



PERBANDINGAN KINERJA CAMPURAN *HRS-BASE (HOT ROLLED SHEET-BASE)* BERGRADASI SENJANG DENGAN BERGRADASI SEMI SENJANG

TUGAS AKHIR

Oleh :

Ulfa Sefti Rahmawati

141910301067

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



PERBANDINGAN KINERJA CAMPURAN *HRS-BASE (HOT ROLLED SHEET-BASE)* BERGRADASI SENJANG DENGAN BERGRADASI SEMI SENJANG

TUGAS AKHIR

diajukan guna melengkapi dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :

Ulfa Sefti Rahmawati

141910301067

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Bapak dan Ibu yang tercinta yang telah mendoakan dan memberikan motivasi;
2. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
3. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember;
4. Indra Hari Prasetyo, selaku Teknisi Laboratorium Transport Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan penjelasan tentang materi pengujian laboratorium;
5. Ahya Atho'illah Putra, Amalia Maufida, Rossy Nain, Lutfia Endah Suciari, Agustina Tri Lestari, Mei Duwi P, Rhesa Muzakki, Shofi El Faid, Galih Wahyu, Daniar Akbar, dan Ayu Shifa yang senantiasa membantu dan memberikan semangat dalam pengujian laboratorium ini;
6. Devi Yulita Metasari yang telah memberikan referensi dan penjelasan tentang materi penelitian;
7. Teman-teman mahasiswa Teknik Sipil 2014 yang selalu memberikan semangat dan kemudahan selama penyusunan tugas akhir ini.
8. Semua pihak yang turut berperan dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu;

Terimakasih kepada pihak yang terlibat, semoga Allah SWT membalas budi dikemudian hari dan memberikan kemudahan dalam segala urusan.

MOTTO

"Usaha Tanpa Doa adalah Kesombongan, Doa Tanpa Usaha adalah Kesia-
siaan"

(Fazar Firmansyah)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ulfa Sefti Rahmawati

NIM : 141910301067

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul **”Perbandingan Kinerja Campuran *HRS-Base (Hot Rolled Sheet-Base)* Bergradasi Senjang dengan Bergradasi Semi Senjang”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 03 Juli 2018

Yang menyatakan,

Ulfa Sefti Rahmawati

141910301067

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN KINERJA CAMPURAN *HRS-BASE* (*HOT ROLLED SHEET-BASE*) BERGRADASI SENJANG DENGAN BERGRADASI SEMI SENJANG

Oleh

Ulfa Sefti Rahmawati

NIM 141910301067

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Ahmad Hasanuddin, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Anita Trisiana, S.T., M.T

PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul "Perbandingan Kinerja Campuran *HRS-Base* (*Hot Rolled Sheet-Base*) Bergradasi Senjang dengan Bergradasi Semi Senjang " :

Ulfa Sefti Rahmawati, 141910301067" telah diuji dan disahkan pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 11 Juli 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing:

Pembimbing Utama



Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T.
NIP. 19710327 199803 1 003

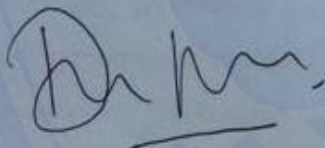
Pembimbing Anggota



Anita Trisiana, S.T., M.T.
NIP. 19800923 201504 2 001

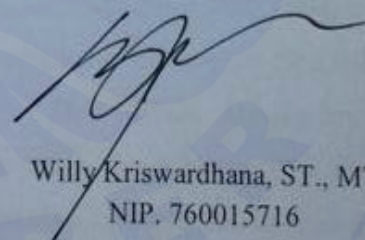
Tim Penguji:

Penguji I,



Dwi Nurtanto, S.T., M.T.
NIP. 19731015 199802 1 001

Penguji II,



Willy Kriswardhana, ST., MT
NIP. 760015716

Mengesahkan,

Dean



Dr. Ir. Entih Hidayah, M.U.M
NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Perbandingan Kinerja Campuran *HRS-Base (Hot Rolled Sheet-Base)* Bergradasi Senjang dengan Bergradasi Semi Senjang; Ulfa Sefti Rahmawati., 141910301067; 2018: 84 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Lataston (Lapisan Tipis Aspal Beton) adalah beton aspal bergradasi senjang, lataston juga disebut dengan HRS (*Hot Rolled Sheet*). (Sukirman, S., 2003). Lataston memiliki dua macam campuran berdasarkan fungsinya yaitu lataston *HRS-WC* dan *HRS-Base (Hot Rolled Sheet-Base)*. Untuk campuran *HRS-Base* digolongkan atas dua jenis gradasi yaitu gradasi senjang dan semi senjang. Setiap lapis permukaan jalan memerlukan proses pencampuran dengan menggunakan material-material yang telah memenuhi persyaratan atau spesifikasi baik itu aspal maupun agregatnya. Agregat berperan penting dalam pembentukan lapisan perkerasan karena merupakan komponen utama dari campuran aspal yaitu 80% dari volume, dan 95% dari berat total campuran. (Sukirman, S., 2003).

Penelitian ini dilakukan terhadap campuran *HRS-Base* gradasi senjang dan semi senjang. Akan dibuat 2 jenis campuran dengan bahan dasar yang sama, yaitu untuk agregat kasar, agregat medium, dan agregat halus didapatkan dari Jelbuk *stonecrusher*. Perencanaan variasi benda uji, akan dibuat masing-masing campuran dengan menggunakan 6 variasi kadar aspal dan terdapat 3 benda uji untuk setiap kadar aspal sehingga terdapat 18 benda uji dengan keseluruhan total benda uji 36 dari kedua campuran. Kadar aspal yang digunakan adalah 6,5%; 7%; 7,5%; 8%; 8,5% dan 9%.

Penentuan kadar aspal optimum untuk campuran agregat gradasi senjang dan semi senjang menggunakan metode Uji T Berpasangan. Dari analisis didapatkan bahwa campuran agregat gradasi senjang dengan kadar aspal optimum 7,5% dan campuran agregat gradasi semi senjang dengan kadar aspal optimum 9% telah memiliki karakteristik *Marshall* dan memenuhi syarat spesifikasi campuran *HRS-Base* yang disyaratkan oleh Spesifikasi Bina Marga

Tahun 2010 Revisi 3. Pada KAO 7,5 % campuran *HRS-Base* gradasi senjang didapatkan rata –rata nilai stabilitas 1888,89 kg, VMA 19,47%, VIM 5,048%, VFA 74,01%, *density* 2,2 %, dan MQ 515,39 kg/mm. Sedangkan untuk *HRS-Base* agregat gradasi semi senjang didapatkan rata –rata nilai stabilitas 2173,861 kg , VMA 20,276 %, VIM 4,468%, VFA 77,968%, *density* 2,17 %, dan MQ 393,993 kg/mm.

Terdapat perbedaan yang signifikan pada karakteristik *Marshall* antara campuran *HRS-Base* gradasi senjang dan semi senjang yaitu *density*, MQ, dan stabilitas berdasarkan analisis data melalui uji T Berpasangan. Jika ditinjau dari nilai stabilitas, campuran *HRS-Base* semi senjang relatif lebih sensitif terhadap perubahan kadar aspal. Apabila dilihat dari segi KAO yang diperoleh maka disarankan memilih campuran *HRS-Base* gradasi senjang karena kadar aspal optimum yang didapatkan lebih rendah.

SUMMARY

Performance comparison of gap graded and semi-gap graded hrs-base mixture; Ulfa Sefti Rahmawati, 141910301067; 2018: 84 pages; Department of Civil Engineering; the Faculty of Engineering; Jember University

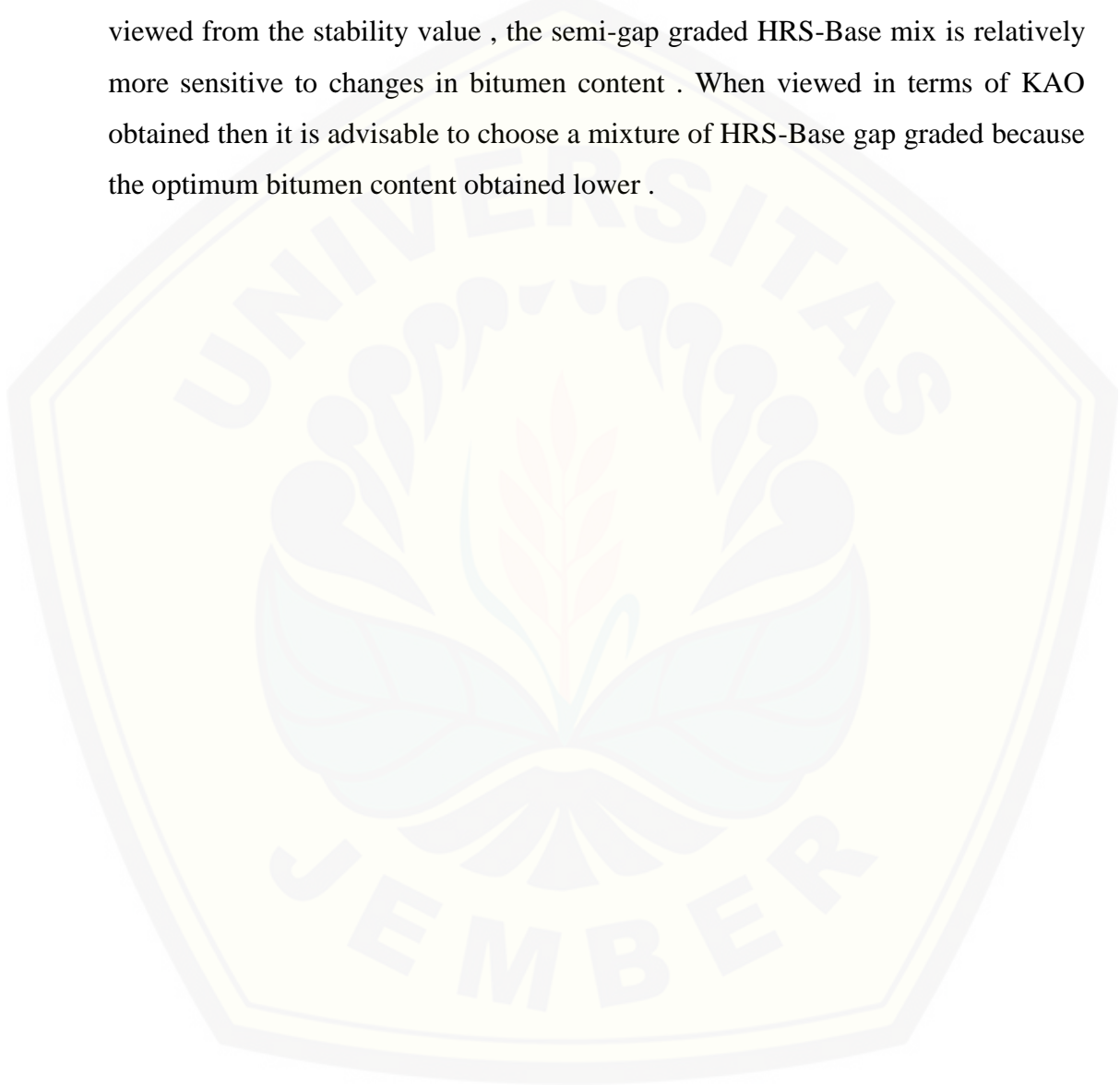
Lataston (Asphalt Concrete Layer) is a graded asphalt concrete, lataston also called HRS (Hot Rolled Sheet). (Sukirman, S, 2003) Lataston has two mixtures based on its function: lataston HRS-WC and HRS-Base (Hot Rolled Sheet-Base). For a mixture of HRS-Base is classified into two gradation jeans namely gradation of gap graded and semi-gap graded. Each road surface layer requires a mixing process using materials that have met the requirements or specifications of both asphalt and aggregate. The aggregate plays an important role in the formation of pavement layers as it is the main component of the asphalt mixture of 80% of the volume, and 95% of the total weight of the mixture. (Sukirman, S, 2003).

