
	-1,0%	-0,5%	Pb	+0,5 %	1%	
Aspal Pen. 60/70	D	D	D	D	D	5
	S	S	S	S	S	5
Sub total						10

Tahap II :Uji *Marshall* menggunakan Gradasi Agregat Gabungan cara Laboratorium

Jumlah Tumbukan	Kadar aspal jenis <i>Esso</i>				Jumlah	Jumlah Uji	Jumlah Sampel
	- 0,5%	$Pb_{opt}$	0,5%	1%			
2 x 75	2D	2D	2D	2D	8	3	24
	2S	2S	2S	2S	8	3	24
Sub total							48

Tahap II :Uji *Marshall* menggunakan Gradasi Agregat Gabungan dari *Hot Bin AMP*

Jumlah Tumbukan	Kadar aspal jenis <i>Esso</i>				Jumlah	Jumlah Uji	Jumlah Sampel
	- 0,5%	$Pb_{opt}$	0,5%	1%			
2 x 75	3D	3D	3D	3D	12	3	36
	3S	3S	3S	3S	12	3	36

Sub total	72
-----------	----

Keterangan:

S = sampel diasumsikan dalam kondisi (*Soaked*) rendaman

D = sampel diasumsikan dalam kondisi (*dry*) kering.

Jumlah total sampel penelitian :  $10 + 48 + 72 = 130$  sampel

### 3.5.2. Pengujian *Marshall*

- a. Menimbang agregat sesuai dengan prosentase pada target gradasi yang diinginkan untuk masing-masing fraksi dengan berat campuran kira-kira 1200 gram untuk diameter 4 inch, kemudian keringkan campuran agregat tersebut sampai beratnya tetap pada suhu  $(105 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ .
- b. Memanaskan aspal untuk pencampuran yaitu pada viskositas kinematik  $100 \pm 10$  centistokes, agar temperatur pencampuran agregat dan aspal tetap maka pencampuran dilakukan diatas pemanas dan diaduk hingga rata.
- c. Setelah temperatur pemadatan tercapai yaitu pada viskositas kinematik  $100 \pm 10$  centistokes, maka campuran tersebut dimasukkan ke dalam cetakan yang telah dipanasi ( $100^{\circ} \text{C}$  hingga  $170^{\circ} \text{C}$ ) dan diolesi vaselin terlebih dahulu, serta bagian bawah cetakan diberi sepotong kertas filter atau kerta lilin (*waxed paper*) yang telah dipotong sesuai dengan diameter cetakan, sambil ditusuk-tusuk dengan spatula sebanyak 15 kali dibagian tepi dan 10 kali dibagian tengah.
- d. Pemadatan standar dilakukan dengan pemadat manual dengan jumlah tumbukan 75 kali dibagian sisi atas kemudian dibalik dan sisi bagian bawah juga ditumbuk sebanyak 75 kali.
- e. Setelah proses pemadatan selesai benda uji didiamkan agar suhunya turun, setelah dingin benda uji dikeluarkan dengan ejektor dan diberi kode.
- f. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel dan diukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm dan ditimbang beratnya di udara.
- g. Benda uji direndam dalam air selama 10 – 24 jam supaya jenuh.
- h. Setelah jenuh benda uji ditimbang dalam air.

- i. Benda uji dikeluarkan dari bak perendam dan dikeringkan dengan kain pada permukaan agar kondisi kering permukaan jenuh (*saturated surface dry, SSD*) kemudian ditimbang.
- j. Benda uji direndam dalam bak perendaman pada suhu  $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  selama 30 hingga 40 menit. Untuk uji perendaman mendapatkan stabilitas sisa pada suhu  $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam.
- k. Bagian dalam permukaan kepala penekan dibersihkan dan dilumasi agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.
- l. Benda uji dikeluarkan dari bak perendam, letakkan benda uji tepat di tengah pada bagian bawah kepala penekan kemudian letakkan bagian atas kepala penekan dengan memasukkan lewat batang penuntun, kemudian letakkan pemasangan yang sudah lengkap tersebut tepat di tengah alat pembebanan, arloji kelelahan (*flow meter*) dipasang pada dudukan diatas salah satu batang penuntun.
- m. Kepala penekan dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur kedudukan jarum arloji penekan dan arloji kelelahan pada angka nol.
- n. 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*.
- o. 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.
- p. Untuk pembuatan benda uji dilakukan dengan menggunakan jenis aspal Pertamina dengan tingkat penetrasi 60/70.
- q. Campuran agregat aspal standar dimasukkan kedalam cetakan dan ditumbuk tiap sisi sebanyak 75 kali pada temperatur  $\pm 160^{\circ}\text{C}$ .
- r. Selanjutnya campuran agregat – aspal dicampur pada suhu  $\pm 160^{\circ}\text{C}$ , sedangkan suhu pematatannya ditetapkan pada suhu  $140^{\circ}\text{C}$

- s. Campuran agregat aspal untuk mencapai kepadatan membal dimasukkan kedalam cetakan dan ditumbuk tiap sisinya 400 kali pada suhu pencampuran  $\pm 160^{\circ}\text{C}$  dan suhu pemadatan  $\pm 140^{\circ}\text{C}$ .
- t. Setelah proses pemadatan selesai, benda uji didinginkan selama  $\pm 4$  jam, dan kemudian dilakukan *test Marshall*.

### 3.5.3. Pengujian Perendaman Standard

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

### 3.6. Hipotesa

Dalam penelitian ini dilandasi oleh suatu hipotesa. Ditolak atau diterimanya hipotesa tersebut ditentukan oleh hasil akhir penelitian. Jadi penelitian bisa saja sesuai dengan hipotesa atau berbeda dengan perkiraan hipotesa yang direncanakan. Adapun hipotesa dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Melihat korelasi besarnya pengaruh gradasi gabungan di laboratorium dan gradasi di unit *Hot Feed Bin Asphalt Mixing Plant (AMP)* pada campuran Laston (*AC – WC*) terhadap karakteristik uji *Marshall* dan uji Durabilitas.
- b. Rancangan gradasi agregat gabungan (*JMAGF*) yang telah ditentukan sesuai dengan spesifikasi *AC-WC* yang keluar dari pintu *Hot Feed Bin AMP* dapat memenuhi persyaratan diatas 95 % dari rancangan gradasi agregat gabungan (*JMAGF*) yang di buat dilaboratorium.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Pengujian Material

Sebagaimana yang telah disampaikan pada bagan alir pengujian material dilakukan dengan acuan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *AASHTO* sebagai acuan apabila pengujian yang dimaksud tidak terdapat dalam SNI, pengujian material meliputi : Sifat agregat ( kasar, halus dan *Filler*), serta pemeriksaan sifat fisik aspal Penetrasi 60/70.

##### 4.1.1. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat

Hasil penelitian sifat fisik agregat meliputi agregat kasar dan agregat halus dapat dipresentasikan pada Tabel. 4.1. dan secara lengkap hasil penelitian dapat dilihat pada Lampiran A.1 sampai dengan Lampiran A.5.

**Tabel 4.1.** Hasil Penelitian Sifat Fisik Agregat

No	Karakteristik	Standar Pengujian	Persyaratan	Hasil	Keterangan
<b>A. Agregat Kasar</b>					
1	Penyerapan air	SNI 03-1969-1990	maks. 3%	2,68%	Memenuhi
2	Berat Jenis	SNI 03-1970-1990	min. 2.5 gr/cc	2.604 gr/cc	Memenuhi
3	Abrasi dgn mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	maks. 40%	23,73%	Memenuhi
4	Kelekatan agregat thdp aspal	SNI 03-2439-1991	min. 95%	98%	Memenuhi
5	Partikel pipih	ASTM D-4791	maks. 25%	16,93%	Memenuhi
6	<i>Soundness test</i>	ASHTO T104.74	Maks. 7	5.26	Memenuhi
<b>B. Agregat Halus</b>					
1	Penyerapan air	SNI 03-1969-1990	maks. 3%	1,40%	Memenuhi
2	Berat Jenis	SNI 03-1970-1990	min. 2.5 gr/cc	2.652 gr/cc	Memenuhi
3	Nilai setara pasir	AASHTO T-176	min. 50%	74,5 %	Memenuhi
<b>Filler</b>					
1	Berat jenis	1	-	2,523	Memenuhi

Sesuai dengan hasil dari pengujian yang dilakukan maka material yang berasal dari batu ex-Kalikuto diperoleh dari hasil pemecahan batu (*stone crusher*) dari AMP PT. Adhi Karya Divisi Konstruksi Wilayah III Semarang (Mangkang) **dapat digunakan sebagai** bahan campuran agregat pada AC-WC. sedangkan *filler* yang digunakan adalah hasil dari penyaringan abu batu dari (*stone crusher*) dari AMP PT. Adhi Karya Divisi Konstruksi Wilayah III Semarang (Mangkang) yang lolos saringan No. 200 (ASTM) / 0,075 mm. Hasil-hasil pengujian agregat menunjukkan bahwa baik agregat kasar, agregat halus dan *filler* memenuhi persyaratan. Agregat kasar batu Kalikuto, mempunyai nilai berat jenis

*bulk* (curah) 2,604 gr/cc lebih besar dari nilai berat jenis minimal sebesar 2,5 gr/cc, sedangkan berat jenis semu dan berat jenis efektif tidak dipersyaratkan, tetapi sebaiknya mengacu pada persyaratan > 2,5 gr/cc, sedangkan penyerapan air diperoleh dari pengujian didapat hasil 2,68 % yang lebih kecil dari persyaratan maksimum yang ditetapkan sebesar 3%.

Untuk hasil pengujian keausan agregat kasar dengan menggunakan mesin *Los Angeles*, menunjukkan bahwa agregat kasar yang akan digunakan tahan terhadap abrasi, ini dapat dilihat dari hasil pengujian nilai keausan 23,73 % yang diperoleh lebih kecil dari persyaratan maksimum yang ditetapkan sebesar 40 %, sedangkan nilai kelekatan agregat kasar terhadap aspal 98 %, menunjukkan bahwa lebih dari 95 % sebagai persyaratan minimum yang ditetapkan agregat kasar terselimuti aspal.

Pengujian Indek Kepipihan yang bertujuan untuk membatasi jumlah agregat kasar bentuk pipih dalam campuran yang ditunjukkan dalam nilai indek kepipihan. Dari hasil pengujian didapat nilai indek kepipihan 16,93 % dibawah batas maksimal yang dipersyaratkan sebesar 25 %.

Pada pengujian agregat halus, hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa agregat halus (pasir), berasal dari kali Muntilan, mempunyai nilai berat jenis *bulk* (curah) 2,652 gr/cc lebih besar dari nilai berat jenis minimal sebesar 2,5 gr/cc, sedangkan berat jenis semu dan berat jenis efektif tidak dipersyaratkan, tetapi sebaiknya mengacu pada persyaratan > 2,5 gr/cc, sedangkan penyerapan air diperoleh dari pengujian didapat hasil 1,40 % yang lebih kecil dari persyaratan maksimum yang ditetapkan sebesar 3 %.

Pengujian *Soundness* bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap pengaruh cuaca yang menunjukkan tingkat keawetan suatu agregat, dari hasil pengujian pada agregat yang lolos saringan 3/4" dan tertahan 3/8", serta lolos saringan 3/8" tertahan # 4, hasil rerata yang diperoleh 5,26% dibawah batas maksimal yang dipersyaratkan sebesar 7 %.

Uji *sand equivalent* bertujuan untuk mengetahui kandungan kadar lumpur pada agregat halus, sebagai persyaratan untuk nilai *sand equivalent* batas minimum 50 %, sedangkan hasil uji yang diperoleh dari agregat halus 74,5% memenuhi batas yang dipersyaratkan.

Pada pengujian untuk *filler* sebagaimana dipersyaratkan hanya diuji berat jenis, sebagai rujukkan persyaratan minimal nilai berat jenisnya 1 %, sedangkan hasil uji yang diperoleh nilainya sebesar 2,523 gr/cc.

Secara keseluruhan baik agregat kasar, agregat halus dan *filler* telah memenuhi persyaratan sebagai bahan campuran Spesifikasi baru pada Lataston (*AC-WC*).

#### 4.1.2. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal

Pemeriksaan dilakukan terhadap sifat fisik aspal penetrasi 60/70 untuk ex Pertamina yang telah memenuhi spesifikasi SNI dan *AASHTO*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.3. Hasil secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran B.1. sampai B.10

**Tabel 4.3.** Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal Pen. 60/70. Ex Pertamina

No	Sifat-sifat	Satuan	Spesifikasi Pen 60/70		Hasil Pemeriksaan	Keterangan
			Min	Max		
1	Penetrasi (25 <sup>0</sup> C, 100 gr, 5 detik)	0,1 mm	60	79	62	Memenuhi
2	Titik lembek ( <i>ring and ball test</i> )	<sup>0</sup> C	48	58	54	Memenuhi
3	Titik nyala ( <i>cleveland open cup</i> )	<sup>0</sup> C	200	-	321	Memenuhi
4	Kehilangan berat ( 163 <sup>0</sup> C), 5 jam	% berat	-	0,8	0,16	Memenuhi
5	Kelarutan (CCl <sub>4</sub> )	% berat	99	-	99,32	Memenuhi
6	Daktilitas (25 <sup>0</sup> C, 5 cm per menit)	Cm	100	-	>110	Memenuhi
7	Pen setelah kehilangan berat	% asli	54	-	81,83	Memenuhi
8	Daktilitas setelah kehilangan berat	Cm	50	-	>110	Memenuhi
9	Berat jenis (25 <sup>0</sup> C)	gr/cm <sup>3</sup>	1	-	1,033	Memenuhi

Aspal merupakan hasil dari sisa (residu) dari produksi minyak mentah, sehingga sifat-sifat aspal harus selalu diperiksa dilaboratorium, pemeriksaan aspal terdiri dari :

a. Pemeriksaan Penetrasi

Nilai penetrasi didapat dari uji penetrasi dari alat penetrometer pada suhu 25<sup>0</sup>C dengan beban 100 gr selama 5 detik, dimana dilakukan sebanyak lima kali. Dari hasil pemeriksaan aspal penetrasi 60/70 diatas menunjukkan hasil 62 yang berarti memenuhi peryaratan antara 60 mm – 79 mm.

b. Pemeriksaan Daktilitas Aspal

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik pada cetakan yang berisi aspal sebelum putus, pada suhu 25<sup>0</sup>C dengan kecepatan tarik 5 cm/menit. Besarnya daktilitas aspal 60/70 disyaratkan minimal 100 cm. Dari hasil uji pemeriksaan daktilitas terhadap kedua jenis aspal diatas diperoleh hasil diatas 110 cm, sehingga kedua jenis aspal penetrasi 60/70 diatas menunjukkan hasil memenuhi peryaratan.

c. Pemeriksaan Titik Lembek

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah mengukur nilai temperatur dimana bola-bola baja mendesak turun lapisan aspal yang ada pada cincin, hingga aspal tersebut menyentuh dasar pelat yang terletak di bawah cincin pada jarak 1 (inch), sebagai akibat dari percepatan pemanasan tertentu. Berat bola baja 3,45 -3,55 gr dengan diameter 9,53 mm. Pemeriksaan ini diperlukan untuk mengetahui batas kekerasan aspal. Pengamatan titik lembek dimulai dari suhu 5<sup>0</sup>C sebagai batas paling tinggi sifat kekakuan dari aspal

yang disebabkan sifat termoplastik. Untuk aspal keras jenis penetrasi 60/70, syarat titik lembek berkisar antara 48<sup>0</sup>C – 58<sup>0</sup>C. Dari pengujian yang dilakukan diperoleh nilai 54 yang berarti memenuhi syarat.

d. Pemeriksaan Titik Nyala

Pemeriksaan ini untuk menentukan suhu dimana diperoleh nyala pertama diatas permukaan aspal dan menentukan suhu dimana terjadi terbakarnya pertama kali diatas permukaan aspal. Dengan mengetahui nilai titik nyala dan titik bakar aspal, maka dapat diketahui suhu maksimum dalam memanaskan aspal sebelum terbakar. Besarnya titik nyala yang disyaratkan untuk penetrasi 60/70 minimal 200<sup>0</sup>C. Dari hasil pemeriksaan menunjukkan titik nyala sebesar 321 yang berarti memenuhi persyaratan yang ditentukan

e. Pemeriksaan kehilangan berat

Pemeriksaan ini berguna untuk mengetahui pengurangan berat akibat penguapan unsur-unsur aspal yang mudah menguap dalam aspal. Apabila aspal dipanaskan didalam oven pada suhu 163<sup>0</sup>C dalam waktu 4,5 – 5 jam, maka akan terjadi reaksi terhadap unsur-unsur pada aspal, sehingga dimungkinkan sifat aspal akan berubah, ini tidak diharapkan pada lapis perkerasan lentur dengan menggunakan aspal, untuk itu dipersyaratkan kehilangan berat aspal maksimum adalah 0,8 % dari berat semula. Dari hasil pemeriksaan menunjukkan kehilangan berat aspal 0,16 % yang berarti memenuhi persyaratan yang ditentukan.

f. Pemeriksaan penetrasi setelah kehilangan berat.

