

KAJIAN PERBEDAAN ANTARA *DESIGN MIX FORMULA*, *JOB MIX FORMULA* DAN *TRIAL MIX LAPIS AUS ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC – WC)* PADA PRESERVASI REHABILITASI JALAN AIR HITAM STA : 4 + 600 s/d 4 + 675 PEKANBARU RIAU 2018 – 2019

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau Pekanbaru



OLEH :

DESSY PURNAMASARI HARAHAP

143110139

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FALKUTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2021**

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Syukur Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT yang telah begitu banyaknya melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini.

Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Adapun judul dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah "*Kajian Perbedaan Antara Design Mix Formula, Job Mix Formula Dan Trial Mix Lapis Aus Asphalt Concrete Wearing Course (Ac – Wc) Pada Preservasi Rehabilitasi Jalan Air Hitam Sta : 4 + 600 S/D 4 + 675 Pekanbaru Riau 2018 – 2019*".

Penulisan tugas akhir ini pada dasarnya dilakukan karena penulis ingin mengetahui secara langsung proses pencampuran dari suatu campuran aspal yaitu *Asphalt Concrete Wearing Course (AC – WC)* baik dilaboratorium maupun dilapangan, untuk mengetahui Gradasi Campuran Agregat, sifat-sifat Karakteristik *Marshall* yang terjadi setelah pengujian *Marshall* dan kepadatan lapangan sesuai dengan *Job Standart Density (JSD)* yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 (tiga).

Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis membuka diri untuk menerima masukan, kritik, dan saran yang membangun bagi penulis demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih semoga hasil dari Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Pekanbaru, Oktober 2021

Dessy Purnamasari Harahap

UCAPAN TERIMA KASIH

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini dengan baik. Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Penulis menyadari bahwa penelitian ini tidak akan terwujud tanpa adanya dorongan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, S.H., M.C..L, Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim, MT, Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Ibu Dr. Mursyidah, M.Sc Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Anas Puri, ST.,MT, Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom, Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Ibu Harmiyati, ST., M.Si Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
7. Ibu Sapitri, ST., MT Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
8. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, M.MT sebagai Dosen Pembimbing Sekaligus Penguji.
9. Ibu Roza Mildawati ST., MT dan Ibu Vella Anggreana ST., MT sebagai Dosen Penguji.

10. Bapak dan Ibu Dosen pengajar Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
11. Seluruh karyawan dan karyawan fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
12. Ayahanda dan Ibunda tercinta Muhammad Yusri Harahap dan Nur Asiah Sihombing, sebagai Orang Tua yang selalu memberikan dukungan dan mendo'akan serta semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
13. Bapak alm. Zirwan Ahmad, SE selaku ayah angkat yang telah memberikan dukungan secara finansial.
14. Kepada suami saya Nofri Azoni dan anak saya Farzana Hafshah Hafizhah yang telah memberi saya dukungan baik secara moril ataupun materil serta motivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
15. Kepada Pimpinan PT. Lutvindo Wijaya Perkasa (KSO) dan seluruh karyawan terkhusus bapak Zulkifli Siregar dan bapak Handri Tambunan yang telah memberikan penulis banyak ilmu, pengalaman, dan kemudahan dalam melakukan penelitian tugas akhir ini.
16. Kepada adik – adik dan saudara terkhusus Lia anjelia, Nola Cita Putri, dan Eriza Setifa yang selalu membantu, mendoakan, serta memberikan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
17. Kepada teman-teman seperjuangan Program Studi Teknik Sipil serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Terima kasih atas segala bantuannya, semoga penelitian ini bermanfaat bagi kita semua dan semoga segala amal baik kita mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT. Amin

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pekanbaru, 23 November 2021

Penulis

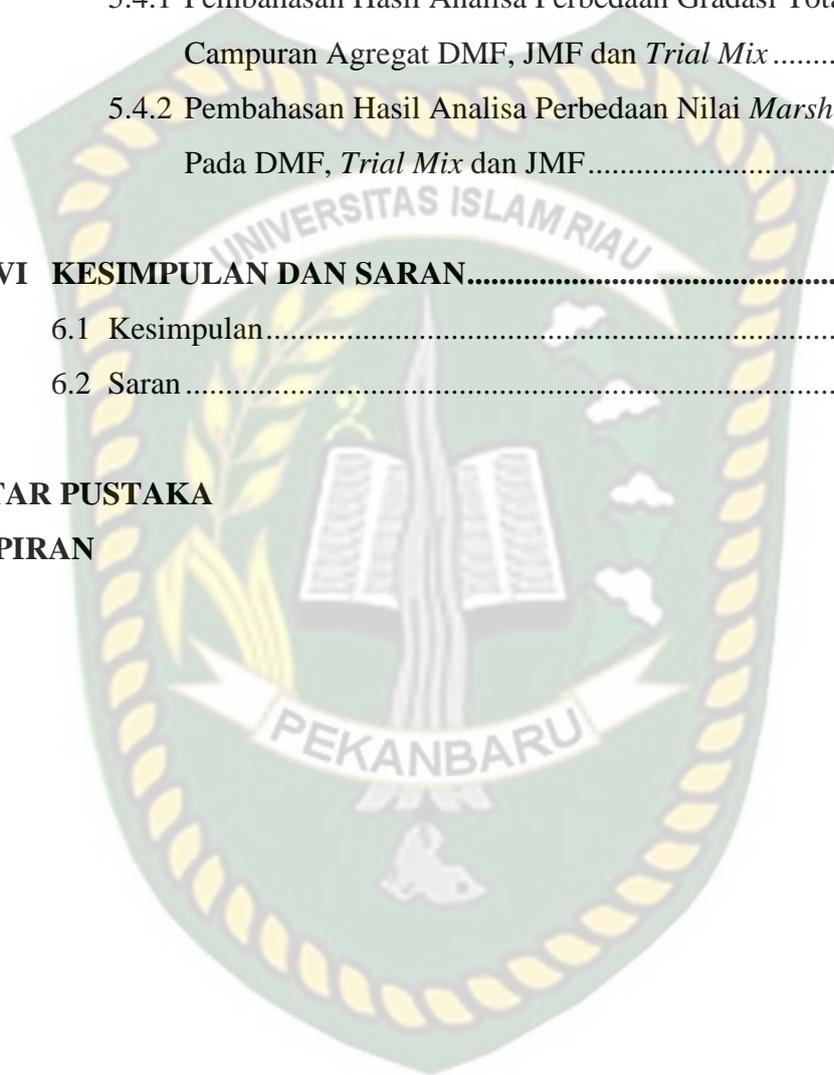
Dessy Purnamasari Harahap

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN	i
KATA PENGANTAR	ii
UCAPAN TERIMAKASIH	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI	xiv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Umum.....	6
2.2 Penelitian Sebelumnya	6
2.3 Keaslian Penelitian	11
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Umum.....	12
3.2 Beton Aspal	13
3.3 Lapis Aspal Beton (Laston, AC)	15
3.4 Agregat	16
3.4.1 Pemeriksaan Gradasi Agregat.....	24
3.5 Karakteristik Beton Aspal	27
3.5.1 Aspal	29

3.5.2	Kadar Aspal Rencana.....	32
3.5.3	Pengujian <i>Marshall</i>	32
3.6	Rumusan Campuran Rancangan (DMF)	36
3.7	Rumusan Campuran Kerja (JMF)	37
3.7.1	Uji Coba Proporsi Campuran (<i>Trial Amp</i>).....	40
3.8	Uji Coba Penghamparan dan Pematatan (<i>Trial Paving</i>)	52
BAB IV	METODE PENELITIAN	55
4.1	Umum.....	55
4.2	Lokasi Penelitian	55
4.3	Teknik Penelitian.....	59
4.4	Tahap Pelaksanaan Penelitian	59
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	63
5.1	Analisa Data Rumusan Campuran Rencana (DMF)	63
5.1.1	Hasil Analisa DMF Gradasi Campuran Agregat (<i>Cold Bin</i>) AC WC.....	63
5.1.2	Hasil Analisa DMF Campuran Beraspal Dengan alat <i>Marshall</i>	65
5.2	Analisa <i>Trial Mix</i>	73
5.2.1	Hasil Analisa <i>Trial Mix</i> Campuran beraspal Dengan Alat <i>Marshall</i>	75
5.2.2	Hasil Analisa Percobaan Penghamparan dan Pematatan (<i>Trial Mix paving</i>) Laston Lapis Aus (AC – WC) Di Lapangan dengan Variasi 12 Lintasan, 14 Lintasan dan 16 Lintasan	77
5.3	Analisa Data Rumusan Campuran Kerja (JMF).....	79
5.3.1	Hasil Analisa JMF Gardasi Campuran Agregat (<i>Hot Bin</i>) AC – WC.....	79
5.3.2	Hasil Analisa JMF Campuran Beraspal dengan Alat <i>Marshall</i>	81

5.4 Pembahasan Hasil Analisa Perbedaan DMF, JMF dan <i>Trial Mix</i>	83
5.4.1 Pembahasan Hasil Analisa Perbedaan Gradasi Total Campuran Agregat DMF, JMF dan <i>Trial Mix</i>	83
5.4.2 Pembahasan Hasil Analisa Perbedaan Nilai <i>Marshall</i> Pada DMF, <i>Trial Mix</i> dan JMF	86
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	94
6.1 Kesimpulan.....	94
6.2 Saran	95
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Tebal Nominal Minimum Campuran Beraspal	16
Tabel 3.2	Ketentuan Agregat Kasar	20
Tabel 3.3	Ukuran Nominal Agregat Kasar Penampung Dingin untuk Campuran Aspal.....	22
Tabel 3.4	Ketentuan Agregat halus	23
Tabel 3.5	Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal	26
Tabel 3.6	Persyaratan Aspal Penetrasi 60/70	30
Tabel 3.7	Ketentuan Sifat – Sifat Campuran Laston (AC).....	33
Tabel 3.8	Ketentuan Kepadatan	54
Tabel 5.1	DMF Gradasi Campuran Agregat <i>Cold Bin</i>	63
Tabel 5.2	DMF Pengujian Campuran Beraspal dengan Alat <i>Marshall 2</i> <i>X 75</i> Tumbukan.....	66
Tabel 5.3	Pemeriksaan Void Pada Kepadatan Mutlak (PRD) dengan Alat <i>Marshall 2 x 400</i> Tumbukan.....	71
Tabel 5.4	DMF Kadar Aspal Optimum dengan Alat <i>Marshall 2 x 75</i> Tumbukan.....	73
Tabel 5.5	Gradasi Campuran Agregat <i>Hot Bin Trial Mix</i>	74
Tabel 5.6	<i>Trial Mix</i> Campuran Beraspal dengan Alat <i>Marshall 2 x 75</i> Tumbukan.....	76
Tabel 5.7	<i>Trial Mix</i> Pemeriksaan <i>Void</i> pada kepadatan Mutlak (PRD) dengan Alat <i>Marshall 2 x 400</i> Tumbukan	76
Tabel 5.8	Pemeriksaan Kepadatan Di Lapangan dengan Alat <i>Core Drill</i>	78
Tabel 5.9	JMF Gradasi Campuran Agregat <i>Hot Bin</i>	79
Tabel 5.10	JMF Pengujian Campuran Beraspal dengan Alat <i>Marshall</i> <i>2 x 75</i> Tumbukan.....	81
Tabel 5.11	JMF Pemeriksaan <i>Void</i> Pada kepadatan mutlak dengan alat <i>Marshall 2 x 400</i> Tumbukan.....	82
Tabel 5.12	Rekapitulasi Hasil Gradasi Total Campuran Agregat DMF, JMF Dan <i>Trial Mix</i>	83

Tabel 5.13 Rekapitulasi Perbandingan Nilai *Marshall* Pada DMF, JMF
Dan *Trial Mix*..... 86



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Susunan Konstruksi Perkerasan Jalan	14
Gambar 3.2	Bagan Alir Metode Rancangan Campuran Beton Aspal	39
Gambar 3.3	Bagian – Bagian Dari AMP dengan Penakar	41
Gambar 3.4	Penampungan Bin Dingin dengan Dinding Penyekat	42
Gambar 3.5	Bukaan pintu Bin Dingin.....	43
Gambar 3.6	Pengangkutan Agregat Dingin Ke <i>Dryer</i>	44
Gambar 3.7	Alat Pengering (<i>Dryer</i>).....	45
Gambar 3.8	Skema Aliran Pengumpul Debu (<i>Dust Collector</i>).....	46
Gambar 3.9	Cerobong asap	46
Gambar 3.10	Elevator Panas	47
Gambar 3.11	Pengendali Gradasi.....	48
Gambar 3.12	<i>Hot Bin</i>	49
Gambar 3.13	<i>Weigh Bin</i>	50
Gambar 3.14	Alat Pencampur (<i>Pugmil/ Mixer</i>)	50
Gambar 3.15	Penyimpan Aspal Panas	51
Gambar 3.16	Tempat Penimbang Aspal Panas	52
Gambar 4.1	Lokasi Laboratorium dan AMP.....	56
Gambar 4.2	Lokasi <i>Trial Paving</i>	57
Gambar 4.3	Detail lokasi <i>Trial Paving</i>	58
Gambar 4.4	Bagan Alir Tahap Pelaksanaan Penelitian.....	62
Gambar 5.1	DMF Gradasi Total Campuran Agregat <i>Cold Bin</i> % Lolos Saringan AC – WC.....	65
Gambar 5.2	DMF VIM dengan Parameter <i>Marshall</i>	66
Gambar 5.3	DMF VMA dengan Parameter <i>Marshall</i>	67
Gambar 5.4	DMF VFB dengan Parameter <i>Marshall</i>	68
Gambar 5.5	DMF <i>Stability</i> dengan Parameter <i>Marshall</i>	68
Gambar 5.6	DMF <i>Flow</i> dengan Parameter <i>Marshall</i>	69
Gambar 5.7	DMF MQ dengan Parameter <i>Marshall</i>	70
Gambar 5.8	DMF VIM PRD Pada Kepadatan Mutlak	71

Gambar 5.9	DMF Kadar Aspal Optimum	72
Gambar 5.10	Grafik Gradasi Total Campuran agregat <i>Hot Bin Trial Mix</i>	75
Gambar 5.11	Grafik Pemeriksaan Kepadatan Di Lapangan dengan Alat <i>Core Drill</i>	78
Gambar 5.12	JMF Gradasi Total Campuran Agregat <i>Hot Bin</i>	81
Gambar 5.13	Grafik Perbedaan Gradasi Total Campuran Agregat DMF, JMF dan <i>Trial Mix</i>	85
Gambar 5.14	Perbandingan Nilai VIM Campuran AC – WC Pada DMF, JMF dan <i>Trial Mix</i>	88
Gambar 5.15	Perbandingan Nilai VMA Campuran AC – WC Pada DMF, JMF dan <i>Trial Mix</i>	89
Gambar 5.16	Perbandingan Nilai VFB Campuran AC – WC Pada DMF, JMF dan <i>Trial Mix</i>	90
Gambar 5.17	Perbandingan Nilai Stability Campuran AC – WC Pada DMF, JMF dan <i>Trial Mix</i>	90
Gambar 5.18	Perbandingan Nilai <i>Flow</i> Campuran AC – WC Pada DMF, JMF dan <i>Trial Mix</i>	91
Gambar 5.19	Perbandingan Nilai MQ Campuran AC – WC Pada DMF, JMF dan <i>Trial Mix</i>	92
Gambar 5.20	Perbandingan Nilai VIM PRD Campuran AC – WC Pada DMF, JMF dan <i>Trial Mix</i>	93

DAFTAR LAMPIRAN

1.	Analisa Saringan <i>Cold Bin</i> DMF laboratorium.....	A – 1
	Coarse Agregat 10 - 20mm	A – 1
	Medium Agregat 5 – 10 mm	A – 8
	Abu Batu	A – 15
	Pasir.....	A – 22
2.	Analisa Gradasi campuran agregat <i>Cold Bin</i> DMF laboratorium.....	A – 29
3.	Analisa Perencanaan Kadar Aspal Pada <i>DMF</i> Laboratorium.....	A – 33
4.	Analisa Pengujian Campuran Beraspal Dengan Alat Marshall Pada Kadar Aspal Rencana 2 x 75 Tumbukan Pada DMF	A - 34
5.	Analisa Pengujian Campuran Beraspal Dengan Alat Marshall Pada Kadar Aspal Rencana 2 x 400 Tumbukan Pada DMF	A – 47
6.	Analisa Pengujian Campuran Beraspal Dengan Alat Marshall Pada Kadar Aspal Optimum 2 x 75 Tumbukan Pada DMF.....	A – 56
7.	Analisa Saringan <i>Hot Bin</i> JMF AMP.....	A – 62
	Hot Bin III.....	A – 62
	Hot Bin II	A – 69
	Hot Bin I.....	A – 76
8.	Analisa Gradasi campuran agregat <i>Hot Bin</i> JMF AMP	A – 83
9.	Analisa Pengujian Campuran Beraspal Dengan Alat Marshall Pada Kadar Aspal Optimum 2 x 75 Tumbukan Pada JMF	A – 87
10.	Analisa Pengujian Campuran Beraspal Dengan Alat Marshall Pada Kadar Aspal Optimum 2 x 400 Tumbukan Pada JMF	A – 92
11.	Analisa Saringan <i>Hot Bin</i> Trial Mix	A – 95
	Hot Bin III.....	A – 95
	Hot Bin II	A – 102
	Hot Bin I.....	A – 109
12.	Analisa Gradasi campuran agregat <i>Hot Bin</i> Trial Mix	A – 120
13.	Analisa Pengujian Campuran Beraspal Dengan Alat Marshall Pada Kadar Aspal Optimum 2 x 75 Tumbukan Pada JMF	A – 123

14. Analisa Pengujian Campuran Beraspal Dengan Alat Marshall
Pada Kadar Aspal Optimum 2 x 400 Tumbukan Pada *Trial Mix* A – 131
15. Analisa Pemeriksaan Kepadatan Di Lapangan Dengan Alat
Core Drill Pada *Trial Mix* A – 133



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR NOTASI

AC	=	<i>Asphalt Concrete</i>
AC – BC	=	<i>Asphalt Concrete – Binder Course</i>
AC – WC	=	<i>Asphalt Concrete – Wearing Course</i>
DMF	=	<i>Design Mix Formula</i>
JMF	=	<i>Job Mix Formula</i>
SS	=	<i>Sand Sheet</i>
HRS	=	<i>Hot Rolled Sheet</i>
Latasir	=	Lapis Tipis Aspal Pasir
Lataston	=	Lapis Tipis Aspal Beton
Laston	=	Lapis Aspal Beton
%	=	Persen
mm	=	Milimeter
“	=	Inchi
KAO	=	Kadar Aspal Optimum
Pb	=	Kadar aspal tengah, Persen terhadap berat agregat
CA	=	Persen agregat tertahan saringan No. 8
FA	=	Persen agregat lolos saringan No. 8 dan tertahan saringan No. 200
FF	=	Persen Agregat minimal 75% saringan No. 200
K	=	Konstanta
Gse	=	Berat jenis efektif agregat (gr/cc)
gr/cc	=	Gram / Cubic centimeter
Pa	=	Kadar Aspal
Gmm	=	Berat jenis maksimum beton aspal sebelum dipadatkan(gr/cc)
A	=	Berat campuran beton aspal yang belum dipadatkan kondisi kering (gr)
B	=	Berat campuran beton aspal yanbelum dipadatkan didalam air (gr)
Gb	=	Berat Jenis Aspal
Pab	=	Penyerapan aspal terhadap berat total agregat (%)
Gsb	=	Berat jenis bulk agregat (gr/cc)

Pae	=	Kadar Aspal Efektif (%)
Gmb	=	Berat jenis total campuran
VIM	=	Rongga dalam campuran (<i>Void In Mix</i>)
VMA	=	Rongga dalam agregat (<i>Void In The Mineral Agregat</i>)
VFB	=	Rongga Terisi aspal (<i>Void Filled Bitumen</i>)
Stabilitas	=	<i>Stability</i> (Kg)
Flow	=	Kelelehan (mm)
MQ	=	Hasil bagi <i>Marshall</i> (<i>Marshall Quotient</i>)
Vmb	=	volume bulk dari beton aspal campuran panas
AMP	=	<i>Asphalt Mixing Plant</i>
Sta	=	<i>Stasioning</i> (Penomoran Panjang Jalan)
JSD	=	<i>Job Standard Density</i>
VIM PRD	=	Rongga dalam campuran pada kepadatan mutlak
PTR	=	<i>Penuematic Tire Roller</i>
TR	=	<i>Tandem Roller</i>

KAJIAN PERBEDAAN ANTARA *DESIGN MIX FORMULA*, *JOB MIX FORMULA* DAN *TRIAL MIX* LAPIS AUS ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC – WC) PADA PRESERVASI REHABILITASI JALAN AIR HITAM STA : 4 + 600 s/d 4 + 675 PEKANBARU RIAU 2018 – 2019

**DESSY PURNAMASARI HARAHAP
NPM : 143110139**

ABSTRAK

Perancangan campuran beraspal merupakan faktor yang sangat penting dalam proses pembuatan aspal. Saat pelaksanaan *Trial Mix* dan JMF dalam skala sebenarnya di AMP dan penghamparan langsung di lapangan menggunakan alat – alat pemadatan sering terjadi perubahan dan perbedaan gradasi campuran agregat dan nilai *marshall* dengan hasil DMF laboratorium. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan gradasi total campuran agregat dan perbedaan nilai *Marshall* pada DMF, *Trial Mix*, dan JMF.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Analisa data sekunder berupa data DMF laboratorium, *Trial Mix* AMP dan percobaan penghamparan (*Trial Mix Paving*) dan JMF berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 (tiga).

Perbedaan gradasi total campuran agregat JMF terhadap nilai DMF pada saringan 19 mm didapat hasil yang sama 100%, naik pada saringan 12,5 s/d 4,75 mm, turun pada saringan 2,36 s/d 0,150 mm, dan naik kembali pada saringan 0,075 mm. Sedangkan pada *Trial Mix* terhadap DMF di saringan 19 mm terjadi penurunan gradasi total campuran agregat, naik pada saringan 12,5 s/d 4,75 mm, turun kembali pada saringan 2,36 s/d 0,150 mm, dan naik kembali pada saringan 0,075 mm. Perbedaan hasil *marshall* pada kadar aspal optimum 5,8% DMF, *Trial Mix* dan JMF. Berdasarkan VIM, *Trial mix* adalah nilai VIM tertinggi 4,00%. Nilai VMA, DMF adalah VMA tertinggi 15,60%. Nilai VFB, DMF adalah VFB tertinggi 76,65%. Nilai Stabilitas, DMF adalah stabilitas tertinggi 1.592 Kg. Nilai *Flow*, DMF adalah *flow* tertinggi 3,7%. Nilai MQ, *Trial Mix* adalah MQ tertinggi 433,1 Kg/mm. Nilai VIM PRD, DMF adalah VIM PRD tertinggi 2,49%. Dan hasil *Trial Mix* dengan variasi lintasan pemadatan di lapangan yaitu 12, 14 dan 16 lintasan yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 Revisi 3 (tiga) adalah pada 1 *passing tandem roller* – 16 *passing PTR* - 1 *passing tandem roller* yaitu *Job Standart Density* (JSD) Minimal 98% didapat 98,8%. Dari hasil analisa dapat disimpulkan DMF, *Trial mix*, dan JMF terjadi perbedaan nilai gradasi total campuran agregat dan nilai *marshall* yang disebabkan oleh proses pelaksanaannya serta kalibrasi alat pada bukaan *cold bin*, bukaan *hot bin*, dan timbangan panas, tetapi perbedaan yang terjadi masih memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3 (tiga).

Kata Kunci : DMF, *Trial Mix*, JMF, AC – WC, Jl. Air Hitam

**STUDY OF THE DIFFERENCE BETWEEN DESIGN MIX FORMULA,
JOB MIX FORMULA AND TRIAL MIX AUS LAYER ASPHALT
CONCRETE WEARING COURSE (AC – WC) ON
PRESERVATION REHABILITATION AIR
HITAM ROAD STA : 4 + 600 UNTIL
4 + 675 PEKANBARU RIAU
2018 – 2019**

**DESSY PURNAMASARI HARAHAP
NPM: 143110139**

ABSTRACT

The design of paved mixtures is a very important factor in the asphalt manufacturing process. When the implementation of Trial Mix and JMF on an actual scale in AMP and direct exposure in the field using compaction tools often occur changes and differences in the gradation of aggregate mixtures and marshall values with laboratory DMF results. The goal of the study was to determine the difference in the total gradation of aggregate mixtures and marshall value differences in DMF, Trial Mix, and JMF.

The methods used in this study are secondary data analysis methods in the form of laboratory DMF data, AMP Mix Trial and Trial Mix Paving and JMF based on Bina Marga General Specification 2010 Revision 3 (three).

The difference in the total gradation of JMF aggregate mixture to DMF value in a 19 mm filter obtained the same result of 100%, up on the filter 12.5 to 4.75 mm, down on the filter 2.36 to 0.150 mm, and up again at the filter 0.075 mm. While in the Trial Mix against DMF in the 19 mm filter there was a decrease in the total gradation of the aggregate mixture, rising on the filter 12.5 to 4.75 mm, down back on the filter 2.36 to 0.150 mm, and up again at the filter 0.075 mm. The difference in marshall yield at optimum asphalt levels is 5.8% DMF, Trial Mix and JMF. Based on VIM, trial mix is the highest VIM value of 4.00%. VMA value, DMF is the highest VMAs at 15.60%. Vfb, DMF is the highest VFB value of 76.65%. Stability Value, DMF is the highest stability 1,592 Kg. Flowvalue, DMF is the highest flow of 3.7%. The value of MQ, Trial Mix is the highest MQ of 433.1 Kg/mm. VIM PRD value, DMF is the highest VIM PRD of 2.49%. And the results of Trial Mix with variations of compaction tracks in the field, namely 12, 14 and 16 tracks that meet the General Specification of Bina Marga in 2010 Revision 3 (three) is on 1 passing tandem roller - 16 passing PTR - 1 passing tandem roller namely Job Standart Density (JSD) At least 98% obtained 98.8%. From the results of the analysis can be concluded DMF, Trial mix, and JMF there is a difference in the total gradation value of the aggregate mixture and marshall value caused by the implementation process and calibration of tools on cold bin openings, hot bin openings, and heat scales, but the differences that occur still meet the General Specification of Bina Marga Year 2010 Revision 3 (three).

Keywords: DMF, Trial Mix, JMF, AC – WC, Jl. Air Hitam



BAB I

PENDAHULUAN

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelaksanaan lapis campuran beraspal panas dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapisan antara pada perkerasan jalan yang mampu memberikan daya dukung serta berfungsi sebagai lapis kedap air yang dapat melindungi lapisan konstruksi dibawahnya. Lapis aspal beton (Laston) disebut juga *Asphalt Concrete* (AC) terdiri dari 3 (tiga) jenis campuran Lapis Aus atau *Asphalt Concre – Wearing Course* (AC – WC), Lapis Antara atau *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC – BC), Lapis Pondasi atau *Asphalt Conrete Base* (AC – Base). Sebagai lapis permukaan, lapis campuran beraspal panas harus dapat memberikan kenyamanan bagi pengguna jasa. Lapis aus atau *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC – WC) merupakan lapisan perkerasan yang terletak paling atas. Walaupun bersifat non struktural, AC – WC dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan. Sebelum pekerjaan campuran beraspal panas dilaksanakan, maka perlu adanya suatu uji coba rancangan proporsi campuran beraspal panas berdasarkan spesifikasi yang ditetapkan Bina Marga dimana nantinya akan menjadi acuan standar dalam pelaksanaan pekerjaan jalan.

Proses pembuatan campuran beraspal panas AC – WC terdiri dari 3 (tiga) tahap, dimulai dengan pembuatan rancangan campuran kerja atau *Design Mix Formula* (DMF) dilaboratorium untuk menentukan proporsi takaran agregat yang dapat menghasilkan komposisi yang optimum. Selanjutnya percobaan produksi dilakukan, dimana rancangan campuran laboratorium yang tertera dalam DMF dapat diproduksi di instalasi pencampur aspal atau *Asphalt Mixing Plant* (AMP) untuk mendapatkan *Job Mix Formula*. JMF adalah rancangan campuran kerja tentang komposisi campuran material yang digunakan berupa agregat dan aspal. JMF dilakukan untuk mendapatkan komposisi campuran *Hot Bin* yang sama dengan hasil DMF dimana nantinya akan dijadikan acuan untuk pelaksanaan pekerjaan aspal lapis aus (AC – WC). Setelah pembuatan DMF dan JMF selesai,

sebelum menggelar pekerjaan dilapangan perlu dilakukan pengujian campuran dan penghamparkan serta memadatkan dilapangan dengan peralatan yang telah ditetapkan dan memenuhi derajat kepadatan lapangan terhadap kepadatan laboratorium hasil pengujian *Marshall* dari benda uji yang campurannya diambil dari AMP yang dikenal dengan *Trial mix*. *Trial mix* merupakan upaya untuk melaksanakan pekerjaan JMF dengan sekala penuh, berdasarkan kondisi yang sebenarnya yang ada dilapangan. Saat pelaksanaan *Trial Mix* dan JMF dalam skala sebenarnya di AMP dan penghamparan langsung di lapangan menggunakan alat – alat pemadatan sering terjadi perubahan dan perbedaan gradasi total campuran agregat dan nilai *marshall* dengan hasil DMF laboratorium.