This research was conducted on a mixture of HRS-Base gradation of gap graded and semi-gap graded. There will be 2 types of mixture with the same basic ingredients, ie for coarse aggregate, medium aggregate, and fine aggregate obtained from stonecruser jelbuk. Planning of the variation of the specimen will be made of each mixture using 6 variations of bitumen content and there are 3 specimens for each bitumen content so that there are 18 specimens with total of 36 test specimens from both mixtures. The asphalt content used was 6.5%; 7%; 7.5%; 8%; 8.5% and 9%.

Determination of optimum bitumen content for aggregate mixture of gradation of gap graded and semi-gap graded using Pair Test method. From the analysis it was found that the gap graded mixture with the optimum asphalt content of 7.5% and the semi-gap graded mixture with the optimum asphalt content of 9% had Marshall characteristics and qualified the HRS-Base specification required by the Bina Marga Specification Year 2010 Revision 3. In KAO 7.5% of the mixture of HRS-Base gap graded average stability value 1888,89 kg, VMA 19,47%, VIM 5,048%, VFA 74,01%, density 2,2%, and MQ

515 , 39 kg / mm . While for HRS-Base semi-gap graded , the average value of stability (16) is 2173,861 kg , VMA 20,276% , VIM 4,468% , VFA 77,968% , density 2 , 17% and MQ 393,993 kg / mm .

There were significant differences in Marshall characteristics between the mixture of HRS-Base gradation of the gap graded and the semi-gap graded is density , MQ , and stability based on data analysis through Paired T test . If viewed from the stability value , the semi-gap graded HRS-Base mix is relatively more sensitive to changes in bitumen content . When viewed in terms of KAO obtained then it is advisable to choose a mixture of HRS-Base gap graded because the optimum bitumen content obtained lower .



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “*Perbandingan Kinerja Campuran HRS-Base (Hot Rolled Sheet-Base) Bergradasi Senjang dengan Bergradasi Semi Senjang*”. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T., dan Anita Trisiana, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan ilmu, dan saran yang bermanfaat.
2. Dwi Nurtanto, S.T., M.T., dan Willy Kriswardhana S.T., M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran demi perbaikan tugas akhir;
3. Luthfi Amri W., S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Willy Kriswardhana, S.T., M.T., dan Winda Tri Wahyuningtyas, S.T.,M.T., selaku komisi bimbingan;
5. Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T., selaku kepala Prodi S1 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember;
6. Ir. Hernu Suyoso, M.T., selaku ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember;
7. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhirnya penulis berharap, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat.

Jember, 03 Juli 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN/SUMMARY	viii
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. 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	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Laston.....	4
2.1.1 Sifat sifat laston (<i>HRS</i>)	4
2.1.2 Persyaratan Sifat Agregat dan Aspal	5
2.1.3 Persyaratan Campuran Beton Aspal	8
2.1.4 Sifat Volumetrik Campuran Aspal Beton.....	8
2.2 Agregat	10
2.2.1 Agregat Kasar.....	11
2.2.2 Agregat Halus.....	12
2.2.3 Nilai Keausan Agregat	12
2.2.4 Bentuk dan Tekstur Agregat	13
2.2.5 Gradasi Agregat	13

2.2.6	Berat Jenis Agregat	14
2.3	Aspal	15
2.3.1	Jenis Aspal	16
2.3.2	Fungsi Aspal sebagai Material	16
2.3.3	Suhu Variasi Pencampuran Aspal	16
2.3.4	Semen Aspal	17
2.4	Pencampuran Agregat	18
2.4.1	Metode Analitis.....	18
2.4.2	Metode Grafis.....	19
2.5	Metode Marshall	21
2.5.1	Uji Marshall	21
2.5.2	Parameter Pengujian Marshall	22
2.6	Komposisi Aspal terhadap Campuran	22
2.7	Uji T Berpasangan	23
2.8	Penelitian Terkait	24
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1	Lokasi Penelitian	28
3.2	Jenis Penelitian	28
3.3	Pelaksanaan Penelitian	28
3.3.1	Alat dan Bahan	29
3.3.2	Tahap Persiapan Penelitian.....	32
3.3.3	Tahap Pelaksanaan Penelitian.....	37
3.4	Variabel Penelitian	40
3.4.1	Variabel Bebas (Independen)	41
3.4.2	Variabel Terikat (Dependen)	41
3.4.3	Variabel Kontrol / Pengendali	41
3.5	Analisis Data	41
3.6	Diagram Alir Penelitian	43
BAB 4.	PEMBAHASAN	45
4.1	Pengujian Agregat	45
4.1.1	Pengujian Agregat Kasar	45
4.1.2	Pengujian Agregat Halus	47

4.2 Pengujian Bitumen Apal	48
4.3 Perencanaan Campuran	49
4.3.1 Pemilihan Gradasi Agregat Campuran	49
4.3.2 Perencanaan Rancangan Proporsi Agregat Campuran	49
4.3.3 Perhitungan Kadar Aspal Optimum	52
4.4 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran <i>HRS-Base</i>	54
4.5 Penentuan KAO	61
4.6 Analisis Data Pembahasan	63
4.6.1 Uji T Berpasangan terhadap Benda Uji.....	63
4.6.2 Uji T Berpasangan terhadap Benda Uji KAO	74
BAB 5. PENUTUP	83
5.1 Kesimpulan	83
5.2 Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN	86

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Persyaratan Gradasi Agregat Campuran Berbagai Jenis Beton Aspal.....	6
2.2 Sifat Aspal untuk Campuran Beton Aspal	7
2.3 Persyaratan Campuran Lataston.....	8
2.4 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Kasar	11
2.5 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Halus	12
2.6 Suhu Variasi Pencampuran Aspal	17
2.7 Spesifikasi Aspal Keras Pen 60/70	18
2.8 Tabel Uji T Berpasangan	24
2.9 Penelitian-penelitian Terdahulu Tentang Pengaruh Gradasi Agregat terhadap Campuran Lataston	25
3.1 Matriks Penelitian	42
4.1 Pengujian Agregat Kasar.....	45
4.2 Pengujian Agregat Halus.....	47
4.3 Pengujian Aspal Pen 60/70	49
4.4.(a) Hasil Analisis Saringan Agregat Bergradasi Senjang	50
4.4.(b) Hasil Analisis Saringan Agregat Bergradasi Semi Senjang	51
4.5.(a) Hasil Perhitungan Prosentase Campuran Agregat <i>HRS-Base</i> bergradasi Senjang	52
4.5.(b) Hasil Perhitungan Prosentase Campuran Agregat <i>HRS-Base</i> bergradasi Semi Senjang.....	53
4.6.(a) Hasil <i>Marshall Test</i> Campuran Agregat <i>HRS-Base</i> Bergradasi Senjang Dengan Variasi Kadar Aspal.....	54
4.6.(b) Hasil <i>Marshall Test</i> Campuran Agregat <i>HRS-Base</i> Bergradasi Semi Senjang Dengan Variasi Kadar Aspal.....	54
4.7.(a) Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Karakteristik VIM	64
4.7.(b) Hasil Uji T <i>Marshall</i> pada Karakteristik VIM	64
4.8.(a) Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Karakteristik VMA	65
4.8.(b) Hasil Uji T <i>Marshall</i> pada Karakteristik VMA.....	66
4.9.(a) Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Karakteristik VFA.....	67

4.9.(b) Hasil Uji T <i>Marshall</i> pada Karakteristik VFA.....	67
4.10.(a) Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Karakteristik Stabilitas.....	68
4.10.(b) Hasil Uji T <i>Marshall</i> pada Karakteristik Stabilitas.....	69
4.11.(a) Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Karakteristik <i>Flow</i>	70
4.11.(b) Hasil Uji T <i>Marshall</i> pada Karakteristik <i>Flow</i>	70
4.12.(a) Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Karakteristik <i>MQ</i>	71
4.12.(b) Hasil Uji T <i>Marshall</i> pada Karakteristik <i>MQ</i>	72
4.13.(a) Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Karakteristik <i>Density</i>	73
4.13.(b) Hasil Uji T <i>Marshall</i> pada Karakteristik <i>Density</i>	73
4.14.(a) Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Karakteristik VIM Benda Uji KAO.....	74
4.14.(b) Hasil Uji T <i>Marshall</i> pada Karakteristik VIM Benda Uji KAO.....	75
4.15.(a) Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Karakteristik VMA Benda Uji KAO.....	76
4.15.(b) Hasil Uji T <i>Marshall</i> pada Karakteristik VMA Benda Uji KAO.....	76
4.16.(a) Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Karakteristik VFA Benda Uji KAO.....	77
4.16.(b) Hasil Uji T <i>Marshall</i> pada Karakteristik VFA Benda Uji KAO.....	77
4.17.(a) Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Karakteristik Stabilitas Benda Uji KAO.....	78
4.17.(b) Hasil Uji T <i>Marshall</i> pada Karakteristik Stabilitas Benda Uji KAO.....	78
4.18.(a) Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Karakteristik <i>Flow</i> Benda Uji KAO.....	79
4.18.(b) Hasil Uji T <i>Marshall</i> pada Karakteristik <i>Flow</i> Benda Uji KAO.....	79
4.19.(a) Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Karakteristik <i>MQ</i> Benda Uji KAO.....	80
4.19.(b) Hasil Uji T <i>Marshall</i> pada Karakteristik <i>MQ</i> Benda Uji KAO.....	80
4.20.(a) Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Karakteristik <i>Density</i> Benda Uji KAO...81	
4.20.(b) Hasil Uji T <i>Marshall</i> pada Karakteristik <i>Density</i> Benda Uji KAO.....81	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Skematis Berbagai Jenis Volume Aspal Beton	10
2.2 Alat Abrasi Los Angeles	12
2.3 Bentuk dan Tekstur Agregat	13
2.4 Plot Hasil Anlisa Saringan dari Masing-masing Agregat	19
2.5 Contoh Pencampuran 3 Fraksi Agregat dengan Metode Grafis Rothlucs tipe A	20
2.6 Plot Hasil Perhitungan	21
3.1 Lokasi Penelitian	28
3.2 <i>Flow Chart</i> Penelitian	44
4.1.(a) Grafik Hasil Analisis Saringan Agregat Bergradasi Senjang	50
4.1.(b) Grafik Hasil Analisis Saringan Agregat Bergradasi Semi Senjang.....	51
4.2 Grafik Nilai <i>Density</i> terhadap Kadar Aspal	55
4.3 Grafik Nilai Stabilitas terhadap Kadar Aspal.....	56
4.4 Grafik Nilai <i>Flow</i> terhadap Kadar Aspal	57
4.5 Grafik Nilai <i>Marshall Quotient</i> Kadar Aspal.....	58
4.6 Grafik Nilai VIM terhadap Kadar Aspal	59
4.7 Grafik Nilai VMA terhadap Kadar Aspal	60
4.8 Grafik Nilai VFA terhadap Kadar Aspal	61
4.9.(a) Grafik Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran <i>HRS-Base</i> Bergradasi Senjang terhadap Kadar Aspal.....	62
4.9.(b) Grafik Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran <i>HRS-Base</i> Bergradasi Semi Senjang terhadap Kadar Aspal	62