Aspal yang dipanaskan pada suhu 163<sup>0</sup>C. Selama waktu ± 5jam akan mengalami kehilangan berat, sebagai akibatnya aspal akan mengalami perubahan sifat, perubahan ini akan diketahui dari pemeriksaan terhadap aspal tersebut. Pemeriksaan aspal dilakukan uji penetrasi setelah kehilangan berat yang pada umumnya aspal yang sudah mengalami penurunan berat akan mempunyai angka penetrasi yang lebih kecil dari angka penetrasi standarnya, dengan kata lain kekerasannya menjadi meningkat, tetapi bukan berarti kualitas aspal menjadi semakin baik, dikarenakan sifat aspal menjadi kurang lentur dan mudah retak, dalam hal ini justru akan mengurangi kualitas aspal. Dari hasil pemeriksaan diperoleh persentasi penetrasi setelah kehilangan berat sebesar 81,83 % yang memenuhi persyaratan (minimum 54 %).

g. Pemeriksaan kelarutan dalam Carbon tetra Clorida (*CCl<sub>4</sub>*)

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan jumlah unsur aspal dalam *CCl<sub>4</sub>*, dengan adanya bahan-bahan tidak terlarut dalam *CCl<sub>4</sub>* menunjukkan adanya bahan lain yang terlarut dalam residu aspal. Persyaratan dalam pemakaian aspal yang diinginkan adalah aspal dalam kondisi tidak tercampur dengan bahan-bahan lain yang tidak terlarut dalam *CCl<sub>4</sub>*, untuk aspal penetrasi 60/70 disebutkan minimal sebesar 99%. Dari hasil pemeriksaan diperoleh hasil 99,32 % yang berarti memenuhi persyaratan.

h. Pemeriksaan berat jenis aspal

Berat jenis merupakan perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama. Persyaratan yang ditentukan untuk berat jenis aspal adalah 1 gr/cc. Dari hasil pemeriksaan menunjukkan hasil 1,033 gr/cm<sup>3</sup> diatas persyaratan, sehingga aspal ex Pertamina dapat digunakan dalam penelitian sebagai bahan ikat pada campuran AC-WC.

Secara keseluruhan pemeriksaan terhadap sifat-sifat fisik aspal Penetrasi (60/70) ex Pertamina telah memenuhi standar spesifikasi aspal penetrasi 60/70.

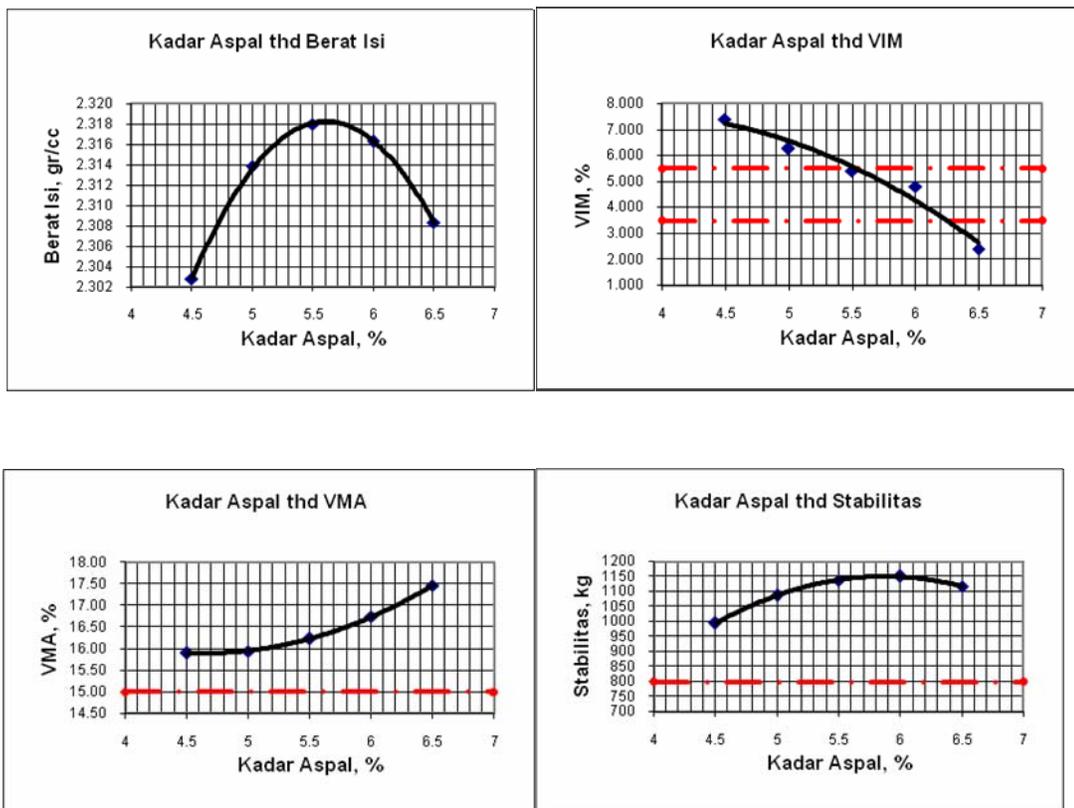
Pengujian *Marshall* dan uji Durabilitas dilakukan dalam dua tahap. tahap pertama adalah untuk mencari Kadar aspal optimum dengan tolok ukur besaran *VIM* antara 3,5%-5,5% sesuai Spesifikasi baru untuk campuran Lataston AC-WC, sedangkan tahap kedua untuk mencari sifat-sifat *Marshall* campuran pada kondisi standard serta Pengujian perendaman standard

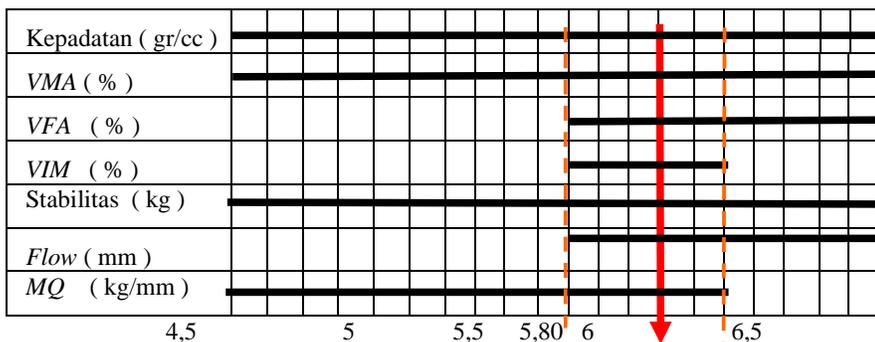
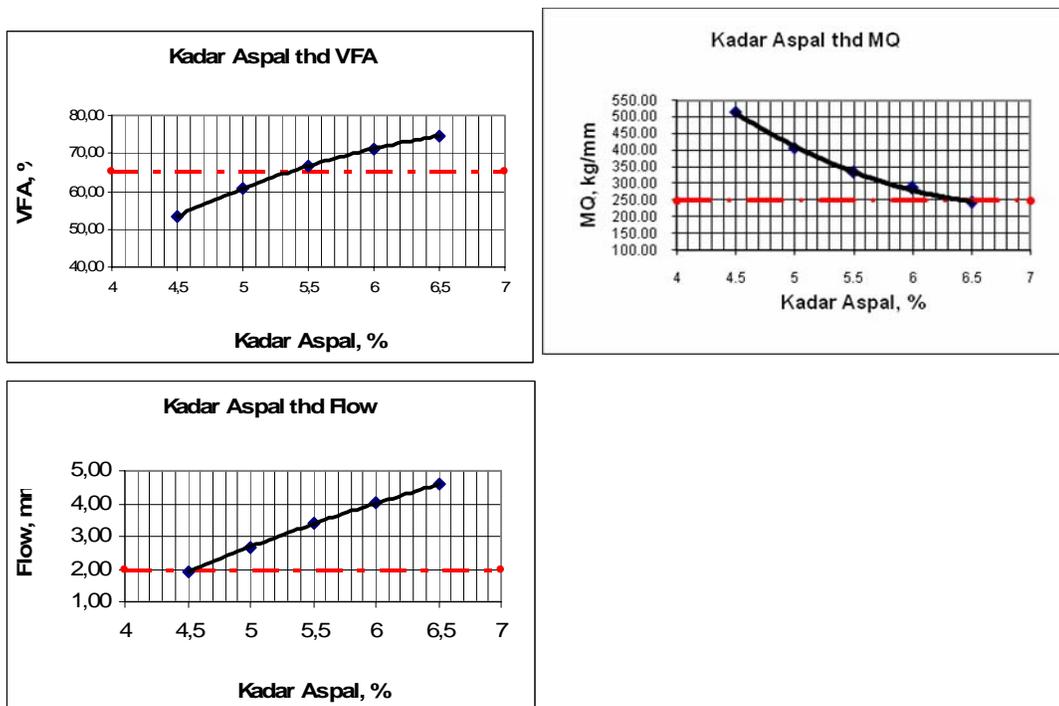
#### 4.1.3. Hasil Pengujian Marshall Tahap I

Pada tahap pertama disiapkan masing-masing dua jenis sampel untuk masing-masing kondisi *Dry* dan *Soaked*, dengan pembuatan benda uji dilakukan pada kadar aspal optimum perkiraan sebesar 5,5 %, terhadap total agregat dan dilakukan variasi kadar aspal sebesar 4,5 %, 5 %, 5,5 %, 6 %, 6,5 %. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.4. dan hasil secara lengkap terdapat pada Lampiran C.

**Tabel 4.4.** Hasil Test *Marshall* Campuran AC-WC dengan variasi kadar aspal

No	Karakteristik	Syarat	% Kadar aspal terhadap total agregat				
			4,5	5	5,5	6	6,5
1	Density ( gr/cc )	-	2,303	2,314	2,318	2,316	2,308
2	VMA ( % )	min 15	15,90	15,94	16,23	16,74	17,46
3	VFA ( % )	min 65	53,48	60,69	66,65	71,35	74,59
4	VIM ( % )	3,5 – 5,5	7,397	6,266	5,414	4,796	2,416
5	Stabilitas ( kg )	min 800	995	1087	1136	1151	1116
6	Flow ( mm )	min 2.0	1,93	2,67	3,39	4,01	4,58
7	MQ ( kg/mm )	min 250	516,78	408,01	335,25	287,38	243,99





**Gambar 4.1. Penentuan Kadar Aspal Optimum Penetrasi 60/70**

Dari nilai karakteristik campuran yang dihasilkan pada test *Marshall* tersebut diatas pada tahap I, sesuai Spesifikasi Baru serta dari hasil analisa seperti pada Tabel 4.4 didapat nilai karakteristik yang memenuhi syarat untuk  $VMA > 15\%$  pada kadar aspal 4,5% - 6,5%,  $VFA > 65\%$  pada kadar aspal 5,5% - 6,5% dan  $VIM 3,5\% - 5,5\%$  pada kadar aspal 5,5% - 6%, dari hasil analisis *void* dan uji stabilitas dan fleksibilitas di atas, ditentukan kadar aspal optimum 5,80 %, seperti ditunjukkan pada Tabel 4.4. dan Gambar 4.1.

**4.1.4. Hasil Pengujian *Marshall* Laboratorium (2 x 75) tumbukan, serta Uji Perendaman Standard pada Kadar Aspal Optimum.**

Kemudian dilanjutkan pada penelitian Laboratorium tahap II yaitu untuk mencari nilai karakteristik *Marshall* kondisi standar (2x75) tumbukan.

Pada tahap II, juga disiapkan masing-masing pada kondisi *dry* dan *soaked*, dengan pembuatan benda uji sebanyak 3 contoh dilakukan pada kadar aspal 5,30 %; 5,80%; 6,30%; 6,80%, dan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5, sampai dengan Tabel 4.13. dan Gambar 4.2., hasil secara lengkap terdapat pada Lampiran D

**Tabel.4.5.** Hasil Gradasi Campuran AC - WC untuk pengujian di Laboratorium

		Ukuran Saringan								
		3/4 "	1/2 "	3/8 "	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 200
		mm	19,00	12,70	9,50	4,76	2,38	1,19	0,59	0,075
<b>Data Analisa Saringan</b>										
BP. Max. 3/4"		100,00	40,51	11,87	4,40	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00
BP. Max 1/2"		100,00	100,00	88,40	31,68	12,72	1,26	0,00	0,00	0,00
Abu Batu		100,00	100,00	100,00	100,00	72,40	48,58	32,32	23,54	17,70
Pasir		100,00	100,00	100,00	94,10	87,32	74,44	55,48	34,92	10,36
<b>Komposisi Campuran</b>										
BP. Max. 3/4"	14,00 %	14,00	5,67	1,66	0,62	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
BP. Max 1/2"	44,00 %	44,00	44,00	38,90	13,94	5,60	0,55	0,00	0,00	0,00
Abu Batu	31,00 %	31,00	31,00	31,00	31,00	22,44	15,06	10,02	7,30	5,49
Pasir	11,00 %	11,00	11,00	11,00	10,35	9,61	8,19	6,10	3,84	1,14
<b>Total Gradasi Gabungan</b>										
		100,00	91,67	82,56	55,91	37,67	23,80	16,12	11,14	6,63
<b>Titik Kontrol</b>	maks	100	100	90		58				10
	min		100	90			28			4
<b>Garis Fuller</b>		100	82,8	73,2	53,6	39,1	28,6	21,1	15,5	8,3
<b>Zona Tertutup</b>	maks					39,1	31,6	23,1	15,5	
	min					39,1	25,6	19,1	15,5	



**Gambar 4.2.** Penentuan Gradasi Gabungan di laboratorium

**Tabel 4.6.** Hasil Pengujian *Marshall* di laboratorium pada kondisi *Dry*. (Contoh 1)

No	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal (%)			
			5,3	5,8	6,3	6,8
1	<i>Density</i> ( gr/cc )	-	2,334	2,356	2,355	2,347
2	<i>VMA</i> ( % )	min 15	15,34	15,01	15,47	16,24
3	<i>VFA</i> ( % )	min 65	62,25	71,95	77,19	80,34
4	<i>VIM</i> ( % )	3,5 – 5,5	5,79	4,22	3,53	3,19
5	Stabilitas ( kg )	min 800	1366,8	1460,6	1324,3	1126,0
6	<i>Flow</i> ( mm )	min 2,0	3,17	3,25	3,56	4,01
7	<i>MQ</i> ( kg/mm )	min 200	431,84	449,57	372,29	281,13

**Tabel 4.7.** Hasil Pengujian *Marshall* di laboratorium pada kondisi *Soaked*.

No	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal (%)			
			5,3	5,8	6,3	6,8
1	Density ( gr/cc )	-	2,337	2,341	2,355	2,342
2	VMA ( % )	min 15	15,24	15,53	15,50	16,41
3	VFA ( % )	min 65	62,75	69,08	77,05	79,37
4	VIM ( % )	3,5 – 5,5	5,68	4,80	3,53	3,38
5	Stabilitas ( kg )	min 800	1338,5	1310,1	1090,5	941,9
6	Flow ( mm )	min 2.0	3,41	3,48	3,93	4,18
7	MQ ( kg/mm )	min 200	393,50	378,54	278,83	225,54