Maka dari itu dibuatlah penelitian yang diselenggarakan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Kota Pekanbaru Provinsi Riau yaitu preservasi rehabilitasi jalan dan dilaksanakan oleh PT. Lutvindo Wijaya Perkasa pada kontruksi perkerasan Lapis Aus (AC – WC) yang berlokasi di jalan air hitam Sta 4 + 600 s/d 4 + 675. Lapisan ini adalah lapisan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan dan dirancang untuk tahan terhadap perubahan cuaca, gaya geser, dan tekanan roda kendaraan serta memberikan lapisan kedap air untuk lapisan dibawahnya agar dapat melayani beban lalulintas baik kendaraan ringan berupa kendaraan roda 4 (empat) seperti oplet, sedan, bus mikro, pick up, dan truk mikro, maupun kendaraan berat seperti truk, bus, truk trailer, truk 2 (dua) sumbu, truk 3 (tiga) sumbu dan truk gandeng, serta kendaraan roda 2(dua) seperti sepeda motor,kendaraan roda 3 (tiga), dan dan kendaraan tak bermotor seperti sepeda.

Berdasarkan dari permasalahan diatas terhadap 3 proses DMF, *Trial mix*, dan JMF yang akan terjadi perubahan dan perbedaan gradasi agregat dan nilai *marshall*, maka dilakukan penelitian dengan judul “Kajian Perbedaan Antara *Design Mix Formula*, *Job Mix Formula* Dan *Trial Mix* Lapis Aus *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC – WC) Pada Preservasi Rehabilitasi Jalan Air Hitam Sta : 4 + 600 S/D 4 + 675 Pekanbaru Riau 2018 – 2019”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas, dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana perbedaan hasil gradasi total campuran agregat dari *Design Mix Formula*, *Trial Mix*, dan *Job Mix Formula* AC – WC Jalan Air Hitam Sta 4+ 600 s/d Sta 4+ 675?
2. Bagaimana perbedaan hasil nilai marshall pada kadar aspal optimum DMF, *Trial Mix*, dan JMF AC – WC Jalan Air Hitam Sta 4+ 600 s/d Sta 4+ 675?
3. Bagaimana hasil *Trial mix* AC – WC Jalan Air Hitam Sta 4+ 600 s/d Sta 4+ 675 dengan variasi lintasan pemadatan yaitu 12 lintasan, 14 lintasan dan 16 lintasan yang sesuai dengan nilai *Job Standart Density* (JSD)?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui perbedaan gradasi total campuran agregat dari *Design Mix Formula*, *Trial Mix*, dan *Job Mix Formula* AC – WC Jalan Air Hitam Sta 4+ 600 s/d Sta 4+ 675.
2. Mengetahui perbedaan hasil nilai marshall pada kadar aspal optimum DMF, *Trial Mix*, dan JMF AC – WC Jalan Air Hitam Sta 4+ 600 s/d Sta 4+ 675.
3. Mengetahui hasil *Trial mix* AC – WC Jalan Air Hitam Sta 4+ 600 s/d Sta 4+ 675 dengan variasi lintasan pemadatan yaitu 12 lintasan, 14 lintasan dan 16 lintasan yang sesuai dengan nilai *Job Standart Density* (JSD).

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Peneliti dapat mengetahui penyebab terjadinya perbedaan pada DMF, *Trial mix*, dan JMF AC – WC Jalan Air Hitam Sta 4+600 s/d Sta 4+675.
2. Peneliti dapat mengetahui proses dalam pelaksanaan pekerjaan aspal lapis aus (AC – WC) dan teknik pekerjaan aspal lapis aus (AC – WC) jalan air hitam Sta. 4 + 600 s/d 4 + 675 di laboratorium, di AMP, dan di lapangan.

3. Peneliti dapat memperoleh hasil kepadatan standar kerja (*Job Standart Density*, JSD) dengan variasi lintasan pemadatan yaitu 12 lintasan, 14 lintasan dan 16 lintasan dan menarik kesimpulan dari hasil penelitian.

1.5 Batasan Masalah

Sebelum dilakukan Kajian Perbedaan Antar *Design Mix Formula*, *Trial mix* dan *Job Mix Formula* Lapis Aus AC WC maka terlebih dahulu dibuat batasan – batasan agar lebih terarah dan efisien antara lain :

1. Data – data penelitian diambil dari Laboratorium PT. Lutvindo Wijaya Perkasa Pada paket pekerjaan Preservasi Rehabilitasi Jalan Sp. Gemar Menabung – Sp. Air Hitam – Sp. Panam – Sp. Kubang – Kh. Nasution – Sp. Kayu Ara (MYC).
2. Ruas jalan yang ditinjau dalam penelitian ini adalah ruas jalan air hitam dimulai dari Sta. 4 + 600 s/d 4 + 675 Pekanbaru 2018 - 2019.
3. Tinjauan yang diteliti adalah Perbedaan Antar *Design Mix Formula*, *Trial Mix* Dan *Job Mix Formula* Lapis Aus AC WC dengan berdasarkan Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3(Tiga) yang meliputi gradasi campuran agregat, pengujian campuran beraspal dengan alat *marshall* dan pengujian kepadatan lapangan yang sesuai *Job Standart Density*.
4. Penelitian ini menggunakan Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3(Tiga).
5. Pengamatan proses pencampuran dilakukan di *asphalt mixing plant* dari PT. Lutvindo Wijaya Perkasa dengan tipe *batch plant*.
6. Sumber material pasir, *medium*, abu batu berasal dari silam untuk *coarse* agregat dari H. Laban.
7. Bahan pengikat yang digunakan berupa aspal curah penetrasi 60/70 dan bahan pengisi (*filler*) semen padang (PCC).
8. Variasi lintasan penghamparan dan pemadatan percobaan dilapangan pada *Trial Mix* yaitu 12 Lintasan, 14 Lintasan, dan 16 lintasan dengan panjang lintasan 75 m terdiri dari 3 segmen dan panjang setiap segmen yaitu 25 m.

9. Peralatan yang akan digunakan pada saat penghamparan percobaan dilapangan adalah Kompresor (untuk membersihkan lokasi penghamparan dari kotoran), *Asphalt Spayer* (alat penghampar Lapis Perekat), *Asphalt Finisher* (alat penghampar aspal), *Tandem Roller* (alat perata roda besi), *Pneumatic roller* (alat pemadat roda karet).
10. Dilakukan *Core Drill* sampel setelah pemadatan selama 24 jam.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan pustaka memuat tentang hasil-hasil penelitian yang didapat oleh peneliti terdahulu serta memiliki hubungan dengan penelitian yang sedang dilakukan, oleh karena itu penelitian terdahulu dapat membantu memberikan solusi untuk pemecahan masalah pada penelitian yang sedang dilakukan. Pada penelitian ini penulis melakukan tinjauan pustaka berdasarkan penelitian – penelitian sebelumnya, jurnal – jurnal, dan buku – buku referensi yang berkaitan dengan penelitian.

2.2 Penelitian Sebelumnya

Dari berbagai penelitian yang pernah dilakukan oleh beberapa mahasiswa terkait yang dilakukan oleh penulis, maka dalam hal ini penulis mencoba melakukan penelitian berdasarkan studi pustaka terhadap hasil penelitian yang ada, dan literatur yang berkaitan dengan penelitian ini, diantaranya :

Pompana (2018), “Identifikasi Ketidaktepatan Komposisi Campuran Aspal Panas Antara Rancangan Di Laboratorium (*Design Mix Formula*) Dengan Pencampuran Di *Asphalt Mixing Plant (Job Mix Formula)*”. Perancangan campuran melalui AMP dan penghamparan serta pemadatan di lapangan menghasilkan Rancangan Campuran Kerja atau *Job Mix Formula (JMF)*, dimana hasil perancangan ini diharapkan harus sama dengan hasil perencanaan campuran di laboratorium (DMF) yang memenuhi persyaratan campuran menurut Spesifikasi Teknik yang menjadi acuan. Dalam pembuatan campuran dalam skala sebenarnya melalui AMP, pembuatan dengan aspal panas dan pemadatan dengan alat-alat pemadatan langsung di lapangan, bisa saja terjadi ketidaksesuaian dengan kriteria campuran yang didapat dalam DMF. Penelitian ini akan mengidentifikasi ketidaktepatan komposisi campuran aspal panas antara rancangan di laboratorium (*Design Mix Formula*) dengan pencampuran di *Asphalt Mixing Plant (Job Mix Formula)*, pada pekerjaan yang sedang dilaksanakan untuk pekerjaan perkerasan

jalan. Langkah yang dilakukan adalah mengambil data DMF yang telah dibuat, kemudian memeriksa kembali kesesuaian DMF terhadap spesifikasi. DMF kemudian diinterpretasikan di AMP. Hasil pencampuran AMP diambil untuk pemeriksaan *Marshall*, di ekstraksi untuk memperoleh kadar aspal dan terhadap mineral agregat dilakukan analisa saringan cara basah. Pengambilan data juga dilakukan saat penghamparan dan pemadatan dilapangan dan setelah pemadatan, dilakukan pengambilan sampel *core drill* untuk pemeriksaan ketebalan dan kepadatan. Dari hasil analisis *Marshall* pada DMF, kadar aspal terbaik adalah 6,7%. Dari hasil ekstraksi pencampuran di AMP didapat kadar aspal 6,56%. Pada DMF, nilai *Marshall* yang diperoleh untuk stabilitas = 1241 kg, *flow* = 3,15 mm, VIM = 3,979 %, VMA = 17,231 %, VFB = 76,866 %, *density* = 2,21 gr/cm³. Dari hasil pemeriksaan terhadap campuran yang dibuat di AMP, nilai *Marshall* yang diperoleh untuk stabilitas = 1215 kg, *flow* = 3,29 mm, VIM = 4,903 %, VMA = 15,564 %, VFB = 68,496 %, *density* = 2,19 gr/cm³. Pada sampel yang diambil dengan cara *core drill* didapat nilai *density* sebesar 2,15 gr/cm³. Terdapat perbedaan nilai DMF dengan campuran yang dibuat di AMP. Sehingga dapat disimpulkan JMF berbeda dengan DMF. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan ada ketidaktepatan yang menyebabkan perubahan mutu campuran. Hal ini disebabkan kalibrasi alat pada bukaan *cold bin*, bukaan *hot bin*, timbangan panas yang kurang terkontrol dan suhu pemadatan yang turun. Suhu saat pemadatan lapangan adalah 120°C, sedangkan suhu yang disyaratkan 125°C - 145°C.

Rofi (2017), “Perbandingan Gradasi Agregat AC – WC Dari *Job Mix Formula* Dengan Variasi Jumlah Lintasan Pemadatan”. Proses pelaksanaan penghamparan AC – WC akan mempengaruhi perbedaan hasil persen gradasi agregat AC – WC dari *mix design* (AMP) dengan persen gradasi AC – WC yang diambil dibelakang mesin penghampar (*finisher*), dan juga dengan hasil persen gradasi agregat AC – WC setelah penghamparan yang diambil dari benda uji inti (*setelah pelaksanaan dilapangan*). Pengaruh jumlah lintasan pada saat pelaksanaan di lapangan akan berpengaruh terhadap perubahan gradasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk: mengetahui perbandingan gradasi agregat AC – WC sebelum penghamparan (AMP), setelah penghamparan yang diambil dari

belakang *finisher*, dan setelah pelaksanaan di lapangan dengan variasi lintasan 8 lintasan, 12 lintasan, dan 16 lintasan. Mengetahui nilai *marshall* dari variasi tumbukan 2 x 50 tumbukan, 2 x 75 tumbukan, 2 x 100 tumbukan, dan 2 x 125 tumbukan. Berdasarkan hasil penelitian terjadi perubahan gradasi agregat AC-WC sebelum penghamparan (AMP) dengan *finisher* dengan deviasi rerata + 4, 24%. Jumlah lintasan pemadatan juga berpengaruh terhadap gradasi, dimana antara *finisher* dan *core* (8 lintasan) terjadi deviasi rerata + 2,95%. Antara *core* (8 lintasan) dengan *core* (12 lintasan) terjadi deviasi rerata +0,21%. Dan antara *core* (12 lintasan) dengan *core* (16 lintasan) terjadi deviasi rerata +0,4%. Nilai *marshall* yang didapat dari variasi tumbukan 2 x 50 tumbukan, 2 x 75 tumbukan, 2 x 100 tumbukan, dan 2 x 125 tumbukan, dimana yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 Revisi 2 (dua) adalah variasi tumbukan 2 x 75 tumbukan dengan nilai kepadatan 2,315 gr/cc, VIM 3,8%, VMA 15,22%, VFA 70,66%, stabilitas 1356 Kg, *Flow* 3,33 mm, dan MQ 4 Kg/mm. Dari pengujian ini dapat disimpulkan perubahan gradasi agregat dipengaruhi oleh variasi jumlah lintasan pemadatan, nilai abrasi agregat, dan nilai kepipihan agregat. Sehingga disarankan menggunakan material yang memiliki nilai abrasi kecil. Partikel kepipihan agregat tidak boleh melebihi nilai yang disarankan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 revisi 2 (dua) yaitu maksimal 10%.

Putri (2015), “Kajian Kadar Aspal Hasil Ekstraksi Penghamparan Dan *Mix Design* Pada Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC – WC) Gradasi Halus”. Spesifikasi Umum 2010 revisi 2 (dua) Direktorat Jenderal Bina Marga pada poin dasar pembayaran menyebutkan bahwa sistem pembayaran pekerjaan aspal terpisah antara pembayaran aspal dan pembayaran agregat. Pembayaran aspal diberikan setelah dilakukan uji ekstraksi kadar aspal. Hasil ekstraksi kadar aspal yang telah dihampar biasanya kurang dari spesifikasi yang telah ditetapkan. Untuk itu perlu diketahui pengaruh pelaksanaan di *asphalt mixing plant* (AMP), *asphalt finisher* dan setelah dipadatkan di lapangan serta pengaruh kadar pori agregat dan *filler* terhadap kadar aspal hasil ekstraksi. Penelitian dilakukan pada laboratorium AMP PT. Lutvindo Wijaya Perkasa dan di lapangan. Uji ekstraksi kadar aspal menggunakan alat *centrifuge extractor* dengan pelarut bensin. *Sample*

pengujian ekstraksi adalah campuran AC – WC dari AMP, dari belakang *asphalt finisher* dan setelah dipadatkan dilapangan. *Sample* pengujian kadar pori berasal dari agregat *quarry* Ujung Batu, Bangkinang dan Solok. Berdasarkan hasil penelitian, kadar aspal rata-rata hasil ekstraksi di AMP sebesar 5,85%, 5,80% di belakang *asphalt finisher* dan 5,72% dari hasil *core*. Kadar aspal ekstraksi untuk campuran di belakang *asphalt finisher* memiliki deviasi -0,05% terhadap kadar aspal campuran di AMP. Kadar aspal hasil ekstraksi dari *core* memiliki deviasi -0,08% terhadap kadar aspal campuran di belakang *asphalt finisher*. Kadar pori agregat *quarry* Ujung Batu 0,995%, *quarry* Bangkinang 1,306% dan *quarry* Solok 0,863%. Hasil ekstraksi kadar aspal dipengaruhi oleh lokasi pengerjaan AC – WC. Kadar aspal hasil ekstraksi semakin berkurang antara pengujian di AMP, di belakang *asphalt finisher* dan setelah dipadatkan di lapangan. Kadar aspal hasil ekstraksi juga dipengaruhi oleh kadar pori agregat dan *filler* yang dihasilkan. Dari pengujian kadar pori diperoleh semakin tinggi kadar pori agregat maka semakin berkurang kadar aspal hasil ekstraksi. Berdasarkan gradasi ekstraksi diperoleh semakin banyak *filler* maka semakin tinggi kadar aspal hasil ekstraksi.

Anggraini (2015), “Kajian Kadar Aspal Hasil Ekstraksi Penghamparan Campuran AC – WC Gradasi Kasar Dengan Job Mix Formula”. Dengan dikeluarkan spesifikasi umum 2010 (revisi 2) Direktorat Jendral Bina Marga, dimana sistem pembayaran aspal dilakukan secara terpisah antara pembayaran aspal dengan pembayaran agregat. Kehilangan hasil ekstraksi kadar aspal menjadi permasalahan dilapangan bagi pihak pelakasana pekerjaan. Tujuan dari penelitian ini adalah: membandingkan kadar aspal hasil ekstraksi di AMP, saat penghamparan (dibelakang *aspalt Finisher*) dan setelah pemadatan lapangan dengan kadar aspal JMF, dan pengaruh *filler* terhadap kadar aspal hasil ekstraksi, membandingkan pengaruh penggunaan pertamax plus sebagai pelarut dalam ekstraksi kadar aspal, dibandingkan dengan menggunakan bensin pada agregat *Quary* yang sama. Metode yang digunakan dengan cara ekstraksi menggunakan alat *centrifuge extractor* dan pertamax plus. Berdasarkan hasil penelitian terjadi penurunan hasil ekstraksi dengan nilai AMP 5,54%, dibelakang *finisher* 5,47%, dari *core* 5,36% dengan kadar aspal JMF 5,56%, dengan deviasi – 0,02%,

dibelakang *Finisher* – 0,09%, dan *core* -0,2%, tetapi masih memenuhi syarat spesifikasi revisi 2 yaitu $\pm 0,3\%$ dan nilai *filler* setelah ekstraksi mengalami peningkatan dari nilai *filler* JMF dengan nilai rata – rata deviasi 1,35% . Dengan menggunakan pelarut pertamax plus lebih menghasilkan kadar aspal yang lebih banyak dari bensin, dimana kadar aspal rata – rata dengan pelarut bensin dari AMP 5,51%, dibelakang *finisher* 5,46%, dan *core* 5,34%. Dengan deviasinya – 0,03% pada AMP, - 0,01% dibelakang *finisher*, dan – 0,02% dari *core*. Dari pengujian perbandingan hasil ekstraksi dapat disimpulkan kadar aspal dari AMP lebih besar dari *finisher*, dan lebih besar dari *core*, dan kadar *filler* menjadi bertambah setelah ekstraksi. Ini membuktikan bahwa aspal masih meresap kedalam pori agregat. Dengan pelarut pertamax plus lebih banyak melarutkan aspal dibandingkan dengan bensin. Sehingga disarankan untuk menggunakan pelarut yang mengandung oktan tinggi dari pertamax plus sebagai bahan ekstraksi.

Syahrul (2012), “Perkerasan Campuran Aspal Beton (AC – Base) dengan Material Lokal Kutai Kartanegara”. Bahan material di Kutai Kartanegara cukup besar dengan memiliki cadangan galian C yang diperkirakan 156.000.000 m³ pada sebagian wilayah kutai kertanegara dengan luas wilayah 27.236,10 km², akan tetapi pemanfaatannya masih minim dan hanya terbatas sebagai bahan bangunan struktur ringan. Penelitian dilaksanakan untuk mengetahuisifat penggunaan material agregat pasir Tenggara dan batu pecah Jembayan sebagai campuran AC – Base, terhadap karakteristik volumeterik dan karakteristik *marshall* yang terdiri dari parameter – parameter kepadatan (*Density*), *Void in the mineral aggregate* (VMA), *Void in the mix* (VITM), *Void filled with asphalt* (VFWA), stabilitas (*Stability*)), dan *Marshall Qoutient* (MQ), dan mengetahui ketahanan *kohesivitas* campuran aspal dengan metode *Indirect Tensile Strength* (ITS) yang terkondisikan pada keadaan sebenarnya dan tidak dikondisikan, pada penelitian dibuat tiga macam variasi campuran untuk mengetahui kadar aspal optimum berdasarkan persentase agregat dan kadar aspal yang dipergunakan dengan parameter pengujian *marshall* dan mengetahui nilai indek perendaman (IP) atau kekuatan sisa serta nilai *Indirect Tensile Strength* (ITS). Hasil penelitian batu

pecah jembayan memeberikan data sifat fisik keausan 26,0 %, kelekatan agregat terhadap aspal 97,0 %, berat jenis bulk 2,608, penyerapan 1,373 % dan pasir tenggarong memberikan data sifat fisik *sand equivalent* 95,12 %, berat jenis bulk 2,552, dan penyerapan 1,133 % dan hasil pengujian karakteristik *marshall* diperoleh kadar aspal optimum dari setiap variasi campuran perkerasan sebesar 5,000 %, 4,700 % dan 4,600 %, adapun nilai indeks perendaman dari setiap variasi sebesar 107,88 %, 116,43 %, dan 112,60 %, serta nilai *Tensile Strength Ratio* sebesar 99,19 %, 96,58 %, dan 94,52 % dengan bahan pengisi semen.

Razali dan Subagio (2012), “Perbedaan Gradasi Terhadap Karakteristik Marshall Campuran Beton Aspal Lapis Pengikat (AC – BC)”. Penelitian ini menggambarkan hasil penelitian laboratorium terhadap kinerja dari campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC – BC) dengan tiga jenis gradasi: diatas kurva yang lebih penuh (campuran A), dibawah kurva yang lebih penuh (campuran B), dan kombinasi antara diatas dan dibawah kurva yang lebih penuh (campuran C). Semua campuran dirancang sesuai dengan Metode *Marshall*. Hasil uji menunjukkan bahwa semua campuran memenuhi persyaratan dari *Asphalt Concrete Binder Course* (AC – BC) sifat campuran menurut parameter *marshall*. Menurut metode *marshall* telah optimal kadar aspal 5,60 % (campuran A), 6,10 % (campuran B), dan 6,30 % (campuran C).

2.3 Keaslian Penelitian

Penelitian mengkaji tentang proses pembuatan campuran beraspal panas AC – WC yang dimulai dari pembuatan rancangan kerja (DMF), percobaan campuran di AMP dan percobaan penghamparan di lapangan (*Trial Mix*), dan rumusan campuran kerja (JMF). Sedang penelitian terdahulu hanya mengkaji hasil ekstraksi dengan JMF, kemudian hasil DMF dengan hasil ekstraksi, atau membandingkan DMF dengan JMF, dan hanya membahas tentang DMF saja. Selain membahas tentang proses pembuatan campuran beraspal panas AC – WC, penelitian ini juga mengkaji lebih lanjut tentang percobaan penghamparan dilapangan dimana hasil yang diperoleh pada *Trial Mix* dan JMF akan menjadi acuan standar kerja atau *Job Standart Density* (JSD).



BAB III

LANDASAN TEORI

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Aspal beton (*Asphalt Concrete*, AC) sebagai material untuk konstruksi perkerasan jalan yang sudah lama dikenal dan paling umum digunakan di Indonesia. Penggunaannya setiap tahun semakin meningkat, hal ini disebabkan aspal beton mempunyai beberapa kelebihan dibanding dengan bahan-bahan lain, diantaranya harganya yang relatif lebih murah dibanding beton, kemampuannya dalam mendukung beban berat kendaraan yang tinggi dan dapat dibuat dari bahan-bahan lokal yang tersedia dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap cuaca. AC adalah campuran dari agregat bergradasi menerus dengan bahan bitumen. Kekuatan utama AC ada pada keadaan butir agregat yang saling mengunci dan sedikit pada pasir/ *filler*/ *bitumen* sebagai mortar. AC yang umum digunakan terdiri dari beberapa jenis, diantaranya; *Asphalt Concrete Wearing Coarse* (AC - WC), *Asphalt Concrete Binder Coarse* (AC - BC), dan *Asphalt Concrete Base Coarse* (AC - Base).

Kekuatan atau daya tahan lapisan konstruksi AC - WC sangat ditentukan oleh kemampuan untuk merancang komposisi agregat dengan benar dalam pelaksanaannya. Sehingga dalam tahapan perancangan harus dapat berjalan sebagaimana mestinya, bila hal ini tidak berjalan sebagaimana yang seharusnya dapat dipastikan konstruksi jalan tersebut tidak akan berdaya tahan lama (kegagalan konstruksi). Untuk mendapatkan komposisi dan kepadatan yang layak maka perlu dibuat suatu perancangan campuran aspal panas AC – WC di laboratorium (*design mix formula*), selanjutnya dilakukan percobaan produksi campuran di *asphalt mixing plant* (*trial mix*) untuk kemudian dihamparkan dan dipadatkan dilapangan, serta pekerjaan campuran dalam skala sebenarnya di AMP dan diuji di laboratorium agar menghasilkan hasil yang sama dengan DMF (*job mix formula*). Ketiga proses ini merupakan hal yang sangat penting dalam menghasilkan lapis perkerasan beraspal dengan komposisi dan kepadatan yang tepat. Karena setiap proses akan dilakukan pengecekan nilai, seperti stabilitas,

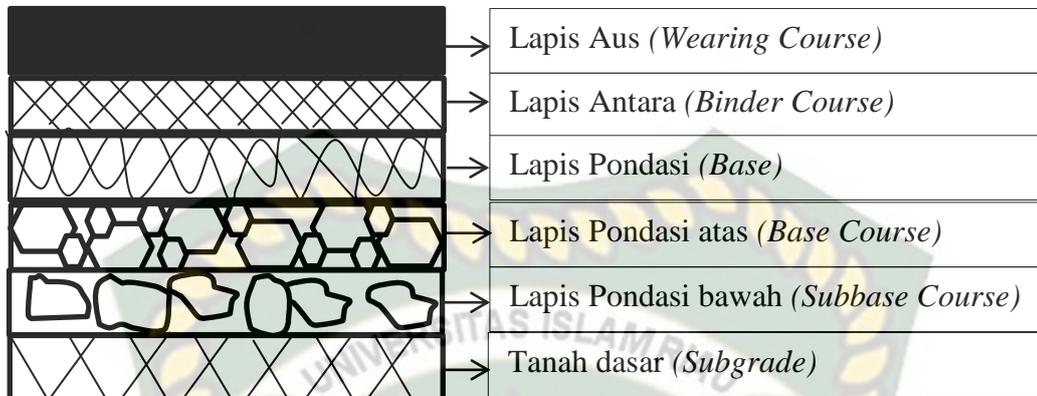
kelelahan, volume rongga, serta kepadatan sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3) . Hal ini dilakukan agar lapis perkerasan dapat memiliki nilai struktur yang awet serta mencegah terjadinya kerusakan dini pada lapis perkerasan aspal dan lapis perkerasan dibawahnya. Sehingga perancangan campuran aspal panas AC WC tersebut layak digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan pekerjaan jalan.

3.2 Beton Aspal

Beton aspal merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal secara homogen, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material – material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan (Silvia Sukirman, 2016). Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan – lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan – lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya. Adapun susunan lapis konstruksi perkerasan lentur terdiri dari :

- a. Lapis Aus (*Wearing Course*)
- b. Lapis Antara (*Binder Course*)
- c. Lapis Pondasi (*Base*)
- d. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)
- e. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)
- f. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

Susunan konstruksi perkerasan jalan dapat dilihat, pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Susunan Konstruksi Perkerasan Jalan

Berdasarkan gambar diatas maka lapisan yang paling berat menerima beban adalah lapisan Aus (*Wearing Course*) yang kemudian didistribusikan kelapisan dibawahnya. Jenis campuran beraspal panas,terbagi mejadi 3 (tiga) sebagai berikut(Spesifikasi Umum 2010, Revisi 3(tiga)):

1. Lapis Tipis Aspal Pasir (*Sand Sheet, SS*) Kelas A dan B

Latasir adalah lapis penutup permukaan jalan yang terdiri atas agregat halus atau pasir atau campuran keduanya dan aspal keras yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada temperatur tertentu. Lapis tipis aspal pasir (Latasir) disebut SS terdiri dari dua jenis campuran, SS-A dan SS-B. Pemilihan SS-A dan SS-B tergantung pada tebal nominal minimum. Latasir biasanya memerlukan penambahan *Filler* agar memenuhi kebutuhan sifat – sifat yang disyaratkan.

2. Lapis Tipis Aspal Beton (*Hot Rolled Sheet, HRS*)

Lapis tipis aspal beton (Lataston) disebut HRS, terdiri dari dua jenis campuran, HRS pondasi (*HRS – Base*) dan HRS lapis aus (*HRS Wearing Course, HRS – WC*) yang terbuat dari agregat yang bergradasi senjang dengan dominasi pasir dan aspal keras yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada temperatur tertentu. dan ukuran maksimum agregat masing – masing campuran adalah 19 mm. *HRS – Base* mempunyai proporsi fraksi agregat kasar lebih besar daripada *HRS – WC*.

3. Lapis Aspal Beton (*Asphalt Concrete, AC*)

Lapis aspal beton (Laston) disebut AC lapis permukaan, terdiri dari tiga jenis campuran, AC lapis aus (AC – WC), AC lapis antara (AC – *Binder Course*, AC – BC) dan AC lapis pondasi (AC – *Base*) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm. Setiap jenis campuran AC yang menggunakan bahan aspal polimer atau dimodifikasi dengan aspal alam disebut masing – masing sebagai AC – WC Modified, AC – BC *Modified*, dan AC – *Base Modified*.

Berdasarkan suhu ketika mencampur dan memadatkan campuran, beton aspal dibedakan atas (Sukirman, 2016) :

1. Beton aspal panas (*hot mix*), adalah beton aspal yang pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 140⁰C.
2. Beton aspal campuran sedang (*warm mix*), adalah beton aspal yang bahan pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 60⁰C.
3. Beton aspal campuran dingin (*cold mix*), adalah beton aspal yang bahan pembentuknya dicampur pada suhu ruang sekitar 25⁰C.

3.3 Lapis Aspal Beton (Laston, AC)

Laston (Lapis aspal beton), merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar, dan dipadatkan pada suhu tertentu (Sukirman, 2003). Sedangkan yang dimaksud gradasi menerus/baik, merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang. Ciri lainnya memiliki sedikit rongga dalam struktur agregatnya, saling mengunci satu dengan yang lainnya. Oleh karena itu beton aspal memiliki sifat stabilitas tinggi dan relatif kaku.

Berdasarkan fungsinya laston mempunyai 3 macam campuran (Sukirman,2003) yaitu:

1. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC – WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) dengan tebal minimum AC – WC adalah 4 cm. Lapisan ini adalah lapisan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan dan dirancang untuk tahan terhadap perubahan cuaca, gaya geser,

tekanan roda ban kendaraan serta memberikan lapis kedap air untuk lapisan dibawahnya.