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN A DOKUMENTASI LABORATORIUM	86
LAMPIRAN B HASIL PENGUJIAN	93



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Lataston (Lapisan Tipis Aspal Beton) adalah beton aspal bergradasi senjang, lataston juga disebut dengan *HRS (Hot Rolled Sheet)*. (Sukirman, S., 2003). Sesuai fungsinya lataston memiliki dua macam campuran yaitu lataston sebagai lapis aus, yang dikenal dengan nama *HRS-WC (Hot Rolled Sheet-Wearing Course)* dan lataston sebagai lapis pondasi yang dikenal dengan nama *HRS-Base (Hot Rolled Sheet-Base)*. Jenis lataston yang akan ditinjau dalam penelitian ini adalah *HRS-Base (Hot Rolled Sheet-Base)*. *HRS-Base* merupakan lapis pondasi bergradasi senjang yang artinya memiliki fraksi yang hilang. Setiap lapis permukaan jalan memerlukan proses pencampuran dengan menggunakan material-material yang telah memenuhi persyaratan atau spesifikasi baik itu aspal maupun agregatnya.

Agregat berperan penting dalam pembentukan lapisan perkerasan karena merupakan komponen utama dari campuran aspal yaitu 80% dari volume, dan 95% dari berat total campuran. (Sukirman, S., 2003). Gradasi merupakan sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan dari perkerasan dan berpengaruh dalam kualitas campuran aspal. Lapisan perkerasan mempunyai gradasi agregat tertentu untuk setiap jenis campurannya. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase lolos, persentase tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat dan menggunakan satu set saringan.

Dalam campuran beraspal pada spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 yang menjadi acuan dalam penelitian ini, rancangan dan perbandingan campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas-batas yang telah ditentukan, yaitu batas atas dan batas bawah, dimana pada batas-batas gradasi tersebut memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap karakteristik campuran Lataston. Lataston sebagai lapis pondasi (*HRS-Base*) memiliki 2 jenis campuran yaitu *HRS-Base* gradasi senjang dan gradasi semi senjang. Kedua gradasi agregat dalam campuran *HRS-Base* ini hampir sama yaitu ukuran agregat yang ada tidak lengkap, fraksi agregat yang hilang, atau jumlahnya yang sangat

sedikit. Lataston (*HRS*) bergradasi semi senjang dapat digunakan sebagai pengganti Lataston (*HRS*) bergradasi senjang pada daerah dimana pasir halus yang diperlukan untuk membuat gradasi yang benar-benar senjang tidak dapat diperoleh. (Spesifikasi Bina Marga,2010). Dalam penelitian Meggie dan Oscar (2015) terhadap kinerja campuran *HRS-Base* bergradasi senjang dengan *AC-Base* bergradasi halus, telah dihasilkan data bahwa nilai *flow*, *VIM* dan *VMA* pada *HRS-Base* senjang lebih tinggi dibandingkan *AC-Base*. Berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Giavanny dan Oscar (2015) terhadap *HRS-WC* bergradasi senjang dengan semi senjang, yang menghasilkan data bahwa nilai *VIM* untuk campuran *HRS-WC* bergradasi semi senjang lebih tinggi dibandingkan *HRS-WC* bergradasi senjang. Dari dua hasil penelitian yang berbeda tersebut, maka dilakukan penelitian lanjutan tentang perbandingan kinerja campuran *HRS-Base* bergradasi senjang dengan bergradasi semi senjang untuk mengetahui pengaruh gradasi agregat terhadap campuran lataston sehingga didapatkan campuran gradasi laston *HRS-Base* yang memiliki karakteristik lebih baik dengan nilai uji kuat tekan lebih tinggi yang ditinjau dari karakteristik *Marshall*.

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari Jelbuk *Stonecrusher* untuk agregat kasar, agregat medium , dan agregat halus. Sedangkan untuk aspalnya menggunakan aspal pertamina T60/70 (Penetrasi 60/70) sesuai spesifikasi Bina Marga. Parameter *Marshall* seperti *VMA*, *VIM*, *VFB* , *density*, *stabilitas*, *flow*, *marshall quotient* dan parameter lain sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran dari Uji *Marshall* merupakan hasil akhir yang didapatkan.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas maka dapat ditarik rumusan masalah yaitu :
Bagaimana perbandingan kinerja hasil campuran *HRS-Base* bergradasi senjang dengan bergradasi semi senjang?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui perbandingan kinerja hasil campuran *HRS-Base* bergradasi senjang dengan bergradasi semi senjang dengan bahan dasar yang sama.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari adanya penelitian ini adalah memberikan informasi tentang pengaruh perbedaan gradasi agregat terhadap kinerja *HRS-Base*.

1.5. Batasan Masalah

Untuk memperjelas permasalahan dan memudahkan dalam menganalisa, maka dibuat batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya dilakukan di Laboratorium Transportasi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
2. Jenis campuran lataston yang digunakan adalah *HRS-Base*.
3. Penelitian ini menggunakan peraturan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 revisi 3.
4. Penelitian dilakukan pada *HRS-Base* bergradasi senjang dan *HRS-Base* bergradasi semi senjang.
5. Paramater *Marshall* yang digunakan sebagai pembanding hasil penelitian yaitu VMA, VIM, VFA serta nilai *density*, stabilitas, flow dan MQ.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lataston

Lataston (Lapisan Tipis Aspal Beton) merupakan perkerasan bitumen yang terdiri dari campuran antara aspal dan agregat yang bergradasi senjang (*gap graded*) dengan perbandingan tertentu yang kemudian dicampur, dihamparkan, dan dipadatkan secara panas (Bina Marga,1983). Konstruksi perkerasan HRS dibagi menjadi dua kelas, yang mendasari perbedaan tersebut adalah berdasarkan gradasi agregat yang digunakan, beban lalu lintas dan segi pemakaian. Penggunaan agregat minimal harus dengan kualitas yang tinggi dan menurut proporsi didalam aturan yang sudah ditetapkan. Pencampuran, penghamparan kepadatan akhir dan kepadatan akhir penyelesaian akhir permukaan harus sesuai spesifikasi dan memerlukan pengawasan yang ketat atas seluruh tahap konstruksi. Untuk pencampuran menggunakan suhu sesuai dengan jenis aspal yang digunakan. Sedangkan yang dimaksud dengan agregat bergradasi senjang merupakan komposisi gradasi agregat yang distribusi ukuran butirannya tidak menerus, atau ada bagian ukuran yang tidak ada, jika ada hanya sedikit sekali (Silvia Sukirman,2003).

Pembuatan lataston bertujuan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapisan antara yang memberikan daya dukung serta berfungsi sebagai lapisan kedap air konstruksi yang ada dibawahnya pada lapisan perkerasan jalan raya.

2.1.1. Sifat sifat lataston (*Hot Rolled Sheet*)

Sifat dari *Hot Rolled Sheet* adalah lentur dan mempunyai durabilitas tinggi, ini dikarenakan campuran *HRS* dengan gradasi timpang mempunyai rongga yang cukup besar, sehingga mampu menyerap aspal lebih banyak dan tidak terjadi *bleeding*. *HRS* juga mudah dipadatkan sehingga lapisan yang dihasilkan memiliki tingkat kedap air dan udara yang tinggi.

Proses penghamparan dan pemadatan merupakan kegagalan dini yang sering terjadi di lapangan karena *HRS* tidak sepenuhnya murni *gapgraded* (Bina Marga,2010).

Sesuai fungsinya Lataston mempunyai 2 macam campuran yaitu :

1. Lataston sebagai lapisan aus yang dikenal dengan *HRS – WC (Hot Rolled Sheet – Wearing Course)*, dengan tebal nominal minimum adalah 3 cm.
2. Lataston sebagai lapisan pondasi yang dikenal dengan *HRS– Base (Hot Rolled Sheet – Base)*, dengan tebal nominal minimum adalah 3,5 cm.

Sebagai lapisan permukaan perkerasan jalan, *HRS* mempunyai nilai struktur, kedap air, stabilitas, dan durabilitas tinggi. Ketentuan sifat – sifat campuran beraspal panas menurut Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 untuk *HRS*, tertera pada tabel 2.1 berikut ini.

2.1.2. Persyaratan Sifat Agregat dan Aspal

Persyaratan sifat agregat dan aspal yang digunakan untuk beton aspal campuran panas ditunjukkan dalam tabel 2.1 dan tabel 2.2 berikut

Tabel 2.1 Persyaratan Gradasi Agregat Campuran Berbagai Jenis Beton Aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran								
	Latasir (SS)		Lataston (HRS)				Laston (AC)		
	Kelas A	Kelas B	Gradasi Senjang		Gradasi Semi Senjang		WC	BC	Base
			WC	Base	WC	Base			
37,5									100
25							100		90-100
19	100	100	100	100	100	100	100	90-100	76-90
12,5			90-100	90-100	87-100	90-100	90-100	75-90	60-78
9,5	90-100		75-85	65-90	55-88	55-70	77-90	66-82	52-71
4,75							53-69	46-64	35-54
2,36		75-100	50-72	35-55	50-62	32-44	33-53	30-49	23-41
1,18							21-40	18-38	13-30
0,600			35-60	15-35	20-45	15-35	14-30	12-28	10-22
0,300					15-35	5-35	9-22	7-20	6-15
0,150							6-15	5-13	4-10
0,075	10-15	8-13	6-10	2-9	6-10	4-9	4-9	4-8	3-7

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3)

Penelitian ini menggunakan jenis aspal keras dengan angka penetrasi 60/70 yang mengacu pada spesifikasi umum bidang jalan dan jembatan, Departemen Pekerjaan Umum tahun 2010 (Revisi 3)

Tabel 2.2 Sifat Aspal untuk Campuran Beton Aspal

No	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Penetrasi 60/70	Satuan
1	Penetrasi 25°C, 5 det	SNI 06-2456-1991	60-70	0,1 mm
2	Viskositas Dinamis	SNI 06-6441-2000	160-240	60°C
3	Viskositas Kinemis	SNI 06-6441-2000	> 300	135°C
4	Titik Lembek	SNI 2324 :2011	> 48	°C
5	Titik Nyala	SNI 2433:2011	> 232	°C
6	Daktilitas 25°C, 5cm/menit	SNI 2433:2011	> 100	%berat
7	Kelarutan dalam trichloethy	AASHTO 144-03	> 99	%berat
8	Berat Jenis 25°C	SNI 2441:2011	> 1	gr/cc
9	Stabilitas	ASTM D 5976 part 6.1	–	°C
10	Partikel yang lebih halus dari 150 micron	–	–	%berat
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-03-6835-2002)				
11	Berat yang hilang	SNI-06-2441-1991	< 0,8	%berat
12	Viskositas Dinamis	SNI-03-6441-2000	< 800	°C
13	Penetrasi 25°C	SNI-06-2456-1991	> 54	%berat
14	Daktilitas 25°C	SNI 2432:2011	> 100	cm
15	Keelastisan setelah pengembalian	AASHTO T 301-98	–	%berat

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3)

2.1.3. Persyaratan Campuran Lataston

Tabel 2.3 Sifat campuran Lataston

Sifat-Sifat Campuran		Lataston			
		Lapis Aus		Lapis Pondasi	
		Senjang	Semi Senjang	Senjang	Semi Senjang
Kadar aspal efektif (%)	Min	5,9	5,9	5,5	5,5
Penyerapan aspal (%)	Maks			1,7	
Jumlah tumbukan per bidang				7,5	
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min			4,0	
	Maks			6,0	
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min		18		17
Rongga terisi aspal (VFA) (%)	Min			68	
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min			800	
Pelelehan (mm)	Min			3	
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min			250	
Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min			90	
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	Min			3	

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3)

2.1.4. Sifat Volumetrik Campuran Aspal Beton

Kinerja aspal beton sangat ditentukan oleh volumetrik campuran aspal beton padat yang terdiri dari :

1. Berat Jenis *Bulk* Agregat

Berat jenis *bulk* merupakan perbandingan antara berat bahan di udara (termasuk rongga yang cukup kedap dan yang menyerap air) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air suling serta volume yang sama pada suhu tertentu pula.