**Tabel 4.8.** Hasil Pengujian *Marshall* di laboratorium pada kondisi *Dry* (Contoh 2)

No	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal (%)			
			5,3	5,8	6,3	6,8
1	Density ( gr/cc )	-	2,330	2,355	2,354	2,356
2	VMA ( % )	min 15	15,48	15,04	15,51	15,91
3	VFA ( % )	min 65	61,61	71,74	76,96	82,34
4	VIM ( % )	3,5 – 5,5	5,94	4,25	3,58	2,81
5	Stabilitas ( kg )	min 800	1444,7	1430,5	1211,0	1133,1
6	Flow ( mm )	min 2.0	3,23	3,38	3,43	4,05
7	MQ ( kg/mm )	min 200	448,11	423,89	354,06	279,86

**Tabel 4.9.** Hasil Pengujian *Marshall* di laboratorium pada kondisi *Soaked*.

No	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal (%)			
			5,3	5,8	6,3	6,8
1	Density ( gr/cc )	-	2,336	2,353	2,356	2,356
2	VMA ( % )	min 15	15,29	15,11	15,43	15,92
3	VFA ( % )	min 65	62,54	71,40	77,42	82,31
4	VIM ( % )	3,5 – 5,5	5,73	4,33	3,48	2,82
5	Stabilitas ( kg )	min 800	1345,6	1345,6	1140,2	1034,0
6	Flow ( mm )	min 2.0	3,31	3,66	4,02	4,28
7	MQ ( kg/mm )	min 200	406,47	370,23	283,63	241,76

**Tabel 4.10.** Hasil Pengujian *Marshall* di laboratorium pada kondisi *Dry*. (Contoh 3)

No	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal (%)			
			5,3	5,8	6,3	6,8
1	<i>Density</i> ( gr/cc )	-	2,332	2,349	2,360	2,363
2	<i>VMA</i> ( % )	min 15	15,41	15,25	15,31	15,65
3	<i>VFA</i> ( % )	min 65	61,97	70,60	73,18	84,01
4	<i>VIM</i> ( % )	3,5 – 5,5	5,87	4,49	3,34	2,51
5	Stabilitas ( kg )	min 800	1365,7	1423,5	1267,7	1182,7
6	<i>Flow</i> ( mm )	min 2.0	3,15	3,23	3,78	3,66
7	<i>MQ</i> ( kg/mm )	min 200	433,79	441,47	336,61	325,02

**Tabel 4.11.** Hasil Pengujian *Marshall* di laboratorium pada kondisi *Soaked*.

No	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal (%)			
			5,3	5,8	6,3	6,8
1	<i>Density</i> ( gr/cc )	-	2,337	2,339	2,363	2,343
2	<i>VMA</i> ( % )	min 15	15,23	15,61	15,21	16,35
3	<i>VFA</i> ( % )	min 65	62,80	68,67	78,79	79,71
4	<i>VIM</i> ( % )	3,5 – 5,5	5,67	4,89	3,23	3,32
5	Stabilitas ( kg )	min 800	1168,5	1345,6	1182,7	1034,0
6	<i>Flow</i> ( mm )	min 2.0	3,31	3,46	4,05	4,00
7	<i>MQ</i> ( kg/mm )	min 200	353,26	389,22	291,72	258,32

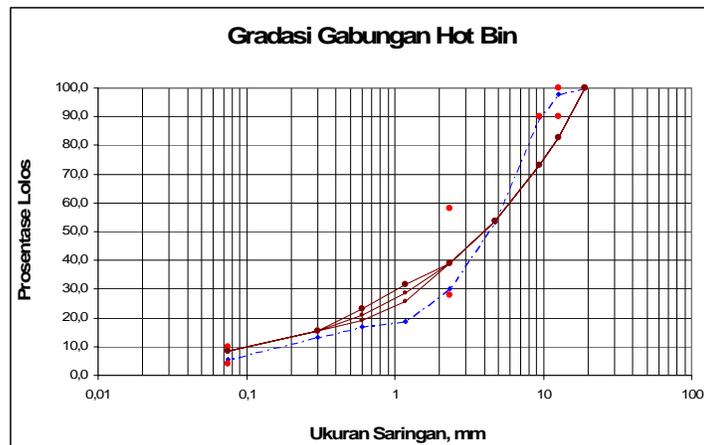
**4.1.5. Hasil Pengujian *Marshall* (2 x 75) tumbukan pada *Hot Bin* di AMP, serta Uji Perendaman Standard.**

Dilakukan penelitian pada *Hot Bin* di AMP untuk mencari nilai karakteristik *Marshall* kondisi standar (2x75) tumbukan.

Disiapkan masing-masing sample pada kondisi *Dry* dan *Soaked*, dengan pembuatan benda uji dilakukan pada kadar aspal optimum dan divariasikan, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.14., sampai dengan Tabel 4.23. dan Gambar 4.3. sampai dengan Gambar 4.8., hasil secara lengkap terdapat pada Lampiran E

**Tabel.4.12.** Hasil Gradasi dari *HOT Bin* AMP untuk pengujian di Lapangan (Contoh 1)

		Ukuran Saringan								
Inchi		3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 200
mm		19,1	12,7	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,075
<b>Data Gradasi :</b>										
HB. I		100,0	100,0	100,0	93,6	61,2	44,3	40,6	32,1	11,9
HB. II		100,0	100,0	99,5	36,7	29,7	7,3	4,8	3,3	3,3
HB. III		100,0	94,8	74,1	22,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Kombinasi Agregat :</b>										
HB. I	39 %	39,0	39,0	39,0	36,5	23,9	17,3	15,8	12,5	4,6
HB. II	21 %	21,0	21,0	20,9	7,7	6,2	1,5	1,0	0,7	0,7
HB. III	40 %	40,0	37,9	29,6	9,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Total camp. agregat</b>		100,0	97,9	89,5	53,2	30,2	18,8	16,8	13,2	5,3
<b>Spesifikasi gradasi</b>										
Max		100	100	90		58				10
Min		100	90			28				4
<b>Fuller</b>		100	82,8	73,2	53,6	39,1	28,6	21,1	15,5	8,3
<b>Zona tertutup</b>										
Max						39,1	31,6	23,1	15,5	
Min						39,1	25,6	19,1	15,5	



Gambar 4.3. Penentuan Gradasi Gabungan di *Hot Bin AMP*

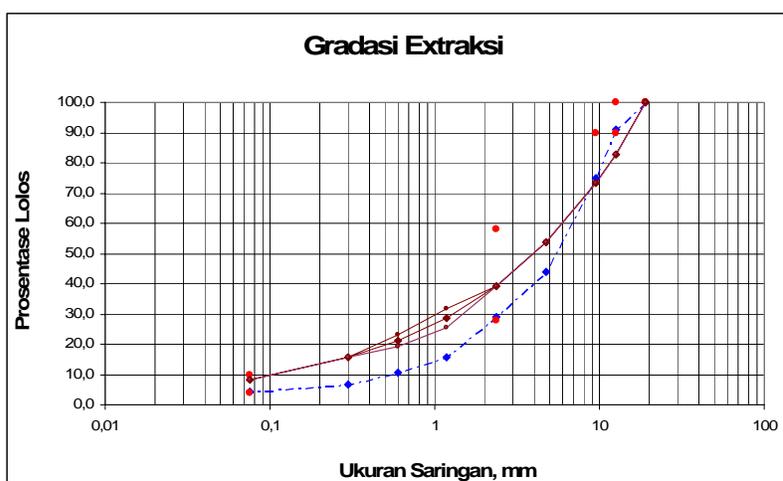
Tabel.4.13. Hasil Extraksi *AMP* setelah pengujian

A	Berat sebelum ekstraksi	1000 gr
B	Berat setelah ekstraksi (con+pan+filter)	1010,5 gr
C	Berat pan	53,2 gr
D	Berat kertas kosong	15,2 gr
E	Berat mineral (B - C - D)	942,1 gr
F	Berat aspal (A - E)	57,9 gr
G	Kadar aspal (F / A) x 100%	5,79 %

		19,1	12,7	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,075
Berat contoh =	942,1 gr	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 200
Berat tertahan	0,0	83,2	237,2	526,6	670,4	794,9	844,0	879,0	900,6	
% Tertahan	0,0	8,8	25,2	55,9	71,2	84,4	89,6	93,3	95,6	
% Lolos	100,0	91,2	74,8	44,1	28,8	15,6	10,4	6,7	4,4	
Batas Spec.	Max	100	100	90		58				10
	Min	100	90			28				4

Fuller	100	82,8	73,2	53,6	39,1	28,6	21,1	15,5	8,3
--------	-----	------	------	------	------	------	------	------	-----

Zona tertutup	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 200
Max.	100				39,1	31,6	23,1	15,5	
Min.	100				39,1	25,6	19,1	15,5	



Gambar 4.4. Hasil Gradasi Extraksi Setelah Pengujian

Tabel 4.14. Hasil Pengujian Marshall di Hot Bin AMP pada kondisi Dry. (Contoh 1)

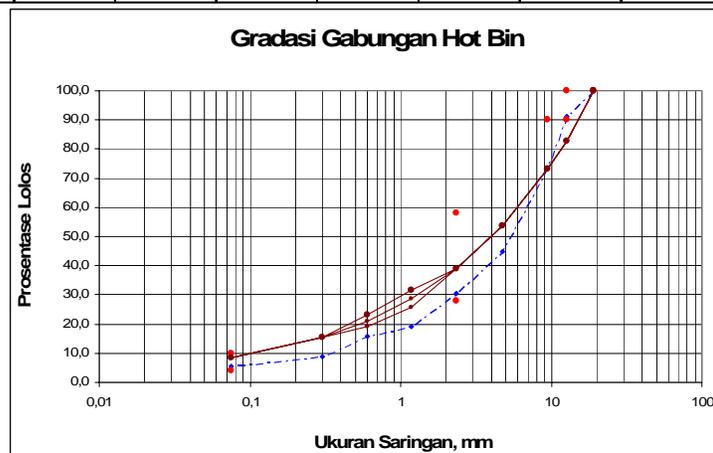
No	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal (%)			
			5,29	5,79	6,29	6,79
1	Density ( gr/cc )	-	2,305	2,338	2,331	2,320
2	VMA ( % )	min 15	17,06	16,34	17,02	17,87
3	VFA ( % )	min 65	66,68	77,58	80,87	82,98
4	VIM ( % )	3,5 – 5,5	5,685	3,662	3,257	3,041
5	Stabilitas ( kg )	min 800	1042	1047	1011	838
6	Flow ( mm )	min 2.0	3,52	3,50	3,98	3,75
7	MQ ( kg/mm )	min 200	296,43	299,13	253,732	223,60

Tabel 4.15. Hasil Pengujian Marshall di Hot Bin AMP pada kondisi Soaked.

No	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal (%)			
			5,29	5,79	6,29	6,79
1	Density ( gr/cc )	-	2,299	2,311	2,314	2,323
2	VMA ( % )	min 15	17,31	17,30	17,62	17,76
3	VFA ( % )	min 65	65,56	72,39	77,55	83,59
4	VIM ( % )	3,5 – 5,5	5,96	4,78	3,96	2,92
5	Stabilitas ( kg )	min 800	929	920	793	607
6	Flow ( mm )	min 2.0	3,93	4,08	4,15	4,12
7	MQ ( kg/mm )	min 200	236,22	228,32	191,12	147,53

**Tabel.4.16.** Hasil Gradasi dari *Hot Bin AMP* untuk pengujian di Lapangan (Contoh 2)

		Ukuran Saringan								
Inchi		3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 200
mm		19,1	12,7	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,075
<b>Data Gradasi :</b>										
HB. I		100,0	100,0	100,0	99,6	64,9	40,7	33,8	19,9	13,6
HB. II		100,0	100,0	100,0	28,1	25,2	15,9	13,0	4,9	1,1
HB. III		100,0	77,7	33,6	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
<b>Kombinasi Agregat :</b>										
HB. I	39 %	39,0	39,0	39,0	38,8	25,3	15,9	13,2	7,8	5,3
HB. II	21 %	21,0	21,0	21,0	5,9	5,3	3,3	2,7	1,0	0,2
HB. III	40 %	40,0	31,1	13,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Total camp. agregat</b>		100,0	91,1	73,4	45,0	30,6	19,3	16,0	8,8	5,5
<b>Spesifikasi gradasi</b>										
Max		100	100	90		58				10
Min			100	90		28				4
<b>Fuller</b>		100	82,8	73,2	53,6	39,1	28,6	21,1	15,5	8,3
<b>Zona tertutup</b>										
Max						39,1	31,6	23,1	15,5	
Min						39,1	25,6	19,1	15,5	



**Gambar 4.5.** Penentuan Gradasi Gabungan di *Hot Bin AMP*

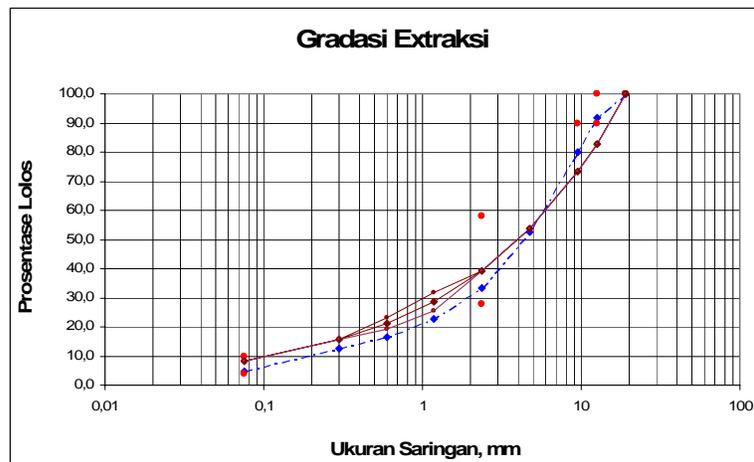
**Tabel.4.17.** Hasil Gradasi Extraksi *AMP* setelah pengujian

A	Berat sebelum ekstraksi	910,6 gr
B	Berat setelah ekstraksi (con+pan+filter)	925,4 gr
C	Berat pan	53,2 gr
D	Berat kertas kosong	14,5 gr
E	Berat mineral (B - C - D)	857,7 gr
F	Berat aspal (A - E)	52,9 gr
G	Kadar aspal (F / A) x 100%	5,81 %

		19,1	12,7	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,075
Berat contoh =	857,7 gr	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 200
Berat tertahan		0,0	71,6	172,1	408,3	572,6	662,6	717,5	750,8	817,8
% Tertahan		0,0	8,3	20,1	47,6	66,8	77,3	83,7	87,5	95,3
% Lolos		100,0	91,7	79,9	52,4	33,2	22,7	16,3	12,5	4,7
Batas Spec.	Max	100	100	90		58				10
	Min		100	90		28				4

Fuller		100	82,8	73,2	53,6	39,1	28,6	21,1	15,5	8,3
--------	--	-----	------	------	------	------	------	------	------	-----

Zona tertutup		3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 200
Max.		100	82,8	73,2	53,6	39,1	31,6	23,1	15,5	8,3
Min.		100	82,8	73,2	53,6	39,1	25,6	19,1	15,5	8,3



Gambar 4.6. Penentuan Gradasi Extraksi Untuk Pengujian di lapangan

Tabel 4.18. Hasil Pengujian Marshall di Hot Bin AMP pada kondisi Dry. (Contoh 2)

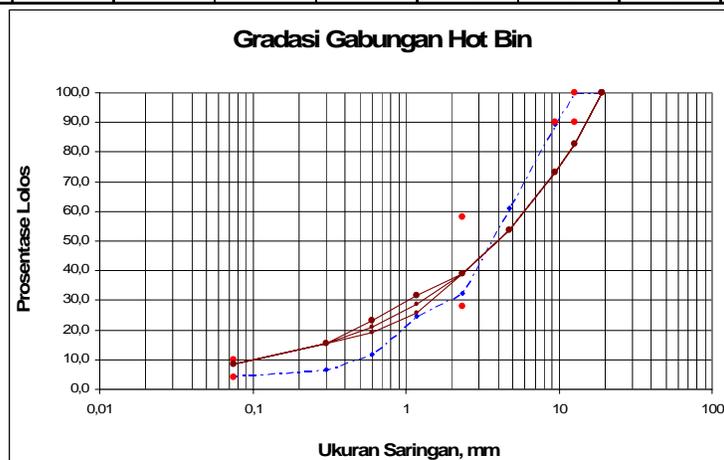
No	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal (%)			
			5,31	5,81	6,31	6,81
1	Density ( gr/cc )	-	2,306	2,318	2,329	2,315
2	VMA ( % )	min 15	17,05	17,05	17,11	18,04
3	VFA ( % )	min 65	66,36	73,31	79,96	81,62
4	VIM ( % )	3,5 – 5,5	5,735	4,551	3,429	3,317
5	Stabilitas ( kg )	min 800	947	916	870	766
6	Flow ( mm )	min 2.0	3,78	3,57	3,78	3,58
7	MQ ( kg/mm )	min 200	250,38	256,69	230,01	213,76

Tabel 4.19. Hasil Pengujian Marshall di Hot Bin AMP pada kondisi Soaked.