2. Laston sebagai lapisan pengikat/ antara, dikenal dengan nama AC – BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) yang berada dibawah lapis aus berfungsi memikul beban dengan tebal minimum AC – BC adalah 6 cm. Lapisan ini untuk membentuk lapis pondasi jika digunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan jalan.
3. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC – Base (*Asphalt Concrete-Base*) dengan tebal minimum AC – Base adalah 7,5 cm. Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca tetapi memerlukan stabilitas untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan. Toleransi tebal untuk tiap lapisan campuran beraspal dapat dilihat pada tabel

3.1. dibawah ini :

Tabel 3.1. Tebal Nominal Minimum Campuran Beraspal

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)
Latasir Kelas A		SS – A	1,5
Latasir Kelas B		SS – B	2.0
Lataston	Lapis Aus	HRS – WC	3,0
	Lapis Pondasi	HRS – Base	3,5
Laston	Lapis Aus	AC – WC	4,0
	Lapis Antara	AC – BC	6,0
	Lapis Pondasi	AC – Base	7,5

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3)

3.4 Agregat

Agregat/batuan merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95 % agregat berdasarkan persentase berat atau 75-85 % agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran

agregat dengan material lain (Sukirman, 2003). Adapun ketentuan agregat adalah sebagai berikut (Spesifikasi Umum 2010, Revisi 3) :

1. Agregat yang akan digunakan dalam pekerjaan harus sedemikian rupa agar campuran beraspal, yang proporsinya dibuat sesuai dengan rumusan campuran kerja dan memenuhi semua ketentuan yang disyaratkan tergantung campuran mana yang dipilih.
2. Agregat tidak boleh digunakan sebelum memenuhi persyaratan. Bahan agregat harus ditumpuk secara terpisah sehingga tidak saling tercampur satu dengan lainnya.
3. Sebelum memulai pekerjaan sudah menumpuk setiap fraksi agregat pecah dan pasir untuk campuran beraspal, paling sedikit untuk kebutuhan satu bulan atau paling sedikit 40% dari total pekerjaan yang akan dikerjakan dan selanjutnya tumpukan persediaan harus dipertahankan paling sedikit untuk kebutuhan campuran aspal satu bulan berikutnya.
4. Dalam pemilihan sumber agregat, sudah memperhitungkan penyerapan aspal oleh agregat. Variasi kadar aspal akibat tingkat penyerapan aspal yang berbeda, tidak dapat diterima sebagai alasan untuk negosiasi kembali harga satuan dari campuran beraspal.
5. Penyerapan air oleh agregat maksimum 3%.
6. Berat jenis (*bulk specific gravity*) agregat kasar dan agregat halus minimum 2,5 dan perbedaannya tidak boleh lebih dari 0,2.

Kualitas agregat yang akan digunakan sebagai bahan perkerasan jalan ditentukan oleh (Spesifikasi Umum Bina Marga 2010, Revisi 3):

1. Ukuran Dan Gradasi Agregat (*size and grading*)

Gradasi adalah susunan butir agregat yang sesuai ukurannya. Didalam pelaksanaannya pemilihan ukuran dan gradasi bertujuan antara lain:

 - a. Ukuran agregat mempunyai hubungan dengan pelaksanaan tebal, penyebaran/penghamparan dan tebal padat.
 - b. Gradasi mempunyai hubungan dalam pelaksanaan pemadatan yaitu kesetabilan lapisan, kecepatan waktu pemadatan.

Agregat kadang-kadang kita golongan berdasarkan gradasi antara lain sebagai berikut :

- a. Agregat bergradasi rapat atau menerus.
- b. Agregat bergradasi terbuka atau celah.
- c. Agregat bergradasi seragam.

Sedangkan berdasarkan ukuran agregat dibedakan antara lain sebagai berikut :

- a. Agregat kasar (*coarse agregat*).
- b. Agregat sedang (*medium agregat*).
- c. Agregat halus (*fine agregat*) terdiri dari abu (*dust*) dan pasir(*sand*).

2. Daya Tahan Agregat

Daya tahan agregat merupakan ketahanan agregat terhadap adanya penurunan mutu akibat proses mekanis dan kimiawi. Agregat dapat mengalami gradasi, yaitu perubahan gradasi akibat pecahnya butir-butir agregat. Pada pengerjaan perkerasan jalan, agregat akan mengalami proses tambahan seperti tambahan akibat pengikisan cuaca, ketika pencampuran dan gaya pada waktu penghamparan dan pemadatan. Demikian agregat akan mengalami pengausan setelah jalan tersebut dikerjakan, pukulan roda kendaraan berupa getaran-getaran, maka dari itu agregat mempunyai daya tahan yang cukup terhadap pemecahan, penurunan mutu, penghancuran. Agregat yang akan ditempatkan pada permukaan jalan atau dekat permukaan perkerasan memerlukan kekerasan yang lebih besar dari batuan yang letaknya pada lapisan yang lebih bawah, dimana beban tersebut telah banyak kehilangan kekuatan. Ketahanan agregat terhadap pengaruh tersebut diatas dapat diukur/ditentukan dengan percobaan “ *Los Angeles*”.

3. Bentuk Butiran

Pada konstruksi perkerasan jalan, bentuk butiran mempunyai beberapa pengaruh langsung atau tidak langsung antara lain sebagai berikut :

- a. Mempengaruhi cara pengerjaan campuran.
- b. Mempengaruhi terhadap kekuatan perkerasan jalan.

- c. Merubah kemampuan pemadatan dalam mencapai kepadatan/density yang ditentukan.

4. Susunan Permukaan

Dalam perkerasan jalan, susunan permukaan masih mempunyai pengaruh terhadap cara pengerjaan dan kekuatan campuran perkerasan aspal, kadang-kadang susunan permukaan seringkali dianggap lebih penting dari pada bentuk butiran. Susunan permukaan yang kasar mempunyai kecenderungan untuk menambah kekuatan campuran bila dibandingkan dengan permukaan yang licin tetapi mengatasi cara pengerjaan diperlukan tambahan aspal.

5. Penyerapan Aspal

Agregat yang berpori pada umumnya dapat mengabsorpsi sejumlah air, bilamana direndam agregat yang digunakan sedikit banyak harus berpori, agar supaya dapat mengabsorpsi aspal, sehingga berbentuk suatu ikatan mekanis antara film aspal dan butiran agregat. Pada pencampuran perkerasan, dimana agregat mempunyai pori yang berlebih-lebihan diperlukan tambahan ekstra aspal, untuk memenuhi daya absorpsi aspal oleh agregat. Agregat yang berpori banyak, biasanya tidak dapat digunakan.

6. Kebersihan

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

Klasifikasi dan persyaratan agregat kasar, halus dan filler yang digunakan dalam campuran aspal (Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3) adalah sebagai berikut:

1. Agregat Kasar

Adapun ketentuan agregat kasar adalah sebagai berikut (Spesifikasi Umum 2010, Revisi 3) :

- a. Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No. 4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan.
- b. Fraksi agregat kasar harus dari batu pecah mesin dan disiapkan dalam ukuran nominal sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan.
- c. Agregat kasar harus mempunyai angularitas seperti disyaratkan. *Angularitas* agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 4,75 mm dengan muka bidang pecah satu atau lebih berdasarkan uji.
- d. Agregat kasar untuk latasir kelas A dan B boleh dari krikil bersih.
- e. Fraksi agregat kasar harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampuran aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) sedemikian rupa sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik.

Ketentuan untuk agregat kasar dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut ini :

Tabel 3.2 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat	SNI 3407 : 2008	Maks. 12 %
	Magnesium sulfat		Maks. 18 %

Tabel 3.2 Lanjutan Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC modifikasi	100 putaran	Maks. 6 %
		500 putaran	Maks. 30 %
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8 %
		500 putaran	Maks. 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439 : 2011	Min. 95 %
Butir pecah pada Agregat Kasar		SNI 7619 : 2012	95 / 90 *)
Partikel pipih dan lonjong		ASTM D4791 Perbandingan 1 : 5	Maks. 10 %
Material lolos ayakan No. 200		SNI 03 – 4142 – 1996	Maks. 2 %
Catatan : *) 95/90 menunjukkan bahwa 95 % agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90 % agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.			

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3)

Fraksi agregat kasar yang diperoleh dari mesin pemecah batu dan disiapkan dalam ukuran nominal sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan seperti laston *wearing course* pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Ukuran Nominal Agregat Kasar Penampang Dingin Untuk Campuran Aspal

Jenis Campuran	Ukuran nominal agregat kasar penampang dingin (<i>cold bin</i>) minimum yang diperlukan (mm)			
	5 – 10	10 – 14	14 – 22	22 – 30
Lataston Lapis Aus	Ya	Ya		
Lataston Lapis Pondasi	Ya	Ya		
Laston Lapis Aus	Ya	Ya		
Laston Lapis Antara	Ya	Ya	Ya	
Laston Lapis Pondasi	Ya	Ya	Ya	Ya

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3)

2. Agregat Halus

Adapun ketentuan agregat halus adalah sebagai berikut (Spesifikasi Umum 2010, Revisi 3) :

- a. Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No. 4 (4,75 mm).
- b. Fraksi agregat halus pecah mesin dan pasir harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar.
- c. Agregat pecah halus dan pasir harus ditumpuk terpisah dan harus dipasang ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampang dingin (*cold bin feeds*) yang terpisah sehingga gradasi gabungan dan persentase pasir didalam campuran dapat dikendalikan dengan baik.
- d. Pasir alam dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15 % terhadap berat total campuran. Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Batu pecah harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan mutu. Untuk memperoleh agregat halus yang memenuhi ketentuan diatas :

1. Bahan baku untuk agregat halus dicuci terlebih dahulu secara mekanis sebelum dimasukkan kedalam mesin pemecah batu.
2. Digunakan *scalping screen* dengan proses berikut ini :
 - a) Fraksi agregat halus yang diperoleh dari hasil pemecah batu tahap pertama (*primary crusher*) tidak boleh langsung digunakan.
 - b) Agregat yang diperoleh dari hasil pemecah batu tahap pertama (*primary crusher*) harus dipisahkan dengan *vibro scल्पing screen* yang dipasang di antara *primary crusher* dan *secondary crusher*.
 - c) Material tertahan *vibro scल्पing screen* akan dipecahkan oleh *secondary crusher*, hasil pengayakannya dapat digunakan sebagai agregat halus.
 - d) Material lolos *vibro scल्पing screen* hanya boleh digunakan sebagai komponen material lapis pondasi agregat.
- e. Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada tabel 3.4. Ketentuan Agregat Halus.

Tabel 3.4 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03 – 4428 – 1997	Min 60 %
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03 – 6877 – 2002	Min 45 %
Gumpalan lempung dan butir – butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03 – 4141 – 1996	Maks 1 %
Agregat lols ayakan No. 200	SNI ASTM C117 : 2012	Maks 10 %

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3)

3. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) adalah agregat halus yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) minimum 75 %. Adapun ketentuan bahan pengisi (*filler*) adalah sebagai berikut (Spesifikasi Umum 2010, Revisi 3) :

1. Bahan pengisi yang ditambahkan (*Filler added*) terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust, Calcium Carbonate, CaCO₃*) atau debu kapur padam yang

sesuai dengan ASSHTO M303 – 89 (2006), semen atau mineral yang berasal dari asbuton. Jika digunakan aspal modifikasi dari asbuton yang diproses maka bahan pengisi yang ditambahkan (*Filler added*) sudah memperhitungkan kadar *filler* yang terkandung dalam asbuton tersebut.

2. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan – gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136 : 2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 200 (75 mm) tidak kurang dari 75 % terhadap beratnya kecuali mineral asbuton. Mineral asbuton harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 100 (150 mm) tidak kurang dari 95 % terhadap beratnya.
3. Bilamana kapur tidak terhidrasi sebagian, tidak digunakan sebagai bahan pengisi. Kapur yang seluruhnya terhidrasi yang dihasilkan dari pabrik dan semen yang memenuhi persyaratan, dapat digunakan maksimum 2 % terhadap berat total agregat.
4. Semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) minimal 1 % dari berat total agregat.

3.4.1 Pemeriksaan Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya, merupakan sifat yang sangat luas pengaruhnya terhadap kualitas perkerasan secara keseluruhan (Sukirman, 2016). Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pengujian analisa ayakan yang terdiri dari ayakan yang berukuran 1 inci (25,4 mm), ¾ inci (19 mm), ½ inci (12,5 mm), 3/8 inci (9,5 mm), No. 4 (4,75 mm), No. 8 (2,36 mm), No. 16 (1,18 mm), No. 30 (0,600 mm), No. 50 (0,300 mm), No. 100 (0,150 mm), dan No. 200 (0,075 mm). Gradasi agregat menentukan besarnya rongga yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Agregat campuran yang terdiri dari agregat berukuran sama akan berongga banyak, karena agregat berukuran lebih kecil yang dapat mengisi rongga yang terjadi diantara butir yang lebih besar. Sebaliknya, jika campuran agregat terdistribusi dari agregat berukuran besar sampai kecil secara merata, maka rongga yang terjadi lebih sedikit. Hal ini

disebabkan karena rongga yang terbentuk oleh susunan butir agregat berukuran besar, akan diisi oleh butir agregat berukuran lebih kecil.

Gradasi agregat dapat dikelompokkan kedalam agregat baik dan agregat bergradasi buruk. Agregat bergradasi baik adalah agregat yang ukuran butirnya terdistribusi merata dalam satu rentang ukuran butir. Agregat bergradasi baik disebut pula agregat bergradasi rapat. Campuran agregat bergradasi baik mempunyai rongga sedikit, mudah dipadatkan, dan mempunyai stabilitas tinggi. Berdasarkan ukuran butir agregat yang dominan, maka agregat bergradasi baik dibedakan atas (Sukirman, 2016) :

1. Agregat bergradasi kasar adalah agregat bergradasi baik yang mempunyai susunan ukuran menerus dari kasar sampai halus, tetapi dominan berukuran agregat kasar.
2. Agregat bergradasi halus adalah agregat bergradasi baik yang mempunyai susunan ukuran menerus dari kasar sampai halus, tetapi dominan berukuran agregat halus.

Agregat bergradasi buruk tidak memenuhi persyaratan gradasi baik. Terdapat berbagai macam nama gradasi agregat yang dapat dikelompokkan kedalam agregat bergradasi buruk, seperti :

1. Agregat bergradasi seragam, adalah agregat yang hanya terdiri dari butir – butir agregat berukuran sama atau hampir sama. Agregat ini mempunyai rongga antar butir yang cukup besar, sehingga sering dinamakan agregat bergradasi terbuka.
2. Agregat bergradasi terbuka, adalah agregat yang distribusi ukuran butirnya sedemikian rupa sehingga rongga – rongganya tidak terisi dengan baik.
3. Agregat bergradasi senjang, adalah agregat yang distribusi ukuran butirnya tidak menerus , atau bagian ukuran yang tidak ada jika ada hanya sedikit sekali.

Gradasi agregat merupakan sifat agregat yang dapat dibentuk untuk mencapai persyaratan yang diinginkan. Perbaikan dilaksanakan dengan metode pencampuran. Jika agregat yang tersedia terlalu kasar, maka dicampur dengan agregat yang lebih halus, demikian pula sebaliknya. Penentuan komposisi dari

masing – masing fraksi agregat untuk mendapatkan agrgat yang sesuai dengan gradasi yang diinginkan. Ukuran maksimum butir agregat dapat dinyatakan dengan menggunakan :

1. Ukuran maksimum agregat, yaitu menunjukkan ayakan terkecil dimana agregat yang lolos ayakan tersebut sebanyak 100 %.
2. Ukuran nominal maksimum agregat, menunjukkan ukuran ayakan terbesar dimana agregat yang tertahan ayakan tersebut sebanyak tidak lebih 10 % dan ukuran maksimum agregat adalah satu ayakan lebih kasar dari ukuran nominal maksimum.

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi harus memenuhi batas – batas yang diberikan dalam Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 (Tiga). Rancangan dan perbandingan campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas – batas yang diberikan dalam tabel 3.5.

Tabel 3.5 Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan (mm)		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat Dalam Campuran		
		Laston (AC)		
No.	Bukaan (mm)	WC	BC	Base
1½”	37,5			100
1”	25		100	90 – 100
¾”	19	100	90 – 100	76 – 90
½”	12,5	90 – 100	75 – 100	60 – 78
3/8”	9,5	77 – 90	66 – 82	52 – 71
No. 4	4,75	53 – 69	46 – 64	35 – 54
No. 8	2,36	33 – 53	30 – 49	23 – 41
No. 16	1,18	21 – 40	18 – 38	13 – 30
No. 30	0,600	14 – 30	12 – 28	10 – 22
No. 50	0,300	9 – 22	7 – 20	6 – 15
No. 100	0,150	6 – 15	5 – 13	4 – 10

Tabel 3.5 : Lanjutan

Ukuran Ayakan (mm)		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat Dalam Campuran		
		Laston (AC)		
No. 200	0,075	4 – 9	4 – 8	3 - 7

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3)

3.5 Karakteristik Beton Aspal

Aspal dipergunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai bahan pengikat, akan memberikan ikatan yang kuat antara aspal dengan agregat dan aspal itu sendiri. Sebagai bahan pengisi, aspal akan mengisi rongga antaran butiran agregat dan pori yang ada dari agregat (Sukirman, 1999). Terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas (*stabilitas*), keawetan (*durability*), kelenturan (*flexibilitas*), ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, (*skid resistance*) kedap air (*impemeabilitas*) dan kemudahan pelaksanaan (*workability*) Fithra (2017).

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kekuatan dari campuran aspal untuk menahan *deformasi* akibat beban tetap dan berulang tanpa mengalami keruntuhan (*plastic flow*). Jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan sebagian besar merupakan kendaraan berat menuntut stabilitas yang lebih besar dibandingkan dengan jalan yang volume lalu lintasnya hanya terdiri dari kendaraan penumpang saja. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan antara lain: agregat bergradasi baik, rapat, dan mempunyai rongga antar butiran agregat (VMA) yang kecil. Namun VMA yang kecil maka pemakaian aspal yang banyak akan menyebabkan terjadinya *bleeding* karena aspal tidak dapat menyelimuti agregat dengan baik.

2. *Durability* (keawetan)

Durability adalah ketahanan campuran aspal terhadap pengaruh cuaca, air, perubahan temperatur, maupun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran. Besarnya pori yang tersisa dalam campuran setelah pemadatan, mengakibatkan durabilitas beton aspal menurun. Semakin besar pori yang tersisa semakin tidak kedap air dan semakin banyak udara didalam beton aspal, yang menyebabkan semakin mudahnya selimut aspal beroksidasi dengan udara dan menjadi getas, dan durabilitasnya menurun. Untuk mencapai ketahanan yang tinggi diperlukan rongga dalam campuran (VIM) yang kecil, sebab dengan demikian udara tidak (atau sedikit) masuk kedalam campuran yang dapat menyebabkan menjadi rapuh. Selain itu diperlukan juga VMA yang besar, sehingga aspal dapat menyelimuti agregat lebih baik.

3. *Flexibilitas* (kelenturan)

Flexibilitas adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti *deformasi* yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa mengalami retak (*fatigue cracking*) ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli. Untuk mencapai kelenturan yang tinggi diperlukan VMA yang besar VIM yang kecil, dan pemakaian aspal dengan penetrasi tinggi ataupun dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka.

4. *Skid Resistance* (kekesatan atau tahan geser)

Skid Resistance adalah kemampuan perkerasan aspal memberikan permukaan yang cukup kesat sehingga kendaraan yang melaluinya tidak mengalami slip, baik diwaktu jalan basah maupun kering. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan tebal film aspal. Ukuran maksimum butir agregat ikut menentukan kekesatan permukaan. Untuk mencapai kekesatan yang tinggi perlu pemakaian kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding*, dan penggunaan agregat kasar yang cukup.

5. *Impremeabilitas* (kedap air)

Impremeabilitas yaitu kemampuan beton aspal untuk tidak dimasuki air ataupun udara kedalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kekedapan air campuran. Tingkat *impremeabilitas* beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

6. *Fatigue Resistence* (ketahanan terhadap kelelahan)

Fatigue Resistence adalah kemampuan aspal beton untuk mengalami beban berulang tanpa terjadi kelelahan berupa retak atau kerusakan alur (*rutting*).

7. *Workability* (mudah dilaksanakan)

Workability adalah kemudahan campuran aspal untuk diolah. Faktor yang mempengaruhi *workability* antara lain gradasi agregat, dimana agregat yang bergradasi baik lebih mudah dikerjakan, dan kandungan *filler*, dimana *filler* yang banyak akan mempersulit pelaksanaan.

3.5.1 Aspal

Aspal adalah material semen hitam, padat atau setengah padat dalam konsistensinya di mana pokok yang menonjol adalah bitumen yang terjadi secara alam atau yang dihasilkan dengan penyulingan minyak (*Petroleum*) Fithra (2017). Aspal adalah koloida yang rumit dari material *hydrocarbon* yang terbuat dari *Asphaltenes*, *resin* dan *oil*. Sedangkan material aspal tersebut berwarna coklat tua hingga hitam dan bersifat melekat, berbentuk padat atau semi padat yang didapat dari alam dengan penyulingan minyak Aspal dibuat dari minyak mentah (*crude oil*) dan secara umum berasal dari sisa hewan laut dan sisa tumbuhan laut dari masa lampau yang tertimbun oleh dan pecahan batu batuan. Setelah berjuta juta tahun material organik dan lumpur terakumulasi dalam lapisan lapisan setelah ratusan meter, beban dari beban teratas menekan lapisan yang terbawah menjadi batuan sedimen. Sedimen tersebut yang lama kelamaan menjadi atau terproses menjadi minyak mentah senyawa dasar *hydrocarbon*. Aspal biasanya berasal dari destilasi minyak mentah tersebut, namun aspal ditemukan sebagai bahan alam.

Aspal keras dengan penetrasi rendah digunakan di daerah dengan temperatur panas atau lalulintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal semen penetrasi tinggi digunakan untuk daerah dengan temperatur dingin atau lalulintas dengan volume rendah. Aspal untuk lapis beton harus memenuhi beberapa syarat sebagaimana tercantum pada tabel 3.6 (Spesifikasi Umum Bina Marga 2010, Revisi 3).

Tabel 3.6 Persyaratan Aspal Keras Penetrasi 60/70

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Type I Aspal Pen. 60 – 70
1	Penetrasi pada 25 ⁰ C (0,1 mm)	SNI 06 – 2456 – 1991	60 - 70
2	Viskositas dinamis 60 ⁰ C (Pa. S)	SNI 06 – 6441 – 2000	160 - 240
3	Viskositas kinematis 135 ⁰ C (cSt)	SNI 06 – 6441 – 2000	≥ 300
4	Titik lembek (⁰ C)	SNI 2434 : 2011	≥ 48
5	Daktilitas pada 25 ⁰ C (cm)	SNI 2434 : 2011	≥ 100
6	Titik nyala (⁰ C)	SNI 2434 : 2011	≥ 232
7	Kelarutan dalam trichloroethylene (%)	AASHTO T44 – 03	≥ 99
8	Berat jenis	SNI 2441 : 2011	≥ 1,0
Pengujian Residu Hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002) :			
9	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8
10	Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 03-6441-2000	≤ 800
11	Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 06-2456-1991	≥ 54
12	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3)

Fungsi aspal pada material perkerasan adalah:

1. Bahan pengikat material agregat.
2. Bahan pengisi rongga butiran antar agregat dan pori-pori yang ada di dalam butiran agregat tersebut.

Untuk dapat memenuhi kedua fungsi tersebut, agregat haruslah memiliki sifat *adhesi* dan *kohesi* yang baik. *Adhesi* adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga menghasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal, sedangkan *kohesi* adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi peningkatan. Sehingga aspal tersebut memiliki daya tahan yang tinggi terhadap pengaruh cuaca, beban dan pengaruh eksternal lainnya.

Penggunaan aspal dalam perkerasan lentur melalui pencampuran aspal dengan agregat sebelum dihamparkan atau prahampar (aspal beton) atau aspal disiramkan pada lapisan agregat yang telah dipadatkan dan ditutupi oleh agregat- agregat yang lebih halus atau pasca hampar (perkerasan penetrasi makadam atau pelaburan). Pada proses prahampar, aspal yang dicampurkan dengan agregat akan membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi pori antar butir dan meresap ke dalam pori masing-masing butir. Sementara pada proses pasca hampar, aspal akan meresap ke dalam pori-pori antar butir agregat dibawahnya. Fungsi utamanya adalah menghasilkan lapisan perkerasan bagian atas yang kedap air dan tidak mengikat agregat sampai ke bagian bawah.

Dalam campuran perkerasan, konten aspal dan agregat menentukan besar rongga udara yang berperan penting dalam *durabilitas*. *Permeabilitas* yang tinggi terhadap udara akan memicu terjadinya penggetasan pada aspal akibat proses oksidasi dan menyebabkan retak/*crack*. Sedangkan *permeabilitas* air menyebabkan pelepasan bitumen dari butiran agregat. Rongga udara juga harus dijaga agar tidak terlalu rendah karena dapat mengakibatkan terjadinya alur (*rutting*). Rendahnya rongga udara dapat disebabkan oleh kadar aspal diatas batas optimum. Kadar aspal yang terlalu rendah dapat menyebabkan pelepasan butiran agregat (Fithra, 2017).

Rongga udara berperan sangat penting dalam kinerja campuran perkerasan. Sehingga penentuan rongga udara merupakan komponen yang diutamakan dalam perancangan campuran agar tidak ada karakteristik yang tidak bernilai optimum (Sukirman, 2003).

3.5.2 Kadar Aspal Rencana

Perkiraan awal kadar aspal optimum (KAO) dapat direncanakan dengan menentukan kadar aspal tengah (Pb), setelah dilakukan pemilihan dan pengabungan pada tiga fraksi agregat. Pb dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut (Fithra, 2017) :

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

dimana :

Pb = kadar aspal tengah, persen terhadap berat campuran

CA = persen agregat tertahan saringan No.8

FA = persen agregat lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No. 200

FF = persen agregat minimal 75% lolos No. 200

K = konstanta 0,5 – 1 untuk lapis AC

Pb merupakan pedoman untuk membuat benda uji agar diperoleh KAO pada suatu campuran. Nilai KAO yang diperoleh dari perhitungan, selanjutnya dibulatkan untuk memudahkan menentukan kadar aspal dalam campuran. Kadar aspal berkisar antara 5% - 7% berdasarkan komposisi beton aspal campuran panas, sehingga dalam menentukan komposisi campurannya adalah dengan menetapkan kadar aspal berdasarkan Pb.

3.5.3 Pengujian Marshall

Kinerja beton aspal padat ditentukan melalui pengujian benda uji yang meliputi Pengujian berat volume benda uji, Pengujian nilai stabilitas, Pengujian kelelahan (*flow*), Perhitungan koefisien marshall adalah perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow*, Perhitungan sebagai jenis volume rongga dalam beton aspal padat (VIM, VMA dan VFB). Berikut ini adalah tabel persyaratan nilai parameter *Marshall*. Terlihat pada Tabel 3.7 (Spesifikasi Umum Bina Marga 2010, Revisi 3).