Berat jenis *bulk* dinyatakan (G_{sb}) agregat total dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

Gse = Berat jenis efektif agregat

Pmm = Persentase berat total campuran (=100%)

Gmm = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara 0 (No1)

Pb = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum

Gb = Berat jenis aspal

2. Volume pori dalam agregat campuran

(VMA = voids in the mineral aggregate), merupakan banyak pori di antara agregat dan beton aspal padat. VMA dihitung dengan 2 cara, yaitu :

a. Jika ditentukan sebagai presentase dari berat beton aspal padat

$$VMA = (100 - \frac{Gmb.Ps}{Gsb}) \% \text{ dari volume bulk beton aspal padat}$$

b. Jika ditentukan sebagai presentasi dari berat agregat

$$VMA = [100 - (\frac{Gmb}{Gsb} \times \frac{100}{100+Pa1} 100)] \% \text{ dari volume bulk beton aspal padat}$$

3. Volume pori dalam beton aspal padat (VIM = voids in mix), merupakan banyaknya pori dalam beton aspal padat.

$$VIM = (100 \times \frac{Gmm - Gmb}{Gmm}) \% \text{ dari volume bulk beton aspal padat(2.2)}$$

4. Volume pori antara butir agregat terisi aspal (VFA = volume of voids filled with asphalt), merupakan presentase volume selimut aspal, yang merupakan bagian dari VMA.

$$VFA = \frac{100 (VMA - VIM)}{VMA} \% \text{ dari VMA(2.3)}$$

5. Tebal selimut atau film aspal dinyatakan dalam kadar aspal efektif yang dipengaruhi oleh luas permukaan.

$$\text{Tebal selimut aspal} = \frac{Pae}{Ga} \cdot \frac{1}{LP.Ps} \cdot 1000 \mu\text{m(2.4)}$$

Keterangan sifat volumetrik beton aspal :

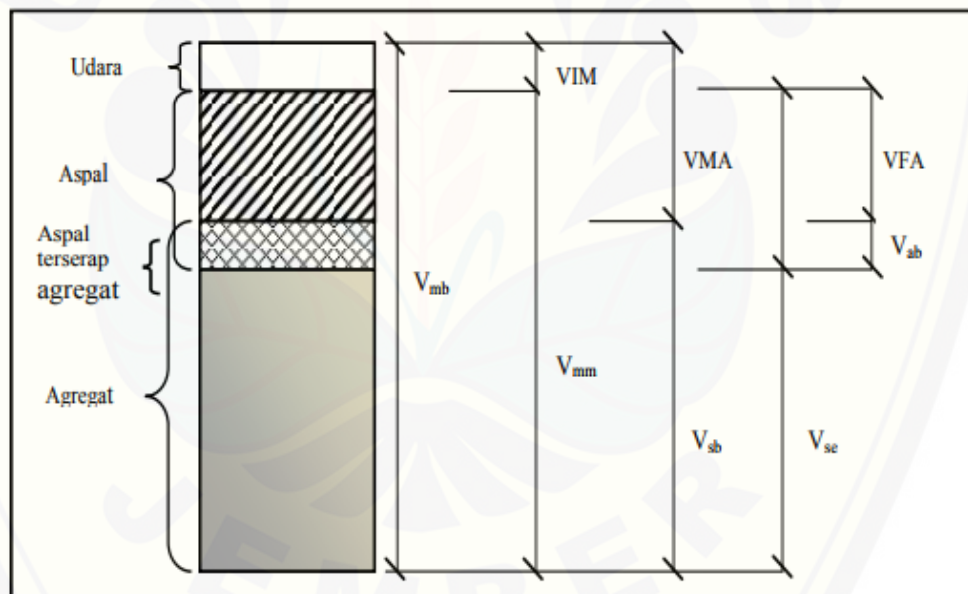
Gmb = berat jenis bulk dari beton aspal padat

Gmm = berat jenis maksimum dari beton aspal yang belum dipadatkan

Gsb = berat jenis bulk agregat pembentuk beton aspal padat

Pa1 = kadar aspal, % terhadap berat agregat

- VMA = volume pori antara butir agregat di dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat
- VIM = volume pori dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat
- VFA = volume pori antara butir agregat yang terisi aspal, % dari VMA
- Pae = kadar aspal efektif yang menyelimuti butir-butir agregat, % terhadap berat beton aspal padat
- Ga = berat jenis aspal
- Ps = kadar agregat, % terhadap berat beton aspal padat
- LP = luas permukaan total dari agregat campuran di dalam beton aspal padat



Gambar 2.1. Skematis Berbagai Jenis Volume Aspal Beton

(Sumber : <https://www.google.co.id>)

2.2 Agregat

Agregat merupakan komponen utama suatu struktur perkerasan jalan yaitu berdasarkan presentase berat struktur perkerasan 90 – 95% agregat, atau 75 – 85% agregat berdasarkan presentase volume. Pemilihan agregat yang akan

digunakan harus memperhatikan ketersediaan bahan dilokasi, jenis konstruksi, gradasi, ukuran maksimum, kebersihan, daya tahan, bentuk, tekstur, daya lekat agregat terhadap aspal dan berat jenis lainnya. Sifat agregat dan hasil campuran dengan campuran lain dengan demikian menentukan kualitas pekerjaan jalan (Silvia S. 2003).

2.2.1. Agregat Kasar

Agregat yang secara umum mempunyai ukuran yang lebih besar dari 0,234 mm yang digunakan untuk campuran aspal panas secara umum baik itu aspal beton. Agregat bergradasi kasar adalah agregat yang mempunyai butir yang kasar sampai halus, namun butir kasar tetap dominan. Menurut *American Standart Testing Material (ASTM)* 1974 agregat kasar berukuran $> 4,75$ mm, sedangkan menurut *American Association of State Highway and Transportations Officials (AASHTO)* agregat kasar mempunyai ukuran lebih besar dari 2 mm. Tetapi komposisi campuran panas di Indonesia memakai spesifikasi yang sudah ditetapkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga.

Agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia untuk campuran aspal panas disajikan pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Satuan
1	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i> (SNI 2417 : 2008)	<30	%
2	Kelekatan dengan aspal (SNI 2349 : 2011)	>95	%
3	Kekealan bentuk agregat terhadap natrium (SNI 3407 : 2008)	12	%
4	Material lolos ayakan no:200 (SNI 03-4142 : 1996)	<1	%
5	Partikel pipih dan lonjong (ASTM D4791 perb 1:5)	10	%

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2010

Berat jenis yang digunakan tidak boleh melebihi yang telah disyaratkan, Karena akan berpengaruh terhadap mutu pekerjaan tersebut.

2.2.2. Agregat Halus

Agregat bergradasi halus adalah agregat yang mempunyai butir yang berukuran kasar sampai halus, tetapi butiran halusnya tetap dominan. Agregat yang secara umum mempunyai ukuran 0,324 – 0,075 mm. Menurut (BS, 1985) fungsinya adalah untuk mendukung stabilitas dan mengurangi deformasi permanen. Untuk agregat halus campuran aspal juga mempunyai spesifikasi umum yang dapat digunakan untuk Aspal Beton, *Hot Rolled Sheet* dan *Split Mastik Asphalt*.

Menurut Bina Marga persyaratan agregat halus yang dipakai di Indonesia dapat dilihat pada tabel 2.5

Tabel 2.5 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Halus

No	Jenis Pemeriksaan	Syarat
1	<i>Sand equivalent</i> (SNI 03-4428 : 1997)	Min 60 %
2	Berat jenis semu (SNI 3423 : 2008)	< 3%
3	Peresapan terhadap air (SNI 03-6877 : 2002)	> 2,5 gr/cc

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2010

2.2.3. Nilai Keausan Agregat

Daya tahan agregat merupakan ketahanan agregat terhadap adanya proses penurunan mutu akibat proses mekanis dan kimiawi (M.Aminsyah, 2013). Kehancuran agregat dapat disebabkan oleh proses mekanis, seperti gaya-gaya yang terjadi selama proses pelaksanaan perkerasan jalan dan uji abrasi dengan menggunakan alat abrasi Los Angeles. Sedangkan yang diakibatkan oleh proses kimiawi, seperti pengaruh kelembaban, dan perubahan suhu sepanjang hari dapat diperiksa dengan pengujian soundness atau pengujian sifat kekekalan bentuk batu terhadap larutan natrium sulfat (Na_2SO_4) atau magnesium sulfat (MgSO_4).



Gambar 2.2 Alat abrasi *Los Angeles*
(Sumber :<https://www.google.co.id>)

2.2.4. Bentuk dan Tekstur Agregat

Berdasarkan bentuknya, agregat dikelompokkan menjadi beberapa bentuk bulat, lonjong, pipih, kubus, dan tak beraturan.

Berdasarkan teksturnya, agregat dikelompokkan menjadi agregat dengan permukaan kasar, licin, dan agregat berpori. Untuk agregat berpori dikelompokkan lagi menjadi dua yaitu agregat berpori banyak dan agregat berpori sedikit, yang masing masing mempunyai kelebihan dan kekurangan masing masing sebagai bahan campuran aspal. Agregat berpori sedikit lebih kuat daripada agregat berpori banyak, karena agregat berpori sedikit berguna untuk menyerap aspal, sehingga dapat memperkuat ikatan antara aspal dan agregat. Sedangkan agregat berpori banyak memiliki tingkat kekerasan yang rendah sehingga mudah pecah dan tergradasi.