No	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal (%)			
			5,31	5,81	6,31	6,81
1	Density ( gr/cc )	-	2,284	2,343	2,335	2,331
2	VMA ( % )	min 15	17,85	16,18	16,90	17,49
3	VFA ( % )	min 65	62,74	78,05	81,18	84,76
4	VIM ( % )	3,5 – 5,5	6,652	3,551	3,180	2,666
5	Stabilitas ( kg )	min 800	811	816	761	666
6	Flow ( mm )	min 2.0	4,13	4,05	4,08	4,11
7	MQ ( kg/mm )	min 200	196,28	201,44	186,47	161,97

**Tabel.4.20.** Hasil Gradasi dari *HOT Bin AMP* untuk pengujian di Lapangan (Contoh 3)

Inchi	Ukuran Saringan									
	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 200	
mm	19,1	12,7	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,075	
<b>Data Gradasi :</b>										
HB. I	100,0	100,0	100,0	96,2	50,7	32,1	28,9	15,4	9,9	
HB. II	100,0	100,0	100,0	17,4	6,8	1,5	1,4	1,4	1,2	
HB. III	100,0	100,0	73,8	49,7	27,5	29,6	0,6	0,6	0,6	
<b>Kombinasi Agregat :</b>										
HB. I	39 %	39,0	39,0	39,0	37,5	19,8	12,5	11,3	6,0	3,9
HB. II	21 %	21,0	21,0	21,0	3,7	1,4	0,3	0,3	0,3	0,3
HB. III	40 %	40,0	40,0	29,5	19,9	11,0	11,8	0,2	0,2	0,2
<b>Total camp. agregat</b>		100,0	100,0	89,5	61,1	32,2	24,7	11,8	6,5	4,4
<b>Spesifikasi gradasi</b>										
Max	100	100	90		58				10	4
Min		100	90		28					
<b>Fuller</b>	100	82,8	73,2	53,6	39,1	28,6	21,1	15,5	8,3	
<b>Zona tertutup</b>										
Max					39,1	31,6	23,1	15,5		
Min					39,1	25,6	19,1	15,5		



**Gambar 4.7.** Penentuan Gradasi Gabungan di *Hot Bin AMP*

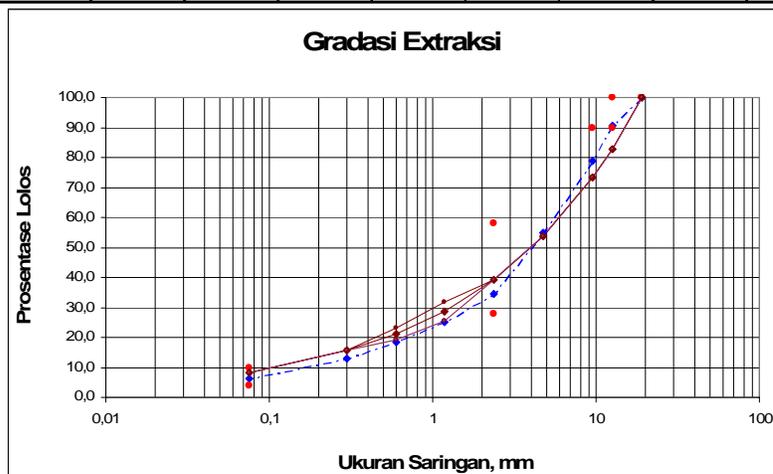
**Tabel.4.21.** Hasil Gradasi Extraksi *AMP* untuk pengujian di Lapangan

A	Berat sebelum ekstraksi	952,1 gr
B	Berat setelah ekstraksi (con+pan+filter)	964,2 gr
C	Berat pan	53,2 gr
D	Berat kertas kosong	13,9 gr
E	Berat mineral (B - C - D)	897,1 gr
F	Berat aspal (A - E)	55 gr
G	Kadar aspal (F / A) x 100%	5,78 %

		19,1	12,7	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,075
Berat contoh =	897,1 gr	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 200
Berat tertahan		0,0	85,1	191,5	403,8	586,9	671,2	731,4	781,2	839,4
% Tertahan		0,0	9,5	21,3	45,0	65,4	74,8	81,5	87,1	93,6
% Lolos		100,0	90,5	78,7	55,0	34,6	25,2	18,5	12,9	6,4
Batas Spec.	Max	100	100	90		58				10
	Min		100	90		28				4

Fuller		100	82,8	73,2	53,6	39,1	28,6	21,1	15,5	8,3
--------	--	-----	------	------	------	------	------	------	------	-----

Zona tertutup		3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 200
Max.		100				39,1	31,6	23,1	15,5	
Min.		100				39,1	25,6	19,1	15,5	



Gambar 4.8. Penentuan Gradasi Extraksi Untuk Pengujian di lapangan

Tabel 4.22. Hasil Pengujian Marshall hasil Extraksi di AMP pada kondisi Dry. (Contoh 3)

No	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal (%)			
			5,28	5,78	6,28	6,78
1	Density ( gr/cc )	-	2,310	2,340	2,337	2,328
2	VMA ( % )	min 15	16,88	16,25	16,80	17,55
3	VFA ( % )	min 65	64,74	75,13	79,37	82,10
4	VIM ( % )	3,5 – 5,5	5,952	4,042	3,466	3,143
5	Stabilitas ( kg )	min 800	1083	1301	1074	793
6	Flow ( mm )	min 2.0	3,78	3,90	5,02	5,83
7	MQ ( kg/mm )	min 200	286,32	333,53	214,12	135,97

Tabel 4.23. Hasil Pengujian Marshall hasil Extraksi di AMP pada kondisi Soaked.

No	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal (%)			
			5,28	5,78	6,28	6,78
1	Density ( gr/cc )	-	2,317	2,325	2,334	2,334
2	VMA ( % )	min 15	16,64	16,79	16,90	17,35
3	VFA ( % )	min 65	65,87	72,27	78,75	83,27
4	VIM ( % )	3,5 – 5,5	5,681	4,654	3,592	2,904
5	Stabilitas ( kg )	min 800	884	1129	807	607
6	Flow ( mm )	min 2.0	3,98	4,10	4,32	5,18
7	MQ ( kg/mm )	min 200	221,88	275,26	186,89	117,17

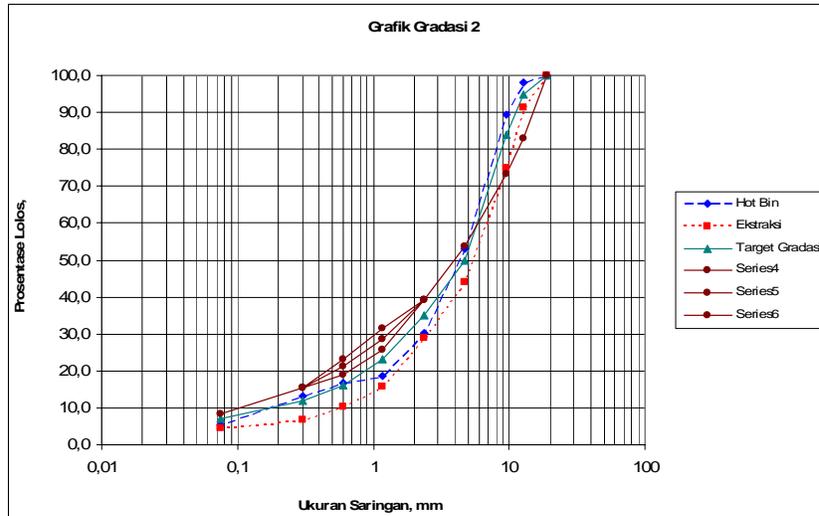
#### 4.1.6. Hasil Perbandingan gradasi gabungan antara Target gradasi, gradasi di *Hot Bin AMP* dan gradasi di *Ekstraksi* .

Dilakukan penelitian untuk membandingkan target gradasi, gradasi *Hot Bin* di *AMP* dan gradasi di *Ekstraksi*, untuk mengetahui nilai karakteristik *Marshall* pada kondisi standar (2x75) tumbukan.

Disiapkan masing-masing sample pada kondisi *Dry* dan *Soaked*, dengan pembuatan benda uji dilakukan pada kadar aspal optimum dan divariasikan, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.24., sampai dengan Tabel 4.26.dan Gambar 4.9 sampai dengan Gambar 4.11.

**Tabel 4.24.** Perbandingan Target Gradasi, Gradasi *Hot Bin* dan Gradasi *Ekstraksi* (Contoh 1)

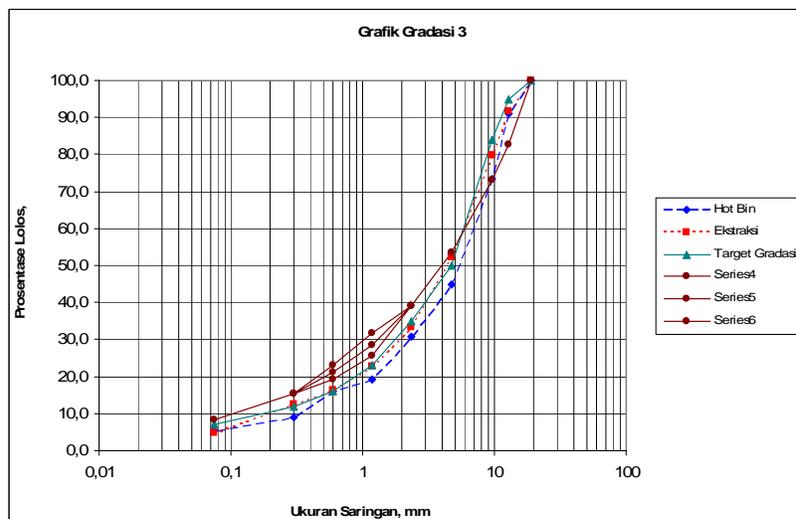
	inchi	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 200
	mm	19,1	12,7	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,075
Gradasi Gabungan Hot Bin		100,0	97,9	89,5	53,2	30,2	18,8	16,8	13,2	5,3
Gradasi Ekstraksi		100,0	91,2	74,8	44,1	28,8	15,6	10,4	6,7	4,4
Tgradasi Laboratorium		100,0	95,0	84,0	50,0	35,0	23,0	16,0	12,0	7,0
<b>Spesifikasi :</b>										
	Max	100	100	90		58				10
	Min	100	90			28				4
<b>Fuller</b>										
		100	82,8	73,2	53,6	39,1	28,6	21,1	15,5	8,3
<b>Zona Tertutup :</b>										
	Max					39,1	31,6	23,1	15,5	
	Min					39,1	25,6	19,1	15,5	



Gambar 4.9. Perbandingan Target Gradasi, Gradasi *Hot Bin* dan Gradasi Ekstraksi

Tabel 4.25. Perbandingan Target Gradasi, Gradasi *Hot Bin* dan Gradasi Ekstraksi (Contoh 2)

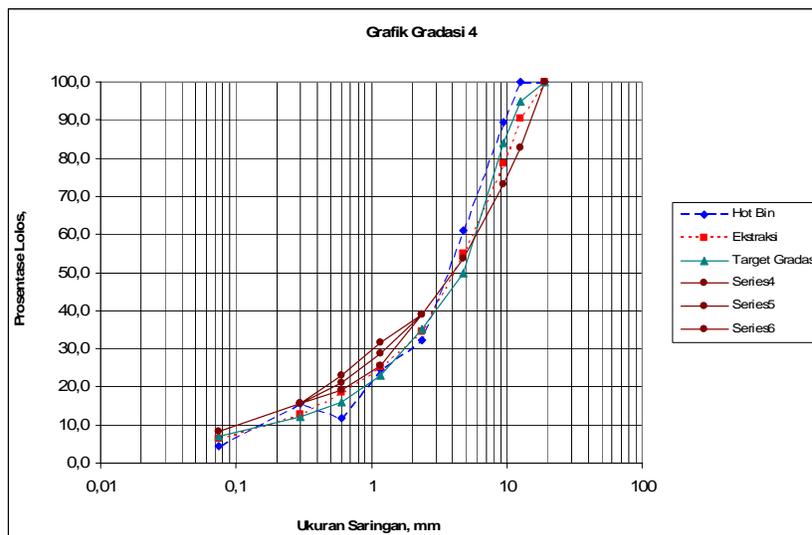
	inchi	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 200
	mm	19,1	12,7	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,075
Gradasi Gabungan Hot Bin		100,0	91,1	73,4	45,0	30,6	19,3	16,0	8,8	5,5
Gradasi Ekstraksi		100,0	91,7	79,9	52,4	33,2	22,7	16,3	12,5	4,7
Target Gradasi		100,0	95,0	84,0	50,0	35,0	23,0	16,0	12,0	7,0
<b>Spesifikasi :</b>										
	Max	100	100	90		58				10
	Min	100	90			28				4
<b>Fuller</b>										
		100	82,8	73,2	53,6	39,1	28,6	21,1	15,5	8,3
<b>Zona Tertutup :</b>										
	Max					39,1	31,6	23,1	15,5	
	Min					39,1	25,6	19,1	15,5	



Gambar 4.10. Perbandingan Target Gradasi, Gradasi *Hot Bin* dan Gradasi Ekstraksi

Tabel 4.26. Perbandingan Target Gradasi, Gradasi *Hot Bin* dan Gradasi Ekstraksi (Contoh 3)

	inchi	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 200
	mm	19,1	12,7	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,075
Gradasi Gabungan Hot Bin		100,0	100,0	89,5	61,1	32,2	24,7	11,8	15,5	4,4
Gradasi Ekstraksi		100,0	90,5	78,7	55,0	34,6	25,2	18,5	12,9	6,4
Target Gradasi		100,0	95,0	84,0	50,0	35,0	23,0	16,0	12,0	7,0
<b>Spesifikasi :</b>										
	Max	100	100	90		58				10
	Min	100	90			28				4
<b>Fuller</b>										
		100	82,8	73,2	53,6	39,1	28,6	21,1	15,5	8,3
<b>Zona Tertutup :</b>										
	Max					39,1	31,6	23,1	15,5	
	Min					39,1	25,6	19,1	15,5	



Gambar 4.11. Perbandingan Target Gradasi, Gradasi *Hot Bin* dan Gradasi Ekstraksi

## 4.2 Pembahasan

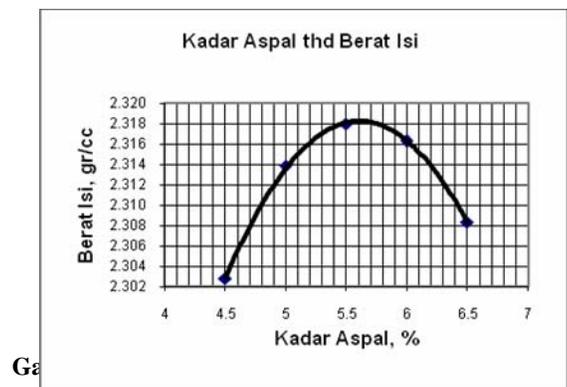
### 4.2.1. Karakteristik Campuran AC-WC.