Tabel 3.7 Ketentuan Sifat – Sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	1,0		
	Maks.	1,4		
Rongga dalam campuran (VIM)(%)	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga terisi aspal (VFB) (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas marshall (kg)	Min.	800		1800
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6
Stabilitas marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °c ⁽³⁾	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal) ⁽⁴⁾	Min.	2		

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3)

Nilai karakteristik *marshall* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ((Spesifikasi Umum Bina Marga 2010, Revisi 3) :

1. Berat Jenis Efektif Agregat (Gse)

$$Gse = \frac{100 - Pa}{\left(\frac{100}{Gmm}\right) - \left(\frac{Pa}{Gb}\right)} \quad (3.2)$$

Dimana :

Gse : Berat jenis efektif agregat (gr/cc)

Pa : Kadar aspal (%)

Gmm : Berat jenis maksimum beton aspal sebelum dipadatkan (gr/cc)

$$Gmm = \frac{A}{A-B}, \text{ dimana :}$$

A : berat campuran beton aspal yang belum dipadatkan kondisi kering (gr)

B : berat campuran beton aspal yang belum dipadatkan didalam air (gr)

Gb : Berat jenis aspal

2. Penyerapan Aspal Terhadap Total Agregat (Pab)

$$Pab = 100 \times \left(\frac{Gse-Gsb}{GsexGsb} \right) \times Gb \quad (3.3)$$

Dimana :

Pab : Penyerapan aspal terhadap total agregat (%)

Gse : Berat jenis efektif agregat (gr/cc)

Gsb : Berat jenis bulk agregat (gr/cc)

Gb : Berat jenis aspal

3. Kadar Aspal Efektif (Pae)

$$Pae = Pa - \left(\frac{(100-Pa) \times Pab}{100} \right) \quad (3.4)$$

Dimana :

Pae : Kadar aspal efektif (%)

Pa : Kadar aspal (%)

Pab : Penyerapan aspal terhadap total agregat (%)

4. Berat Jenis Maksimum Campuran (Gmm)

$$Gmm = \frac{100}{\left(\frac{Pa}{Gb} \right) + \left(\frac{100-Pa}{gse} \right)} \quad (3.5)$$

Dimana :

Gmm : Berat Jenis Maksimum Campuran (gr/cc)

- Pa : Kadar aspal (%)
 Gb : Berat jenis aspal
 Gse : Berat jenis efektif agregat (gr/cc)

5. Berat Jenis Bulk Total Campuran (Gmb) gr/cc

$$Gmb = \frac{\text{Di Udara}}{\text{Volume Benda Uji}} \quad (3.6)$$

6. Rongga Dalam Campuran (VIM)

$$VIM = \left(\frac{100 \times (Gmm - Gmb)}{Gmm} \right) \quad (3.7)$$

Dimana :

- VIM : Rongga dalam campuran (%)
 Gmm : Berat Jenis Maksimum Campuran (gr/cc)
 Gmb : Berat jenis bulk total campuran (gr/cc)

7. Rongga Dalam Agregat (VMA)

$$VMA = 100 - \left(\frac{(100 - Pa) \times Gmb}{Gsb} \right) \quad (3.8)$$

- VMA : Rongga dalam agregat (%)
 Pa : Kadar aspal (%)
 Gmb : Berat jenis bulk total campuran (gr/cc)
 Gsb : Berat jenis bulk agregat (gr/cc)

8. Rongga Terisi Aspal (VFB)

$$VFB = \frac{100 \times (VMA - VIM)}{VMA} \quad (3.9)$$

Dimana :

- VFB : Rongga terisi aspal (%)
 VMA : Rongga dalam agregat (%)
 VIM : Rongga dalam campuran (%)

9. Stabilitas (Kg)

$$\text{Stabilitas} = \text{Pembacaan alat pengujian stabilitas} \times \text{Kal. Proving Ring (Kg)} \quad (3.10)$$

10. Kelelehan atau *Flow* (mm)

$$\text{Flow} = \frac{\text{Nilai arloji flow pada pengujian Marshall dengan satuannya}}{\text{milimeter (mm)}} \quad (3.11)$$

11. Hasil Bagi *Marshall* (MQ)

$$\text{MQ} = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Kelelehan}} \quad (\text{Kg/mm}) \quad (3.12)$$

3.6 Rumusan Campuran Rancangan (DMF)

Rumusan campuran rencana (*Design Mix Formula*) adalah uraian tentang komposisi agregat dan aspal yang digunakan untuk menghasilkan campuran aspal secara panas (Fithra, 2017). Pembuatan DMF diawali dengan pemeriksaan material aspal dan agregat serta *filler*. Dari analisis terhadap rumusan DMF ditetapkan jumlah agregat kasar, agregat halus, aspal dan *filler*. Perancangan DMF paling lambat dilakukan 30 (tiga puluh) hari sebelum dimulainya pekerjaan aspal, penyedia jasa harus menyerahkan secara tertulis kepada direksi pekerjaan usulan DMF untuk campuran yang akan digunakan dalam pekerjaan. Rumusan yang diserahkan harus menentukan untuk campuran berikut (Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3) :

1. Sumber – sumber agregat.
2. Ukuran nominal maksimum partikel.
3. Persentase setiap fraksi agregat yang akan digunakan pada penampung dingin maupun penampung panas.
4. Gradasi agregat gabungan yang memenuhi gradasi yang disyaratkan dalam Spesifikasi Bina Marga Revisi 3.
5. Kadar aspal optimum dan efektif terhadap berat total campuran.

6. Rentang temperatur pencampur aspal dengan agregat dan temperatur saat campuran beraspal dikeluarkan dari alat pengaduk (*mixer*).

Penyedia jasa harus menyediakan data dan grafik hubungan sifat – sifat campuran beraspal terhadap variasi kadar aspal hasil percobaan laboratorium, untuk menunjukkan bahwa campuran memenuhi semua kriteria dalam Spesifikasi tergantung campuran aspal yang dipilih.

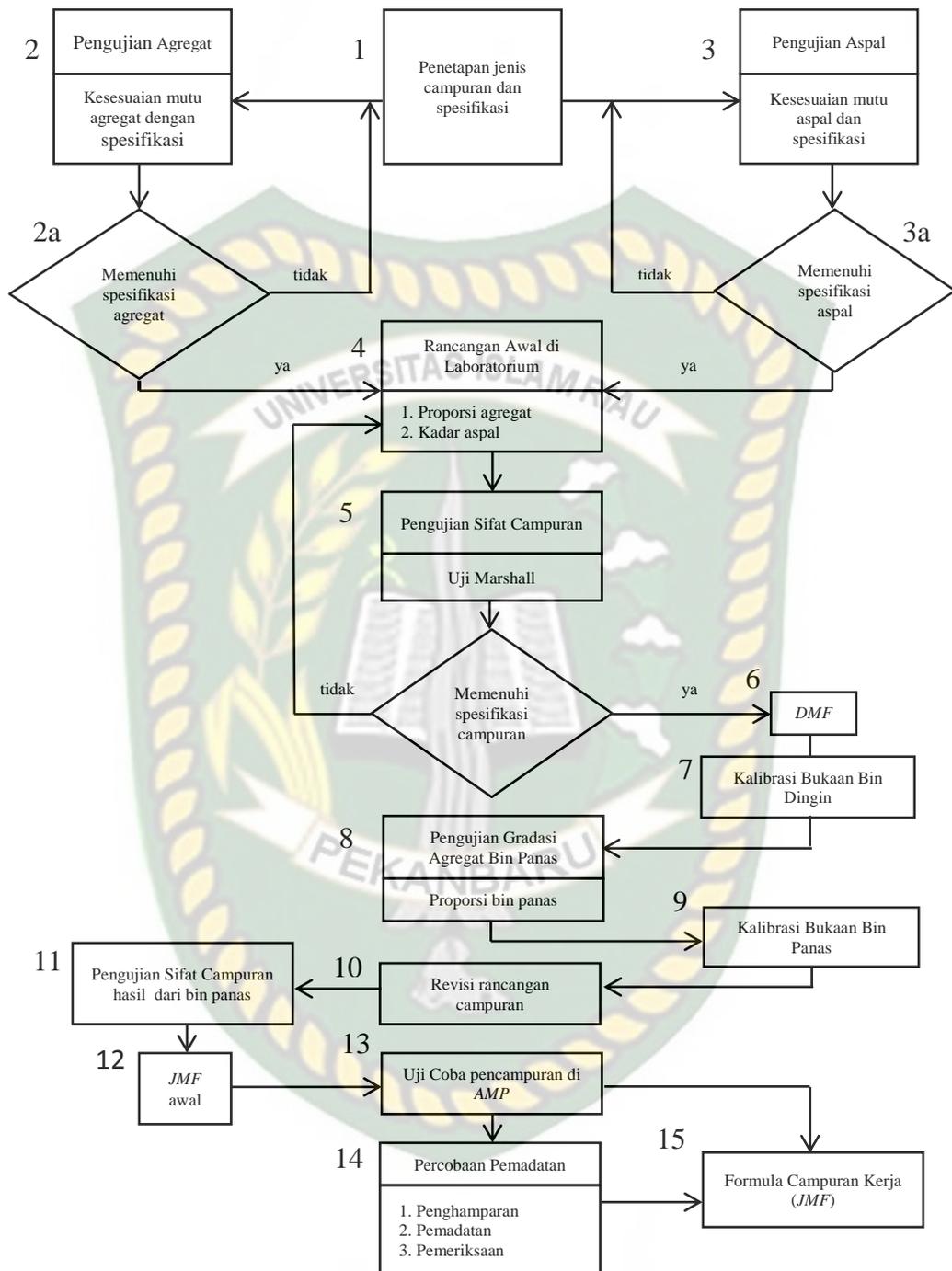
3.7 Rumusan Campuran Kerja (JMF)

Rumusan campuran kerja (*Job Mix Formula*, JMF) adalah suatu dokumen yang menyatakan bahwa rancangan campuran laboratorium yang tertera dalam DMF dapat diproduksi dengan instalasi pencampur aspal (*Asphalt Mixing Plant*, AMP), dihampar dan dipadatkan dilapangan dengan peralatan yang telah ditetapkan dan memenuhi derajat kepadatan lapangan terhadap kepadatan laboratorium hasil pengujian marshall dari benda uji yang campuran beraspalnya diambil dari AMP (Spesifikasi Bina Marga Revisi 3). Terdapat 15 (lima belas) langkah kerja sampai menghasilkan JMF (Sukirman , 2016) :

1. Penetapan jenis campuran perkerasan yang akan diproduksi dan spesifikasinya.
2. Menguji sifat agregat apakah memenuhi spesifikasi atau tidak, jika agregat dapat digunakan maka proses dilanjutkan.
3. Menguji sifat aspal, apakah memenuhi spesifikasi atau tidak, jika aspal dapat digunakan maka proses dilanjutkan.
4. Merancang proporsi campuran fraksi agregat berdasarkan gradasi rencana. Berdasarkan gradasi agregat campuran sebagai hasil rancangan proporsi fraksi agregat dihitung kadar aspal acuan.
5. Membuat benda uji untuk diuji sifat campurannya dan menentukan kadar aspal optimum campuran.
6. Memperoleh DMF jika hasil pengujian sifat campuran memenuhi spesifikasi campuran yang selanjutnya menjadi dasar pekerjaan di AMP.

7. Melakukan kalibrasi bukaan bin dingin (*cold bin*), dengan menggunakan grafik kalibrasi bin dingin mengatur bukaan pintu penampung bin dingin sesuai proporsi agregat pada DMF.
8. Melakukan uji coba bukaan bin dingin, dengan mengambil benda uji dari masing – masing penampung bin panas (*hot bin*) untuk diuji gradasinya. Berdasarkan gradasi masing – masing penampung bin panas untuk mendapatkan gradasi agregat campuran sesuai spesifikasi.
9. Melakukan kalibrasi bukaan bin panas, dengan menggunakan grafik kalibrasi bin panas untuk menentukan berat agregat masing – masing bagian penampung bin panas berdasarkan hasil langkah 8 (delapan).
10. Melakukan proporsi penampung bin panas yang berdasarkan hasil sampai langkah 9 (sembilan).
11. Menguji sifat campuran beton aspal hasil rancangan sampai dengan langkah 10 (sepuluh) dengan menggunakan :
 - a. Bukaan bin dingin berdasarkan proporsi fraksi agregat bin dingin.
 - b. Bukaan bin panas atau berat agregat disetiap penampung bin panas berdasarkan proporsi agregat di bin panas.
 - c. Kadar aspal optimum.
 - d. Persentase bahan tambahan lain, jika ada.
12. Menetapkan JMF awal dari pencampuran berdasarkan hasil tahap pekerjaan sampai langkah ke 11 (sebelas).
13. Melakukan uji coba produksi di AMP dengan menggunakan JMF awal. Benda uji diambil dari hasil pencampuran, dipadatkan, dan dilakukan marshall.
14. Melakukan uji coba dengan menghamparkan hasil campuran pada langkah 13 (tiga belas) dilapangan, dan dipadatkan. Hasil pemadatan di uji dengan mengambil benda uji inti dal melakukan ekstraksi benda uji.
15. JMF awal dari langkah 12 (dua belas) menjadi JMF denfinitif setelah dikoreksi berdasarkan hasil langkah 13 (tiga belas) dan 14 (empat belas).

Berikut adalah gambar bagan alir metode rancangan campuran beton aspal pada gambar 3.2 dibawah ini :



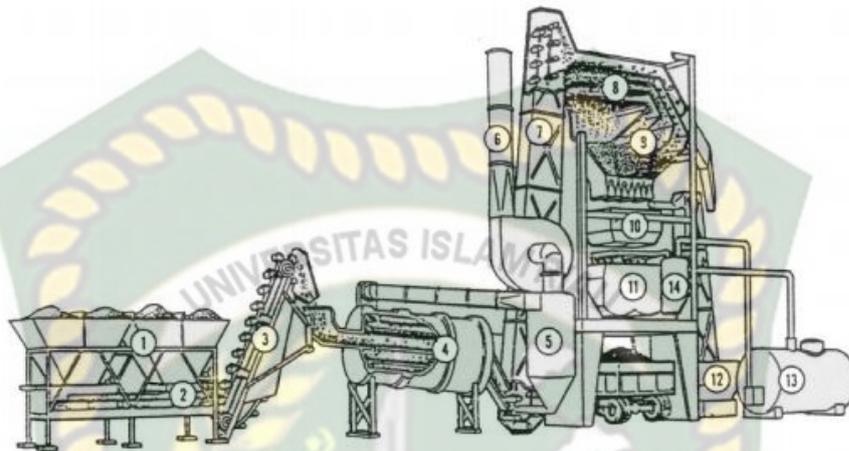
Gambar 3.2 Bagan Alir Metode Rancangan Campuran Beton Aspal

3.7.1 Uji Coba Proporsi Campuran (*Trial AMP*)

Asphalt Mixing Plant (AMP) adalah tempat mencampur agregat, aspal, tanpa atau dengan bahan tambahan untuk mendapatkan campuran beton aspal yang homogen. Trial AMP adalah uji coba campuran hasil dari rancangan rencana yang akan diterapkan pada instalasi pencampur aspal. Untuk melakukan uji coba campuran pada AMP, hasil pengujian DMF (*Desain Mix Formula*) akan menjadi dasar pengujian yang akan dilakukan pada AMP. Adapun langkah – langkah dalam melakukan uji coba proporsi campuran di AMP adalah sebagai berikut :

1. Melakukan kalibrasi bukaan bin dingin (*cold bin*), dengan menggunakan grafik kalibrasi bin dingin mengatur bukaan pintu penampung bin dingin sesuai proporsi agregat pada DMF.
2. Melakukan uji coba bukaan bin dingin, dengan mengambil benda uji dari masing – masing penampung bin panas (*hot bin*) untuk diuji gradasinya. Berdasarkan gradasi masing – masing penampung bin panas untuk mendapatkan gradasi agregat campuran sesuai spesifikasi.
3. Melakukan kalibrasi bukaan bin panas, dengan menggunakan grafik kalibrasi bin panas untuk menentukan berat agregat masing – masing bagian penampung bin panas.
4. Melakukan proporsi penampung bin panas yang berdasarkan hasil sampai pengujian sesuai dengan spesifikasi.
5. Menguji sifat campuran beton aspal hasil rancangan dengan menggunakan :
 - a. Bukaan bin dingin berdasarkan proporsi fraksi agregat bin dingin.
 - b. Bukaan bin panas atau berat agregat disetiap penampung bin panas berdasarkan proporsi agregat di bin panas.
 - c. Kadar aspal optimum.
 - d. Persentase bahan tambahan lain, jika ada.
6. Menetapkan JMF awal dari pencampuran berdasarkan hasil tahap pekerjaan uji coba di AMP.
7. Setelah didapat hasil uji coba proporsi campuran pada AMP, selanjutnya hasil AMP tadi akan diproduksi dengan skala besar dan akan dilakukan uji coba penghamparan dan pemadatan dilapangan.

Berikut adalah bagian – bagian dari *Asphal Mixing Plant* (AMP) dengan penakar (*Batch Plant*) :



Gambar 3.3 Bagian – Bagian Dari AMP dengan Penakar
(Sumber Sukirman, 2016)

1. **Bin Dingin (*Cold Bin*)**

Menurut (Dardak, 2007) Bin dingin (*Cold Bin*) adalah bak tempat menampung material agregat dari tiap – tiap fraksi mulai dari agregat halus sampai agregat kasar yang diperlukan dalam memproduksi campuran aspal panas atau (*hotmix*) tiap – tiap fraksi agregat ditampung dalam masing-masing bak sendiri-sendiri. Maksudnya adalah agar banyaknya agregat dari masing-masing fraksi yang diperlukan untuk produksi campuran aspal panas sesuai formula campuran kerja (*Job Mix Formula*) yang direncanakan sudah dapat diatur pada saat pengeluarannya dari bin dingin. Bin dingin terdiri dari 4 batch yaitu :

- a. Cold Bin 1 adalah pasir.
- b. Cold Bin 2 adalah agregat halus 0 – 5 mm.
- c. Cold Bin 3 adalah agregat sedang 5 – 10 mm.
- d. Cold Bin 4 adalah agregat kasar 10 – 20 mm.

Berikut gambar penampungan bin dingin dengan dinding penyekat :



Gambar 3.4 Penampungan Bin Dingin dengan Dinding Penyekat
(Sumber Dardak, 2007)

2. Pintu Bukaan Bin Dingin

Hasil rancangan campuran di laboratorium (DMF) perlu diinterpretasikan ke instalasi pencampur, sebelum dilakukan uji coba campuran. Tahap awal proses ini adalah mengkalibrasi bin dingin. Grafik kalibrasi untuk masing – masing pintu bin dingin merupakan hubungan antara besar bukaan pintu dan berat agregat yang dihasilkan pada waktu tertentu. Berdasarkan kapasitas instalasi pencampur dan hasil rancangan campuran dari masing – masing fraksi agregat di laboratorium ditentukan besarnya bukaan masing – masing pintu bin dingin. Setelah setiap bagian dari bin dingin dikalibrasi, dilakukan percobaan penggunaan bin dingin dan memeriksa apakah gradasi campuran memenuhi spesifikasi agregat campuran atau tidak. Berikut adalah gambar bukaan pintu bin dingin :



Gambar 3.5 Buka pintu Bin Dingin

(Sumber Dardak, 2007)

Penyetelan kecepatan putaran motor listrik penggerak conveyor agregat. Biasanya terdapat pada peralatan pencampur aspal panas (*AMP*) dengan sistem kendali otomatis. Jadi banyak atau sedikitnya agregat yang keluar dari bin dan dibawa conveyor diatur dengan perubahan kecepatan putaran motor listrik penggerak conveyor. Pintu bukaan pengeluaran tidak dirubah.

3. Elevator (*Conveyor*) Dingin

Elevator dingin berfungsi untuk mengangkut agregat dari penampung bin dingin ketempat pengeringan agregat dengan cara dibawa oleh ban berjalan (*belt conveyor*) lainnya, atau dengan cara dibawa oleh elevator dingin (*cold elevator*). Elevator dingin atau *cold elevator* ini berupa mangkok-mangkok atau bucket-bucket kecil yang dipasang pada rantai yang berputar naik ke atas, di mana setelah sampai di atas agregat dingin yang berada dalam mangkok-mangkok tersebut akan tumpah dan masuk ke dalam alat pengering (*dryer*). Berikut gambar pengangkutan agregat dingin ke *dryer* :

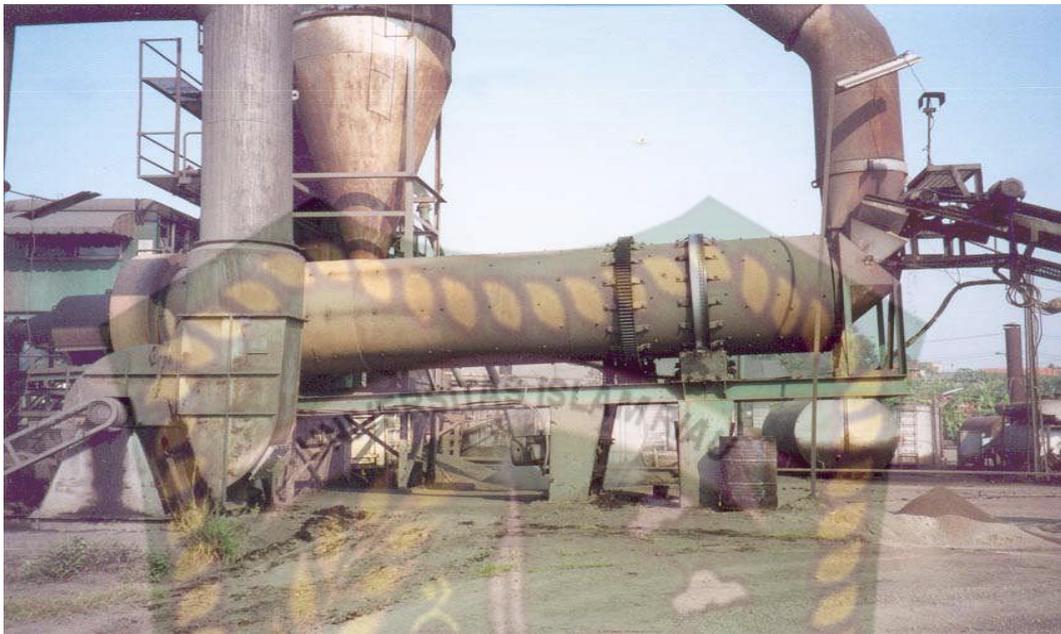


Gambar 3.6 Pengangkutan Agregat Dingin Ke *Dryer*

(Sumber Dardak, 2007)

4. Alat Pengering (*Drier*)

Agregat yang masuk dari penampung bin dingin dipanaskan dan dikeringkan didalam alat pengering yang berputar. Alat pengering ini disebut juga *drier* atau *blower*. Alat pengering berbentuk silinder yang dilengkapi dengan alur memanjang, mengangkat dan menjatuhkan agregat selama pemanasan. Panas diperoleh melalui api yang disemburkan dari mulut pengering. Kelandaian silinder, kecepatan putar, diameter silinder tabung pengering, panjang silinder, susunan alur, dan jenis agregat menentukan lamanya proses pengeringan. Besar sudut kemiringan letak silinder pengering ini sudah ditentukan oleh pabrik berdasarkan rencana desain kapasitas produksi dan rencana desain mutu produksi yang ingin dihasilkan. Kemiringan silinder pengering atau dryer rata-rata berkisar antara 3° sampai 5° . Kapasitas temperatur alat pengering dryer adalah sampai Temperatur 100°C , agregat hasil pengeringan tidak boleh fluktuasi 175°C ($+ 5^{\circ}\text{C}$) dari temperatur pengeringnya yang ditargetkan. Berikut adalah gambar alatpengering (*Dryer*) :



Gambar 3.7 Alat Pening (Dryer)

(Sumber Dardak, 2007)

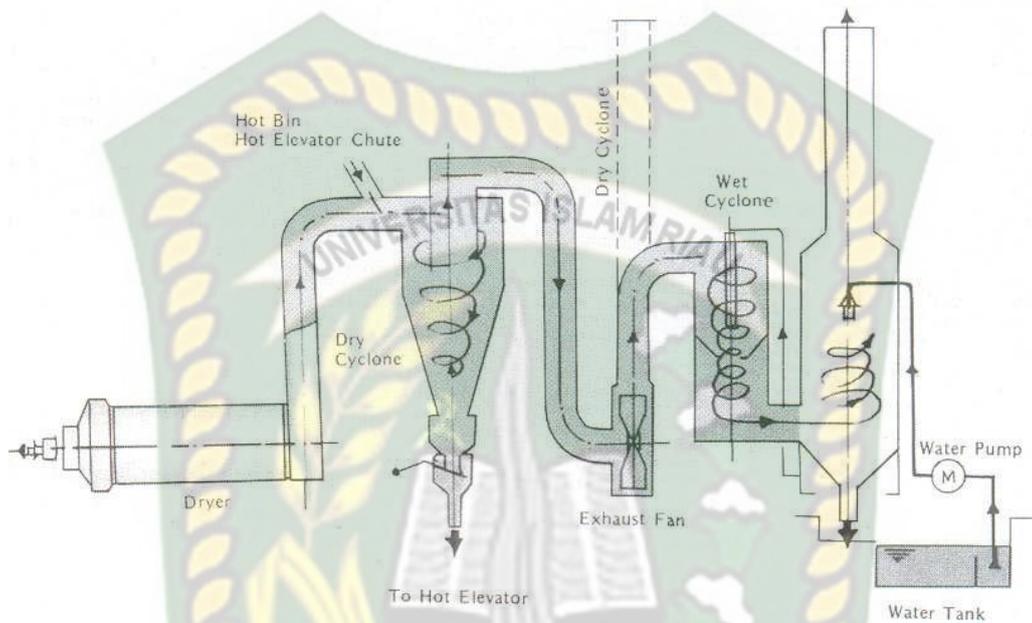
5. Kolektor Debu (*Dust Collector*)

Udara panas yang keluar dari pengering mengandung debu – debu yang menimbulkan polusi dan mengotori bagian – bagian lainnya, serta dapat pula mengganggu kinerja campuran yang dihasilkan. Oleh karena itu udara panas yang mengandung debu dialirkan ke bagian pengumpul debu yang berfungsi mengumpulkan debu dan membuang udara panas. Debu yang dikumpulkan dapat dipergunakan kembali atau dibuang. Ada 2 jenis pengumpul debu atau *dust collector*, yaitu :

- a. Jenis kering atau *dry cyclone*, dimana debu-debu dari buangan silinder pengering atau dryer dihisap ke dalam *silo cyclone* dan diputar sehingga partikel yang berat akan turun ke bawah sedangkan udara yang sudah tidak mengandung partikel debu lagi akan dikeluarkan melalui cerobong. Partikel yang berat tersebut sering dipakai sebagai *filler* juga.
- b. Jenis basah atau *wet scrubber*, dimana pada jenis ini debu-debu yang terbawa udara buangan dari *dryer* dialirkan ke dalam suatu bak atau ruangan dan disemprot air, sehingga partikel-partikel debunya akan terbawa air turun dan

ditampung dalam bak-bak penampung. Udara yang keluar sudah bersih dari debu-debu dan keluar melalui cerobong asap.

Berikut adalah gambar skema aliran pada *dust collector* :



Gambar 3.8 Skema Aliran Pengumpul Debu (*Dust Collector*)

(Sumber Dardak, 2007)

6. Cerobong Asap

Tempat keluarnya udara yang sudah disaring dari debu – debu melalui alat pengumpul debu (*dust collector*) kemudian udara tersebut dikeluarkan melalui cerobong asap. Berikut gambar cerong asap :



Gambar 3.9 Cerobong asap

(Sumber Dardak, 2007)

7. Elevator Panas

Elevator panas atau hot elevator berfungsi sebagai pembawa agregat panas yang keluar dari silinder pengering atau dryer ke saringan (ayakan) panas atau hot screening unit untuk dipilah-pilah sesuai ukuran fraksi masing-masing. Elevator panas ini berupa mangkok-mangkok atau bucket-bucket kecil yang dipasang pada rantai yang berputar naik ke atas, di mana setelah sampai di atas agregat panas yang berada dalam mangkok-mangkok kecil tadi ditumpahkan ke atas ayakan panas untuk dipisah-pisah sesuai ukuran fraksinya. Elevator panas ini mempunyai penutup (rumah pelindung) yang berfungsi sebagai pelindung terhadap kehilangan panas dari gregat panas yang dibawahnya sekaligus menjaga debu-debu. Berikut adalah gambar elevator panas :



Gambar 3.10 Elevator Panas

(Sumber Dardak, 2007)

8. Pengendali Gradasi

Agregat panas yang diangkut oleh elevator panas dari bagian pengering, diayak dengan menggunakan ayakan dibagian pengendali gradasi. Agregat yang berukuran lebih besar (*oversize*) dari yang disyaratkan dibuang, sedangkan agregat yang lolos ayakan pengendali mengalir masuk kedalam penampung bin panas. Berikut gambar pengendali gradasi :

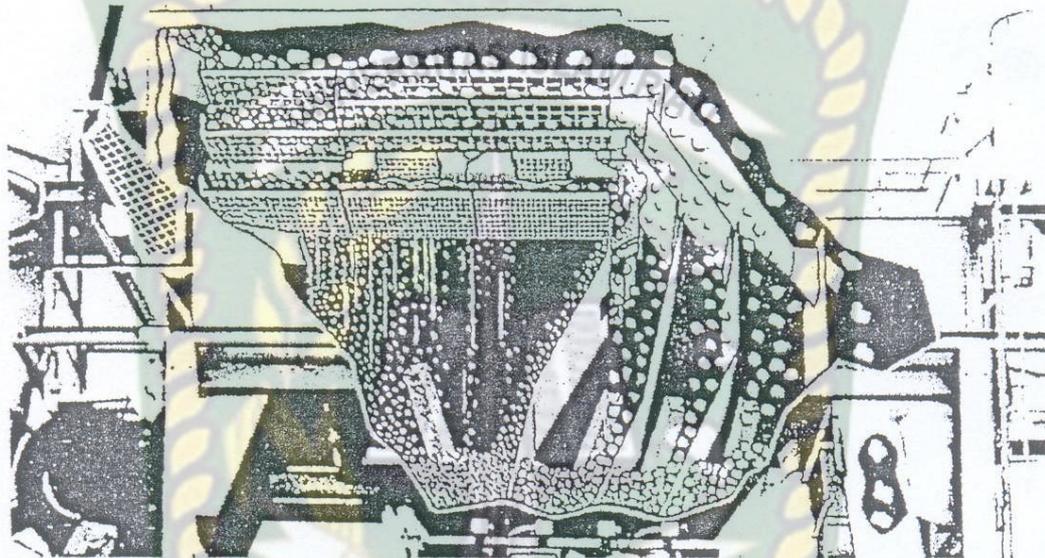


Gambar 3.11 Pengendali Gradasi
(Sumber Dardak, 2007)

9. Bin Panas (*Hot Bin*)

Agregat yang diperlukan sebagai campuran beton aspal haruslah dalam keadaan kering. Pengeringan dilakukan dengan cara pemanasan. Agregat panas kemudian disaring dan ditempatkan ditempat bin panas. Bin panas memiliki bagian – bagian sesuai saringan. Bin panas (*Hot Bin*) adalah tempat menyimpan sementara agregat panas yang telah tersaring, sebelum dicampur kedalam bagian pencampur (*pugmill*). Bin panas disekat menjadi 3 atau 4 penampung yang berpintu. Masing – masing penampung bin panas untuk satu ukuran agregat tertentu. Jika pemasokan penampung bin dingin mengakibatkan agregat panas yang masuk lebih dari kapasitas penampung bin panas, maka agregat ini akan dibuang keluar dari UPA. Hasil analisa saringan agregat dari masing – masing bin

panas pada saat percobaan produksi campuran diperoleh gradasi dimasing – masing bagian bin panas. Berdasarkan hasil gradasi yang diperoleh, maka dilakukan rancangan proporsi dari masing – masing bin panas untuk mendapatkan gradasi sesuai spesifikasi. Dari hasil yang diperoleh selama melakukan kalibrasi bin dingin dan panas, diperoleh kesimpulan apakah JMF awal perlu dikoreksi atau tidak. Berikut gambar bin panas (*Hot bin*) :



Gambar 3.12 *Hot Bin*

(Sumber Dardak, 2007)

10. Bin Penimbang (*Weigh Bin*)

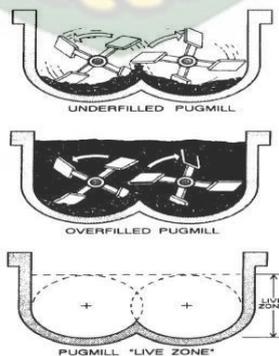
Bin penimbang atau *weigh bin* adalah bin tempat menampung sekaligus menimbang agregat dari setiap fraksi agregat. Pada AMP dengan sistem penakar terdapat timbangan untuk menimbang agregat dan aspal sesuai proporsi campurannya, sebelum masuk kedalam alat pencampur (*mixer/ pugmill*). Pintu pengeluaran ini akan dibuka untuk mengeluarkan agregat panas yang ditampung didalamnya setelah pencampur atau pugmill kosong (campuran yang diproses sebelumnya telah dikeluarkan). Berikut adalah gambar *Weigh bin* :



Gambar 3.13 Weigh Bin
(Sumber Dardak, 2007)

11. Alat Pencampur (*Mixer/ Pugmil*)

Alat pencampur sistem penakar (*batch*) adalah jenis pengaduk (*tein pugmill*) yang mampu menghasilkan campuran yang homogen. Agregat panas dan bahan pengisi dimasukkan kedalam alat pencampur sesuai JMF awalnya, namun bahan pengisi tidak dipanaskan. Agregat dicampur dalam keadaan kering selama tak kurang dari 4 detik, dan selanjutnya disemprotkan aspal panas dengan kadar aspal sesuai JMF awalnya. Agregat dan aspal panas diaduk kembali selama tak kurang 30 detik dan tak lebih dari 75 detik. Jika dibutuhkan menambah campuran dengan bahan tambahan seperti selulosa atau lainnya, maka bahan tambah tersebut dimasukkan langsung kedalam alat pencampur melalui lubang dibagian belakang AMP. Setelah campuran tercampur merata, maka pintu alat pencampur (*pugmill/mixer*) dibuka untuk mengeluarkan campuran panas dan dicurahkan kedalam truk pengangkut untuk selanjutnya dibawa kelokasi penghamparan.