Gambar 2.3. Bentuk dan Tekstur Agregat

(Sumber : <https://www.google.co.id>)

2.2.5. Gradasi Agregat

Gradasi atau susunan butir merupakan distribusi dari ukuran agregat yang dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu, gradasi sela (*gap grade*), gradasi menerus (*continuos grade*), dan gradasi seragam (*uniform grade*). Gradasi agregat didapatkan dengan hasil analisa ayakan atau saringan yang menggunakan satu set saringan yang umumnya terdiri dari variasi saringan yang berukuran 4 inci, $3\frac{1}{2}$ inci, 3 inci, $2\frac{1}{2}$ inci, 2 inci, $1\frac{1}{2}$ inci, $\frac{3}{4}$ inci, $\frac{1}{2}$ inci, $\frac{3}{8}$ inci, No. 4, No. 8, No.

16, No. 30, No. 50, No. 100, dan No. 200. Gradasi agregat dinyatakan dalam presentase lolos atau presentase tertahan. Gradasi agregat dikelompokkan menjadi beberapa jenis yaitu :

1. Agregat bergradasi baik

Merupakan suatu campuran butir agregat halus dan kasar yang ukuran campuran butirannya terdistribusi secara merata yang artinya tidak ada ukuran yang mendominasi. Agregat bergradasi baik mempunyai pori yang sedikit, mudah didapatkan dan stabilitasnya tinggi.

2. Agregat bergradasi buruk

Agregat bergradasi buruk dibedakan menjadi tiga jenis, agregat bergradasi seragam, agregat bergradasi terbuka, agregat bergradasi senjang.

- Gradasi Seragam (*uniform graded*) adalah gradasi agregat dengan ukuran butir yang hamper sama. Gradasi ini hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga/ruang kosong antar agregat.
- Gradasi Senjang dan Semi Senjang merupakan gradasi yang hampir sama, yaitu gradasi agregat dimana ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali.

2.2.6. Berat jenis agregat

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan volume air. Hal ini sangat penting diperhatikan dalam perencanaan agregat dengan aspal, karena pada umumnya direncanakan berdasarkan perbandingan berat dan juga menentukan banyaknya pori.

Berat jenis (*specific gravity*) dibedakan menjadi empat jenis, antara lain :

- Berat jenis *bulk* (*bulk specific gravity*), berat jenis yang memperhitungkan berat agregat keadaan kering dan seluruh volume agregat. Berikut dirumuskan untuk memperoleh nilai berat jenis *bulk*

$$\text{Berat jenis bulk} = \frac{BK}{(V_s+V_i+V_p+V_c)\gamma_a} = \frac{B_k}{(B_j-B_a)} \dots\dots\dots(2.5)$$

- Berat jenis kering permukaan (*saturated surfaced dry*), berat jenis yang memperhitungkan agregat dalam kondisi kering. Berikut dirumuskan untuk memperoleh nilai berat jenis kering permukaan

$$\dots\dots\dots(2.6)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan} = \frac{B_j}{(V_s+V_i+V_p+V_c)\gamma_a} = \frac{B_j}{(B_j-B_a)}$$

- Berat jenis semu (*apparent specific gravity*), merupakan berat jenis yang perhitungan volume agregatnya tidak diresapi air dan berat agregatnya dalam keadaan kering.

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{B_k}{(V_s+V_i)\gamma_a} = \frac{B_k}{(B_k-B_a)} \dots\dots\dots(2.7)$$

- Berat jenis efektif (*effective specific gravity*), merupakan berat jenis yang hampir sama dengan berat jenis semu, namun berat jenis efektif perhitungan volume agregatnya tidak dapat diresapi aspal.

$$\text{Berat jenis efektif} = \frac{B_k}{(V_s+V_i+V_p)\gamma_a} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

- V_s = Volume bagian massif
- V_i = Volume pori yang tidak dapat diresapi air
- V_p = Volume pori yang hanya dapat diresapi aspal
- V_c = Volume pori yang dapat diresapi air dan aspal
- B_k = Berat kering agregat yang setelah dioven
- B_j = Berat kering agregat dalam keadaan kering permukaan
- B_a = Berat agregat yang ditimbang dalam air
- γ_a = Berat jenis air

2.3. Aspal

Aspal atau bitumen yang merupakan material berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair apabila mendapat cukup pemanasan. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya. Dalam suatu campuran perkerasan berkisar antara 4-10% dari berat campuran, atau 10-15% dari volume campuran.

2.3.1. Jenis Aspal

Menurut *Wignall* (2003) aspal dapat dibagi menjadi 2 (dua), yaitu :

- a. Aspal alam ,yang didapat di suatu tempat di alam dan dapat dipergunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan.
- b. Aspal buatan, aspal yang diperoleh dari residu pengilangan minyak bumi.

Hasil proses destilasi/penyulingan minyak tanah mentah menghasilkan 3 (tiga) macam aspal (*Suryadharma*, 2008), yaitu :

- Aspal keras/panas (*asphalt cement, AC*)
- Aspal dingin/cair (*cut back asphalt*)
- Aspal emulsi (*amulsion asphalt*)

Aspal keras (AC) merupakan jenis aspal yang paling umum digunakan.

2.3.2. Fungsi Aspal sebagai Material

Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan raya, berfungsi sebagai berikut :

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal, agregat dan sesama aspal.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada di dalam butir agregat itu sendiri.

Fungsi utama aspal untuk kedua jenis proses pembentukan perkerasan yaitu menghasilkan lapisan perkerasan bagian atas yang kedap air dan tidak mengikat agregat sampai kebagian bawah. Untuk dapat memenuhi kedua fungsi aspal dengan baik, maka aspal harus mempunyai sifat kohesi dan adhesi yang baik (*Silvia S*, 2003).

Dengan adanya aspal dalam campuran diharapkan diperoleh lapisan perkerasan yang kedap air sehingga mampu melayani beban lalu lintas selama masa pelayanan jalan.

2.3.3. Suhu Variasi Pencampuran Aspal

Aspal mempunyai kepekaan terhadap perubahan suhu/temperatur, karena aspal adalah material yang termoplastis. Aspal akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau cair bila temperatur

bertambah. Setiap jenis aspal mempunyai kepekaan terhadap temperatur berbeda-beda, karena kepekaan tersebut dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspalnya, walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu. Temperatur campuran beraspal panas merupakan satu-satunya faktor yang paling penting dalam pemadatan, karena mempengaruhi viskositas aspal yang digunakan. Kerapatan menurun dengan cepat ketika pemadatan dilakukan pada suhu lebih rendah (Suparyanto, 2008).

Pada tabel 2.6 ini memperlihatkan nilai viskositas aspal dan batasan suhu selama pencampuran, penghamparan, dan pemadatan pada proses pelaksanaan pekerjaan perkerasan jalan.

Tabel 2.6 Suhu Variasi Pencampuran Aspal

No.	Prosedur Pelaksanaan	Viskositas aspal (PA.S)	Suhu Campuran (°C)
			Pen 60/70
1.	Pencampuran benda uji Marshall	0,2	155 ± 1
2.	Pemadatan benda uji Marshall	0,4	140 ± 1
3.	Pencampuran rentang temperature sasaran	0,2 – 0,5	145 - 155
4.	Menuangkan campuran dari AMP ke dalam truk	± 0,5	135 - 150
5.	Pasokan ke alat penghamparan (<i>paver</i>)	0,5 – 1,0	130 - 150
6.	Penggilasan awal (roda baja)	1 – 2	125- 145
7.	Penggilasan kedua (roda karet)	2 – 20	100 - 125
8.	Penggilasan akhir (roda baja)	< 20	> 95

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010

2.3.4. Semen Aspal

Semen aspal merupakan aspal yang digunakan dalam keadaan panas dan cair, pada suhu ruang berbentuk padat. Semen aspal dibedakan berdasarkan nilai penetrasi atau viskositasnya. Di Indonesia menggunakan semen aspal panas Pen. 60/70 untuk beton aspal campuran panas. Berikut disajikan spesifikasi umum Bina Marga aspal keras Pen 60/70 :

Tabel 2.7 Spesifikasi Aspal Keras Pen 60/70

Jenis aspal (sesuai penetrasi)	60	80
Penetrasi (25°C, 100gr, 5 det)	60-79	80-99
Titik nyala, claveland °C	≥ 200	≥ 225
Daktalitas (25°C, 5cm/menit, cm)	≥ 100	≥ 100
Solubilitas dl CCl4, %	≥ 99	≥ 99
TFOT, 3.2mm, 5 jam, 163°C		
Kehilangan berat, %	≤ 0,4	≤ 0,6
Penetrasi setelah kehilangan berat, % semula	≥ 75	≥ 75
Berat Jenis (25°C)	1	1

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal

2.4. Pencampuran Agregat

Perencanaan campuran agregat dimaksudkan untuk mendapatkan gradasi sesuai spesifikasi. Dalam perencanaan agregat terdapat fraksi agregat. Fraksi agregat tersebut antara lain :

- Fraksi agregat halus, merupakan fraksi yang komponen butir – butir agregat halusnya lebih mendominasi.
- Fraksi agregat kasar, merupakan fraksi yang komponen agregat butir-butir agregat kasarnya lebih mendominasi.
- Fraksi abu batu, merupakan fraksi yang komponen agregatnya dominan abu batu.

Agregat campuran merupakan hasil pencampuran yang proporsional dari a % fraksi agregat A, b% fraksi agregat B dan c% fraksi agregat C, sehingga didapatkan $a+b+c = 100\%$, dengan A, B, dan C merupakan fraksi agregat kasar, fraksi agregat halus, dan fraksi abu batu. Terdapat dua metode Untuk menentukan jumlah komposisi agregat terhadap campuran yaitu metode analitis dan metode grafis.