- a. Pengaruh Kadar Aspal terhadap nilai *Density* campuran AC-WC Tahap I.

Nilai *Density* menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Campuran dengan *density* yang tinggi akan lebih mampu menahan beban yang lebih berat, dibandingkan pada campuran yang mempunyai *density* rendah. Nilai *density* suatu campuran dipengaruhi oleh kualitas bahan susun dan cara pemadatan. Suatu campuran akan memiliki *density* yang tinggi apabila mempunyai bentuk butir yang tidak seragam, kadar aspal tinggi, porositas butiran rendah. Hubungan antara kadar aspal dengan *density* campuran AC-WC dapat dilihat pada Tabel 4.27 dan Gambar 4.12. dibawah ini.

**Tabel 4.27.** Kadar Aspal terhadap Nilai *Density* campuran AC-WC

Karakteristik	Spesifikasi(g r/cc)	Kadar Aspal ( % )				
		4,5	5	5,5	6	6,5
Nilai <i>Density</i>	-	2,303	2,314	2,318	2,316	2,308



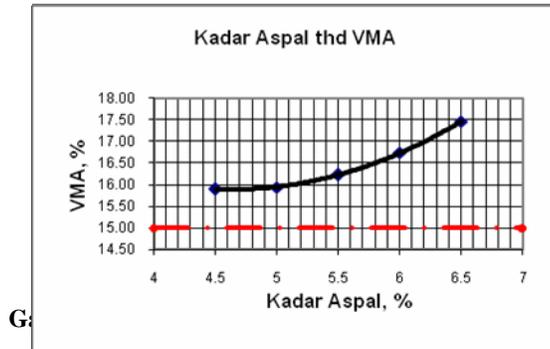
Seperti terlihat pada Tabel 4.27 dan Gambar 4.12. semakin bertambahnya kadar aspal, semakin rapat campurannya sampai pada batas kadar aspal optimum. Hal ini disebabkan karena setiap penambahan kadar aspal, rongga dalam campuran masih dapat terisi oleh aspal sehingga campuran menjadi semakin rapat. Selanjutnya penambahan kadar aspal akan menjadi menumpuk dan lentur sehingga *density* menjadi menurun dengan bertambahnya kadar aspal. Dalam spesifikasi baru tidak ada persyaratan khusus mengenai tingkat *density*. Pada umumnya nilai *density* dipergunakan dalam persyaratan teknis lapangan dimana *density* rerata lapisan yang telah selesai dipadatkan tidak boleh kurang dari 96 % *density* laboratorium Sebagai acuan disarankan tingkat *density* > 2 gr/cc.

b. Pengaruh Kadar Aspal terhadap nilai *Void in Mineral Agregate (VMA)* campuran AC-WC

*Void in Mineral Agregate (VMA)* adalah rongga udara yang ada diantara mineral agregat di dalam campuran beraspal panas yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal. *VMA* dinyatakan dalam prosentase dari campuran beraspal panas. *VMA* digunakan sebagai ruang untuk menampung aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran beraspal panas. Besarnya nilai *VMA* dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi bahan susun, jumlah tumbukan dan temperatur pemadatan. Hubungan antara kadar aspal dengan *VMA* dapat dilihat pada Tabel 4.28 dan Gambar 4.13, dibawah ini.

**Tabel 4.28.** Kadar Aspal terhadap Nilai *VMA* campuran *AC-WC*

Karakteristik	Spesifikasi (%)	Kadar Aspal ( % )				
		4,5	5	5,5	6	6,5
Nilai <i>VMA</i>	Min.18	15,90	15,94	16,23	16,74	17,46



Dari Tabel 4.28. dan Gambar 4.13. di atas dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya kadar aspal, nilai *VMA* campuran semakin tinggi, karena rongga-rongga yang terisi oleh aspal semakin banyak. Dalam penelitian ini nilai *VMA* yang memenuhi syarat > 15 % pada kadar aspal 4,5% - 6,5%.

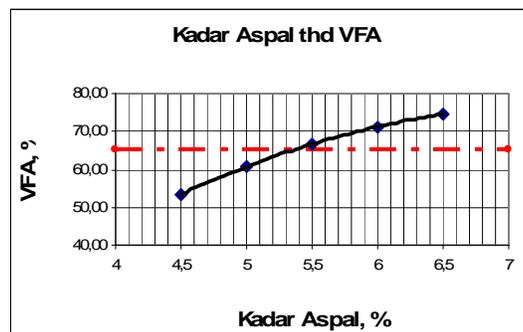
c. Pengaruh Kadar Aspal terhadap nilai *Void Filled with Asphalt (VFA)* campuran *AC-WC*.

Nilai *VFA* menunjukkan prosentase besarnya rongga yang dapat terisi oleh aspal. Besarnya nilai *VFA* menentukan keawetan suatu campuran beraspal panas, semakin besar nilai *VFA* akan menunjukkan semakin kecil nilai *VIM* yang berarti rongga yang terisi aspal semakin banyak, oleh karena itu campuran beraspal panas akan semakin awet. Begitu sebaliknya apabila *VFA* terlalu kecil, maka rongga yang terisi aspal akan semakin sedikit sehingga agregat yang terselimuti aspal akan tipis yang menyebabkan campuran beraspal panas tidak awet.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai *VFA* dapat dilihat pada Tabel 4.29 dan Gambar 4.14. dibawah ini :

**Tabel 4.29** Kadar Aspal terhadap Nilai *VFA* Campuran *AC-WC*

Karakteristik	Spesifikasi (%)	Kadar Aspal ( % )				
		4,5	5	5,5	6	6,5
Nilai <i>VFA</i>	Min.65	53,48	60,69	66,65	71,35	74,59



**Gambar 4.14.** Grafik hubungan Kadar Aspal dan *VFA*

Dari Tabel 4.29. dan Gambar 4.14. diatas dapat dilihat bahwa pada campuran *AC-WC* mempunyai nilai *VFA* naik seiring bertambahnya kadar aspal, hal ini disebabkan rongga dalam campuran mengecil karena bertambahnya kadar aspal yang meresap dan menyelimuti butiran agregat. Nilai *VFA* menunjukkan perbandingan jumlah kandungan aspal dan jumlah kandungan rongga didalam campuran. Nilai *VFA* yang rendah berarti jumlah aspal efektif yang mengisi rongga – rongga antar butir agregat sedikit, berarti rongga udaranya besar. Hal ini akan mengurangi keawetan dari campuran. Sebaliknya nilai *VFA* yang terlalu tinggi akan menyebabkan *bleeding* karena rongga antar butiran terlalu kecil. Dalam penelitian ini *VFA* yang memenuhi syarat > 65%, pada kadar aspal 5,5% - 6,5%,

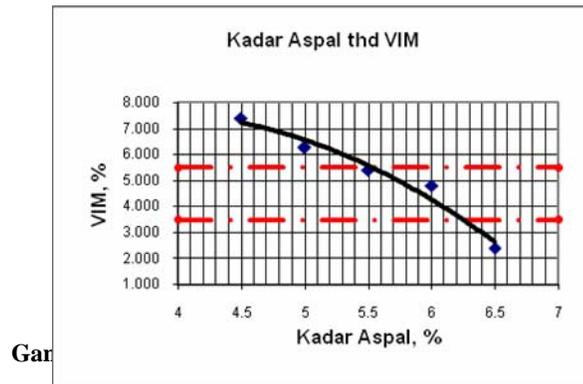
d. Pengaruh Kadar Aspal terhadap nilai *Void In the Mix (VIM)* campuran *AC-WC*

*VIM* menyatakan banyaknya prosentase rongga dalam campuran total. Nilai rongga dalam campuran dipengaruhi oleh kadar aspal pada campuran beraspal panas, dengan bertambahnya kadar aspal, maka jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butiran agrgat semakin bertambah, sehingga volume rongga dalam campuran semakin berkurang.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai *VIM* dapat dilihat pada Tabel 4.30, dan Gambar 4.15, dibawah ini :

**Tabel 4.30.** Kadar Aspal terhadap Nilai *VIM* campuran *AC-WC*

Karakteristik	Spesifikasi (%)	Kadar Aspal ( % )				
		4,5	5	5,5	6	6,5
Nilai <i>VIM</i>	3,5 – 5,5	7,397	6,266	5,414	4,796	2,416



Dari Tabel 4.30. dan Gambar 4.15. diatas dapat dilihat bahwa pada campuran *AC-WC* sesuai dalam spesifikasi baru, Nilai *VIM* antara 3,5% - 5,5%. Nilai *VIM* yang rendah dibawah 3,5% berarti rongga pada campuran relatif kecil, menjadikan tidak tersedianya ruang yang cukup, menyebabkan aspal akan naik ke permukaan (*bleeding*). Sebaliknya untuk nilai *VIM* yang tinggi diatas 5,5 % akan menyebabkan campuran kurang kedap air dan udara, sehingga campuran beraspal panas tersebut kurang awet dan mudah retak (*crack*).

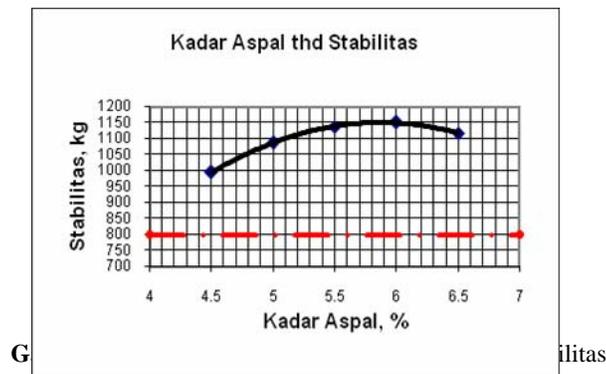
Dalam penelitian ini nilai *VIM* yang memenuhi syarat (3,5% - 5,5%) yang memenuhi syarat pada kadar aspal 5,5% - 6%.

e. Pengaruh Kadar Aspal terhadap Stabilitas campuran AC-WC

Stabilitas adalah besarnya beban maksimum yang dapat dicapai oleh bahan susun campuran beraspal panas yang dinyatakan dalam satuan beban. Stabilitas merupakan indikator kekuatan lapis perkerasan dalam memikul beban lalu lintas. Spesifikasi Baru menetapkan untuk lapis Laston AC-WC yang dilalui oleh < 1.000.000 ESA, stabilitas minimum yang disyaratkan adalah 800 kg. Hubungan antara kadar aspal dengan nilai stabilitas dapat dilihat pada Tabel 4.31, dan Gambar 4.16, dibawah ini :

**Tabel 4.31** Kadar Aspal terhadap Nilai Stabilitas campuran AC-WC

Karakteristik	Spesifikasi (kg)	Kadar Aspal ( % )				
		4,5	5	5,5	6	6,5
Stabilitas	Min. 800	995	1087	1136	1151	1116



Dari Tabel 4.31. dan Gambar 4.16 diatas dapat dilihat bahwa pada campuran AC-WC, sesuai dalam spesifikasi Baru, berada diatas stabilitas minimal 800 kg yang disyaratkan. Hal ini terkait pada kinerja nilai *Density*, *VFA*, *VFA*, *VIM*, seperti ditunjukkan pada kadar aspal sampai 6% stabilitas naik dari 1151 kg. Selanjutnya stabilitas turun yang menunjukkan terlalu tebal film aspal yang menyelimuti agregat, sehingga stabilitas menjadi menurun. Secara keseluruhan stabilitas naik dengan bertambahnya kadar aspal sampai batas tertentu, begitu juga apabila penambahan kadar aspal melebihi batas justru akan menurunkan nilai stabilitas.

f. Pengaruh Kadar Aspal terhadap *Flow* campuran AC-WC

Kelelehan (*Flow*) adalah besarnya penurunan campuran benda uji akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam satuan mm. *flow* merupakan indikator kelenturan campuran beraspal panas dalam menahan beban lalu lintas.

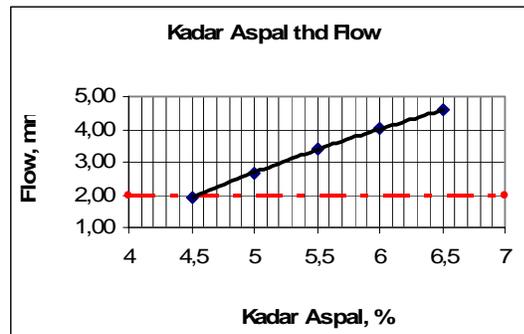
Nilai *flow* menyatakan besarnya deformasi bahan susun benda uji, campuran yang mempunyai angka *flow* rendah dengan stabilitas tinggi akan cenderung menghasilkan campuran beraspal panas yang kaku dan getas, sehingga akan mudah retak apabila terkena beban lalu lintas yang tinggi dan berat. Sebaliknya apabila campuran beraspal panas mempunyai *flow* terlalu tinggi maka akan

bersifat plastis sehingga mudah berubah bentuk (*deformasi plastis*) akibat beban lalu lintas yang tinggi dan berat.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai *flow* dapat dilihat pada Tabel 4.32, dan Gambar 4.17. dibawah ini :

**Tabel 4.32.** Kadar Aspal terhadap Nilai *Flow* campuran AC-WC

Karakteristik	Spesifikasi (mm)	Kadar Aspal ( % )				
		4,5	5	5,5	6	6,5
<i>Flow</i>	Min. 2	1,93	2,67	3,39	4,01	4,58



**Gambar 4.17.** Grafik hubungan Kadar Aspal dan *Flow*

Dari Tabel 4.32. dan Gambar 4.17. diatas dapat dilihat bahwa pada campuran AC-WC, sesuai dalam spesifikasi baru berada diatas *flow*, kecuali kadar aspal 4,5 % minimal 2 mm yang disyaratkan. Dengan penambahan kadar aspal maka nilai *flow* juga naik, hal ini disebabkan dengan bertambahnya kadar aspal, campuran menjadi semakin plastis. Sesuai sifat aspal sebagai bahan pengikat, maka semakin banyak aspal menyelimuti batuan semakin baik ikatan antara agregat dengan aspal yang menyebabkan nilai *flow* menjadi tinggi. Nilai *flow* maksimum sebesar 4,58 mm tercapai pada kadar aspal 6,5%, sesuai dengan sifat aspal sebagai bahan pengikat, maka semakin banyak aspal menyelimuti batuan semakin baik ikatan antara agregat dengan aspal. Dari hasil penelitian dapat dilihat pada kadar aspal dari 5% - 6,5% nilai *flow* memenuhi spesifikasi sebesar >2%.

g. Pengaruh Kadar Aspal terhadap *Marshall Quotient* campuran AC-WC

*Marshall Quotient (MQ)* merupakan hasil bagi antara stabilitas dan *flow* yang mengindikasikan pendekatan terhadap kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran beraspal panas. Besarnya nilai *MQ* tergantung dari besarnya nilai stabilitas yang dipengaruhi oleh gesekan antar butiran (*frictional resistance*) dan saling mengunci antar butiran (*interlocking*) yang terjadi antara partikel agregat dan kohesi campuran bahan susun, serta nilai *flow* yang dipengaruhi oleh viskositas, kadar aspal, gradasi bahan susun, dan jumlah tumbukan.