Gambar 3.14 Alat Pencampur (*Pugmill/ Mixer*)
(Sumber, Sukirman, 2016)

12. Penyimpanan Aspal Panas

Menurut (Dardak, 2007) Aspal yang diperlukan untuk pencampuran disimpan di dalam bak penampung, bisa berbentuk bak kubikal atau bisa juga berbentuk silinder. Aspal yang disimpan di dalam bak penampung aspal. Berikut adalah gambar tempat penyimpanan aspal panas :



Gambar 3.15 Penyimpanan Aspal Panas

(Sumber Dardak, 2007)

13. Tempat Penimbang Aspal dan Unit Pengontrol Aspal (*Asphalt Control Unit*)

Menurut (Dardak, 2007) tempat penimbang aspal adalah alat untuk menimbang aspal panas sebelum aspal dimasukkan kedalam alat pencampur (*pugmill*). Dan unit pengontrol aspal (*asphalt control unit*) adalah alat yang terletak pada tangki timbangan aspal untuk mengontrol pemasokkan aspal ke alat pencampur (*pugmill*). Berikut adalah tempat penimbang aspal :



Gambar 3.16 Tempat Penimbang Aspal Panas
(Sumber Dardak, 2007)

3.8 Uji Coba Penghamparan dan Pemadatan (*Trial Paving*)

Rumusan rancangan campuran yang telah diperoleh masih perlu diuji coba dilapangan. Disamping itu uji coba perlu pula dilakukan untuk mendapatkan kepastian apakah alat yang tersedia dilokasi mampu menghamparkan dan memadatkan campuran sehingga diperoleh perkerasan jalan sesuai yang disyaratkan. Pengujian terhadap hasil pemadatan dilakukan terhadap benda uji yang diperoleh dari *coring* dilapangan. Pengujian meliputi berat volume, gradasi agregat dalam campuran, kadar aspal, rongga dalam campuran, dan tebal lapisan yang dihasilkan. Uji coba penghamparan dan pemadatan dilakukan paling sedikit 50 ton untuk setiap jenis campuran yang diproduksi dengan AMP, dihamparka dan dipadatkan dilokasi yang ditetapkan dengan peralatan dan prosedur yang diusulkan. Setiap alat penghampar (*paver*) harus mampu menghampar bahan sesuai dengan tebal yang disyaratkan. Kombinasi yang diusulkan harus mampu mencapai kepadatan yang disyaratkan dalam rentang temperatur pemadatan sebagaimana yang disyaratkan.

Adapun prosedur pelaksanaan uji coba penghamparan dan pemadatan (*Trial Paving*) (Spesifikasi Bina Marga Revisi 3) :

1. Dilakukan pengarahan (*Briefing*) oleh Konsultan pengawas tentang prosedur pelaksanaan penghamparan dan pemadatan.
2. Penghamparan dan pemadatan dilakukan pada 3 (tiga) segmen dengan masing – masing panjang segmen adalah 25 m pada STA 4 + 600 sampai 4 + 675 di Jalan Air Hitam Pekanbaru.
3. Pada lapis Aus *Asphalt concrete wearing course* (AC – WC) dilakukan dengan variasi pemadatan 12 *pashing*, 14 *pashing*, dan 16 *pashing* dengan tebal rencana 4 cm.
4. Sebelum aspal dihamparkan, lokasi haruslah bersih dari berbagai macam kotoran, maka dilakukan pembersihan lokasi dengan menggunakan alat *compressor*.
5. Setelah lokasi bersih dari kotoran , selanjutnya dilakukan penyemprotan lapis resap pengikat (*tack coat*) dengan menggunakan *asphalt sprayer* yang berfungsi sebagai perekat antara aspal lama dengan aspal baru yang akan dihamparkan.
6. Selanjutnya dilakukan penghamparan aspal dengan menggunakan *asphalt finisher* dengan suhu penghamparan 130 – 150⁰C. Sebelum dihamparkan elevasi dan ketebalan aspal gembur harus diatur terlebih dahulu pada *asphalt finisher*. Ketebalan aspal gembur yang dilaksanakan sebesar 25% dari rencana tebal padat.
7. Setelah penghamparan aspal dengan *asphalt finisher* dilaksanakan, selanjutnya dilakukan perataan dengan menggunakan *Tandem Roller* (roda besi). Sebelum *tandem roller* melakukan perataan roda besi akan di semprot terlebih dahulu dengan minyak sayur atau minyak kelapa untuk menghindari aspal lengket pada roda.
8. Setelah aspal yang dihampar rata, selanjutnya di padatkan dengan menggunakan alat *Pnuematic Tire Roller* (roda karet) dengan variasi pemadatan yang telat di rencanakan.

9. Setelah pemadatan aspal selesai, dalam waktu 24 jam akan dilakukan *Core drill* (pengambilan sampel benda uji dilapangan) dengan 6 buah sampel persegmen. Selanjutnya akan dibawa kelab untuk ditimbang dan dilakukan pengujian marshall untuk mendapatkan kepadatan rata – rata.

Kepadatan rata – rata (Gmb) dari semua benda uji yang diambil dari percobaan penghamparan dan pemadatan yang memenuhi ketentuan harus menjadi Kepadatan Standar Kerja (*Job Standard Density*), yang harus dibandingkan dengan pemadatan campuran beraspal terhampar dalam pekerjaan. Kepadatan semua jenis campuran beraspal yang telah dipadatkan, seperti yang ditentukan dalam SNI 03 – 6757 – 2002 tidak boleh kurang dari 97 % kepadatan standart kerja (*Job Standart Density*) yang tertera dalam JMF untuk laston (HRS) dan 98 % untuk semua campuran beraspal lainnya. Ketentuan kepadatan dapat dilihat pada tabel 3.8.

Tabel 3.8 Ketentuan Kepadatan

Kepadatan yang disyaratkan (% JSD)	Jumlah Benda Uji Per Segmen	Kepadatan Minimum Rata – Rata (% JSD)	Nilai Minimum Setiap Pengujian Tunggal (% JSD)
98	3 – 4	98,1	95
	5	98,3	94,9
	>6	98,5	94,8
97	3 – 4	97,1	94
	5	97,3	93,9
	>6	97,5	93,8

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3)



BAB IV

METODE PENELITIAN

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Penyusun dalam penelitian ini mengkaji tentang perbedaan antara rancangan campuran *Design Mix Formula* (DMF) di laboratorium, rumusan campuran kerja (*Job Mix Formula*, JMF), dan Uji Coba Campuran (*Trial Mix*) di AMP, serta membahas lebih lanjut tentang Uji Coba Penghamparan (*Trial Paving*) dan Uji Coba Pematatan dilapangan (*Trial Compacting*) hingga di dapat hasil *Job Standart Density* (JSD) Lapis Aus (AC – WC) pada Preservasi Rehabilitasi Jalan. Penelitian ini bertujuan untuk memeriksa perbedaan hasil dari ketiga proses pembuatan campuran aspal panas dengan cara membandingkan mutu campuran dari hasil pengujian marshall. Kriteria marshall meliputi: Penentuan Kerapatan (*Density*), *Void In Mix* (VIM), *Void In The Mineral Aggregate* (VMA), *Void Filler Bitumen* (VFB), stabilitas, kelelahan (*flow*), dan *Marshall Quotient* (MQ). Penelitian ini mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3) dan metode yang digunakan yaitu *marshall test*.

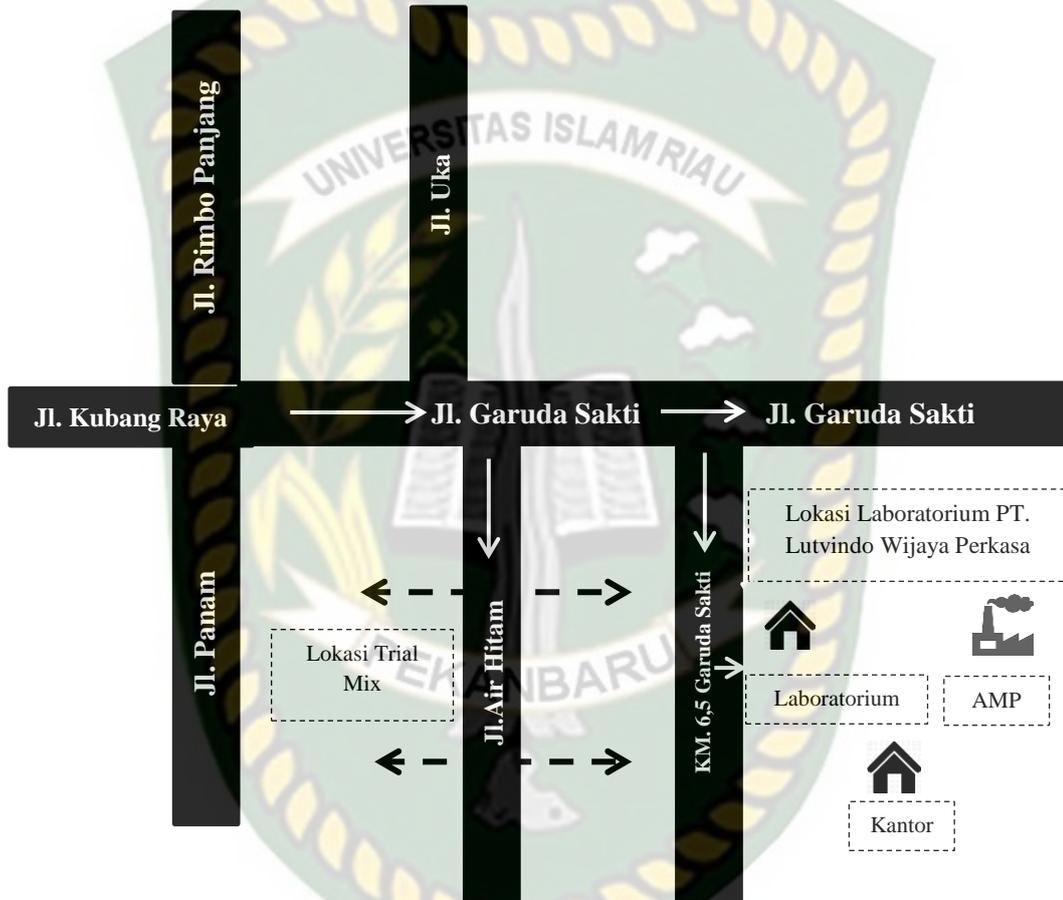
Data sekunder merupakan faktor utama dalam menentukan hasil dari tugas akhir ini. Untuk memperoleh data tersebut maka diadakan sebuah penelitian berdasarkan data yang diambil di laboratorium dan dokumentasi di lapangan. Dalam kajian ini data yang diperlukan adalah data DMF, *Trial Mix*, JMF, dan dokumentasi serta beberapa referensi yang didapat dari beberapa Jurnal, Skripsi, Tesis, Buku, serta Spesifikasi Umum Bina Marga 2010, Revisi 3.

4.2 Lokasi Penelitian

Dalam Penelitian ini lokasi yang dijadikan sebagai tempat pengumpulan data penelitian oleh penulis adalah di laboratorium PT. Lutvindo Wijaya Perkasa, AMP berlokasi di Jalan Garuda Sakti KM. 6,5 Kota Pekanbaru, serta pengambilan dokumentasi di lokasi Percobaan Penghamparan (*Trial Paving*) di jalan air hitam sta. 4 + 600 s/d 4 + 675 pada Preservasi Rehabilitasi Jalan, Jln. Air Hitam tahun 2018 – 2019. Dengan panjang lintasan efektif jalan yang ditinjau yaitu 75 m

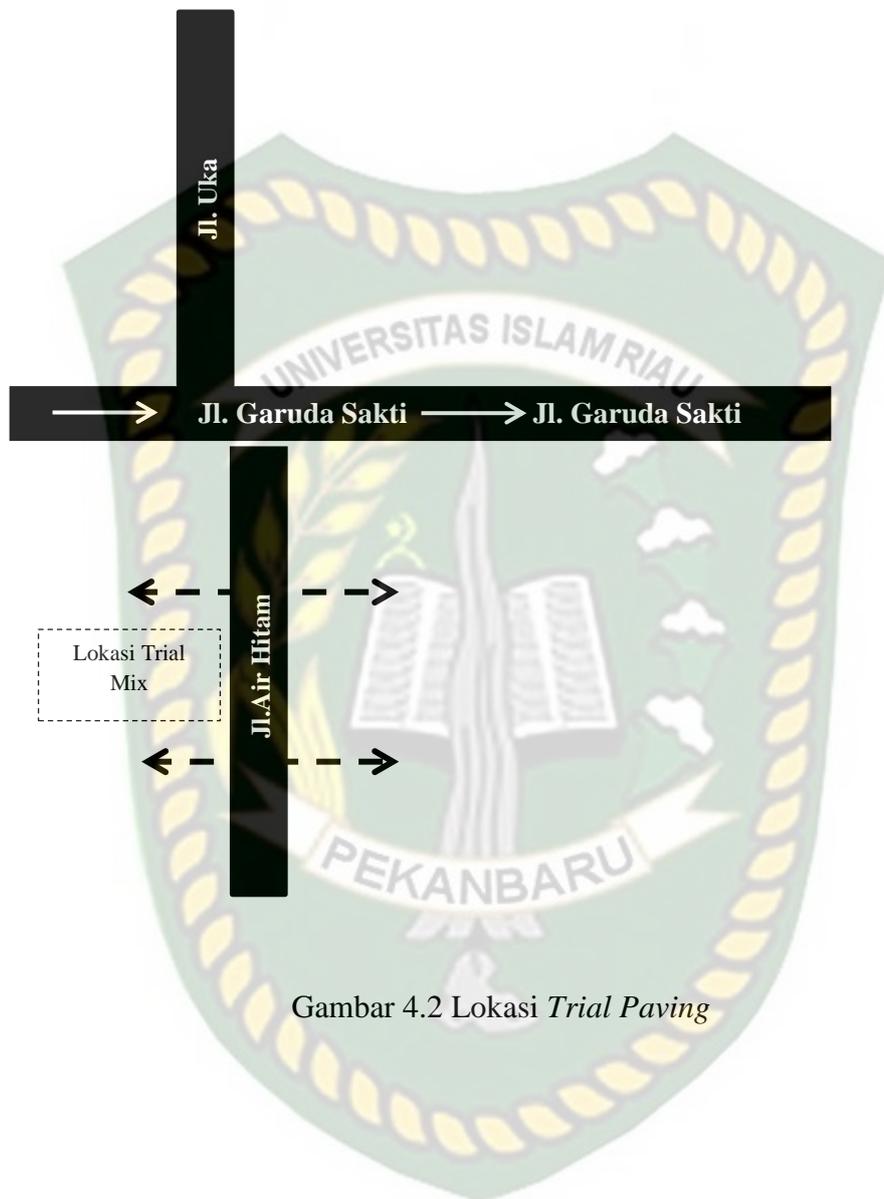
terbagi oleh 3 segmen dengan ukuran masing – masing segmen 25 m. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1 lokasi laboratorium dan AMP, 4.2 lokasi *trial paving* dan Gambar 4.3 detail lokasi *trial paving*.

1. Lokasi Pengambilan Data Laboratorium dan *Asphalt Mixing Plant* (AMP)

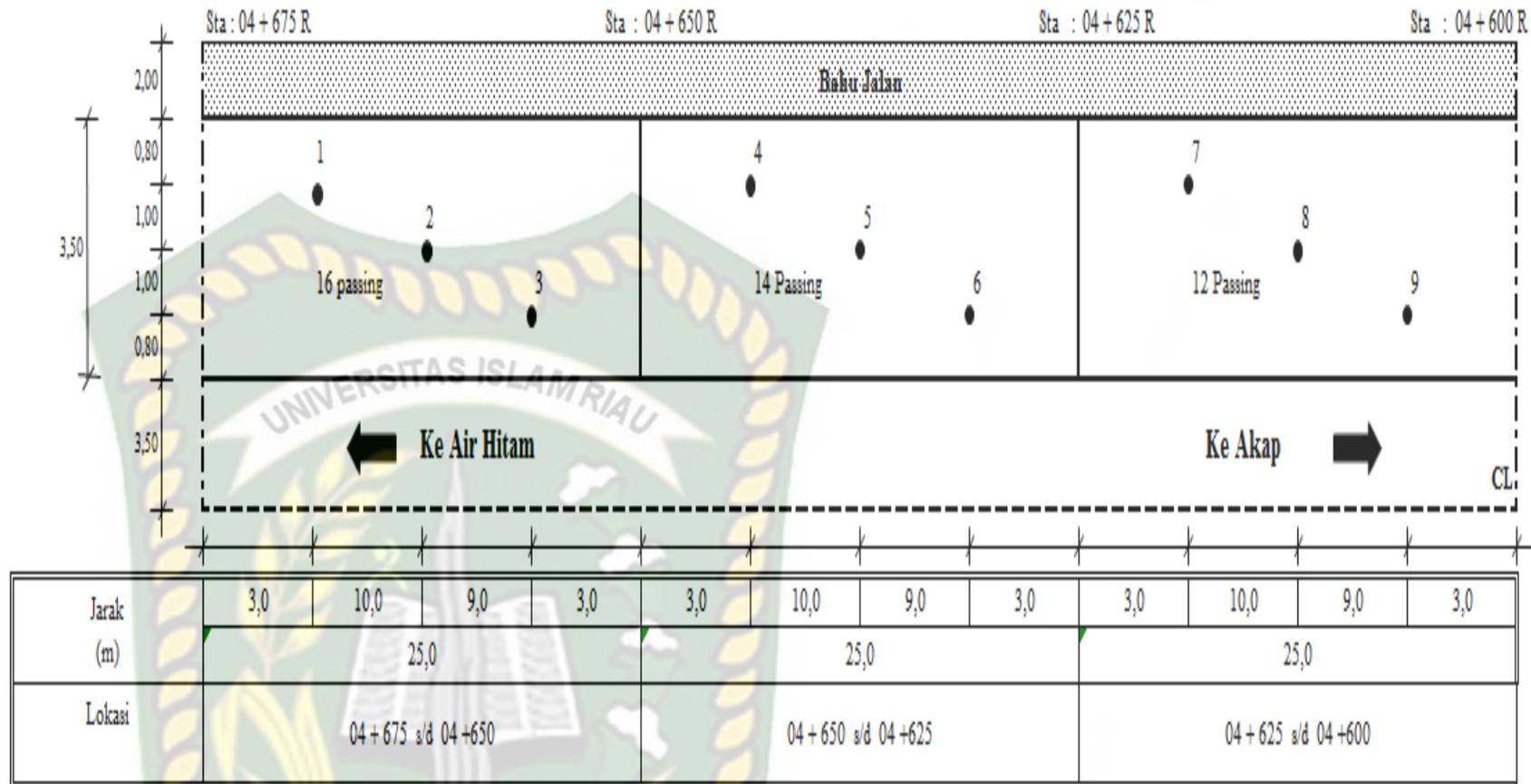


Gambar 4.1 Lokasi Laboratorium dan AMP

2. Lokasi Percobaan Penghamparan (*Trial Paving*)



Gambar 4.2 Lokasi *Trial Paving*



Gambar 4.3 Detail Lokasi Trial Paving

4.3 Teknik Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengumpulkan data adalah metode observasi langsung kelapangan seperti laboratorium, *AMP*, Lokasi *Trial Paving* dan lokasi pekerjaan jalan melalui pihak kontraktor. Data yang diperoleh yaitu data sekunder yang dibutuhkan untuk penelitian ini berupa data *DMF* seperti Analisa saringan *Cold Bin*, Analisa gradasi gabungan agregat *Cold Bin*, Analisa perencanaan kadar aspal, Analisa pengujian campuran beraspal dengan alat *Marshall*, dan Grafik hubungan antara kadar aspal dengan parameter *marshall*, data *trial mix* seperti Analisa saringan *Hot Bin*, Analisa gradasi gabungan agregat *Hot Bin*, dan Analisa pengujian campuran beraspal dengan alat *Marshall*, dan *Core Drill* pemadatan di lapangan, dan data *JMF* seperti Analisa saringan *Hot Bin*, Analisa gradasi gabungan agregat *Hot Bin*, dan Analisa pengujian campuran beraspal dengan alat *Marshall*.

4.4 Tahap Pelaksanaan Penelitian

Dalam penelitian ini perlu dilakukan beberapa tahap pelaksanaan penelitian, agar penelitian ini sesuai dengan arah dan tujuannya. Adapun tahap – tahap yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mulai
.Mulai merupakan langkah pertama yang dilakukan, berupa tahapan persiapan yaitu mempersiapkan gambaran tentang penelitian yang akan dilakukan serta memilih masalah yang perlu untuk diteliti. Kemudian mencari tempat atau lokasi penelitian yang akan dilakukan
2. Pengumpulan Data Sekunder
Dalam penelitian ini penulis memerlukan beberapa data yaitu data sekunder berupa data *Design Mix Formula* (DMF), data Uji Coba Lapangan (*Trial Mix*), dan data *Job Mix Formula* (JMF).
3. *Design Mix Formula* (DMF)
Dalam tahap pembuatan DMF data yang diperlukan adalah Analisa saringan *Cold Bin*, Gradasi campuran agregat *Cold Bin*, Proporsi perencanaan kadar

aspal, Analisa pengujian campuran beraspal dengan alat *Marshall*, dan Grafik hubungan antara kadar aspal dengan parameter *marshall*.

4. Uji Coba Lapangan (*Trial Mix*)

Ada 2 (dua) tahap dalam pelaksanaan *Trial Mix* yaitu :

a. Uji Coba Proporsi (*Trial Mix AMP*)

Dalam pelaksanaan *Trial Mix AMP* data yang diperlukan adalah Analisa saringan *Hot Bin*, Analisa gradasi campuran agregat *Hot Bin*, Analisa pengujian campuran beraspal dengan alat *Marshall*.

b. Uji Coba Penghamparan dan Pematatan (*Trial Paving*)

Dalam pelaksanaan *Trial Paving* dilakukan pemeriksaan kepadatan di lapangan dengan alat *core drill*.

5. *Job Mix Formula* (JMF)

Data JMF yang diperlukan Analisa saringan *Hot Bin*, Analisa gradasi campuran agregat *Hot Bin*, dan Analisa pengujian campuran beraspal dengan alat *Marshall*.

6. Analisa Data

Setelah data didapat maka dilanjutkan dengan analisa data berdasarkan data sekunder yang didapat dilapangan, yaitu analisa data DMF, *Trial Mix*, dan JMF.

7. Analisa DMF

Analisa DMF dilakukan untuk menghitung Analisa saringan *Cold Bin*, Analisa gradasi campuran agregat *Cold Bin*, Analisa proporsi perencanaan kadar aspal, nilai *marshall* pada kadar aspal rencana 2 x 75 tumbukan, nilai *marshall* pada kadar aspal optimum 2 x 75 tumbukan, dan nilai *marshall* pada kadar aspal rencana 2 x 400 tumbukan.

8. Analisa *Trial Mix*

Setelah melakukan analisa DMF, selanjutnya dilakukan analisa *Trial Mix* untuk Menghitung Analisa saringan *Hot Bin*, Analisa gradasi campuran agregat *Hot Bin*, nilai *marshall* pada kadar aspal optimum 2 x 75 tumbukan, nilai *marshall* pada kadar aspal optimum 2 x 400 tumbukan, Analisa pemeriksaan kepadatan di lapangan dengan alat *core drill*

9. Analisa JMF

Analisa *JMF* menghitung Analisa saringan *Hot Bin*, Analisa gradasi campuran agregat *Hot Bin*, nilai marshall pada kadar aspal optimum 2 x 75 tumbukan, dan nilai marshall pada kadar aspal optimum 2 x 400 tumbukan.

10. Hasil dan Pembahasan

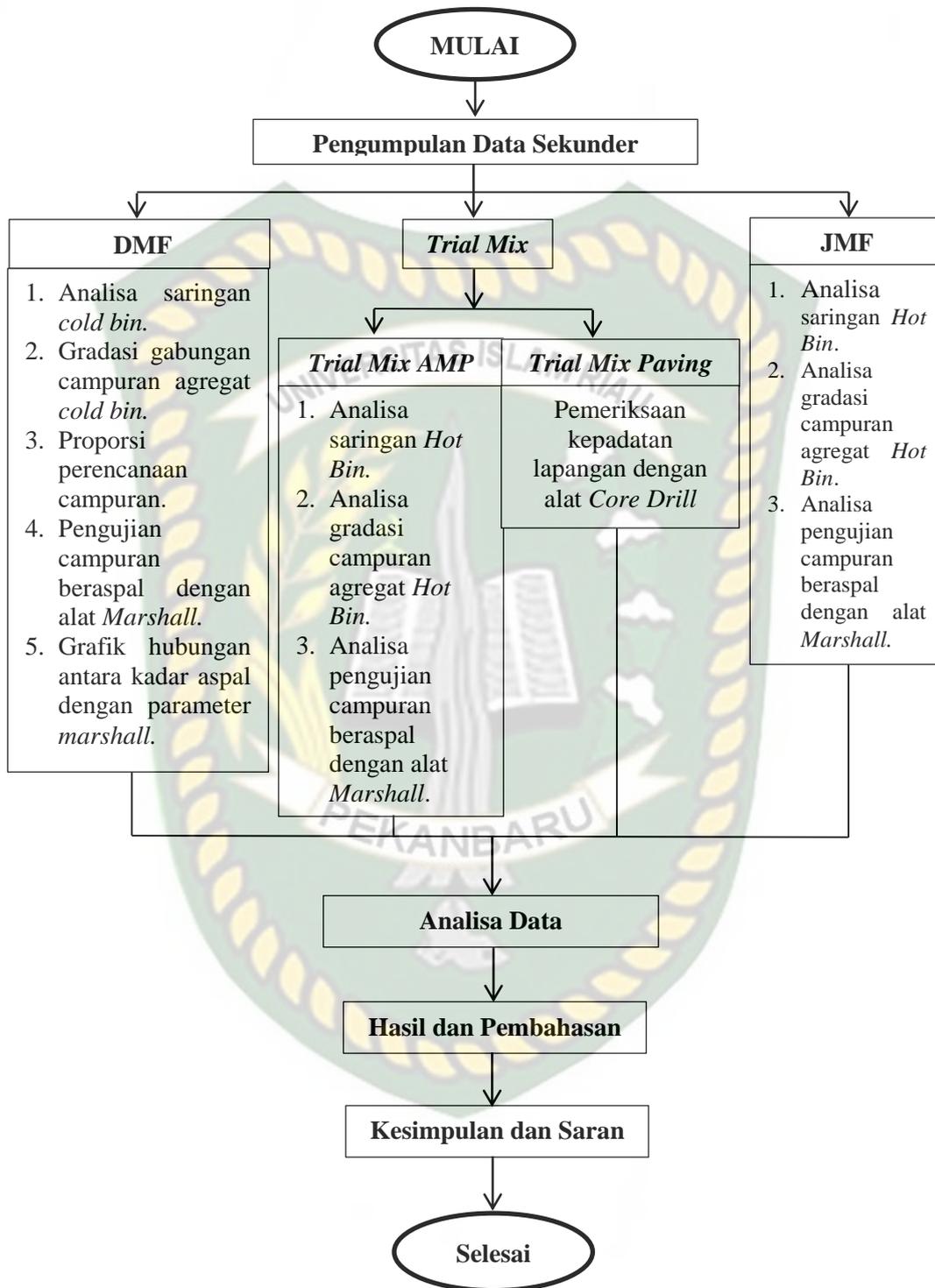
Hasil dan pembahasan yaitu membahas hasil - hasil yang disederhanakan dalam bentuk tabel, grafik, dan uraian pembahasan. Agar mempermudah pemahaman hasil analisa bagi para pembaca.

11. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran yaitu menarik kesimpulan dari hasil penelitian dan memberikan saran kepada pembaca tentang kajian perbedaan *DMF*, *JMF*, dan *trial mix AC WC*.

12. Selesai

Bagan alir tahap pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut :



Gambar 4.4 Bagan Alir Tahap Pelaksanaan Penelitian



BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisa Data Rumusan Campuran Rencana (DMF)

DMF (*Design Mix Formula*) adalah penentuan proporsi takaran agregat dari pemasok dingin (*cold bin*) untuk dapat menghasilkan komposisi yang optimum. Untuk membuat rumusan rencana dibutuhkan bahan penyusun perkerasan, komponen pembentuk lapisan perkerasan terdiri dari 3 (tiga) bahan utama yaitu agregat (kasar dan halus), *filler* (bahan pengisi), dan aspal. Rencana campuran bertujuan untuk mendapatkan formula campuran dari material yang terdapat dilokasi sehingga dihasilkan campuran yang memenuhi spesifikasi umum bina marga 2010 revisi 3.

5.1.1 Hasil Analisa DMF Gradasi Campuran Agregat (*Cold Bin*) AC – WC

Sebelum mendapatkan hasil gradasi total campuran agregat, dilakukan pengujian analisa saringan masing – masing agregat dingin. Pengujian analisa saringan dilakukan dengan 2 (dua) sampel di masing – masing agregat agar mendapatkan hasil rata – rata dari kedua sampel. Tabel hasil pengujian analisa saringan masing – masing agregat dapat dilihat pada lampiran B – 1 dan lampiran B – 2. Hasil perhitungan rata – rata pengujian analisa saringan yang akan dimasukkan sebagai data material pada gradasi campuran agregat dapat dilihat pada lampiran A – 1 s/d A – 28. Data hasil DMF gradasi campuran agregat *cold bin* dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 DMF Gradasi Campuran Agregat *Cold Bin*

Inchi	1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
(mm)	25	19	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075
Data Material:											
Bahan Pengisi (Filler)	100	100	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100
Pasir	100	100	100,0	100	88,62	49,62	38,77	22,94	11,15	7,88	3,07
Abu Batu	100	100	100,0	100	98,25	87,11	57,58	46,56	36,97	20,14	11,76

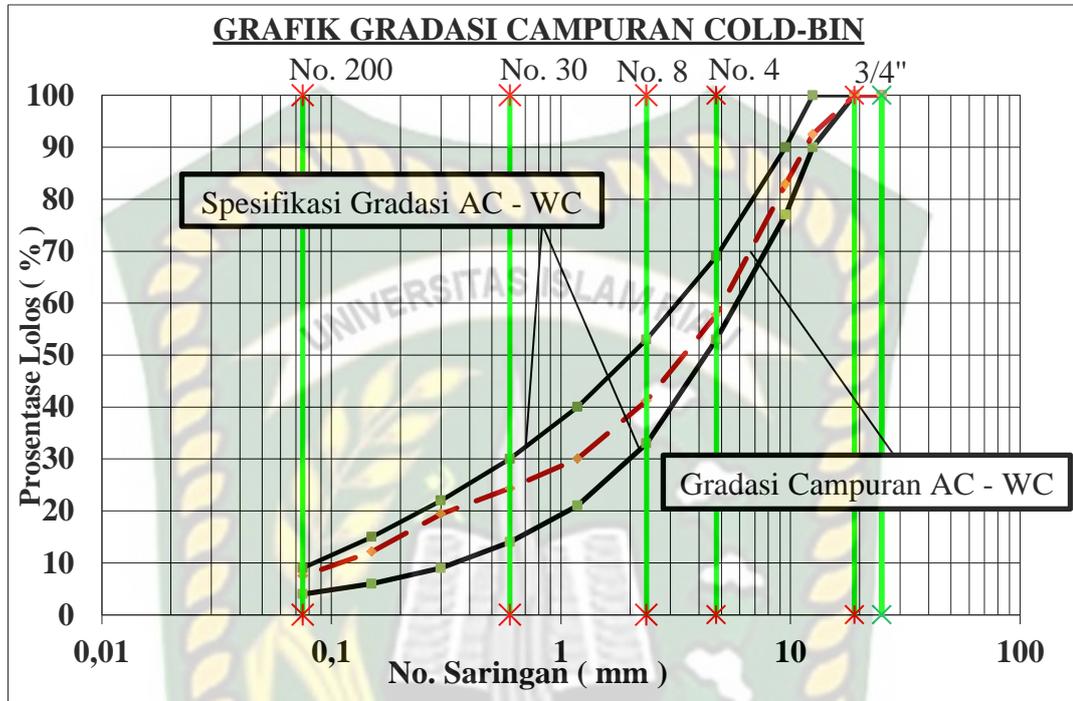
Tabel 5.1 Lanjutan DMF Gradasi Campuran Agregat *Cold Bin*

Inchi		1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
(mm)		25	19	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075
Data Material:												
Medium Agg		100	100	100,0	90,97	50,01	30,34	23,52	20,35	16,99	10,51	6,10
Coarse Agg		100	100	56,01	25,97	7,39	4,87	3,16	2,21	2,03	1,72	0,66
Komp. Camp(%):												
Bahan Pengisi (Filler)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Pasir	10	10,0	10,0	10,0	10,0	8,86	4,96	3,88	2,29	1,12	0,79	0,31
Abu Batu	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,12	18,73	12,38	10,01	7,95	4,33	2,53
Medium Agg	50	50,0	50,0	50,0	45,48	25,00	15,17	11,76	10,18	8,50	5,25	3,05
Coarse Agg	17	17,0	17,0	9,52	4,41	1,26	0,83	0,54	0,37	0,34	0,29	0,11
	100											
Total Campuran		100	100	92,52	82,90	57,74	41,19	30,05	24,35	19,40	12,16	7,49
Toleransi Campuran		± 5	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5	± 3	± 3	± 3	± 2	± 1
Max		100	100	97,5	87,9	62,7	46,2	33,1	27,4	22,4	14,2	8,5
Min		100	95,0	87,5	77,9	52,7	36,2	27,1	21,4	16,4	10,2	4,0
Spesifikasi Gradasi												
Max		100	100	100,0	90,0	69,0	53,0	40,0	30,0	22,0	15,0	9,0
Min		100	100	90,0	77,0	53,0	33,0	21,0	14,0	9,0	6,0	4,0

Sumber: Hasil Hitungan

Dari tabel 5.1 gradasi total campuran agregat *cold bin* didapat hasil saringan 1" (25 mm) lolos 100 %, saringan 3/4" (19 mm) lolos 100%, saringan 1/2" (12,5 mm) lolos 92,52%, saringan 3/8" (9,5 mm) lolos 82,90%, saringan No. 4 (4,75 mm) lolos 57,74%, saringan No. 8 (2,36 mm) lolos 41,19%, saringan No. 16 (1,18 mm) lolos 30,05%, saringan No. 30 (0,600 mm) lolos 24,35%, saringan No. 50 (0,300) lolos 19,40%, saringan No. 100 (0,150 mm) lolos 12,16%, saringan No.

200 (0,075) lolos 7,49% . Setelah didapat total campuran agregat, hasil persentase total campuran gradasi agregat dapat dilihat pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 DMF Gradasi Total Campuran Agregat *Cold Bin* AC – WC

Sumber: Hasil Hitungan

Dari gambar 5.1 terlihat bahwa persentase gradasi total campuran agregat *cold bin* masih dalam batas nilai gradasi campuran menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 (tiga) pada tabel 3.5. Dengan demikian gradasi total campuran agregat diatas telah memenuhi spesifikasi nilai rentang gradasi agregat yang dibolehkan dan dapat digunakan sebagai acuan dalam rancangan proporsi agregat.

5.1.2 Hasil Analisa DMF Campuran Beraspal dengan Alat *Marshall*

Pengujian *marshall* digunakan untuk mengetahui besarnya nilai stabilitas dan nilai kelelahan dari campuran aspal yang direncanakan. Dari hasil pengujian ini dapat juga ditentukan besarnya kadar aspal optimum campuran, dengan menentukan 7 parameter *marshall* yaitu nilai stabilitas , *flow*, *MQ*, *VMA*, *VFA*, *VIM* dan *VIM PRD*. Untuk menentukan kadar aspal optimum maka diperlukan pengujian kadar aspal dengan alat *marshall*. Dimana variasi kadar aspal yang akan

diuji adalah kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% (analisa perencanaan kadar aspal dapat dilihat pada lampiran A – 33), dengan suhu pemadatan 145⁰C dan jumlah tumbukan 2 x 75. Hasil pengujian campuran beraspal dengan alat marshall dapat dilihat pada tabel 5.2.

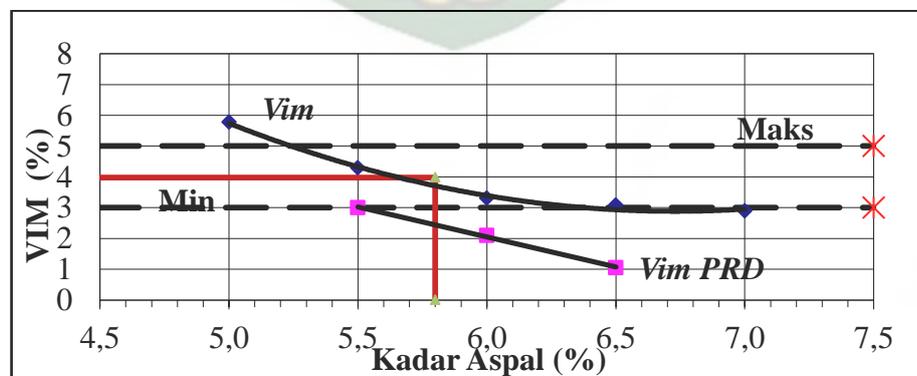
Tabel 5.2 DMF Pengujian Campuran Beraspal dengan Alat Marshall 2 x 75 Tumbukan

No	Kadar Aspal (%)	Rongga dalam Camp. VIM (%)	Rongga dalam Agg. VMA (%)	Rongga terisi Aspal VFB (%)	Stabilitas (Kg)	Kelelahan (mm)	Hasil Bagi Marshall (Kg/mm)
1	5,0	5,77	16,77	65,57	1423	3,3	431,2
2	5,5	4,29	15,90	73,01	1573	3,5	449,4
3	6,0	3,31	15,49	78,63	1666	4,1	406,5
4	6,5	3,08	15,74	84,45	1479	4,3	346,7
5	7,0	2,90	16,03	81,93	1198	4,5	264,3

Sumber: Hasil Hitungan

Hasil dari tabel 5.2 pengujian campuran beraspal dengan alat marshall pada kadar aspal yang memenuhi persyaratan campuran AC – WC dibuat grafik, sehingga didapat nilai kadar aspal optimum pada setiap campuran aspal. Diagram kadar aspal dengan parameter marhsall dapat dilihat pada gambar berikut :

1. Rongga Dalam Campuran/ VIM (%)

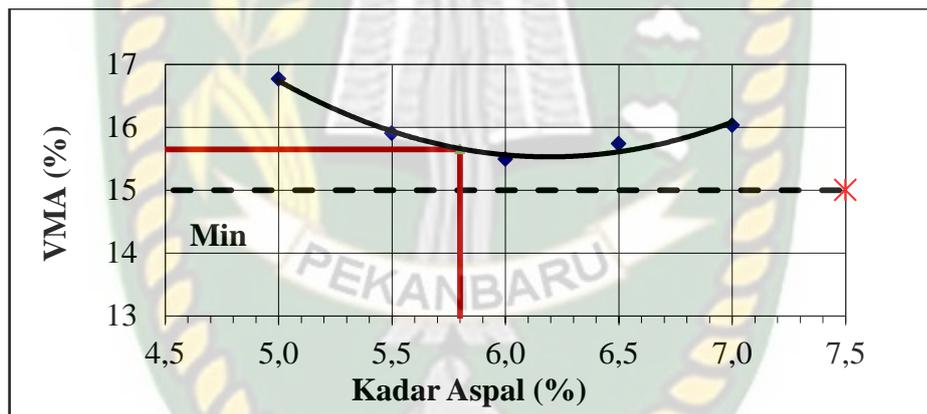


Gambar 5.2 DMF VIM dengan parameter Marshall

Sumber: Hasil Hitungan

Dari hasil grafik diatas, menunjukkan kadar aspal 5% nilai VIM telah melebihi batas maksimum dan akan menurun pada kadar aspal 5,5% - 6,5% dan masih memenuhi sayarat batas mininimum 3% dan maksimum 5% Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 (tiga) tahun 2010. Nilai VIM masih menurun pada kadar aspal 7%, tetapi nilai VIM tidak memenuhi batas minimum yang disyaratkan. Seiring bertambahnya kadar aspal, nilai VIM pun menurun dan membentuk garis lengkung. Hal ini disebabkan rongga – rongga antara butir agregat terus terisi aspal, sehingga rongga – rongga diantara butir – butir menjadi sangat kecil. VIM berkaitan dengan ketersediaan rongga yang berfungsi sebagai ruang gerak bagi partike – partikel yang ada dalam beton aspal campuran panas.

2. Rongga Dalam Agregat/ VMA (%)



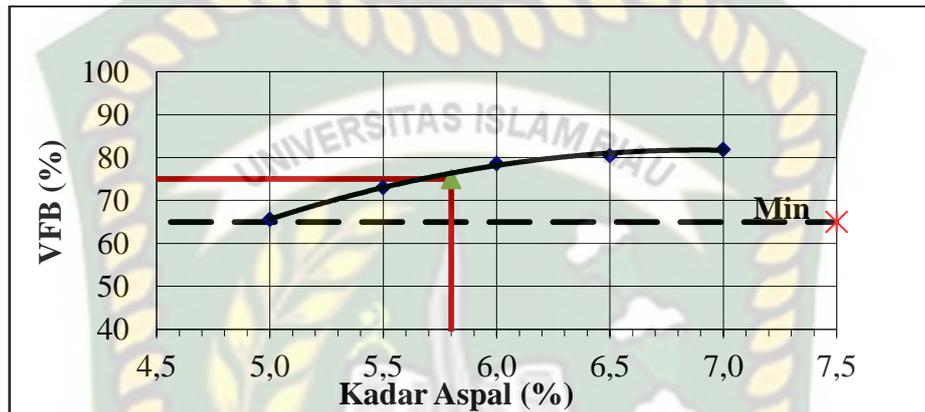
Gambar 5.3 DMF VMA dengan parameter Marshall

Sumber: Hasil Hitungan

Agregat bergradasi rapat memberikan rongga antara agregat (VMA) yang sangat kecil. Pemakaian aspal yang banyak mengakibatkan aspal tidak lagi menyelimuti butir – butir agregat dengan baik seiring adanya beban lalulintas yang menambah pemadatan lapisan, mengakibatkan lapisan aspal meleleh keluar (*bleeding*). Nilai VMA minimum yang disyaratkan 15% (Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 (tiga) tahun 2010), menunjukkan hasil penelitian memenuhi syarat. Kadar aspal 5% - 6% menunjukkan nilai VMA menurun, hal ini disebabkan aspal menjadi pelumas yang memadatkan beton aspal campuran panas (butir – butir agregat saling mengisi dan mengikat). Kadar aspal 6% - 7%

menunjukkan nilai VMA menjadi naik, disebabkan rongga – rongga terisi aspal antara butir – butir agregat sedemikian rapat sehingga dengan bertambahnya selimut aspal akan memperbesar rongga diantara butir agregat.

3. Rongga Terisi Aspal/ VFB (%)

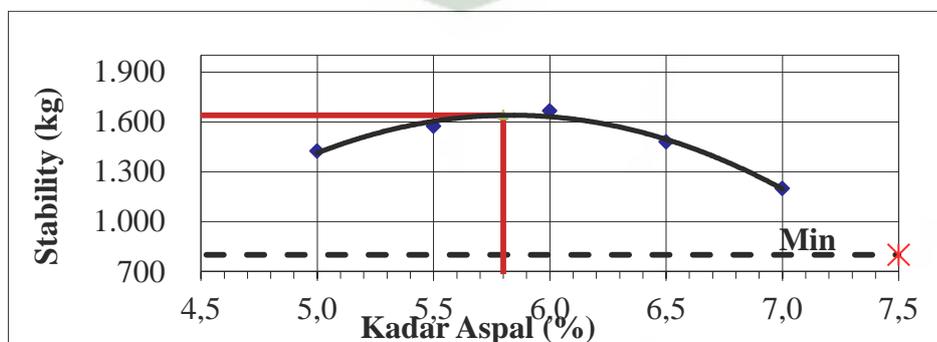


Gambar 5.4 DMF VFB dengan parameter Marshall

Sumber: Hasil Hitungan

Banyaknya kadar aspal yang mengisi rongga antara butir agregat pada aspal beton campuran panas ditunjukkan dari nilai VFB. Semakin besar kadar aspal maka makin banyak mengisi rongga pada beton aspal campuran panas dan nilai VFB tinggi. Nilai VFB memenuhi batas minimum 65% (Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 (tiga) tahun 2010) pada kadar aspal 5% - 7%. Nilai VFB terus naik seiring bertambahnya kadar aspal.

4. Stabilitas (Kg)

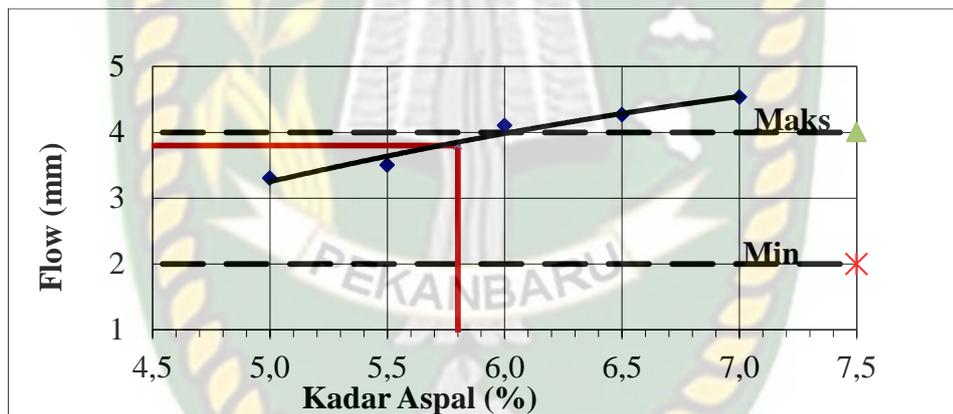


Gambar 5.5 DMF Stability dengan parameter Marshall

Sumber: Hasil Hitungan

Dari hasil grafik diatas dapat dilihat kadar aspal 5% sampai 6% menunjukkan nilai stabilitas terus naik dan mencapai puncaknya pada kadar aspal 6%, hal ini disebabkan aspal menjadi pelumas yang menyelimuti butir-butir agregat secara merata yang menyebabkan bertambahnya sifat kohesi, sehingga bidang kontak antar agregat meningkat pada beton aspal campuran panas AC WC. Sedangkan pada kadar aspal 6% sampai 7% stabilitas menurun, karena setelah stabilitas mencapai nilai maksimum, maka aspal akan berfungsi sebagai bahan pengisi rongga dan menyelimuti agregat. Nilai Stabilitas kadar aspal 5% sampai 7% seluruhnya masuk dalam batas minimum 800 Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 (tiga) tahun 2010.

5. Kelelahan/ *Flow* (mm)



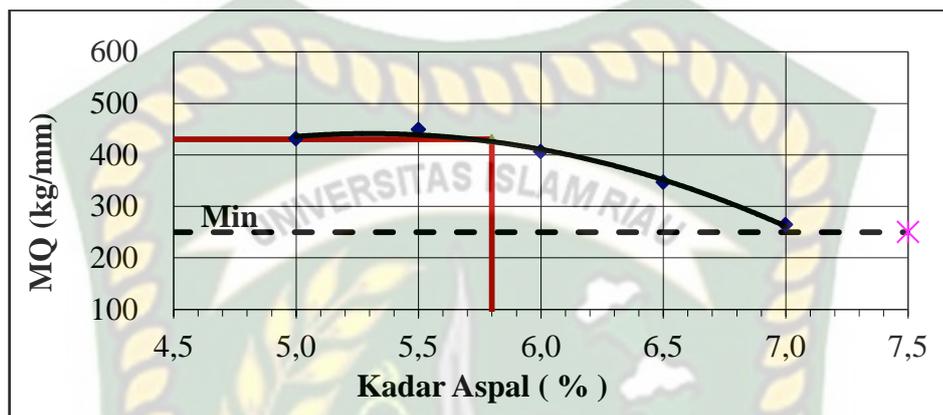
Gambar 5.6 DMF Flow dengan parameter Marshall

Sumber: Hasil Hitungan

Besar dan kecilnya nilai kelelahan atau *flow* dari beton aspal campuran aspal panas sangat ditentukan oleh kadar aspal. Semakin besarnya kadar aspal pada campuran maka nilai kelelahan akan semakin besar membuat aspal menjadi pelicin bagi campuran. Nilai *Flow* disyaratkan minimum 2 mm dan maksimum 4 mm (Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 (tiga) tahun 2010). Pada kadar aspal 5% - 6% memenuhi batas minimum dan maksimum yang disyaratkan sedangkan kadar aspal 6% - 7% telah melebihi batas maksimum nilai *Flow*. Terlihat pada grafik nilai *flow* terus naik seiring dengan bertambahnya kadar aspal, sehingga

aspal berfungsi sebagai pelicin yang membuat campuran lebih kuat dan tidak cepat leleh hal ini menaikkan nilai kelelehan atau *flow*.

6. Hasil Bagi Marshall/ *Marshall Quotient* (MQ) (Kg/mm)



Gambar 5.7 DMF MQ dengan parameter Marshall

Sumber: Hasil Hitungan

Marshall Quotient berupa hasil bagi dari stabilitas dengan nilai kelelehan (*flow*), yang dapat dipakai sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan beton aspal campuran panas. Beton aspal campuran panas yang memiliki stabilitas tinggi dan *flow* rendah menunjukkan sifat beton aspal campuran panas kaku dan getas (*brittle*), sebaliknya beton aspal campuran panas yang memiliki stabilitas rendah dan *flow* tinggi menunjukkan sifat beton aspal campuran panas cenderung plastis. Nilai MQ pada kadar aspal 5% - 7% memenuhi batas minimum 250 Kg/mm (Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 (tiga) tahun 2010).

Dari hasil parameter *marshall* akan menentukan kadar aspal optimum. sebelum kadar aspal optimum ditentukan dilakukan pemeriksaan void pada kepadatan mutlak (*Precentage Refusal Density*, PRD). Kepadatan mutlak (PRD) adalah rasio antara kepadatan benda uji lapangan terhadap kepadatan *refusal* dalam satuan persen. Nilai PRD dituangkan dalam nilai porositas (VIM) sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 (tiga) tahun 2010. VIM PRD merupakan persentase rongga yang masih tersisa setelah rongga campuran beton aspal dipadatkan. Pemeriksaan kepadatan mutlak dilakukan pada kadar aspal 5,5%, 6%, dan 6,5% dengan suhu pemadatan 150°C dan jumlah tumbukan 2 x 400

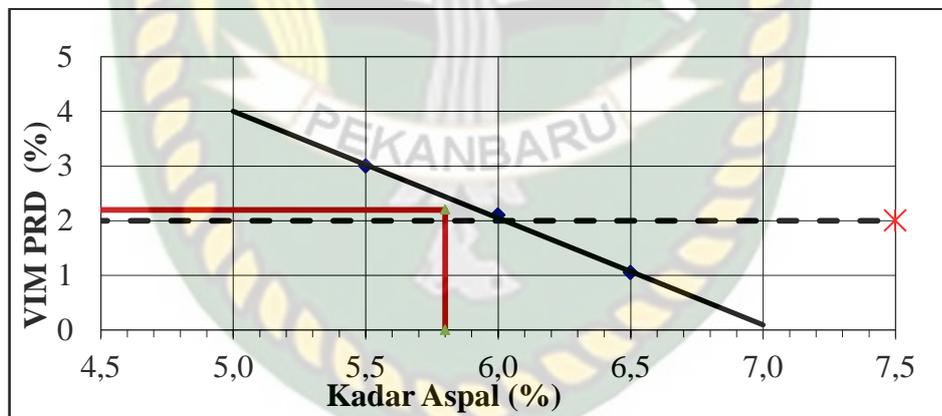
. Hasil dari pemeriksaan void pada kepadatan mutlak (PRD) dengan alat marshall dapat dilihat pada tabel 5.3

Tabel 5.3 Pemeriksaan Void pada Kepadatan Mutlak (PRD) dengan Alat Marshall 2 x 400 Tumbukan

No	Kadar Aspal (%)	Rongga dalam Camp. VIM (%)	Rongga dalam Agg. VMA (%)	Rongga terisi Aspal VFB (%)
1	5,5	2,87	14,66	80,40
2	6	2,49	14,77	83,17
3	6,5	1,05	13,97	92,50

Sumber: Hasil Hitungan

Dari hasil tabel 5.4 pemeriksaan kepadatan mutlak didapat nilai VIM PRD yaitu 2,87 %, 2,49%, dan 1.05%. Hasil tersebut akan dibuat dalam grafik parameter marshall yang dapat dilihat pada gambar 5.8.

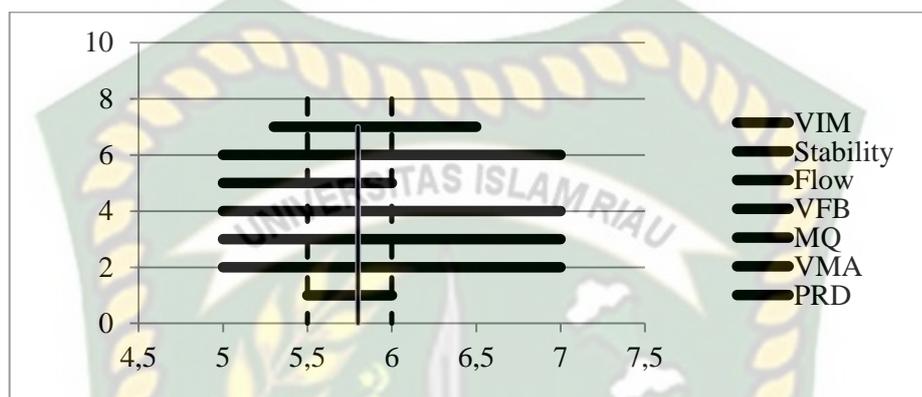


Gambar 5.8 DMF VIM PRD Kepadatan Mutlak.

Sumber: Hasil Hitungan

Berdasarkan hasil dari grafik diatas nilai VIM PRD yang memenuhi batas minimum 2% Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 (tiga) tahun 2010 berada pada kadar aspal 5,5 % - 6% dan pada kadar aspal 6% - 7% tidak memenuhi batas minimum nilai VIM VRD. Nilai VIM VRD menurun seiring bertambahnya kadar aspal karena aspal akan mengisi rongga campuran, dan akan naik apabila rongga telah terisi.

Setelah didapat keseluruhan nilai parameter marshall, maka dapat ditentukan kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum adalah kadar aspal tengah dari rentang yang memenuhi spesifikasi campuran. Hasil kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 5.9.



Gambar 5.9 DMF Kadar Aspal Optimum

Sumber: Hasil Hitungan

Dari gambar 5.9 dapat dilihat kadar aspal optimum didapat 5,8%. Untuk mendapatkan hasil kadar aspal optimum, kadar aspal yang memenuhi dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 (tiga) tahun 2010 nilai parameter aspal adalah 5,5% - 6%. Sehingga kadar aspal optimum diperoleh nilai tengah sebesar 5,8%.

Tingkat keberhasilan suatu aspal beton campuran panas (*AC - WC*) dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya adalah kadar aspal dalam campuran. Aspal yang terlalu sedikit mengakibatkan ikatan antara masing-masing agregat menjadi kecil (lemah), sedangkan bila terlalu banyak mengakibatkan terjadi *bleeding*, selain itu kekurangan dan kelebihan kadar aspal menyebabkan beberapa kerusakan aspal beton campuran panas (*AC - WC*) sehingga diperlukan kadar aspal yang optimum (KAO). Pengujian campuran beraspal dengan alat marshall 2 x 75 tumbukan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 DMF Kadar Aspal Optimum dengan Alat Marshall 2 x 75 Tumbukan

No	Kadar Aspal (%)	Rongga dalam Camp. VIM (%)	Rongga dalam Agg. VMA (%)	Rongga terisi Aspal VFB (%)	Stabilitas (Kg)	Kelelehan (mm)	Hasil Bagi Marshall (Kg/mm)
Rendaman selama 30 menit							
1	5,8	3,64	15,60	76,65	1592	3,7	430,3
Rendaman selama 24 jam dengan suhu 60 ⁰ C							
1	5,8	3,56	15,33	77,08	1479	3,4	435,0
Stabilitas <i>Marshall</i> sisa setelah perendaman selama 24 Jam, 60 °c = (1592 : 1479) x 100 = 92,94 % (Min: 90%)							

Sumber: Hasil Hitungan

Dalam pengujian *marshall* dilakukan perendaman benda uji selama 30 atau 40 menit dengan temperatur 60⁰C didalam *Water Bath* untuk mendapatkan suhu benda uji sesuai dengan suhu terpanas dilapangan. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai stabilitas dan nilai *flow*. Pengujian stabilitas diperlukan untuk mengukur ketahanan benda uji terhadap beban, dan *flow* mengukur besarnya kelelehan yang terjadi akibat beban. Selanjutnya perendaman selama 24 jam dilakukan untuk mendapatkan nilai stabilitas *marshall* sisa.

Dari hasil pengujian *marshall* dengan kadar aspal optimum 2 x 75 tumbukan pada Tabel 5.4 telah memenuhi syarat batas minimum dan maksimum, sesuai standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3) pada Tabel 3.7 ketentuan sifat - sifat campuran laston AC - WC.