2.4.1. Metode Analitis

Dari hasil pengujian analisa saringan agregat didapatkan data dan digunakan perhitungan :

$$a = \frac{P-B}{A-B} \dots\dots\dots \text{Untuk campuran 2 fraksi agregat (2.9)}$$

Jika $a = x$, dan $b + c = 1 - a = y$

Atau

$$P = aA + bB + cC \dots \text{Untuk campuran 3 fraksi agregat (2.10)}$$

Dimana :

P = persen lolos saringan dengan bukaan d mm yang diinginkan, diperoleh dari spesifikasi campuran

A = persen lolos saringan fraksi agregat A untuk bukaan d mm

B = persen lolos saringan fraksi agregat B untuk bukaan d mm

C = persen lolos saringan fraksi agregat C untuk bukaan d mm

a = proporsi dari fraksi agregat A

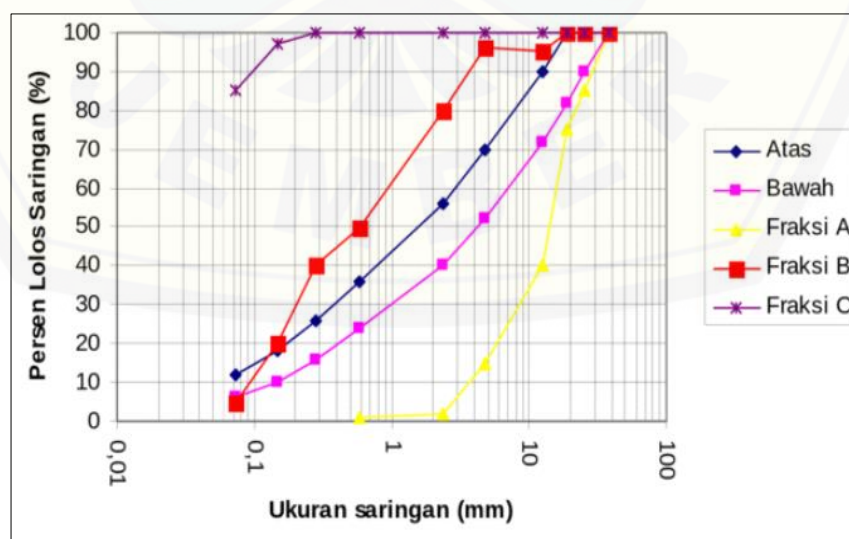
b = proporsi dari fraksi agregat B

c = proporsi dari fraksi agregat C

Nilai a, b, c diperoleh dengan “trial error”, dan nilai dari $a+b+c = 1$

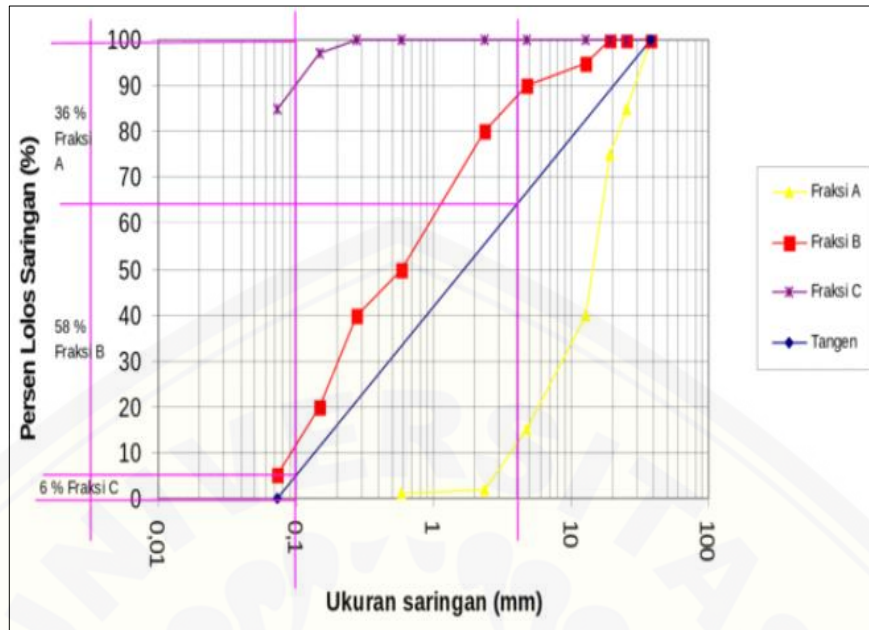
2.4.2. Metode Grafis

Perencanaan agregat campuran dengan metode grafis apabila yang digunakan adalah 2 fraksi agregat, maka yang digunakan adalah bangun bujur sangkar dengan ukuran 10 x 10 cm atau ukuran lain dengan perbandingan 1:1. Sedangkan apabila pencampuran agregat menggunakan 3 fraksi agregat, maka yang digunakan adalah bangun persegi panjang dengan ukuran 10 x 20 cm atau ukuran lain dengan perbandingan 1:2. Pencampuran 3 agregat bisa menggunakan metode Rothluchs tipe A atau Rothluchs tipe B.



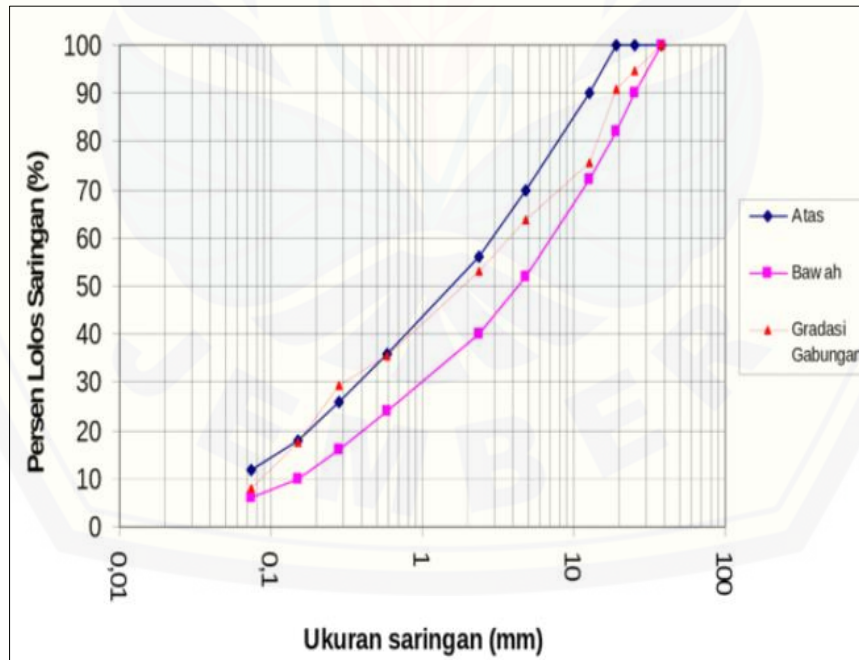
Gambar 2.4 Plot Hasil Anlisa Saringan dari Masing-masing Agregat

(Sumber : <https://www.google.co.id>)



Gambar 2.5 Contoh Pencampuran 3 Fraksi Agregat dengan Metode Grafis Rothluchs tipe A

(Sumber : <https://www.google.co.id>)



Gambar 2.6 Plot Hasil Perhitungan

(Sumber : <https://www.google.co.id>)

2.5. Metode Marshall

2.5.1. Uji Marshall

Rancangan campuran berdasarkan metode *Marshall* ditemukan oleh *Bruce Marshall*. Pengujian *Marshall* bertujuan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*). (Situmorang A, 2016).

Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *Proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flowmeter*. (Situmorang A, 2016). *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji *Marshall* Standart berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm).

Kinerja beton aspal padat ditentukan melalui pengujian benda uji yang meliputi:

- Penentuan volume berat benda uji
- Pengujian nilai stabilitas, adalah kemampuan maksimum beton aspal padat menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis
- Pengujian kelelahan (*Flow*), adalah besarnya perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat akibat adanya beban sampai batas keruntuhan
- Perhitungan *Quotient Marshall*, adalah perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow*
- Perhitungan berbagai jenis volume pori dalam beton aspal padat (VIM, VMA, dan VFA)
- Perhitungan tebal selimut atau film aspal.

2.5.2. Parameter Pengujian Marshall

Sifat-sifat campuran beraspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian marshall antara lain :

a. Stabilitas Marshall

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetannya berkurang.

b. Kelelahan (*Flow*)

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas, nilai flow merupakan nilai dari masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial (dalam satuan mm). Suatu campuran yang memiliki kelelahan yang rendah akan lebih kaku dan cenderung untuk mengalami retak dini pada usia pelayanannya.

c. Hasil Bagi *Marshall* (*Marshall Quotient*)

Hasil bagi *Marshall* merupakan hasil bagi stabilitas dengan kelelahan (*flow*). Semakin tinggi MQ, maka akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan.

d. Rongga Terisi Aspal (VFA atau VFB)

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

e. Rongga Antar Agregat (VMA)

Rongga antar agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat).

f. Rongga Udara (VIM)

Rongga udara dalam campuran (V_a) atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri dari atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal.

2.6. Komposisi Aspal terhadap Campuran

Kadar aspal total dalam campuran beton aspal dapat dihitung dengan 2 cara, yaitu :

I. Dari *Asphalt Institute*

$$P = 0,035a + 0,045b + Kc + F \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

P = kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran

a = persen agregat tertahan saringan No. 8

b = persen agregat lolos saringan No. 8 tertahan saringan No. 200

c = persen agregat lolos saringan No. 200

$K = 0,15$ untuk 11 – 15% lolos saringan No. 200

= 0,18 untuk 6 – 10% lolos saringan No. 200

= 0,20 untuk $\leq 5\%$ lolos saringan No. 200

$F = 0 - 2\%$, berdasarkan nilai absorpsi dari agregat

= 0,7% jika tak tersedia data

II. Spesifikasi Depkimpraswil 2002

$$P = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%filler) + K \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

P = kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran

CA = persen agregat tertahan saringan No. 8

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

filler = persen agregat minimal 75% lolos saringan No. 200

K = konstanta

= 0,5 – 1,0 untuk laston

= 2,0 – 3,0 untuk lataston

III. Menggunakan persyaratan tebal minimum tebal selimut aspal = 7,5 mikron,

digunakan rumus :

$$\text{Tebal selimut aspal} = \frac{P_{ae}}{G_a} \cdot \frac{1}{LP.P_s} \cdot 1000\mu\text{m} \dots\dots\dots(2.13)$$

2.7. Uji-t Berpasangan

Uji-t berpasangan merupakan uji beda secara parametrik yang menguji adakah perbedaan nilai rata – rata antara 2 sampel yang berpasangan. Ciri – ciri yang sering ditemukan yaitu dari 1 sampel penelitian mendapatkan perlakuan yang berbeda, sehingga peneliti mendapatkan 2 hasil data penelitian. Pengujian ini mempunyai syarat sebagai berikut :

- Selisih kedua data berdistribusi normal. Bila selisih tidak berdistribusi normal, uji beda dapat dilakukan secara nonparametrik.
- Variabel terikat berskala rasio atau interval.

Tabel 2.8 Uji T Berpasangan

	Dua Arah	Pihak Kanan	Pihak Kiri
	Ho : $\mu d = 0$	Ho : $\mu d = 0$	Ho : $\mu d = 0$
Keputusan :	Ho : $\mu d \neq 0$	Ho : $\mu d > 0$	Ho : $\mu d < 0$
Tolak Ho jika :	$ t > t_{\alpha/2,df}$	$t > t_{\alpha,df}$	$t > -t_{\alpha,df}$

Asumsi :

1. Sampel data mengandung unsur yang berpasangan
2. Sampel diambil secara acak
3. Berdistribusi normal

Test Statistik :

$$t = \frac{\bar{d} - \mu_d}{\frac{s_d}{\sqrt{n}}} \text{ atau apabila } \mu_d = 0, \text{ maka } t = \frac{\bar{d}}{\frac{s_d}{\sqrt{n}}}$$

Dimana derajat bebasnya (df) = n-1

- d = selisih diantara masing-masing individu/objek yang berpasangan
- μd = nilai rerata perbedaan d populasi dari keseluruhan data, biasanya 0
- \bar{d} = nilai rata-rata dari d
- Sd = nilai standar deviasi dari d
- n = banyaknya pasangan data

2.8. Penelitian Terkait

Penelitian – penelitian tentang pengaruh gradasi terhadap campuran lapis tipis aspal beton pernah dilakukan oleh beberapa peneliti yang disajikan pada tabel 2.9

Tabel 2.9 Penelitian-penelitian Terdahulu Tentang Pengaruh Gradasi Agregat Terhadap Campuran Lataston

Judul	Penulis	Hasil
<ul style="list-style-type: none"> KAJIAN PERBEDAAN KINERJA CAMPURAN BERASPAL PANAS ANTARA JENIS LAPIS TIPIS ASPAL BETON-LAPIS AUS (HRS-WC) BERGRADASI SENJANG DENGAN YANG BERGRADASI SEMI SENJANG 	<ul style="list-style-type: none"> Giavanny Hermanus dan Oscar H. Kaseke, Freddy Jansen 	<ul style="list-style-type: none"> Campuran <i>HRS-WC</i> gradasi senjang didapat kadar aspal terbaik 7,4% sedangkan pada campuran <i>HRS-WC</i> gradasi semi senjang didapat kadar aspal terbaik 7,2%. <ul style="list-style-type: none"> Pada kadar aspal terbaik campuran <i>HRS-WC</i> gradasi senjang 7,4% didapat Stabilitas 1264 Kg, Flow 3,18 mm, <i>Marshall Quotient</i> 396,7 Kg/mm, VMA 20,12%, VIM 5,10% dan VFB 74,71%. Sedangkan pada kadar aspal terbaik campuran <i>HRS-WC</i> gradasi semi senjang 7,2% didapat Stabilitas 1288 Kg, Flow 3,10 mm, <i>Marshall Quotient</i> 415,3 Kg/mm, VMA 19,81%, VIM 5,20% dan VFB 73,75%.