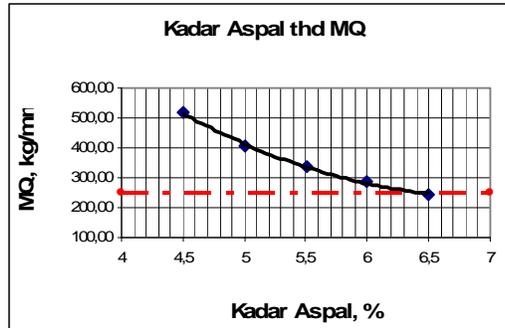
Campuran yang memiliki nilai *MQ* yang rendah, maka campuran beraspal panas akan semakin fleksibel, cenderung menjadi plastis dan lentur sehingga mudah mengalami perubahan bentuk pada saat menerima beban lalu lintas yang tinggi. Sedangkan campuran yang memiliki nilai *MQ* tinggi campuran beraspal panas akan kaku dan kurang lentur. Faktor yang mempengaruhi nilai *MQ* adalah

gradasi bahan susun, bentuk butir, kadar aspal, kohesi, energi pemadatan, dan temperatur pemadatan.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai *MQ* dapat dilihat pada Tabel 4.33. dan Gambar 4.18. dibawah ini :

**Tabel 4.33.** Kadar Aspal terhadap Nilai *Marshall Quotient* campuran AC-WC

Karakteristik	Spesifikasi (kg/mm)	Kadar Aspal ( % )				
		4,5	5	5,5	6	6,5
<i>MQ</i>	Min.200	516,78	408,01	335,25	287,38	243,99



**Gambar 4.18.** Grafik hubungan Kadar Aspal dan *Marshall Quotient*

Dari Tabel 4.33. dan Gambar 4.18. diatas dapat dilihat bahwa pada campuran AC-WC sesuai dalam spesifikasi baru berada diatas *MQ* minimal 200 kg/mm yang disyaratkan. Campuran yang memiliki nilai *MQ* yang rendah, menunjukkan campuran akan semakin fleksibel, cenderung menjadi plastis dan lentur sehingga mudah mengalami perubahan bentuk pada saat menerima beban lalu lintas. Sedangkan campuran yang memiliki nilai *MQ* tinggi cenderung bersifat kaku dan kurang lentur. Dari hasil penelitian dapat dilihat pada semua kadar aspal dari 4,5% - 6,0% nilai *MQ* memenuhi spesifikasi sebesar >200 kg/mm.

#### 4.2.2 Evaluasi Hasil laboratorium terhadap Karakteristik Campuran AC-WC Tahap I terhadap Spesifikasi

Dari hasil pengujian bahan susun untuk campuran AC-WC didapat hasil rekapitulasi yang memenuhi persyaratan sesuai dalam spesifikasi Baru.

Dari nilai karakteristik campuran yang dihasilkan pada test *Marshall* tersebut diatas pada tahap I, sesuai Spesifikasi Baru serta dari hasil analisa seperti pada Tabel 4.4 didapat nilai karakteristik yang memenuhi syarat untuk *VMA* >15% pada kadar aspal 4,5% - 6,5%, *VFA* > 65% pada kadar aspal 5,5% - 6,5% dan *VIM* 3,5% - 5,5% pada kadar aspal 5,5% - 6%, dari hasil analisis *void* dan uji stabilitas dan fleksibilitas di atas, ditentukan kadar aspal optimum 5,80 %, seperti ditunjukkan pada Tabel 4.4. dan Gambar 4.1.

Selanjutnya dilaksanakan pembahasan Tahap kedua untuk mencari sifat-sifat *Marshall* dan Perendaman standar pada kadar aspal optimum, disiapkan masing-masing pada kondisi *dry* dan *soaked*, dengan pembuatan benda uji sebanyak 3 contoh dilakukan pada kadar aspal 5,30 %; 5,80%; 6,30%; 6,80%.

#### 4.2.3 Komparasi Pengaruh Gradasi gabungan di Laboratorium dengan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai Karakteristik *Marshall*.

Di dalam pembahasan ini dilakukan secara *random* dengan mengambil contoh uji nomor 1 yang mewakili contoh uji lainnya.

- h. Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dengan Gradasi di *Hot Bin AMP* dan hasil Ekstraksinya terhadap nilai *density*

Nilai *density* menunjukkan besarnya derajat kepadatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Makin tinggi nilai kerapatan berarti campuran tersebut makin padat. Campuran yang mempunyai nilai *density* tinggi akan memiliki kekuatan menahan beban lalu lintas lebih tinggi daripada campuran yang *densitynya* rendah. Faktor yang mempengaruhi kepadatan adalah temperatur pemadatan, gradasi, kadar *filler*, energi pematat dan kadar aspal, porositas butiran. Campuran dengan kepadatan yang tinggi akan lebih mampu menahan beban yang lebih tinggi. Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium serta gradasi di *Hot Bin AMP* dan hasil Ekstrasinya terhadap nilai *density* dapat dilihat pada Tabel 4.34. dan Tabel 4.35, dan Gambar 4.19 kondisi *Dry* dan kondisi *soaked* berikut ini:

**Tabel 4.34.** Gradasi gabungan di laboratorium serta Gradasi di *Hot Bin AMP* dan Ekstraksi

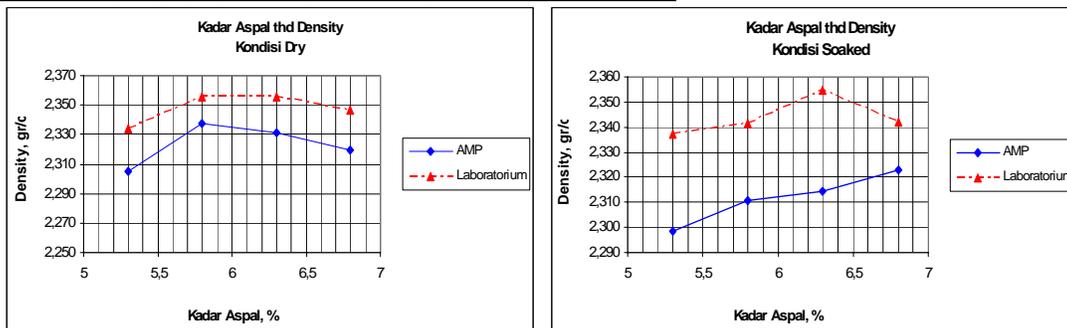
No. 1	<b>Ukuran Saringan</b>									
	inchi mm	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 200
		19,1	12,7	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,075
Gradasi Gabungan Hot Bin		100,0	97,9	89,5	53,2	30,2	18,8	16,8	13,2	5,3
Gradasi Ekstraksi		100,0	91,2	74,8	44,1	28,8	15,6	10,4	6,7	4,4
Gradasi Laboratorium		100,0	95,0	84,0	50,0	35,0	23,0	16,0	12,0	7,0
<b>Spesifikasi :</b>										
Max		100	100	90		58				10
Min		100	90			28				4
<b>Fuller</b>		100	82,8	73,2	53,6	39,1	28,6	21,1	15,5	8,3
<b>Zona Tertutup :</b>										
Max						39,1	31,6	23,1	15,5	
Min						39,1	25,6	19,1	15,5	

**Tabel 4.35.** Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai *Density* pada kondisi *Dry* dan *Soaked*.

No. test	1	( Dry )		
AMP	2,305	2,338	2,331	2,320
Laboratorium	2,334	2,356	2,355	2,347
Kadar aspal (%)	5,3	5,8	6,3	6,8

No. test	1	(Soaked)		
----------	---	----------	--	--

AMP	2,299	2,311	2,314	2,323
Laboratorium	2,337	2,341	2,355	2,342
Kadar aspal (%)	5,3	5,8	6,3	6,8



**Gambar 4.19.** Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai *Density* pada kondisi *Dry* dan *Soaked*.

Seperti terlihat pada Tabel 4.34. dan Tabel 4.35. serta Gambar 4.19. *Density* pada gradasi gabungan di laboratorium lebih tinggi daripada gradasi gabungan di *Hot Bin AMP*, ini disebabkan gradasi di laboratorium bisa dikendalikan dengan baik, sedangkan gradasi di *Hot Bin AMP* sulit dikendalikan, dimulai dari masing-masing *Cold Bin* bukaan Gate/pintunya jarang di kontrol / kalibrasi sehingga *quality controlnya* tidak berjalan dengan baik, ini menyebabkan campuran tidak mampu untuk mempertahankan kerapatannya, baik pada kondisi *dry* maupun *Soaked*. Ini juga ditunjukkan setelah dilakukan pengujian karakteristik *Marshall* seperti ditunjukkan pada hasil gradasi ekstraksi menunjukkan kualitas material yang menurun. Sehingga akan sangat berpengaruh pada karakteristik yang lain, seperti *VMA*, *VFA*, *VIM*, *Flow* dan *Stabilitas*. Hasilnya nilai *density* baik yang di uji di laboratorium maupun di *Hot Bin AMP* menunjukkan nilai yang lebih besar dari 2 gr/cc.

- i. Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dengan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai *Void in Meneral Agreggate (VMA)*).

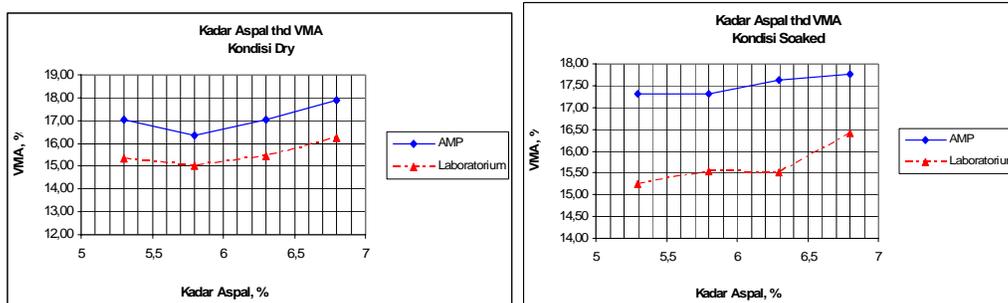
*VMA* adalah rongga udara yang ada diantara mineral agregat di dalam campuran beraspal panas yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal. *VMA* digunakan sebagai ruang untuk menampung aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran beraspal panas. Besarnya nilai *VMA* dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi bahan susun, jumlah tumbukan dan temperatur pemadatan. Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium serta gradasi di *Hot Bin AMP* dan hasil Extrasinya terhadap nilai *VMA* dapat dilihat pada Tabel 4.34. dan Tabel 4.36, dan Gambar 4.20 kondisi *Dry* dan kondisi *soaked* berikut ini:

**Tabel 4.36.** Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai *VMA* pada kondisi *Dry* dan *Soaked*.

No. test	1	( Dry )		
AMP	17,06	16,34	17,02	17,87
Laboratorium	15,34	15,01	15,47	16,24
Kadar aspal (%)	5,3	5,8	6,3	6,8

No. test	1	( Soaked )		
AMP	17,31	17,30	17,62	17,76

Laboratorium	15,24	15,53	15,50	16,41
Kadar aspal (%)	5,3	5,8	6,3	6,8



**Gambar 4.20.** Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai *VMA* pada kondisi *Dry* dan *Soaked*.

Dari Tabel 4.34, dan Tabel 4.36. serta Gambar 4.20, di atas dapat dilihat bahwa Nilai *VMA* di laboratorium lebih rendah dari nilai *VMA* di *Hot Bin AMP*, baik pada kondisi *dry* maupun *soaked* ini disebabkan gradasi bahan susun di laboratorium lebih halus dari pada di *Hot Bin AMP*, sehingga waktu di padatkan *VMA* di laboratorium lebih baik dari pada di *Hot Bin AMP*. Hal ini menunjukkan bahwa rongga antar agregat menjadi membesar, yang disebabkan gradasi bahan susun yang lebih kasar, sehingga pada waktu pemadatan rongga antar agregat menjadi lebih besar dari pada gradasi yang lebih halus. Nilai *VMA* yang besar akan menjadikan campuran tidak stabil saat dibebani lalu lintas yang pada akhirnya akan mengakibatkan terjadi deformasi plastis, demikian sebaliknya apabila nilai *VMA* kecil akan menjadikan campuran lebih stabil dan tahan terhadap deformasi plastis. Secara keseluruhan pengaruh gradasi gabungan di laboratorium dan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai *VMA* pada kondisi *Dry* dan *Soaked* nilai *VMA* di Laboratorium maupun di *Hot Bin AMP*, masih berada > 15 %

- j. Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dengan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai *Void Filled with Asphalt (VFA)*.

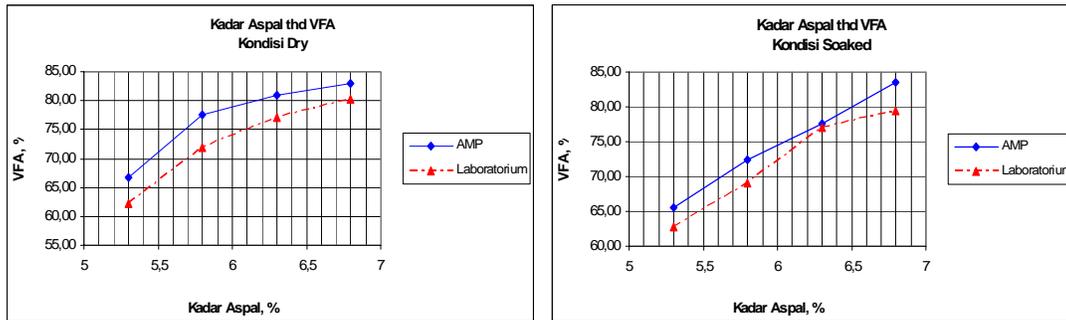
Nilai *VFA* menunjukkan prosentase besarnya rongga yang dapat terisi oleh aspal. Besarnya nilai *VFA* menentukan keawetan suatu campuran beraspal panas, semakin besar nilai *VFA* akan menunjukkan semakin kecil nilai *VIM* yang berarti rongga yang terisi aspal semakin banyak, oleh karena itu campuran beraspal panas akan semakin awet. Begitu sebaliknya apabila *VFA* terlalu kecil, maka rongga yang terisi aspal akan semakin sedikit sehingga agregat yang terselimuti aspal akan tipis menyebabkan campuran tidak awet. Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dengan di *Hot Bin AMP* dan hasil ekstraksinya terhadap nilai *Void Filled with Asphalt (VFA)* pada kondisi *Dry* dan *Saked*, yang dapat dilihat pada Tabel 4.34, dan Tabel 4.37. serta Gambar 4.21. berikut ini :

**Tabel 4.37.** Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai *VFA* pada kondisi *Dry* dan *Soaked*.

No. test	1	( Dry )		
AMP	66,68	77,58	80,87	82,98

Laboratorium	62,25	71,95	77,19	80,34
Kadar aspal (%)	5,3	5,8	6,3	6,8

No. test	1	(Soaked)		
AMP	65,56	72,39	77,55	83,59
Laboratorium	62,75	69,08	77,05	79,37
Kadar aspal (%)	5,3	5,8	6,3	6,8



**Gambar 4.21.** Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai *VFA* pada kondisi *Dry* dan *Soaked*.

Dari Tabel 4.34. dan Tabel 4.37. serta Gambar 4.14. dan Gambar 4.21. di atas dapat dilihat bahwa Nilai *VFA* di Laboratorium lebih rendah dari nilai *VFA* di *Hot Bin AMP*, baik pada kondisi *dry* maupun *soaked* ini disebabkan gradasi bahan susun di laboratorium lebih halus dari pada di *Hot Bin AMP*, sehingga waktu di padatkan *VMA* di laboratorium lebih baik dari pada di *Hot Bin AMP*. Hal ini menunjukkan bahwa rongga antar agregat menjadi membesar, yang disebabkan gradasi bahan susun yang lebih kasar, sehingga pada waktu pemadatan rongga antar agregat menjadi lebih besar dari pada gradasi yang lebih halus. Pada kadar aspal 5,3 % *VFA* di laboratorium tidak memenuhi persyaratan ini disebabkan karena kurang besar nilai *VFA* berada dibawah 65%, baik pada kondisi *Dry* maupun *Soaked*. Nilai *VFA* yang besar menunjukkan agregat terselimuti aspal secara sempurna sehingga campuran akan lebih kedap air, sehingga tidak mudah teroksidasi yang pada akhirnya akan meningkatkan keawetan campuran, demikian sebaliknya apabila nilai *VFA* kecil kedap air terhadap air akan berkurang sehingga mudah teroksidasi yang selanjutnya akan menurunkan keawetan campuran serta akan mengakibatkan mudah terjadi deformasi plastis, akan tetapi nilai *VFA* yang terlalu besar diatas 80 % akan mengakibatkan kadar aspal terlalu banyak dan *VIM* menjadi kecil selanjutnya dapat terjadi *bleeding* karena tidak ada ruang lagi bagi aspal untuk menyelimuti agregatnya. Secara keseluruhan pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai *VFA* pada kondisi *Dry* dan *Soaked* > 65 %, kecuali di gradasi laboratorium pada kada aspal 5,3 % baik *dry* maupun *soaked*.