5.2 Analisa *Trial Mix*

Setelah pembuatan *design mix formula* selesai, sebelum menggelar pekerjaan di lapangan perlu dilakukan pengujian uji coba campuran yang dikenal dengan nama *Trial Mix*. *Trial Mix* ini merupakan upaya untuk melaksanakan pekerjaan *job mix formula* dengan skala penuh, berdasarkan kondisi sebenarnya yang ada dilapangan kemudian dievaluasi. Hal ini untuk melihat apakah ada penyesuaian yang tergantung pada hasil *job mix formula*. Perancangan benda uji

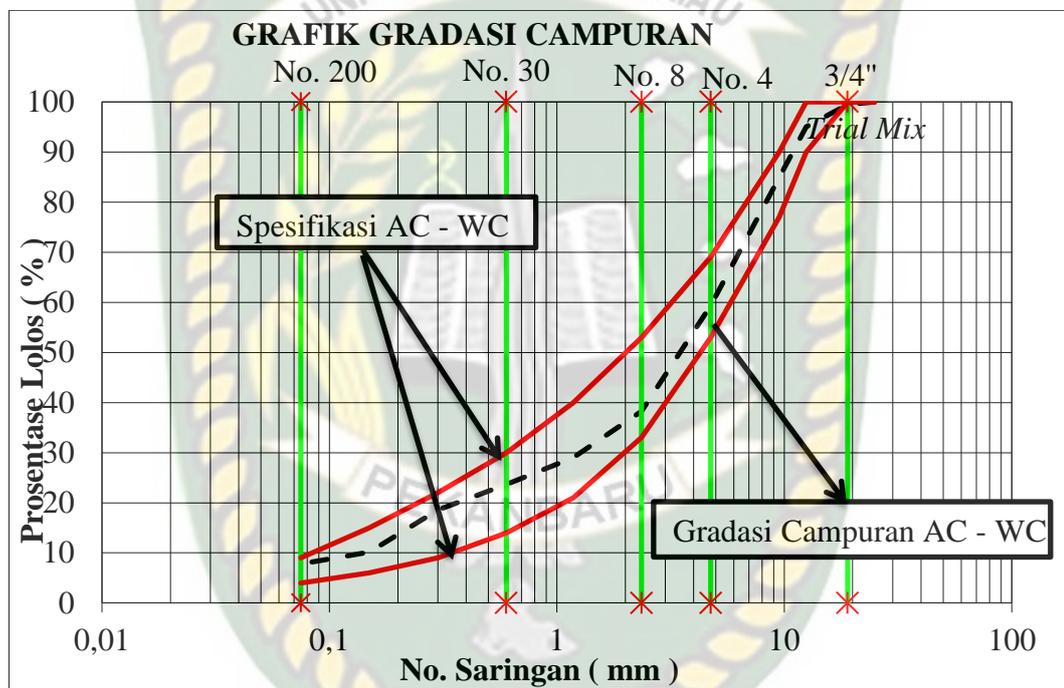
beton aspal panas harus menghasilkan campuran yang baik, untuk itu dipakai gradasi yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 (tiga) tahun 2010. Hasil *trial mix* AMP gradasi campuran agregat dapat dilihat pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 Gradasi Campuran Agregat *Hot Bin Trial Mix*

Inchi		1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
(mm)		25	19	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075
Data Material:												
Bahan Pengisi (Filler)		100	100	100	100	100	100	100	99,95	99,93	99,81	99,21
HOT - BIN I		100	100	100	100	97,22	70,02	52,06	41,93	32,18	15,56	11,16
HOT - BIN II		100	100	100,00	80,86	22,26	3,03	2,66	2,27	1,98	1,77	1,55
HOT - BIN III		100	94,94	50,37	21,68	2,83	2,60	1,98	1,61	0,88	1,16	0,89
HOT - BIN IV		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Komp. Camp (%):												
Bahan Pengisi (Filler)	1,5	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,49
HOT - BIN I	50,5	50,50	50,50	50,50	50,50	49,10	35,36	26,29	21,17	16,25	7,86	5,64
HOT - BIN II	38	38,00	38,00	38,00	30,72	8,46	1,15	1,01	0,86	0,75	0,67	0,59
HOT - BIN III	10	10,00	9,49	5,04	2,17	0,28	0,26	0,20	0,16	0,09	0,12	0,09
HOT - BIN IV	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Campuran												
<i>Trial Mix</i>		100	99,49	95,04	84,89	59,34	38,27	28,99	23,70	18,59	10,14	7,80
Spesifikasi Gradasi												
Max		100	100	100	90,0	69,0	53,0	40,0	30,0	22,0	15,0	9,0
Min		100	100	90,0	77,0	53,0	33,0	21,0	14,0	9,0	6,0	4,0

Sumber: Hasil Hitungan

Dilihat dari tabel 5.5 didapat hasil gradasi total campuran agregat *trial mix* saringan 1" (25 mm) lolos 100 %, saringan 3/4" (19 mm) lolos 99,49%, saringan 1/2" (12,5 mm) lolos 95,04%, saringan 3/8" (9,5 mm) lolos 84,89%, saringan No. 4 (4,75 mm) lolos 59,34%, saringan No. 8 (2,36 mm) lolos 38,27%, saringan No. 16 (1,18 mm) lolos 28,99%, saringan No. 30 (0,600 mm) lolos 23,70%, saringan No. 50 (0,300) lolos 18,59%, saringan No. 100 (0,150 mm) lolos 10,14%, saringan No. 200 (0,075) lolos 7,80% . Hasil persentase total campuran gradasi agregat lolos saringan dapat dilihat pada gambar 5.10



Gambar 5.10 Grafik Gradasi Total Campuran Agregat *Hot Bin Trial Mix*

Sumber: Hasil Hitungan

Dilihat dari gambar 5.10 bahwa gradasi total campuran agregat *trial mix* masih memenuhi batas nilai gradasi campuran menurut Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 (tiga) tahun 2010.

5.2.1 Hasil Analisa *Trial Mix* Campuran Beraspal dengan Alat Marshall

Pelaksanaan *trial mix* dilakukan di AMP untuk mendapatkan hasil sebenarnya yang akan dipakai untuk pelaksanaan dilapangan. Adapun hasil *trial mix* campuran beraspal dengan alat marshall 2 x 75 tumbukan dapat dilihat pada

tabel 5.6 dan hasil pengujian campuran beraspal dengan alat marshall 2 x 400 tumbukan kepadatan mutlk (PRD) dapat dilihat pada tabel 5.7 .

Tabel 5.6 *Trial Mix* Campuran Beraspal dengan Alat *Marshall* 2 x 75 Tumbukan

No	Kadar Aspal (%)	Rongga dalam Camp. VIM (%)	Rongga dalam Agg. VMA (%)	Rongga terisi Aspal VFB (%)	Stabilitas (Kg)	Kelelehan (mm)	Hasil Bagi Marshall (Kg/mm)
Rendaman selama 30 menit							
1	5,82	4,00	15,52	74,25	1523	3,5	443,1
Rendaman selama 24 jam dengan suhu 60 ⁰ C							
1	5,82	4,05	15,57	73,98	1392	3,2	439,5
Stabilitas <i>Marshall</i> sisa setelah perendaman selama 24 Jam, 60 °c $= (1392 : 1523) \times 100 = 91,39 \% \text{ (Min: } 90\%)$							

Sumber: Hasil Hitungan

Dari Hasil *Trial Mix* pengujian campuran beraspal dengan alat *marshall* 2 x 75 tumbukan telah memenuhi batas minimum dan maksimum sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 (tiga) tahun 2010. Selanjutnya *Trial Mix* pengujian campuran beraspal dengan alat *marshall* 2 x 400 tumbukan dapat dilihat pada tabel 5.7.

Tabel 5.7 *Trial Mix* Pemeriksaan Void Pada Kepadatan Mutlak (PRD) dengan Alat *Marshall* 2 x 400 Tumbukan

No	Kadar Aspal (%)	Rongga dalam Camp. VIM (%)
1	5,82	2,20

Sumber: Hasil Hitungan

Dari hasil *Trial Mix* kepadatan mutlak (PRD) dapat dilihat pengujian campuran beraspal dengan alat *marshall* 2 x 400 dengan kadar aspal optimum telah memenuhi nilai minimum 2 % kepadatan membal (Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 (tiga) tahun 2010).

5.2.2 Hasil Analisa Percobaan Penghamparan dan Pemadatan (*Trial Mix paving*) Laston Lapis Aus (AC – WC) Di Lapangan dengan Variasi 12 Lintasan, 14 Lintasan dan 16 Lintasan

Pelaksanaan percobaan penghamparan dan lintasan pemadatan (*overlay*) laston AC – WC dilakukan di jalan air hitam pada Sta: 04+600 s/d 04+675 dengan tebal rencana 4 cm. Peralatan yang digunakan pada saat percobaan penghamparan dilaksanakan adalah :

1. *Compressor* berfungsi untuk membersihkan areal penghamparan dari berbagai macam kotoran – kotoran.
2. *Asphalt sprayer* berfungsi untuk menyemprotkan lapis resap perekat (*tack coat*) sebelum menghamparkan aspal baru dengan kapasitas 3000 liter,
3. *Asphalt finisher* berfungsi untuk menghamparkan aspal gembur dengan suhu penghamparan 130 – 150⁰ C dan kapasitas penghamparan 70 ton/ jam.
4. *Tandem roller* (roda Besi) berfungsi untuk meratakan aspal gembur yang telah dihamparkan dengan kapasitas 6 – 8 ton. Saat perataan awal suhu aspal berkisar 125 – 145⁰ C dan perataan akhir > 95⁰ C.
5. *Pnuematic tire roller* (roda Karet) berfungsi untuk memadatkan aspal hingga mencapai pemadatan rencana dan variasi lintasan yang telah direncanakan dengan kapasitas 10 – 12 ton tekanan ban 6,5 kg/cm.

Selanjutnya variasi lintasan yang akan di uji coba adalah :

1. 1 *passing tandem roller* – 12 *passing PTR* - 1 *passing tandem roller*.
2. 1 *passing tandem roller* – 14 *passing PTR* - 1 *passing tandem roller*.
3. 1 *passing tandem roller* – 16 *passing PTR* - 1 *passing tandem roller*.

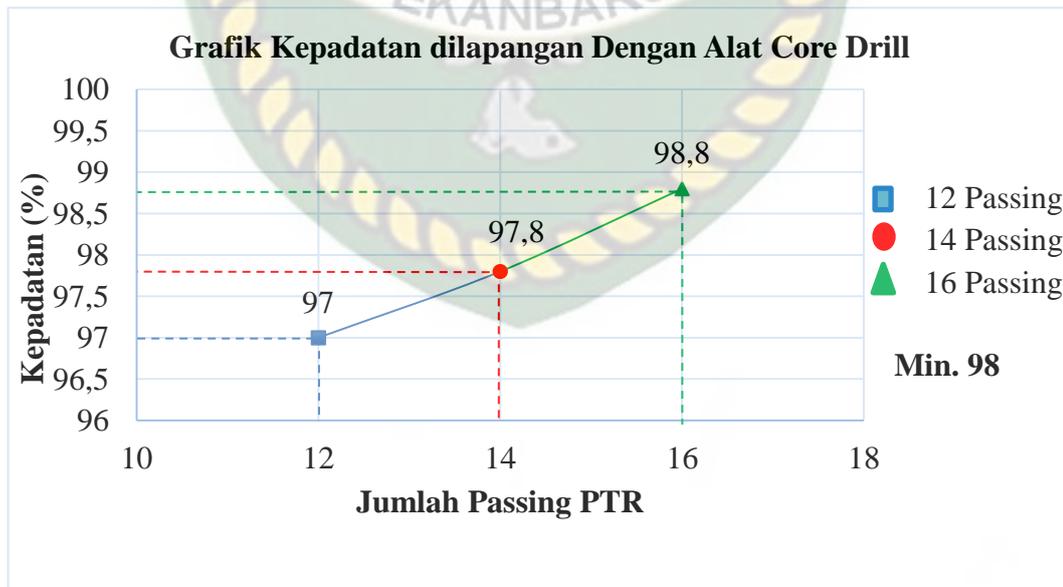
Setelah selesai dilakukan penghamparan dan pemadatan di lapangan selama 24 jam, maka dilakukan pemeriksaan kepadatan di lapangan dengan alat *Core Drill*. Data hasil *Core Drill* dapat dilihat pada tabel 5.8.

Tabel 5.8 Pemeriksaan Kepadatan Di Lapangan dengan Alat *Core Drill*

No	Lokasi	Jumlah Passing PTR	Tebal (cm) Min. 4 cm	Kepadatan (gr/cm ³)		Kepadatan (%)	
				Lapanagan	laboratorium	Hasil Uji	Spesifikasi
1	4 + 675	16	4,3	2,290	2,318	98,8	98,0
2	4+ 650	14	4,4	2,268	2,318	97,8	98,0
3	4+ 625	12	4,6	2,248	2,318	97,0	98,0

Sumber: Hasil Hitungan

Dari hasil tabel diatas dapat dilihat kepadatan lapangan yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 (tiga) pada tabel 3.8 yaitu nilai kepadatan yang disyaratkan minimum 98% adalah pada jumlah *passing* 16 lintasan dengan rata – rata hasil uji kepadatan 98,8%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar grafik 5.11.

Gambar 5.11 Grafik Kepadatan Di Lapangan dengan Alat *Core Drill*

Dengan hasil lintasan tersebut diatas, maka lintasan pemadatan yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 Revisi 3 (tiga) adalah pada

1 *passing tandem roller* – 16 *passing PTR* - 1 *passing tandem roller* yaitu *Job Standart Density (JSD)* Minimal 98% didapat 98,8%.

5.3 Analisa Data Rumusan Campuran Kerja (JMF)

Rumusan campuran kerja atau *Job Mix formula (JMF)* adalah suatu dokumen yang menyatakan bahwa rancangan campuran laboratorium yang tertera dalam DMF dapat diproduksi dengan instalasi pencampur aspal atau *Asphalt Mixing Plant (AMP)*, dihampar dan dipadatkan dilapangan dengan peralatan yang telah ditetapkan dan memenuhi derajat kepadatan lapangan terhadap kepadatan laboratorium hasil pengujian *marshall* dari benda uji yang campuran beraspalnya diambil dari AMP (Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 (tiga) tahun 2010).

5.3.1 Hasil Analisa JMF Gardasi Campuran Agregat (*Hot Bin*) AC – WC

Untuk gradasi campuran agregat *hot bin*, material analisa saringan *hot bin* diambil dari AMP. Analisa saringan *hot bin* di AMP Hanya menggunakan 3 (tiga) jenis saringan yaitu *hot bin 1*, *hot bin 2*, dan *hot bin 3*. Pada *hot bin 3* adalah agregat yang lolos saringan 1" (25 mm), *hot bin 2* adalah agregat yang lolos saringan 1/2 " (12,50 mm), *hot bin 1* adalah agregat yang lolos saringan 3/8" (9,50 mm). Dari hasil analisa saringan *hot bin* didapat rata – rata gradasi Campuran agregat. Gradasi campuran agregat *hot bin* dapat dilihat pada tabel 5.9.

Tabel 5.9 JMF Gradasi Campuran Agregat *Hot Bin*

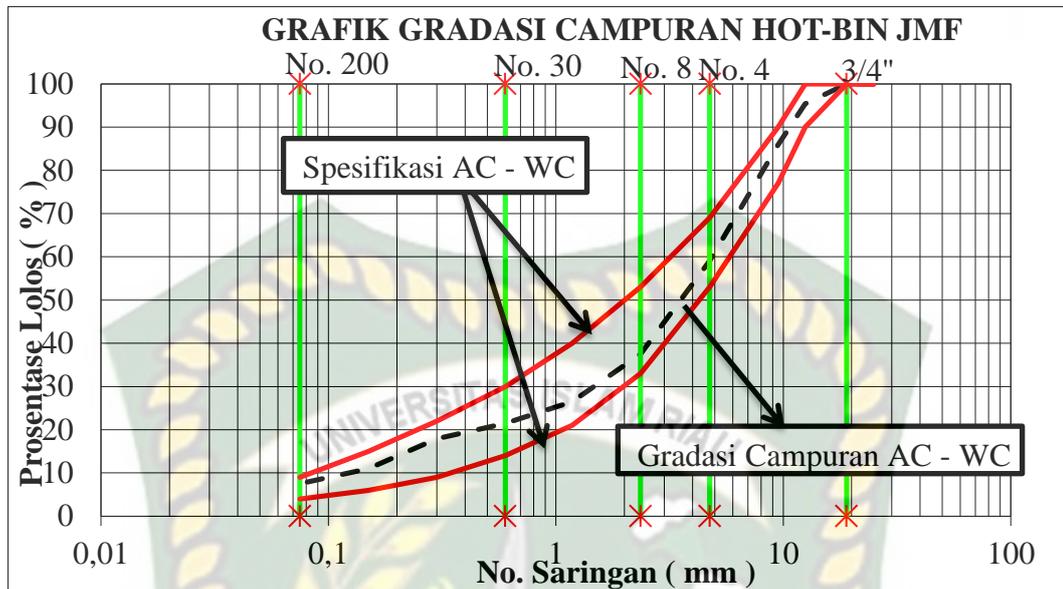
Inchi (mm)	1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
Data Material											
Bahan Pengisi (Filler)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
HOT - BIN I	100	100	100	100	98,11	69,11	47,57	37,77	30,97	17,42	10,78
HOT - BIN II	100	100	100	84,03	20,52	2,50	2,32	2,20	1,91	1,77	1,46
HOT - BIN III	100	100	54,05	20,06	2,10	1,64	1,08	0,86	0,61	0,43	0,24
Komp. Camp (%)											

Tabel 5.9 lanjutan JMF Gradasi Campuran Agregat *Hot Bin*

Inchi		1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
(mm)		25	19	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075
Bahan Pengisi (Filler)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
HOT - BIN I	50,5	50,50	50,50	50,50	50,50	49,54	34,90	24,02	19,07	15,64	8,79	5,44
HOT - BIN II	38	38,00	38,00	38,00	31,93	7,80	0,95	0,88	0,83	0,72	0,67	0,55
HOT - BIN III	10	10,00	10,00	5,40	2,01	0,21	0,16	0,11	0,09	0,06	0,04	0,02
Total Campuran		100	100	95,40	85,94	59,05	37,51	26,51	21,49	17,92	11,01	7,52
Toleransi Campuran		± 5	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5	± 3	± 3	± 3	± 2	± 1
Spesifikasi Gradasi												
Max		100,0	100,0	100,0	90,0	69,0	53,0	40,0	30,0	22,0	15,0	9,0
Min		100,0	100,0	90,0	77,0	53,0	33,0	21,0	14,0	9,0	6,0	4,0

Sumber: Hasil Hitungan

Dari tabel 5.9 terlihat gradasi total campuran agregat *hot bin* didapat hasil saringan 1" (25 mm) lolos 100 %, saringan 3/4" (19 mm) lolos 100%, saringan 1/2" (12,5 mm) lolos 95,40%, saringan 3/8" (9,5 mm) lolos 85,94%, saringan No. 4 (4,75 mm) lolos 59,05%, saringan No. 8 (2,36 mm) lolos 37,51%, saringan No. 16 (1,18 mm) lolos 26,51%, saringan No. 30 (0,600 mm) lolos 21,49%, saringan No. 50 (0,300) lolos 17,92%, saringan No. 100 (0,150 mm) lolos 11,01%, saringan No. 200 (0,075) lolos 7,52% . Hasil persentase total campuran gradasi agregat lolos saringan dapat dilihat pada gambar 5.12.



Gambar 5.12 JMF Gradasi Total Campuran Agregat *Hot Bin*

Dilihat dari gambar 5.12 bahwa gradasi total campuran agregat *hot bin* masih memenuhi batas nilai gradasi campuran menurut Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 (tiga) tahun 2010, sehingga layak untuk digunakan.

5.3.2 Hasil Analisa JMF Campuran Beraspal dengan Alat Marshall

Sebelumnya pada DMF telah didapatkan hasil kadar aspal optimum 5,8%, dengan kadar aspal yang sama pada JMF dilakukan lagi pengujian menggunakan material *hot bin*. Hasil pengujian campuran beraspal dengan alat marshall 2 x 75 tumbukan dapat dilihat pada tabel 5.10.

Tabel 5.10 JMF Pengujian Campuran Beraspal Dengan Alat *Marshall* 2 x 75

Tumbukan

No	Kadar Aspal (%)	Rongga dalam Camp. VIM (%)	Rongga dalam Agg. VMA (%)	Rongga terisi Aspal VFB (%)	Stabilitas (Kg)	Kelelehan (mm)	Hasil Bagi Marshall (Kg/mm)
Rendaman selama 30 menit							
1	5,8	3,89	15,49	74,74	1548	3,6	430,0

Tabel 5.10 Lanjutan JMF Pengujian Campuran Beraspal Dengan Alat *Marshall* 2 x 75 Tumbukan

No	Kadar Aspal (%)	Rongga dalam Camp. VIM (%)	Rongga dalam Agg. VMA (%)	Rongga terisi Aspal VFB (%)	Stabilitas (Kg)	Kelelehan (mm)	Hasil Bagi Marshall (Kg/mm)
Pengujian dengan 3 sampel perendaman selama 24 jam suhu 60 ⁰ C							
1	5,8	3,96	15,47	74,43	1429	3,1	461,1
Stabilitas Marshall sisa setelah perendaman selama 24 Jam, 60 °c = (1429 : 1548) x 100 = 92,34 % (Min: 90%)							

Sumber: Hasil Hitungan

Hasil JMF pengujian campuran beraspal dengan alat *marshall* 2 x 75 tumbukan telah memenuhi batas minimum dan maksimum sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 (tiga) tahun 2010. Selanjutnya dilakukan pengujian pada campuran beraspal dengan alat *marshall* 2 x 400 tumbukan dengan kadar aspal optimum untuk pemeriksaan void pada kepadatan mutlak (PRD) pada JMF. Hasil pengujian kepadatan mutlak (PRD) dapat dilihat pada tabel 5.11.

Tabel 5.11 JMF Pemeriksaan Void Pada Kepadatan Mutlak dengan Alat *Marshall* 2 x 400 Tumbukan

No	Kadar Aspal (%)	Rongga dalam Camp. VIM (%)	Rongga dalam Agg. VMA (%)
1	5,8	2,16	13,89

Sumber: Hasil Hitungan

Dari hasil JMF kepadatan mutlak (PRD) dapat dilihat pengujian campuran beraspal dengan alat *marshall* 2 x 400 dengan kadar aspal optimum telah memenuhi nilai minimum 2 % kepadatan membal (Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 (tiga) tahun 2010).

5.4 Pembahasan Hasil Analisa Perbedaan DMF, JMF dan *Trial Mix*

Perancangan benda uji beton aspal campuran panas (AC - WC) harus menghasilkan campuran yang baik, untuk itu dipakai gradasi menerus dan rapat seperti disyaratkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 (tiga) tahun 2010. Dalam keseluruhan rangkaian uji coba perbedaan hasil mungkin saja terjadi yang disebabkan faktor tertentu.

5.4.1 Pembahasan Hasil Analisa Perbedaan Gradasi Total Campuran Agregat DMF, JMF dan *Trial Mix*

Berdasarkan hasil dari total gradasi campuran agregat DMF, JMF dan *Trial Mix* persentase gradasi total campuran agregat memiliki perbedaan yang disebabkan oleh faktor – faktor tertentu. Hasil perbedaan gradasi total campuran agregat DMF, JMF dan *Trial Mix* dapat dilihat pada tabel 5.12.

Tabel 5.12 Rekapitulasi Hasil Gradasi Total Campuran Agregat DMF, JMF dan *Trial Mix*

Ukuran ayakan (mm)	Satuan	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.8	No.16	No.30	No.50	No.100	No.200
		19	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,600	0,300	0,150	0,075
DMF	%	100	92,52	82,90	57,74	41,19	30,05	24,35	19,40	12,16	7,49
JMF	%	100	95,40	85,94	59,05	37,51	26,51	21,49	17,91	11,00	7,50
<i>Trial Mix</i>	%	99,49	95,04	84,89	59,34	38,27	28,99	23,70	18,59	10,14	7,80
Spesifikasi gradasi agregat AC – WC	Maks	100	100	90	69	53	40	30	22	15	9
	Min	100	90	77	53	33	21	14	9	6	4

Sumber : Hasil Hitungan

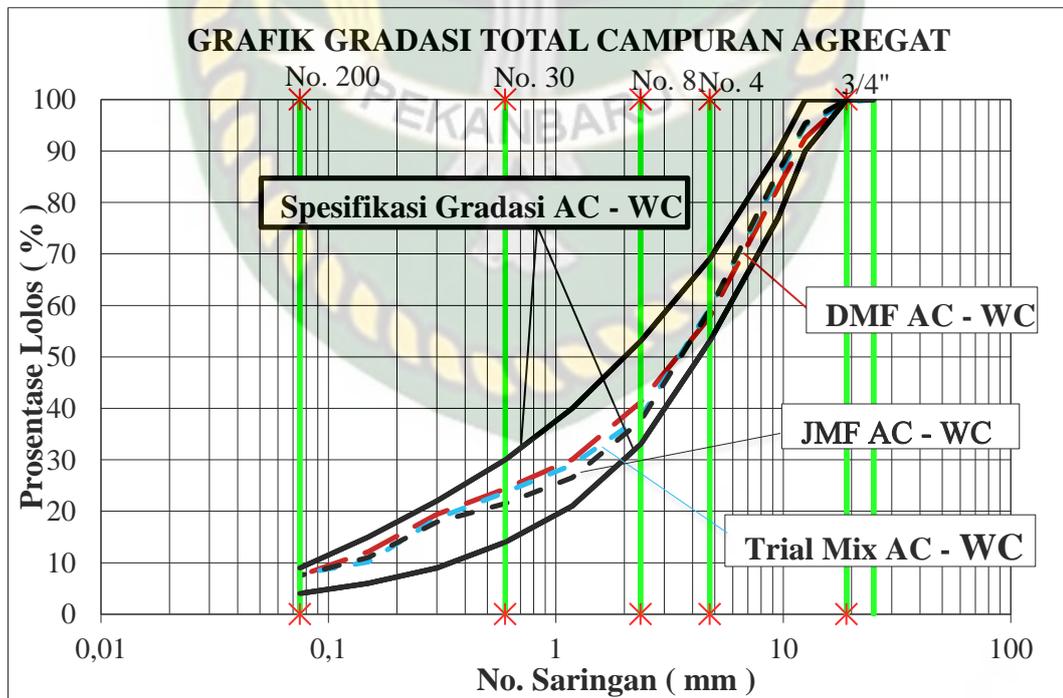
Berdasarkan hasil pada tabel 5.12 dapat dilihat terjadi perbedaan nilai gradasi total campuran agregat JMF terhadap nilai DMF pada saringan 19 mm didapat nilai yang sama yaitu 100% kemudian terjadi kenaikan pada saringan 12,5 mm sebesar 2,88%, saringan 9,5 mm sebesar 3,04%, saringan 4,75 mm sebesar 1,31%, dan terjadi penurunan pada saringan 2,36 mm sebesar 3,68%, saringan 1,18

mm sebesar 3,54%, saringan 0,600 mm sebesar 2,86%, saringan 0,300 mm sebesar 1,49%, saringan 0,150 mm sebesar 1,16%, dan naik kembali pada saringan 0,075 mm sebesar 0,01%. Perbedaan pada *Trial mix* terhadap nilai DMF di saringan 19 mm terjadi penurunan sebesar -0,51%, selanjutnya terjadi kenaikan persentasi lolos pada saringan 12,5 mm sebesar 2,52%, saringan 9,5 mm sebesar 1,99%, saringan 4,75 mm sebesar 1,60%, turun kembali pada saringan 2,36 mm sebesar 2,92%, saringan 1,18 mm sebesar 1,06%, saringan 0,600 mm sebesar 0,65%, saringan 0,300 mm sebesar 0,81%, saringan 0,150 mm sebesar 2,02%, dan naik kembali pada saringan 0,075 mm sebesar 0,31%.

Perbedaan yang terjadi pada gradasi total campuran agregat DMF, JMF dan *Trial Mix* disebabkan oleh proses pabrikasi pada AMP menggunakan unit pencampur dengan sistem penakar (*Batch Plant*) dan kalibrasi alat pada bukaan *cold bin*, bukaan *hot bin*, timbangan panas. Pada AMP jenis takaran umumnya akan terdapat 4 bin yang dilengkapi dengan pembatas yang rapat dan kuat serta tidak boleh berlubang dan mempunyai tinggi yang tepat sehingga mampu menampung agregat panas dalam berbagai ukuran fraksi yang telah dipisahkan melalui unit ayakan panas. Pada bagian bawah dari tiap bin panas harus dipasang saluran pipa untuk membuang agregat yang berlebih dari tiap bin panas yang dapat dioperasikan secara manual atau otomatis. Jika agregat halus masih menyisakan kadar air (pengering kurang baik) setelah pemanasan, maka agregat yang sangat halus (debu) akan menempel dan menggumpal pada dinding bin panas dan akan jatuh setelah cukup berat. Hal tersebut dapat menyebabkan perubahan gradasi agregat, yaitu penambahan material yang lolos saringan No. 200. Proses pencampuran campuran beraspal pada AMP jenis takaran dimulai dengan pengaturan besarnya bukaan pintu bin dingin (*cold bin*) dilakukan untuk menyesuaikan gradasi agregat dengan *Design Mix Formula* (DMF), material bin dingin akan masuk ke alat pengering menggunakan *conveyer* untuk dipanaskan. Agregat panas dari *dryer* akan masuk kesaringan panas untuk selanjutnya dipisahkan menurut ukuran masing – masing fraksi. Pada AMP PT. Lutvindo Wijaya Perkasa *hot bin* terdiri dari 3 (tiga) *batch* yaitu *Hot bin III* lolos saringan

3/4" (19 mm), *Hot bin II* lolos saringan 1/2" (12,50 mm), *Hot bin I* lolos saringan 3/8" (9,50 mm).