		<ul style="list-style-type: none">• Campuran <i>HRS-WC</i> gradasi semi senjang relatif lebih sensitif terhadap perubahan kadar aspal (baik lebih tinggi atau lebih rendah dari kadar aspal terbaik yang diperoleh), dibandingkan dengan campuran <i>HRS-WC</i> gradasi senjang.• Antara campuran <i>HRS-WC</i> gradasi senjang dan semi senjang, perbedaan kriteria Marshall yang ada tidak signifikan (lebih kecil dari 10%).
<ul style="list-style-type: none">• KAJIAN KINERJA CAMPURAN LAPIS PONDASI JENIS LAPIS TIPIS ASPAL BETON-LAPIS PONDASI (HRS-BASE) BERGRADASI SENJANG DENGAN JENIS LAPIS ASPAL BETON-LAPIS PONDASI (AC-BASE) BERGRADASI HALUS	<ul style="list-style-type: none">• Meggie Huwae dan Oscar H. Kaseke, Theo K. Sendow	<ul style="list-style-type: none">• Pada kadar aspal 6% nilai stabilitas pada campuran AC-Base 2390.34 kg, flow 4.5 mm, <i>Marshall Quotient</i> 530.36 kg/mm, VIM 4.58%, VMA 16.37%, VFB 72.01%• Pada kadar aspal• Pada kadar aspal 7% nilai stabilitas pada campuran HRS-Base 1563.16 kg, flow 4.6 mm, <i>Marshall Quotient</i> 343.28

kg/mm, VIM 5.12%, VMA 19.56%, VFB 73.86%.

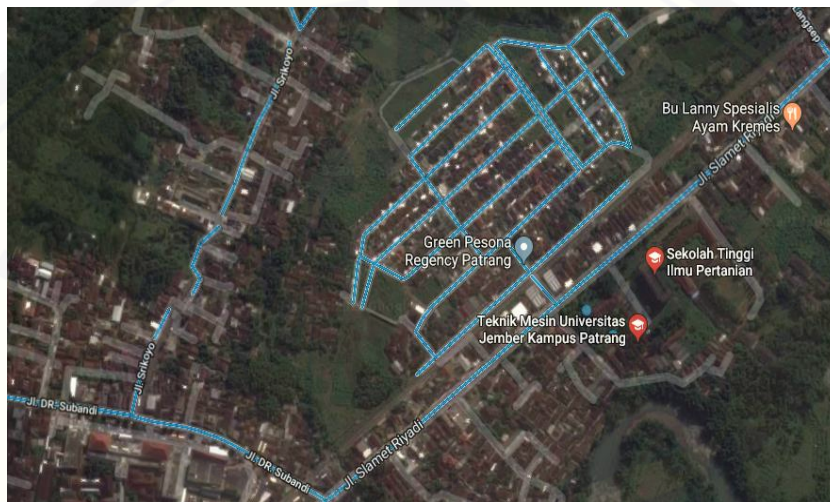
- Kinerja dari campuran *HRS-Base* dan *AC-Base* berbeda secara signifikan dilihat dari kriteria *Marshall*.
- Nilai kadar aspal terbaik dari *AC-Base* lebih rendah yaitu 6.5% dibandingkan *HRS-Base* 7.5%.
- Stabilitas dari *AC-Base* lebih sensitif akibat perubahan kadar aspal dibandingkan dengan *HRS-Base*.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penyelesaian proyek akhir ini adalah : penentuan lokasi penelitian, jenis penelitian, pelaksanaan penelitian, variabel penelitian, analisa data, pembahasan, kesimpulan dan saran.

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Transportasi Kampus Teknik Patrang Universitas Jember.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian
(Sumber : <https://www.google.co.id/maps>)

3.2. Jenis Penelitian

Penelitian dilakukan dengan memperoleh hasil dari uji laboratorium. Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu *Marshall* sebagai alat uji tekan aspal. Penelitian ini membuat benda uji sebanyak 18 untuk memperoleh hasil campuran yang dikehendaki. Pembuatan benda uji menggunakan perbedaan 6 variasi kadar aspal.

3.3. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Uji *Marshall* yang bertujuan mengetahui kuat tekan dari masing masing benda uji. Pembuatan benda uji sebanyak 18 dengan perbedaan 6 variasi kadar aspal.

3.3.1. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Agregat Kasar
2. Agregat Medium
3. Agregat Halus
4. Aspal atau Bitumen

Sebelum material atau bahan yang digunakan dalam penelitian ini terlebih dahulu dilakukan pengujian agar memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Berikut diuraikan alat yang digunakan dalam penelitian dan serangkaian pengujian yang dilakukan meliputi,

a. Pengujian agregat :

1) Pengujian berat jenis agregat halus :

- a) Timbangan kapasitas 1 kg atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram;
- b) Piknometer dengan kapasitas 500 mL;
- c) Kerucut terpancung, diameter bagian atas (40 ± 3) mm, diameter bagian minimum 0,8 mm; batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (340 ± 15) gram, diameter permukaan penumbuk (25 ± 3) mm;
- d) Saringan No. 4 (4,75 mm);
- e) Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110 ± 5)° C;
- f) Pengukuran suhu dengan ketelitian pembacaan 1° C;
- g) Talam;
- h) Bejana tempat air;
- i) Pompa hampa udara atau tungku;
- j) Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan.

2) Pengujian berat jenis agregat kasar :

- a) Keranjang kawat ukuran 3,35 mm (No. 6) atau 2,36 mm (N0. 8) dengan kapasitas kira-kira 5 kg;
- b) Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan yang harus dilengkapi dengan pipa sehingga permukaan air selalu tetap;
- c) Timbangan dengan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 0,1 % dari berat yang dilengkapi dengan alat penggantung keranjang;

- d) Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$;
 - e) Alat pemisah contoh;
 - f) Saringan no 4 (4,75 mm).
- 3) Pengujian analisa saringan agregat halus dan agregat kasar :
- a) Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji;
 - b) Satu set saringan; 37,55 mm(3"); 63,5 mm(2,1/2"); 50,8 mm(2"); 19,1 mm(3/4"); 12,5 mm(1/2"); 9,5 mm(3/8"); No. 4 (4,75mm); No. 8 (2,36mm); No. 16 (1,18mm); No. 30 (0,600mm); No.50 (0,300mm); No.100 (0,150mm); No. 200 (0,075mm);
 - c) Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$;
 - d) Alat pemisah contoh;
 - e) Mesin pengguncang saringan;
 - f) Talam;
 - g) Kuas, sikat, kuningan, sendok dan alat-alat lainnya.
- 4) Pengujian keausan agregat :
- a) Mesin Abrasi *Los Angeles*;
 - b) Saringan No 12 (1,7 mm) dan saringan-saringan lainnya;
 - c) Timbangan dengan ketelitian 5 gram;
 - d) Bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4,68 cm (1 7/8") dan berat masing-masing antara 400 gram sampai 440 gram;
 - e) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$.
- b. Pengujian Bitumen
- 1) Pengujian berat jenis aspal :
 - a) Termometer;
 - b) Bak perendam yang dilengkapi pengatur suhu dengan ketelitian $(25^\circ \text{C} \pm 15,6^\circ \text{C})$;
 - c) Piknometer 30 ml;
 - d) Air suling sebanyak 1000 ml;
 - e) Bejana gelas, kapasitas 1000 m;
 - 2) Pengujian daktilitas bitumen :

- a) Termometer;
 - b) Cetakan daktilitas kuningan;
 - c) Bak peredam isi 10L yang menarik benda uji dengan kecepatan tetap serta tidak menimbulkan getaran;
 - d) Bahan *methyl alcohol* teknik atau *glycerin* teknik
- 3) Pengujian penetrasi aspal :
- a) Alat penetrasi dengan ketelitian 0,1 mm;
 - b) Pemegang jarum seberat (47 – 0,05) gram;
 - c) Pemberat dari (50-0,05) gram atau (100+0,05) gram ;
 - d) Jarum penetrasi dari stainless steel tanda (*grade*);
 - e) Cawan contoh terbuat dari logam atau gelas berbentuk
 - f) silinder dengan dasar yang rata berukuran sebagai berikut :
 - g) Bak perendam (*water bath*);
 - h) Tempat air untuk benda uji ditempatkan di bawah alat;
 - i) penetrasi;
 - j) Pengatur waktu;
 - k) Thermometer.
- 4) Pengujian kehilangan berat minyak :
- a) Thermometer,
 - b) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu sampai (180°C 1°)C;
 - c) Piringan logam berdiameter 35 cm, menggantung pada oven pada poros vertikal dan berputar dengan kecepatan 5 sampai 6 putaran per menit.
 - d) Cawan baja tahan karat atau aluminium berbentuk silinder dengan dasaran yang rata; ukuran dalam : 140 mm, tinggi 9,5 mm dan tebal 0,64 mm-0,76 mm;
 - e) Neraca analitik, dengan kapasitas (200 dengan ketelitian 0,001) gram.
- c. Pengujian campuran aspal dengan alat *Marshall* :
- a) Kantong plastik kapasitas 2kg
 - b) Gas LPG
 - c) Tiga buah cetakan uji diameter 101,6 mm (4 in) tinggi 76,2 mm (3in) lengkap dengan pelat atas dan leher sambung;

- d) Mesin penumbuk manual atau otomatis;
- e) Alat pengeluar benda uji (*extruder*);
- f) Alat uji *marshall*;
- g) Oven yang mampu memanaskan campuran hingga $200^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$;
- h) Penangas air (*water bath*) dengan pengatur temperatur dan menjaga temperatur air $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$;
- i) Timbangan yang dilengkapi dengan penggantung benda uji berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram dan timbangan berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gram;
- j) Thermometer logam berkapasitas 104 dari $18-204^{\circ}\text{C}$ dengan ketelitian $2,8^{\circ}\text{C}$;
- k) Thermometer gelas untuk pengukur temperatur air dalam penangas dengan sensitivitas sampai $0,2^{\circ}\text{C}$.