- k. Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dengan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai *Void in the Mix (VIM)*.

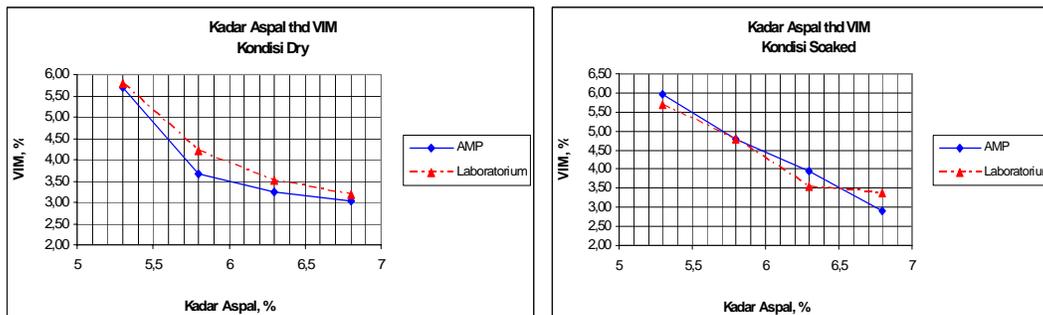
*VIM* dalam spesifikasi baru merupakan syarat paling penting, selain *VMA* dan *VFA* sebagai dasar dari perencanaan perhitungan. *VIM* menyatakan banyaknya prosentase rongga dalam campuran total. Nilai rongga dalam campuran dipengaruhi oleh kadar aspal pada campuran, dengan bertambahnya

kadar aspal, maka jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butiran agregat semakin bertambah, sehingga volume rongga dalam campuran semakin berkurang. Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dengan di *Hot Bin AMP* dan hasil ekstraksinya terhadap nilai *Void in the Mix (VIM)* pada kondisi *Dry* maupun *Soaked*, yang dapat dilihat pada Tabel 4.34. dan Tabel 4.38. serta Gambar 4.22. berikut ini :

**Tabel 4.38.** Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai *VIM* pada kondisi *Dry* dan *Soaked*.

No. test	1	( Dry )		
AMP	5,69	3,66	3,26	3,04
Laboratorium	5,79	4,22	3,53	3,19
Kadar aspal (%)	5,3	5,8	6,3	6,8

No. test	1	( Soaked )		
AMP	5,96	4,78	3,96	2,91
Laboratorium	5,68	4,80	3,56	3,38
Kadar aspal (%)	5,3	5,8	6,3	6,8



**Gambar 4.22.** Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai *VIM* pada kondisi *Dry* dan *Soaked*.

Dari Tabel 4.34. dan Tabel 4.38. serta Gambar 4.22, di atas dapat dilihat bahwa Nilai *VIM*, pada kadar aspal optimum (5,8%) di Laboratorium lebih tinggi dari nilai *VIM* di *Hot Bin AMP*, baik pada kondisi *dry* maupun *soaked* ini disebabkan nilai *VFA* di laboratorium yang lebih rendah yang mengakibatkan nilai *VIM* menjadi tinggi. Pada kadar aspal 5,3 % *VIM* di laboratorium dan di *Hot Bin AMP* tidak memenuhi persyaratan ini disebabkan karena terlalu tinggi nilai *VIM* berada diatas 5,5 %, baik pada kondisi *Dry* maupun *Soaked*. selanjutnya Pada kadar aspal 6,8 % *VFA* di laboratorium dan di *Hot Bin AMP* tidak memenuhi persyaratan ini disebabkan karena kurang tinggi nilai *VIM* berada di bawah 3,5 %, baik pada kondisi *Dry* maupun *Soaked*. Nilai *VIM* yang besar mengindikasikan campuran bersifat porous sehingga mudah terjadi oksidasi yang selanjutnya dapat menurunkan keawetan, serta mudah mengalami deformasi plastis. Namun apabila nilai *VIM* terlalu kecil, juga tidak menguntungkan karena tidak menyediakan ruang yang cukup untuk menerima penambahan pepadatan akibat beban lalu lintas, sehingga pada akhirnya memungkinkan terjadinya *bleeding*. Secara keseluruhan pengaruh Gradasi

gabungan di laboratorium dan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai *VIM* pada kondisi *Dry* dan *Soaked* yang memenuhi persyaratan hanya pada kadar aspal 5,8 % - 6,3 % yang berada di dalam persyaratan yaitu 3,5 % - 5,5 %.

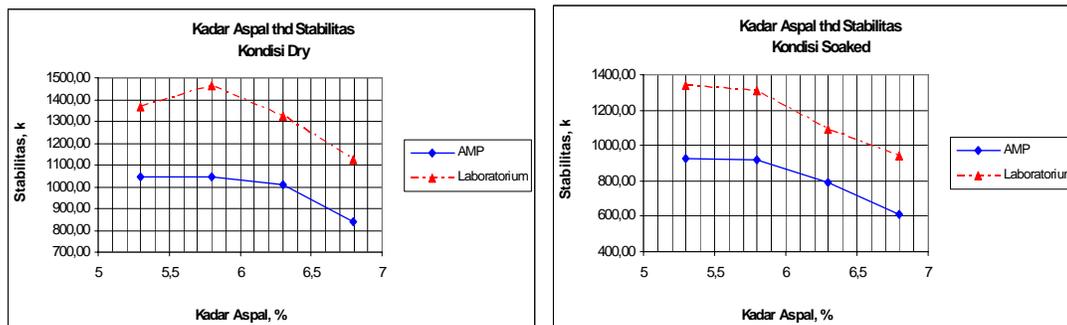
1. Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dengan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai Stabilitas.

Stabilitas adalah besarnya beban maksimum yang dapat dicapai oleh bahan susun campuran yang dinyatakan dalam satuan beban. Stabilitas merupakan indikator kekuatan lapis perkerasan dalam memikul beban lalu lintas. Stabilitas minimum Campuran *AC-WC* yang disyaratkan adalah 800 kg, Lapis Laston *AC-WC* dengan stabilitas dibawah 800 kg akan mudah terjadi alur (*rutting*) bila dilalui kendaraan berat. Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dengan di *Hot Bin AMP* dan hasil ekstraksinya terhadap nilai Stabilitas pada kondisi *Dry* maupun *Soaked*, yang dapat dilihat pada Tabel 4.34. dan Tabel 4.39. serta Gambar 4.23. berikut ini :

**Tabel 4.39.** Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai Stabilitas pada kondisi *Dry* dan *Soaked*

No. test	1	( Dry )			
AMP	1042,44	1046,97	1010,71	838,48	
Laboratorium	1366,80	1460,63	1324,31	1126,02	
Kadar aspal (%)	5,3	5,8	6,3	6,8	

No. test	1	(Soaked)			
AMP	929,13	920,06	793,16	607,33	
Laboratorium	1338,47	1310,14	1090,61	941,89	
Kadar aspal (%)	5,3	5,8	6,3	6,8	



**Gambar 4.23.** Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai Stabilitas pada kondisi *Dry* dan *Soaked*

Dari Tabel 4.34, dan Tabel 4.39. serta Gambar 4.23. di atas dapat dilihat bahwa Nilai Stabilitas pada gradasi di laboratorium lebih tinggi daripada Stabilitas di gradasi di *Hot Bin AMP*, ini disebabkan gradasi di laboratorium bisa dikendalikan dengan baik, sedangkan gradasi di *Hot Bin AMP* sulit dikendalikan, dimulai dari masing-masing *Cold Bin* bukaan Gate/pintunya jarang di kontrol / kalibrasi sehingga *quality controlnya* tidak berjalan dengan baik, ini menyebabkan campuran tidak mampu untuk mempertahankan kerapatannya, baik pada kondisi *dry* maupun *Soaked*, ini terjadi karena nilai *density* dan *VIM* di laboratorium lebih tinggi dari pada di *Hot Bin AMP*, sedangkan nilai

VMA dan VFA di laboratorium lebih rendah dari pada di *Hot Bin AMP*, ini menyebabkan campuran menjadi lebih rapat dan mampat sehingga gesekan antar butiran (*internal friction*) meningkat begitu *interlocking* antar butiran juga semakin bertambah. Secara keseluruhan Gradasi gabungan di laboratorium dan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai Stabilitas pada kondisi *Dry* dan *Soaked* dapat diterima oleh karena nilai stabilitas berada > 800 kg, kecuali stabilitas pada gradasi di *Hot Bin AMP* pada kadar aspal 6,3 % dan 6,8 % pada kondisi *soaked* dibawah persyaratan.

- m. Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dengan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai *Flow*.

Kelelehan (*Flow*) adalah besarnya penurunan campuran benda uji akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam satuan mm. *Flow* merupakan indikator kelenturan campuran beraspal panas dalam menahan beban lalu lintas.

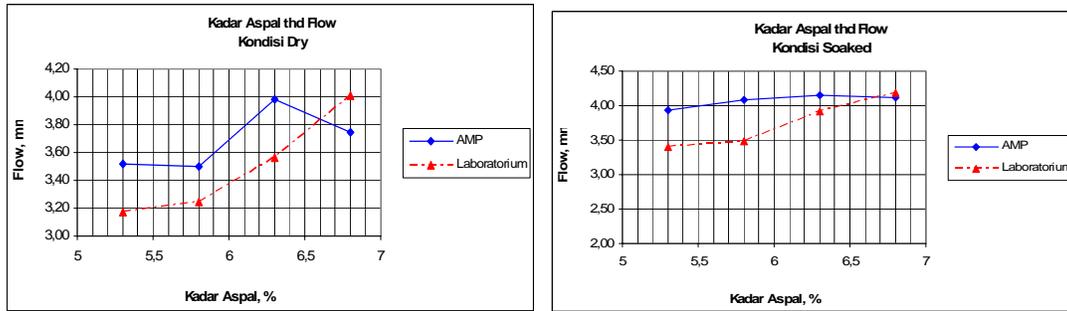
Nilai *flow* menyatakan besarnya deformasi bahan susun benda uji, campuran yang mempunyai angka *flow* rendah dengan stabilitas tinggi akan cenderung menghasilkan campuran beraspal panas yang kaku dan getas (*brittle*), sehingga akan mudah retak (*crack*) apabila terkena beban lalu lintas yang tinggi dan berat. Sebaliknya apabila campuran beraspal panas mempunyai *flow* terlalu tinggi maka akan bersifat plastis sehingga mudah berubah bentuk (deformasi plastis) akibat beban lalu lintas yang tinggi dan berat.

Spesifikasi lapis Laston AC-WC untuk *flow* yang disyaratkan > 2 mm. Nilai *flow* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gradasi bahan susun, kadar aspal, viskositas aspal. Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dengan di *Hot Bin AMP* dan hasil ekstraksinya terhadap nilai *Flow* pada kondisi *Dry* maupun *Soaked*, yang dapat dilihat pada Tabel 4.34. dan Tabel 4.40. serta Gambar 4.24. berikut ini :

**Tabel 4.40.** Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai *Flow* pada kondisi *Dry* dan *Soaked*

No. test	1	( Dry )		
AMP	3,52	3,50	3,98	3,75
Laboratorium	3,17	3,25	3,56	4,01
Kadar aspal (%)	5,3	5,8	6,3	6,8

No. test	1	(Soaked)		
AMP	3,93	4,08	4,15	4,12
Laboratorium	3,41	3,48	3,93	4,18
Kadar aspal (%)	5,3	5,8	6,3	6,8



**Gambar 4.24.** Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai *Flow* pada kondisi *Dry* dan *Soaked*

Dari Tabel 4.34, dan Tabel 4.40. serta Gambar 4.24, di atas dapat dilihat bahwa Nilai *Flow* di Laboratorium lebih rendah dari nilai *Flow* di *Hot Bin AMP*, baik pada kondisi *dry* maupun *soaked* ini disebabkan gradasi bahan susun di laboratorium lebih halus dari pada di *Hot Bin AMP*, sehingga waktu di padatkan *Flow* di laboratorium lebih baik dari pada di *Hot Bin AMP*. Hal ini menunjukkan bahwa pada gradasi *Hot Bin AMP* rongga antar agregat menjadi membesar, yang disebabkan gradasi bahan susun yang lebih kasar, sehingga pada waktu pemadatan rongga antar agregat menjadi lebih besar dari pada gradasi di laboratorium yang lebih halus, kecuali pada kadar aspal 6,8 % terjadi sebaliknya. Nilai *flow* dapat dihubungkan dengan nilai stabilitas, apabila nilai *flow* besar dan nilai stabilitas rendah, maka mengindikasikan bahwa campuran akan mudah mengalami deformasi plastis apabila menerima beban lalu lintas yang tinggi dan berat. Nilai *flow* yang kecil dan stabilitas yang tinggi mengindikasikan meningkatnya tahanan geser campuran serta memperkecil pengaruh defomasi plastis. Secara keseluruhan Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dengan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai *Flow*, masih berada > 2 mm.

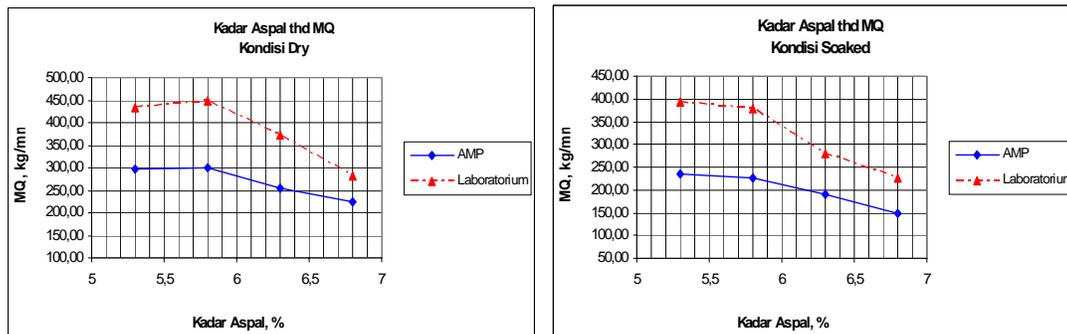
n. Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dengan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai *Marshall Quotient* .

*Marshall Quotient* merupakan hasil bagi antara stabilitas dan *flow* yang mengindikasikan pendekatan terhadap kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran beraspal panas. Besarnya nilai *MQ* tergantung dari besarnya nilai stabilitas yang dipengaruhi oleh gesekan antar butiran dan saling mengunci antar butiran yang terjadi antara partikel agregat dan kohesi campuran bahan susun, serta nilai *flow* yang dipengaruhi oleh viskositas, kadar aspal, gradasi bahan susun, dan jumlah tumbukan. Campuran yang memiliki nilai *MQ* yang rendah, maka campuran beraspal panas akan semakin fleksibel, cenderung menjadi plastis dan lentur sehingga mudah mengalami perubahan bentuk pada saat menerima beban lalu lintas yang tinggi. Sedangkan campuran yang memiliki nilai *MQ* tinggi campuran beraspal panas akan kaku dan kurang lentur. Faktor yang mempengaruhi nilai *MQ* adalah gradasi bahan susun, bentuk butir, kadar aspal, kohesi, energi pemadatan, dan temperatur pemadatan. Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dengan di *Hot Bin AMP* dan hasil ekstraksinya terhadap nilai *MQ* pada kondisi *Dry* maupun *Soaked*, yang dapat dilihat pada Tabel 4.34. dan Tabel 4.41. serta Gambar 4.25. berikut ini :

**Tabel 4.41.** Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai *MQ* pada kondisi *Dry* dan *Soaked*.

No. test	1 (Dry)			
AMP	296,43	299,13	253,73	223,60
Laboratorium	431,84	449,57	372,29	281,13
Kadar aspal (%)	5,3	5,8	6,3	6,8

No. test	1 (Soaked)			
AMP	236,22	225,32	191,12	147,53
Laboratorium	393,50	378,54	278,83	225,54
Kadar aspal (%)	5,3	5,8	6,3	6,8



**Gambar 4.25.** Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai *MQ* pada kondisi *Dry* dan *Soaked*

Dari Tabel 4.34, dan Tabel 4.41, serta Gambar 4.25, di atas dapat dilihat bahwa nilai *MQ* di Laboratorium lebih tinggi dari nilai *Flow* di *Hot Bin AMP*, baik pada kondisi *dry* maupun *soaked* ini disebabkan gradasi bahan susun di laboratorium lebih halus dan rapat dari pada di *Hot Bin AMP*, sehingga waktu di padatkan *MQ* di laboratorium menyebabkan kenaikan stabilitas dan menurunkan nilai *flow* serta meningkatkan kekakuan dari campuran, sehingga menghasilkan hasil yang lebih baik dari pada di *Hot Bin AMP*. Nilai *MQ* adalah ukuran untuk memprediksi sifat fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *MQ* maka campuran akan semakin kaku dan tahan terhadap deformasi plastis, demikian pula sebaliknya campuran akan rentan terhadap terjadinya deformasi plastis apabila memiliki nilai *MQ* rendah. Secara keseluruhan Pengaruh Gradasi gabungan di laboratorium dengan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai *MQ*, masih berada > 200kg/mm, kecuali pada gradasi gabungan di *Hot Bin AMP* kondisi *soaked* pada kadar aspal 6,3 % dan 6,8% berada dibawah persyaratan.