Hal inilah yang menyebabkan terjadinya perbedaan gradasi total campuran agregat DMF, JMF, dan *Trial Mix*. Biasanya terdapat 4 (empat) ukuran saringan yang disusun dalam urutan saringan fraksi paling besar berada diatas dan fraksi ukuran terkecil berada paling bawah. Apabila ada agregat dengan ukuran lebih besar dari ukuran saringan pertama akan langsung terbuang keluar melalui pembuang. Kondisi saringan juga menjadi faktor penyebab perubahan gradasi agregat, karena lubang – lubangnya bisa aus akibat gesekan agregat sehingga lubangnya menjadi besar atau sebaliknya lubangnya terselimuti kotoran yang menempel sehingga lubangnya menyempit. Jadi, pada proses penyaringan akan terjadi pelimpahan agregat, misalnya yang semestinya masuk ke *hot bin I* tetapi terbawa ke *hot bin II*. Pelimpahan ini pada kondisi normal terjadi kurang dari 5% dan cenderung konstan sehingga tidak terlalu mengganggu kualitas produksi. Perbedaan gradasi agregat dapat dilihat pada gambar 5.13.



Gambar 5.13 Grafik Perbedaan Gradasi Total Campuran Agregat DMF, JMF dan *Trial Mix*

Dari grafik diatas terdapat garis putus – putus berwarna merah menunjukkan gradasi total campuran agregat DMF, garis putus – putus berwarna hitam menunjukkan gradasi total campuran agregat JMF dan garis putus – putus berwarna biru menunjukkan gradasi total campuran agregat *Trial Mix*. Dapat dilihat perbedaan hasil persentase gradasi total campuran agregat yang menandakan terjadinya perubahan gradasi campuran agregat dimana perubahan persentasenya tidak begitu besar, sehingga persentase gradasi total campuran agregat lolos saringan masih memenuhi batas nilai gradasi campuran agregat menurut Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3 (tiga).

5.4.2 Pembahasan Hasil Analisa Perbedaan Nilai *Marshall* Pada DMF, *Trial Mix* dan JMF

Berdasarkan hasil seluruh pengujian *marshall* terdapat perbedaan data nilai *marshall* pada DMF, *Trial Mix* dan JMF yaitu nilai VIM, VMA, VFB, *Stabilitas*, *Flow*, MQ dan *VIM PRD* pada kadar aspal optimum 5,8 %. Untuk lebih jelasnya dibuat perbandingan nilai *marshall* pada DMF, *Trial Mix*, dan JMF pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Rekapitulasi Perbandingan Nilai *Marshall* pada DMF, *Trial Mix* dan JMF

No	Karakteristik	Spesifikasi	Nilai DMF	Nilai <i>Trial Mix</i>	Nilai JMF
1.	Kadar Aspal (%)	± 0,3	5,8	5,82	5,8
2.	VIM (%)	3,0 - 5,0	3,92	4,00	3,98
3.	VMA (%)	Min. 14	15,60	15,52	15,49
4.	VFB (%)	Min. 65	76,65	74,25	74,29
5.	Stabilitas (kg)	Min. 800	1592	1523	1548
6.	Kelelehan / <i>Flow</i> (%)	2 - 4	3,7	3,5	3,6
7.	Hasil Bagi Marshall, MQ (kg/mm)	Min. 250	430,3	433,1	430,0
8.	Kepadatan membal (Refusal)/ VIM PRD (%)	Min. 2	2,49	2,20	2,16

Sumber: Hasil Hitungan

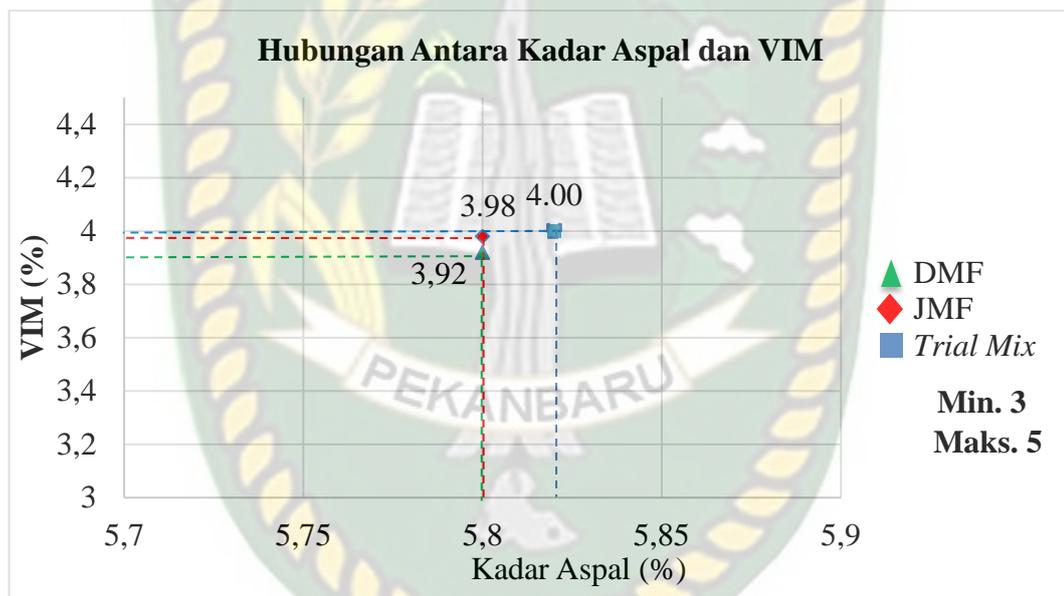
Dari hasil tabel 5.13 dapat dilihat adanya perbedaan hasil nilai *marshall* pada DMF, *Trial Mix* dan JMF. Berdasarkan nilai VIM pada DMF sebesar 3,92

%, pada *Trial Mix* sebesar 4,00% dan pada JMF sebesar 3,98% yang berarti nilai DMF < *Trial Mix* > JMF, dan nilai *Trial mix* menempati nilai VIM tertinggi tetapi masih memenuhi spesifikasi dengan batas minimum 3 dan maksimum 5. Nilai VIM berkaitan dengan *bleeding* dan penuaan (*ageing*), sehingga nilai VIM yang tidak memenuhi spesifikasi akan kurang awet dan mudah retak. Nilai VMA pada DMF sebesar 15,60%, pada *Trial Mix* sebesar 15,52% dan pada JMF sebesar 15,49% yang berarti nilai DMF > *Trial Mix* > JMF, dan nilai DMF adalah nilai VMA tertinggi tetapi masih memenuhi spesifikasi dengan batas minimum 14. VMA berfungsi sebagai ruang untuk menampung aspal dan volume udara yang dapat mencegah terjadinya kekurangan aspal. Nilai VFB pada DMF sebesar 76,65%, pada *Trial Mix* sebesar 74,25% dan pada JMF sebesar 74,29% yang berarti nilai DMF > *Trial Mix* < JMF, sehingga nilai DMF adalah nilai VFB tertinggi tetapi masih memenuhi spesifikasi dengan batas minimum 65. Kriteria VFB membantu agar campuran tidak mudah alur (*rutting*). Nilai Stabilitas pada DMF sebesar 1592 Kg, pada *Trial Mix* sebesar 1523 dan pada JMF sebesar 1548 Kg yang berarti nilai DMF > *Trial Mix* < JMF, dan nilai DMF adalah nilai stabilitas tertinggi yang berkaitan dengan kekuatan tetapi masih memenuhi spesifikasi dengan batas minimum 800. Nilai *Flow* pada DMF sebesar 3,7%, pada *Trial Mix* sebesar 3,5% dan pada JMF sebesar 3,6% yang berarti nilai DMF > *Trial Mix* < JMF, dan nilai DMF adalah nilai *flow* tertinggi yang berkaitan dengan kemampuan beton aspal menerima beban tetapi masih memenuhi spesifikasi dengan batas minimum 2 dan maksimum 4. Nilai MQ pada DMF sebesar 430,3 Kg/mm, pada *Trial Mix* sebesar 433,1 Kg/mm dan pada JMF sebesar 430,0 Kg/mm yang berarti nilai DMF < *Trial Mix* > JMF, dan nilai *Trial Mix* adalah nilai MQ tertinggi yang berkaitan dengan kekuatan dan *fleksibilitas* tetapi masih memenuhi spesifikasi dengan batas minimum 250. Nilai VIM PRD pada DMF sebesar 2,49%, pada *Trial Mix* sebesar 2,20% dan pada JMF sebesar 2,16% yang berarti nilai DMF > *Trial Mix* > JMF, dan nilai DMF adalah nilai VIM PRD tertinggi tetapi masih memenuhi spesifikasi dengan batas minimum 2.

Untuk melihat lebih jelas perbandingan DMF, *Trial Mix* dan JMF campuran AC – WC dapat dilihat melalui Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Parameter *Marshall* berikut ini:

1. Perbandingan Nilai VIM campuran AC – WC pada DMF, *Trial Mix* dan JMF

VIM adalah banyaknya pori diantara butir – butir agregat yang diselimuti aspal. VIM dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir – butir agregat akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas atau tempat jika aspal lunak akibat meningkatnya temperatur. Nilai VIM campuran AC – WC pada DMF, *Trial Mix* dan JMF dapat dilihat dibawah ini:

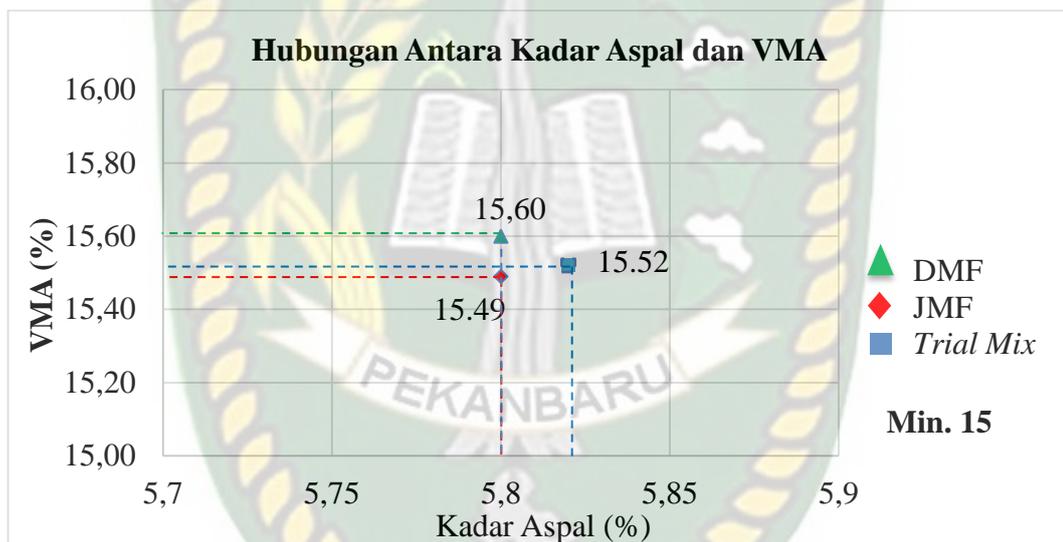


Gambar 5.14 Perbandingan Nilai VIM Campuran AC – WC Pada DMF, *Trial Mix* dan JMF

Berdasarkan hasil grafik diatas menunjukkan nilai VIM DMF, *Trial Mix* dan JMF memenuhi batas minimum 3% dan maksimum 5% Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 (tiga). Nilai yang rendah (berada dibawah 3 %) menyebabkan aspal bisa terdesak keatas (*bleeding*) akibat pemadatan tambahan dan sebaliknya nilai VIM yang tinggi (berada diatas 5%) akan menyebabkan campuran kurang kedap air dan udara, sehingga campuran beraspal panas yang sudah dibuat tersebut menjadi kurang awet dan mudah retak.

2. Perbandingan Nilai VMA campuran AC – WC pada DMF, *Trial Mix* dan JMF

VMA adalah rongga udara yang ada diantara mineral agregat didalam 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 panas. Rongga minimum dalam agregat dibutuhkan untuk mencegah terjadinya kekurangan aspal dalam campuran yang mengakibatkan butiran dalam campuran lepas, campuran retak (*crack*), sehingga umur layanan menjadi lebih pendek. Nilai VMA campuran AC – WC pada DMF, *Trial Mix* dan JMF dapat dilihat dibawah ini:



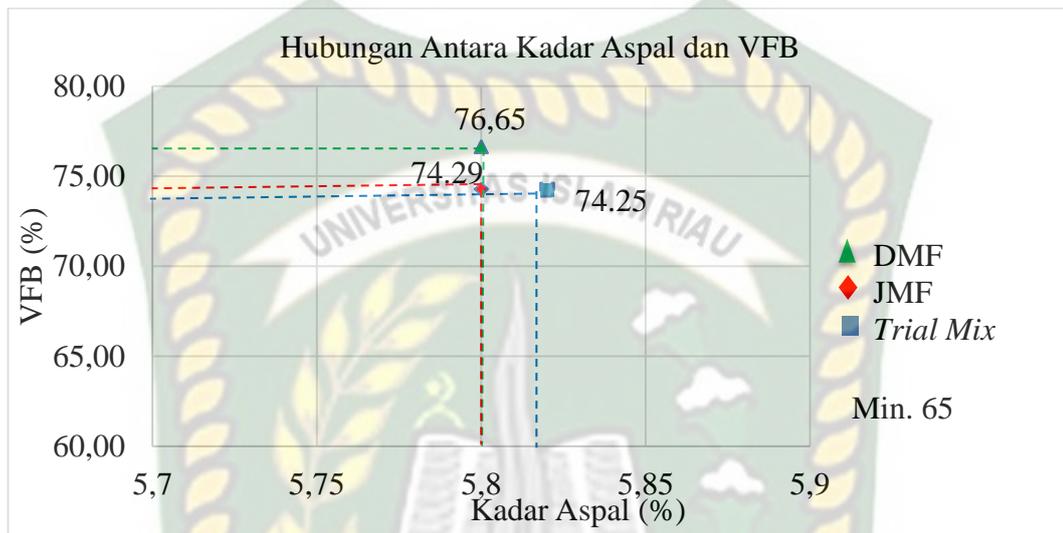
Gambar 5.15 Perbandingan Nilai VMA campuran AC – WC pada DMF, *Trial Mix* dan JMF

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan nilai VMA DMF, *Trial Mix* dan JMF memenuhi batas minimum 15% Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 (tiga).

3. Perbandingan Nilai VFB campuran AC – WC pada DMF, *Trial Mix* dan JMF

VFB adalah volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal. VFB berfungsi untuk menyelimuti butir – butir agregat dalam campuran padat. Semakin besar nilai VFB akan menunjukkan semakin kecil nilai VIM yang berarti rongga yang terisi aspal semakin banyak, oleh karena itu campuran beraspal panas

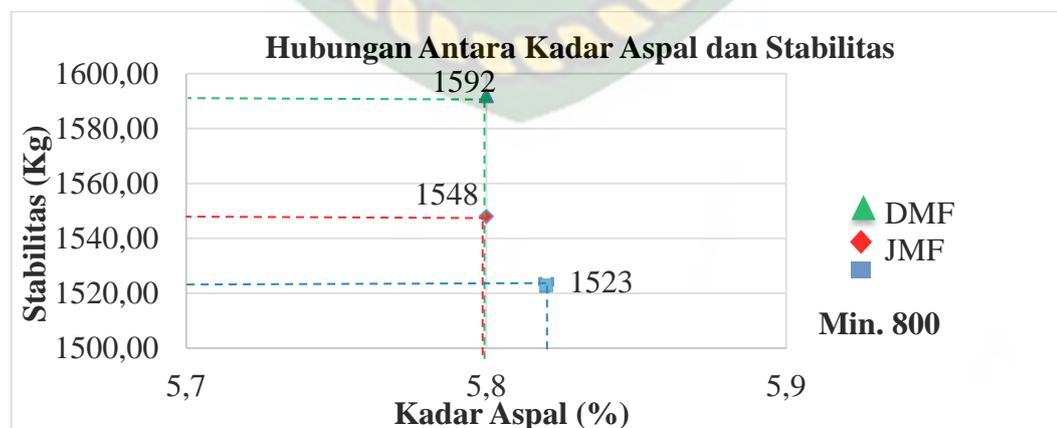
akan semakin awet dan kriteria VFB membantu agar campuran tidak mudah *rutting*. Nilai VFB campuran AC – WC pada DMF, *Trial Mix* dan JMF dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 5.16 Perbandingan Nilai VFB campuran AC – WC pada DMF, *Trial Mix* dan JMF

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan menunjukkan nilai VFB DMF, *Trial Mix* dan JMF masih memenuhi batas minimum 65% Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 (tiga).

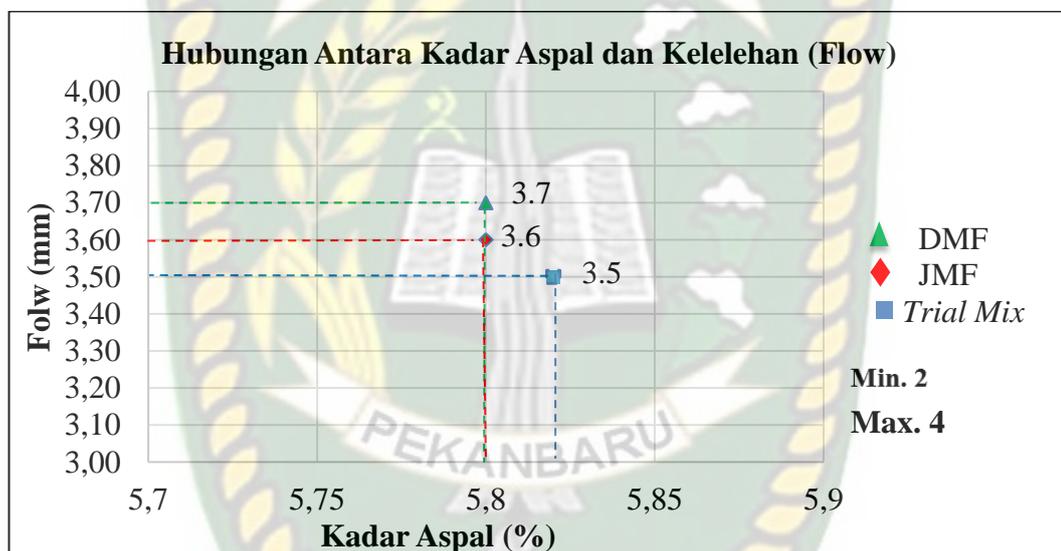
- Perbandingan Nilai Stabilitas campuran AC – WC pada DMF, *Trial Mix* dan JMF



Gambar 5.17 Perbandingan Nilai Stabilitas campuran AC – WC pada DMF, *Trial Mix* dan JMF

Stabilitas adalah kemampuan beton aspal padat menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh gesekan antar butir agregat, penguncian antar butir agregat dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Stabilitas minimum campuran AC – WC yang disyaratkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 (tiga) yaitu minimum 800 Kg. Berdasarkan grafik diatas nilai stabilitas DMF, *Trial Mix* dan JMF memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

- Perbandingan Nilai *Flow* campuran AC – WC pada DMF, *Trial Mix* dan JMF

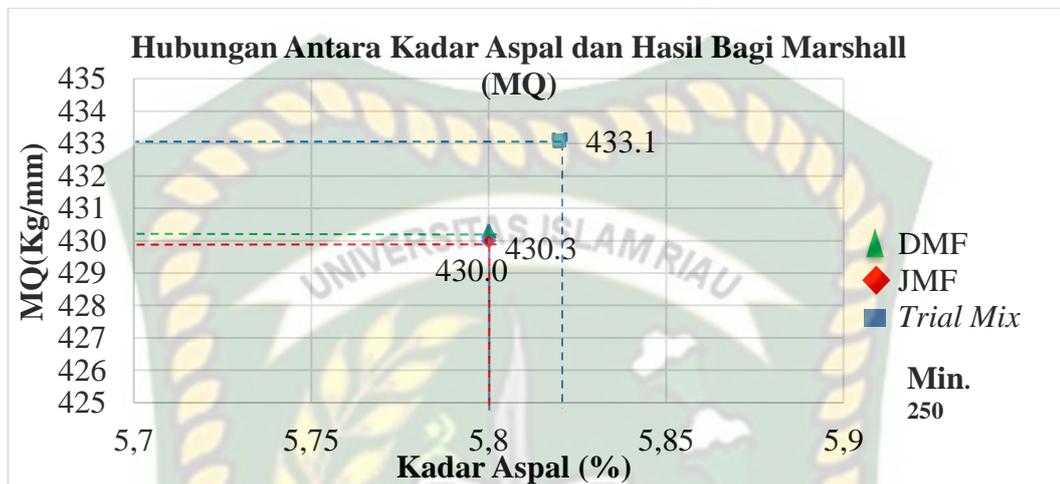


Gambar 5.18 Perbandingan Nilai *Flow* campuran AC – WC pada DMF, *Trial Mix* dan JMF

Flow adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban lalu lintas, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan atau retak dengan kata lain *Flow* merupakan besarnya perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat akibat adanya beban sampai batas keruntuhan. Berdasarkan grafik diatas nilai *Flow* pada DMF, *Trial Mix* dan JMF masih memenuhi nilai minimum 2 mm dan maksimum 4 mm Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 (tiga).

- Perbandingan Nilai MQ campuran AC – WC pada DMF, *Trial Mix* dan JMF
MQ merupakan hasil bagi antar stabilitas dan *flow* yang mengindikasikan pendekatan terhadap kekuatan dan *fleksibilitas* dari suatu campuran panas. Bila

campuran mempunyai nilai MQ yang tinggi berarti campuran itu kaku atau *fleksibilitasnya* rendah. Nilai MQ campuran AC – WC pada DMF, *Trial Mix* dan JMF dapat dilihat dibawah ini:

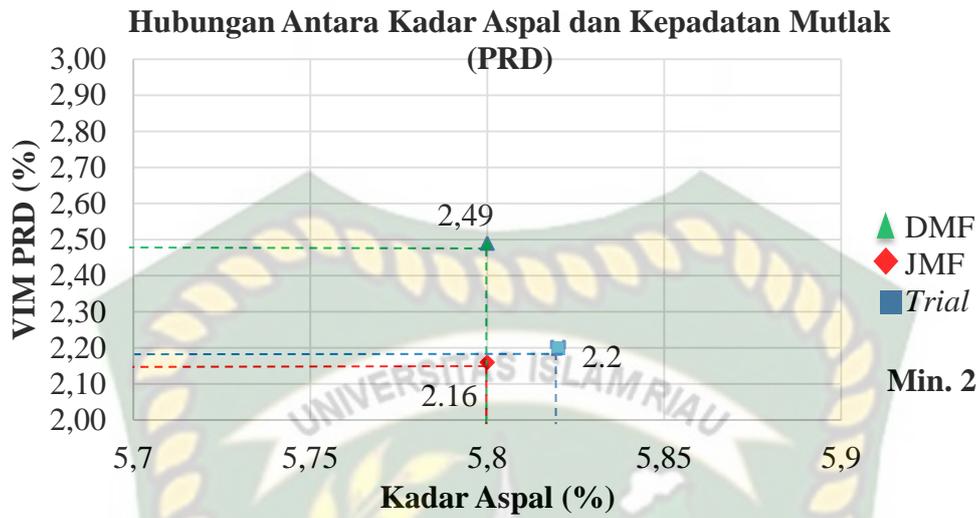


Gambar 5.19 Perbandingan Nilai MQ campuran AC – WC pada DMF, *Trial Mix* dan JMF

Berdasarkan grafik diatas ketiga nilai hasil MQ campuran AC – WC tersebut masih dalam syarat batas Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 (tiga) yaitu diatas minimum 250 kg/mm.

7. Perbandingan Nilai VIM PRD campuran AC – WC pada DMF, *Trial Mix* dan JMF

VIM PRD merupakan persentase rongga yang masih tersisa setelah rongga campuran beton aspal dipadatkan. Dengan kata lain kepadatan mutlak (PRD) merupakan kepadatan tertinggi (maksimum) yang dicapai dari suatu campuran dan tidak dapat menjadi padat lagi walaupun campuran tersebut terus dipadatkan terus menerus. Kepadatan tersebut merupakan pendekatan terhadap kondisi lapangan setelah campuran beraspal dipadatkan secara sekunder oleh beban lalu lintas selama berapa tahun umur rencana, tanpa mengalami perubahan bentuk plastis (*plastic deformation*). Nilai VIM PRD campuran AC – WC pada DMF, *Trial Mix* dan JMF dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 5.20 Perbandingan Nilai VIM PRD campuran AC – WC pada DMF, *Trial Mix* dan JMF

Dari grafik diatas dapat dilihat nilai VIM PRD pada DMF, *Trial Mix* dan JMF masih memenuhi batas minimum 2% dari yang disyaratkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 (tiga).



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dijelaskan pada bab 5, maka dapat disimpulkan :

1. Perbedaan gradasi total campuran agregat JMF terhadap nilai DMF pada saringan 19 mm didapat hasil yang sama 100%, naik pada saringan 12,5 s/d 4,75 mm, turun pada saringan 2,36 s/d 0,150 mm, dan naik kembali pada saringan 0,075 mm. sedangkan pada *Trial Mix* terhadap DMF di saringan 19 mm terjadi penurunan gradasi total campuran agregat, naik pada saringan 12,5 s/d 4,75 mm, turun kembali pada saringan 2,36 s/d 0,150 mm, dan naik kembali pada saringan 0,075 mm. Perbedaan yang terjadi disebabkan oleh kalibrasi alat pada bukaan *cold bin*, bukaan *hot bin*, timbangan panas.
2. Perbedaan hasil nilai *marshall* pada kadar aspal optimum 5,8% DMF, *Trial Mix* dan JMF. Berdasarkan VIM, *Trial mix* adalah nilai VIM tertinggi 4,00%. Nilai VMA, DMF adalah VMA tertinggi 15,60%. Nilai VFB, DMF adalah VFb tertinggi 76,65%. Nilai Stabilitas, DMF adalah stabilitas 1.592 Kg. Nilai *Flow*, DMF adalah *flow* tertinggi 3,7%. Nilai MQ, *Trial Mix* adalah MQ tertinggi 433,1 Kg/mm. Nilai VIM PRD, DMF adalah VIM PRD tertinggi 2,49%. Perbedaan yang terjadi pada nilai karakteristik *Marshall* masih memenuhi toleransi batas nilai minimum dan maksimum Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 (tiga).
3. Berdasarkan hasil *Trial Mix* dengan variasi lintasan pemadatan dilapangan yaitu 12, 14 dan 16 lintasan yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 Revisi 3 (tiga) adalah pada 1 *passing tandem roller* – 16 *passing PTR* - 1 *passing tandem roller* yaitu *Job Standart Density* (JSD) Minimal 98% didapat 98,8%.

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat diambil dari kesimpulan diatas adalah :

1. Diharapkan kepada peneliti lain untuk menganalisa lebih lanjut pengaruh yang terjadi akibat perbedaan DMF, *Trial Mix* dan JMF.
2. Berdasarkan penelitian ini disarankan pada peneliti berikutnya untuk menguji lebih lanjut terkait *Trial mix AMP* dan *Trial mix Paving*.



DAFTAR PUSTAKA

- A. Hermanto Dardak, "Pemeriksaan peralatan unit pencampur aspal panas (Asphalt Mixing Plant) DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA," vol. No. 001 /, no. 003, pp. 2–8, 2007.
- F. Herman, *Hubungan Antara Konsistensi Perancangan, Pelaksanaan dan Pengendalian Mutu Aspal Beton Terhadap Penurunan Kinerja Jalan*. 2017.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga, "Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3) Divisi 6." pp. 1–89, 2010.
- L. D. Putri, "Kajian Kadar Aspal Hasil Ekstraksi Penghamparan Dan Mix Design Pada Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (Acwc) Gradasi Halus," no. September 2016, 2015, doi: 10.31227/osf.io/5y4gt.
- M. Anggraini and S. Wiyono, "Kajian Kadar Aspal Hasil Ekstraksi Penghamparan Campuran Ac-Wc Gradasi Kasar Dengan," *Annu. Civ. Eng. Semin. 2015*, vol. 2, pp. 978–979, 2015.
- M. R. Razali and B. S. Subagio, "Campuran Beton Aspal Lapis Pengikat (Ac-Bc)," *J. Inersia Voliume*, vol. 4, no. 1, pp. 25–34, 2012.
- R. Muhammad, W. Sugeng, and P. Anas, "Perbandingan gradasi agregat ac-wc dari job mix formula dengan variasi jumlah lintasan pemadatan," vol. 2, no. February, pp. 110–117, 2017.
- S. Silvia, "PERKERASAN LENTUR JALAN RAYA," pp. 1–9, 1999.
- S. Silvia, "Beton Aspal Campuran Panas, Granit, Bandung," edisi 1, 2003

S. Silvia, "*Beton Aspal Campuran Panas*", vol. 53, no. 9. 2016.

Syahrul, "Perkerasan Campuran Aspal Beton (Ac- Base) Dengan Material Lokal Kutai Kartanegara," *J. Tek. Sipil dan Perenc.*, vol. 14, no. 2, pp. 111–120, 2012, doi: 10.15294/jtsp.v14i2.7090.

T. Pompana, L. Elisabeth, and O. H. Kaseke, "Identifikasi Ketidaktepatan komposisi campuran Aspal Panas Antara Rancangan Di Laboratorium (Design Mix Formula) Dengan Pencampuran Di Asphalt Mixing Plant (Job Mix Formula)," *J. Sipil Statik*, vol. 6, no. 10, p. 771, 2018.

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