#### 4.2.4. Evaluasi Komparasi Pengaruh Gradasi gabungan di Laboratorium dengan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai Karakteristik *Marshall*.

Dari hasil pengujian bahan susun untuk campuran AC-WC untuk komparasi pengaruh gradasi gabungan di laboratorium dengan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai karakteristik *Marshall*, didapat hasil rekapitulasi yang memenuhi persyaratan sesuai dalam spesifikasi pada tahap II, adalah sebagai berikut ini :

**Tabel 4.42.** Tabel Rekapitulasi Komparasi Pengaruh Gradasi gabungan di Laboratorium dengan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai Karakteristik *Marshall* Kondisi *Dry*

Karakteristik <i>Marshall</i>	Spesifikasi	Kadar Aspal			
		5,3 %	5,8 %	6,3 %	6,8 %
<i>Density</i> Laboratorium (gr/cc)		2,334	2,356	2,355	2,347
<i>Density</i> <i>AMP</i> (gr/cc)	-	2,305	2,338	2,331	2,320
<i>VMA</i> Laboratorium (%)	min 15 %	15,34	15,01	15,47	16,24
<i>VMA</i> <i>AMP</i> (%)		17,06	16,34	17,02	17,87
<i>VFA</i> Laboratorium (%)	min 65 %	62,25	71,95	77,19	80,34
<i>VFA</i> <i>AMP</i> (%)		66,68	77,58	80,87	82,98
<i>VIM</i> Laboratorium (%)	3,5 % - 5,5 %	5,79	4,22	3,53	3,19
<i>VIM</i> <i>AMP</i> (%)		5,69	3,66	3,26	3,04
Stabilitas Laboratorium (kg)	min 800 kg	1366,80	1460,63	1324,31	1126,02
Stabilitas <i>AMP</i> (kg)		1042,44	1046,97	1010,71	838,48
<i>Flow</i> Laboratorium (mm)	min 2 mm	3,17	3,25	3,56	4,01
<i>Flow</i> <i>AMP</i> (mm)		3,52	3,50	3,98	3,75
<i>MQ</i> Laboratorium (kg/mm)	min200 kg/mm	431,84	449,57	372,29	281,13
<i>MQ</i> <i>AMP</i> (kg/mm)		296,43	299,13	253,73	223,60

**Tabel 4.43.** Tabel Rekapitulasi Komparasi Pengaruh Gradasi gabungan di Laboratorium dengan di *Hot Bin AMP* terhadap nilai Karakteristik *Marshall* Kondisi *Soaked*

Karakteristik <i>Marshall</i>	Spesifikasi	Kadar Aspal			
		5,3 %	5,8 %	6,3 %	6,8 %
<i>Density</i> Laboratorium (gr/cc)		2,337	2,341	2,355	2,342
<i>Density</i> <i>AMP</i> (gr/cc)	-	2,299	2,311	2,314	2,323
<i>VMA</i> Laboratorium (%)	min 15 %	15,24	15,53	15,50	16,41
<i>VMA</i> <i>AMP</i> (%)		17,31	17,30	17,62	17,76
<i>VFA</i> Laboratorium (%)	min 65 %	62,75	69,08	77,05	79,37
<i>VFA</i> <i>AMP</i> (%)		65,56	72,39	77,55	83,59
<i>VIM</i> Laboratorium (%)	3,5 % - 5,5 %	5,68	4,80	3,56	3,38
<i>VIM</i> <i>AMP</i> (%)		5,96	4,78	3,96	2,91
Stabilitas Laboratorium (kg)	min 800 kg	1338,47	1310,14	1090,61	941,89
Stabilitas <i>AMP</i> (kg)		929,13	920,06	793,16	607,33
<i>Flow</i> Laboratorium (mm)	min 2 mm	3,41	3,48	3,93	4,18
<i>Flow</i> <i>AMP</i> (mm)		3,93	4,08	4,15	4,12
<i>MQ</i> Laboratorium (kg/mm)	min200 kg/mm	393,50	378,54	278,83	225,54
<i>MQ</i> <i>AMP</i> (kg/mm)		236,22	225,32	191,12	147,53

Dari hasil evaluasi pengujian diatas terlihat bahwa semua karakteristik *Marshall*, baik pada gradasi gabungan di laboratorium maupun gradasi gabungan di *Hot Bin AMP*, terlihat pada gradasi gabungan di *Hot Bin AMP* maupun hasil gradasi ekstraksinya setelah pengujian tampak gradasi lebih kasar dan hasil ekstraksi setelah di tumbuk mengalami degradasi bahan susunnya menjadi halus yang mengakibatkan stabilitas, *Flow* maupun *MQ* jauh menurun dibandingkan dengan gradasi gabungan di laboratorium. Untuk hasil analisa void (*VMA*, *VFA* dan *VIM*) tidak semuanya memenuhi persyaratan sesuai dengan spesifikasi *AC - WC*, yang memenuhi persyaratan hanya pada kadar aspal optimum untuk gradasi gabungan di *Hot Bin AMP*, sedangkan pada gradasi gabungan di

laboratorium masih lebih baik, karena semua hasil analisa *void* memenuhi persyaratan, hanya yang tidak memenuhi persyaratan pada kadar aspal 6,8%.

Persoalan yang terjadi di lapangan (*AMP*), sulitnya pengendalian bahan susun campuran aspal – agregat, mulai dari *Querry* tempat penyimpanan/penimbunan bahan susun terdiri dari agregat kasar, medium dan kecil yang tidak memenuhi persyaratan, kemudian pada unit *Cold Bin AMP* terutama pada bukaan pintunya, selanjutnya di instalasi *Hot Binnya* sendiri yang tidak sesuai lagi dengan saringan yang diperlukan, kurangnya *quality control* dan kalibrasi peralatan yang ada pada unit instalasi *AMP* yang memperburuk kualitas hasil diharapkan.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan seperti yang telah disampaikan di muka, dapat diambil suatu kesimpulan dari analisa *Marshall* tahap I untuk menentukan kadar aspal optimum sebagai dasar untuk penelitian tahap II yaitu komparasi pengaruh Gradasi Gabungan di Laboratorium dengan di *Hot Bin AMP* campuran Laston (AC-WC) terhadap nilai karakteristik uji *Marshall*, seperti disebutkan di bawah ini :

1. Hasil pemeriksaan sifat fisik Agregat (agregat kasar, agregat halus, *filler*) dan aspal :  
*Memenuhi persyaratan* pengujian dengan acuan Standar Nasional Indonesia (SNI). Apabila pengujian dimaksud tidak terdapat dalam SNI maka dipergunakan acuan *AASHTO*.
2. Dari hasil analisis *Marshall* tahap I, semua nilai parameter *Marshall* yang memenuhi persyaratan adalah pada rentang kadar aspal 5,50 – 6,00%, sehingga didapat kadar aspal optimum pada nilai tengah rentang batas di atas adalah sebesar 5,80%.
3. Perbandingan pengaruh Gradasi Gabungan di Laboratorium dengan di *Hot Bin AMP* campuran Laston (AC-WC) terhadap nilai karakteristik uji *Marshall*, memberikan hasil bahwa nilai Density, VIM, Stabilitas dan MQ di laboratorium *lebih tinggi* daripada di *Hot Bin AMP*; sedangkan nilai VMA, VFA dan Flow di Laboratorium *lebih rendah* daripada di *Hot Bin AMP*.  
  
Dari evaluasi tersebut di atas disimpulkan bahwa kinerja campuran Laston (AC-WC) dari hasil gradasi di Laboratorium akan lebih kaku, kokoh, stabil dan tahan terhadap deformasi plastis sekaligus lebih mampu menahan beban lalu lintas yang sifatnya lebih berat dan padat.
4. Hasil uji gradasi di Laboratorium dapat terkendali dengan baik dan benar sehingga memberikan hasil sangat rapat sesuai rencana, sedangkan hasil gradasi di *Hot Bin AMP* tampak terlihat terlalu kasar, apalagi setelah ditumbuk dari hasil ekstraksi tampak bahan susun menjadi halus yang menandakan bahwa kendali bahan susun untuk campuran di lapangan terkondisi kurang baik.

5. Nilai gradasi di *Hot Bin AMP* dan hasil ekstrasinya memberikan penyimpangan dari masing-masing fraksi sesuai ukuran saringan dengan nilai rerata sebesar lebih kurang 4% terhadap target gradasi gabungan di Laboratorium.

## 5.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan berupa uji perendaman *Marshall (Marshall Immersion Test)*, dengan maksud mengukur ketahanan daya ikat/adhesi campuran beraspal terhadap pengaruh suhu (*water sensitivity and temperature susceptibility*). Hal ini diharapkan agar campuran Laston (AC-WC) di samping mempunyai nilai stabilitas yang tinggi dan nilai kelelahan plastis yang rendah juga harus mempunyai nilai ketahanan/ keawetan sesuai umur rencana.
2. Sebelum dilaksanakan operasional pelaksanaan pekerjaan pembangunan jalan, harus dilakukan terlebih dahulu *Trial Mixing Plant* guna menyamakan gradasi gabungan yang sudah disepakati sesuai spesifikasi teknis di laboratorium dan gradasi gabungan di *AMP*.
3. Penimbunan material agregat di lokasi *AMP* (stock pile) hendaknya dilakukan secara terpisah dalam rentang ideal 5-6 meter. Atau bila keadaan memaksa dapat dibatasi dengan papan pemisah yang cukup kuat, panjang dan tinggi guna menjamin fraksi-fraksi material agregat yang bersangkutan tidak saling tercampur.
4. Melaksanakan kendali pemeriksaan alat pendukung di unit *AMP* berupa *kalibrasi* secara teratur sesuai standar tera yang berlaku, yaitu pada :  
  
cold feed gate, timbangan mineral agregat di weight box, timbangan aspal di asphalt weight bucket, pugmill/mixing unit timbangan truck dan timbangan campuran bahan susun laston (AC-WC).
5. Melakukan pemeriksaan secara rinci sebelum dilaksanakan pekerjaan fisik lapangan di unit *Asphalt Mixing Plant (AMP)*, antara lain :
  - a) Material agregat di *Cold Feed Bin* dan aspal di *Hot Asphalt Cement Storage* harus mencukupi kebutuhan rencana produksi sesuai dengan rumus campuran kerja yang sudah disahkan.

- b) Jaringan di *Vibrating Screen* harus dalam kondisi prima. Periksa terhadap keausan, kelelahan dan kelaikan dari jaring-jaring baja yang ada dengan maksud agar material agregat yang menuju *Hot Feed Bin* betul-betul sesuai dengan fraksinya.
  - c) Alat pendukung utama pada mixing unit yaitu pedal, as pedal dan tangkai pedal harus layak dan berjalan dengan baik, sehingga dalam proses dry mixing dan wet mixing akan menghasilkan produk akhir berupa campuran aspal panas yang betul-betul homogen.
  - d) Lakukan pengecekan sekaligus standarisasikan termometer suhu pada dryer, hot bin dan hot asphalt cement storage, dengan tujuan nilai kelembaban agregat tidak melebihi batas maksimum 1% sehingga agregat dapat diselimuti aspal secara merata.
  - e) Periksa terhadap kebersihan diri sisa produksi sebelumnya, yaitu pada hot bin dan pugmill / mixing unit.
6. Diwajibkan pada unit *AMP* ada pemasok material *filler* yang disimpan di *Mineral Filter Storage*. Tidak ada atau kurangnya material *filler* menyebabkan campuran aspal menjadi lembek pada temperatur yang relatif tinggi, di samping itu dengan pemakaian / penambahan material *filler* yang cukup akan menjadikan campuran aspal panas lebih stabil dan mengurangi rongga di dalam campuran akibat adanya *interlocking* antar bahan susun campuran.
7. Hidari sekecil mungkin kesalahan ( *human error* ) semua tenaga pelaksana di unit *Asphalt Mixing Plant (AMP)* mulai dari tenaga mekanik hingga operator termasuk tenaga-tenaga pembantunya. Semua tenaga pelaksana yang bersangkutan diwajibkan bersertifikat dan berpengalaman di dalam bidangnya.

## DAFTAR PUSTAKA

AASHTO, 1990, *Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing*, Part I Specification, 15<sup>th</sup> Edition, AASHTO Publication, Washington USA.

AASHTO, 1990, *Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing*, Part II Testing, 15<sup>th</sup> Edition, AASHTO Publication, Washington USA.

ASTM, 1980, *Annual Book of ASTM Standards*, parts 15 Road Paving.

British Standard, 1989, *British Standard ( BS ) 812 part 105 : British Standards Methods of determination of particle shape*, British Standard Institution, London, England.

British Standard, 1989, *British Standard ( BS ) 3690 part 1 : Specification for bitumen for roads and other paved areas*, 1<sup>st</sup> Edition, British Standard Institution, London, England.

Brown SF dan Brunton, 1984, *An Introduction to the Analytical Design of Bituminous Pavement*, 2<sup>th</sup> Edition, University of Nottingham, England.

Departemen Pekerjaan Umum, 1999, *Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak*, No 023/T/BM/1999, Puslitbang Jalan, Bandung.

Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, *Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas*, Puslitbang Prasarana Transportasi, Bandung.

Dinas Bina Marga, Pemerintah Provinsi Jawa Tengah, (2003), *Laporan Hasil Rancangan Campuran Rencana AC Wearing Course - 1*

Harold N. Atkins, 1997, *Highway Materials, Soil and Concrete*, 3<sup>th</sup> Edition, Prentice Hall, New Jersey, USA.

Kennedy, T.W, 1996, *The Bottom Line : Superpave System Works*, The Superpave Asphalt Research Program, The University of Texas at Austin, USA

Krebs, R.D dan Walker, R.D, 1971, *Highway Materials*, McGraw-Hill Book Company, New York, USA.

Oglesby, C.H, Hicks, R.G, 1982, *Highway Engineering*, 4<sup>th</sup> Edition, John Willey & Sons, New York, USA.

Shell Bitumen, 1990, *Shell Bitumen Handbook*, Shell Bitumen, England.

Sukirman S, 1992, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.

Sukirman S, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Granit, Jakarta.

Suprpto, T.M, 2004, *Bahan Dan Struktur Jalan Raya*, Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

The Asphalt Institute, 1983, *Construction of Hot Mix Asphalt Pavement*, Manual Series No. 22, Second Edition, Lexington, Kentucky, USA.

The Asphalt Institute, 1984, *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and other Hot Mix Types*, Manual Series No 2 ( MS-2 ), 1<sup>st</sup> Edition, Lexington, Kentucky, USA.

The Asphalt Institute, 1993, *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and other Hot Mix Types*, Manual Series No 2 ( MS-2 ), 5<sup>th</sup> Edition, Lexington, Kentucky, USA.

The Asphalt Institute, 2001, *Superpave Mix Design*, Superpave Series No 2 ( SP – 2 ), Third Edition, USA.

Zulkarnain Bachtiar, 2000, *Kajian Dari Batasan Jumlah Agregat Pipih Untuk Campuran Aspal Beton*, Master Tesis, Institut Teknologi Bandung.