3.3.2. Tahap persiapan penelitian

Pada tahap ini, sebelum melakukan sebuah penelitian ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dan dilakukan diantaranya :

1. Studi *literature*, mengumpulkan dan mempelajari beberapa jurnal, buku atau sumber lain sebagai referensi yang berhubungan dengan penelitian dan menunjang penelitian dengan judul Perbandingan Kinerja Campuran HRS-base (*Hot Rolled Sheet -Base*) dengan menggunakan *Marshall Test*.
2. Peminjaman dan perijinan alat-alat,tempat penelitian.
3. Pengujian awal material, yang meliputi pengujian agregat halus, agregat kasar dan aspal.

Pengujian agregat halus dan agregat kasar meliputi :

- Berat jenis dan penyerapan air

Prosedur pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus :

- 1) Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap, dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama (24 ± 4) jam);

- 2) Buang air perendam dengan hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat di atas talam, keringkan di udara panas, dengan cara mebolak-balikkan benda uji, lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh;
- 3) Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung,;
- 4) Masukkan 500 gram benda uji ke dalam piknometer, masukkan air suling sampai mencapai 90% isi piknometer, putar sambil di guncang sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya; dapat pula menggunakan pompa hampa udara;
- 5) Rendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan pada suhu standar 25°C ;
- 6) Tambahkan air sampai mencapai tanda batas;
- 7) Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (Bt);
- 8) Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji dalam desikator;
- 9) Setelah benda uji dingin kemudian timbanglah (Bk);
- 10) Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air gunakan penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

Prosedur pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar :

- 1) Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan;
- 2) Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap;
- 3) Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1-3 jam kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk).
- 4) Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam;
- 5) Keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang, untuk butiran yang besar pengeringan halus satu persatu;

- 6) Timbang benda uji kering permukaan (B_j);
- 7) Letakan benda uji di dalam keranjang, guncangan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya di dalam air (B_a), suhu air menggunakan suhu standar (25°C);
- 8) Dilakukan beberapa pemeriksaan ulangan untuk mendapatkan harga rata-rata yang memuaskan.

- Analisa Saringan

Prosedur pengujian analisis saringan agregat halus dan agregat kasar :

- 1) Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, sampai berat tetap;
- 2) Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempaykan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

- Keausan Agregat

- 1) Pengujian ketahanan agregat kasar terhadap keausan dilakukan menggunakan Cara A;
- 2) Benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin Abrasi *Los Angeles*;
- 3) Putar mesin dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm. Jumlah putaran 500 putaran;
- 4) Setelah selesai pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan No. 12 (1,7 mm); butiran yang tertahan di atasnya dicuci bersih. Selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.

Untuk pengujian bitumen aspal meliputi :

- Berat Jenis Aspal

- 1) Isilah bejana dengan air suling, diperkirakan bagian atas piknometer yang tidak terendam 40 mm; kemudian rendam dan jepitlah bejana tersebut dalam bak perendam sekurang-kurangnya 100 mm; aturlah suhu bak perendam pada suhu 25°C .
- 2) Bersihkan, keringkan, dan timbangah piknometer dengan ketelitian 1 mg;
(A)

- 3) Angkatlah bejana dari bak perendam dan isilah piknometer dengan air suling, kemudian tutuplah piknometer tanpa ditekan;
 - 4) Letakkan piknometer ke dalam bejana dan tekanlah penutup sehingga rapat; kembalikan bejana berisi piknometer ke dalam bak perendam; diamkan bejana tersebut di dalam bak perendam selama sekurang-kurangnya 30 menit, kemudian angkatlah dan keringkan dengan lap; timbanglah piknometer dengan ketelitian 1 mg; (B)
 - 5) Panaskan contoh bitumen keras atau ter sejumlah 100 gram, sampai menjadi cair dan aduklah untuk mencegah pemanasan setempat; pemanasan tidak boleh lebih dari 30 menit pada suhu 111°C di atas titik lembek aspal;
 - 6) Tuangkan benda uji tersebut ke dalam piknometer yang telah kering hingga terisi $\frac{3}{4}$ bagian;
 - 7) Biarkan piknometer sampai dingin, selama tidak kurang dari 40 menit dan timbanglah dengan penutupnya dengan ketelitian 1 mg; (C)
 - 8) Isilah piknometer yang berisi benda uji dengan air suling dan tutuplah tanpa ditekan, diamkan agar gelembung udara keluar;
 - 9) Angkatlah bejana dari bak perendam dan letakkan piknometer di dalamnya dan kemudian tekanlah penutup hingga rapat; masukkan dan diamkan bejana ke dalam bak perendam selama sekurang-kurangnya 30 menit; angkat, keringkan, dan timbang piknometer. (D)
- **Daktilitas**
 - 1) Diamkan benda uji pada suhu 25°C dalam bak perendam selama 85 sampai 95 menit, kemudian lepaskan benda uji dari pelat dasar dan sisi-sisi cetaknya;
 - 2) Pasanglah benda uji pada alat mesin dan tariklah benda uji secara teratur dengan kecepatan 50 mm/menit sampai benda uji putus; suhu harus dipertahankan tetap (25°C-0.5°C);
 - 3) Apabila benda uji menyentuh dasar mesin uji atau terapung pada permukaan air pengujian dianggap tidak normal; berat jenis air dapat disesuaikan dengan berat jenis benda uji dengan menambah methyl alcohol atau glycerin;
 - **Penetrasi**

- 1) Letakkan benda uji dalam tempat air yang kecil dan masukkan tempat air tersebut ke dalam bak peredan yang bersuhu 25°C; diamkan dalam bak tersebut selama 1-1,5 jam untuk benda uji kecil, dan 1,5-2 jam untuk benda uji besar;
- 2) Pasanglah jarum dengan baik pada pemegang jarum yang sudah dibersihkan dan dikeringkan;
- 3) Letakkan pemberat 50 gram di atas jarum untuk memperoleh beban sebesar 100-0,1 gram;
- 4) Pindahkan tempat air berikut benda uji bak perendam ke bawah alat penetrasi;
- 5) Turunkan jarum perlahan-lahan sehingga jarum tersebut menyentuh permukaan benda uji; kemudian aturlah angka 0 di arloji penetrometer sehingga jarum petunjuk berimpit dengannya;
- 6) Lepaskan pemegang jarum dan serentak jalankan stop watch selama (5-0,1) detik;
- 7) Putarlah arloji penetrometer dan bacalah angka penetrasi yang berimpit dengan jarum penunjuk; bulatkan hingga angka 0,1 mm terdekat;
- 8) Lepaskan jarum dari pemegang jarum dan siapkan alat penetrasi untuk pekerjaan berikutnya;
- 9) Ulangi langkah langkah 1) sampai 8) di atas tidak kurang dari 3 kali untuk benda uji yang sama, dengan ketentuan setiap titik pemeriksaan berjarak satu sama lain dan tepi dinding lebih dari 1 cm.

▪ **Kehilangan Berat Minyak**

Benda uji adalah minyak atau aspal sebanyak 100 gram, yang dipersiapkan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Aduklah contoh minyak atau sopal serta panaskan bila perlu untuk mendapatkan campuran yang merata.
- 2) Tuangkan contoh kira – kira ($50,0 \pm 0,5$) gram ke dalam cawan dan setelah dingin timbanglah dengan ketelitian 0,02 gram; (A)
- 3) Benda uji yang diperiksa harus bebas air.
- 4) Siapkan benda uji ganda (Duplo).

Prosedur pengujian kehilangan berat minyak :

- 1) Letakkan benda uji diatas piringan setelah oven mencapai suhu (163°C).
- 2) Pasanglah thermometer pada dudukannya sehingga terletak pada tengah antara pinggir piringan dan poros (sumbu) dengan ujung 6 mm di atas piringan;
- 3) Ambillah benda uji dari dalam oven setelah 5 jam sampai 5 jam 15 menit;
- 4) Dinginkan benda uji pada suhu ruang, kemudian timbanglah dengan ketelitian 0,01 gram (B);
- 5) Apabila hasil pemeriksaan tidak semuanya sama maka benda uji dengan hasil yang sama dikelompokkan untuk pemeriksaan ulang.

3.3.3. Tahap Pelaksanaan Penelitian

1. Perencanaan gradasi agregat dengan metode grafis (2 fraksi agregat)
 - 1) Gambarlah bujursangkar 10 cm x 10 cm.
 - 2) Persen lolos agregat kasar digambarkan pada bagian kanan (skala 0 – 100%), dan untuk persen lolos agregat halus (= agregat B) digambarkan pada bagian kiri (skala 0-100%).
 - 3) Hubungkan titik tepi sebelah kanan dan kiri dari persen lolos masing-masing fraksi untuk ukuran saringan yang sama.
 - 4) Berilah tanda x untuk titik yang menunjukkan batas gradasi spesifikasi agregat campuran pada garis penunjuk ukuran saringan.
 - 5) Tarik garis vertikal pada titik paling tengah dari batas atas dan batas bawah. Garis ini menjadi batas daerah dimana proporsi kedua fraksi akan menghasilkan agregat campuran yang memenuhi spesifikasi.
 - 6) Presentase campuran dibaca dari skala horizontal yang dibuat. Untuk agregat kasar angka 0% dimulai dari kiri, dan agregat halus sebaliknya.
2. Dihitung nilai aspal ideal untuk campuran, sesuai dengan rumus dari The Asphalt Institute. Setelah diketahui nilai aspal ideal, tambahkan 2 kali dengan interval 0,5% dan dikurangi 2 kali dengan interval 0,5%.

3. Persiapan Campuran
 - 1) Keringkan agregat pada temperature 105°C - 110°C sekurang kurangnya selama 4 jam di dalam oven;
 - 2) Keluarkan agregat dari oven dan tunggu sampai beratnya tetap;
 - 3) Pisah – pisahkan agregat dengan cara penyaringan dan lakukan penimbangan;
 - 4) Lakukan pengujian kekentalan aspal untuk memperoleh temperatur pencampuran dan pematatan;
 - 5) Panaskan agregat pada temperatur 28°C diatas temperatur pencampuran sekurang – kurangnya 4 jam di dalam oven;
 - 6) Panaskan aspal sampai mencapai kekentalan (viskositas) yang disyaratkan untuk poekerjaan pencampuran dan pematatan;
- 7) Pencampuran benda uji:
 - Untuk setiap benda uji diperlukan agregat sebanyak ± 1200 gram;
 - Panaskan wadah pencampur kira – kira 28°C diatas temperatur pencampuran aspal keras;
 - Masukkan agregat yang telah dipanaskan kedalam wadah pencampur;
 - Tuangkan aspal yang sudah mencapai tingkat kekentalan sebanyak yang dibutuhkan kedalam agregat yang sudah dipanaskan; kemudian aduk dengan cepat sampai agregat terselimuti aspal secara merata.
- 8) Pematatan benda uji
 - Bersihkan perlengkapan cetakan benda uji dan penumbuk dengan seksama dan panaskan sampai suhu antara 90°C – 150°C ;
 - Letakan cetakan diatas landasan pematat dan ditahan dengan pemegang cetakan;
 - Letakan kertas saring atau kertas penghisap dengan ukuran sesuai dasar cetakan;
 - Masukkan seluruh campuran kedalam cetakan dan tusuk – tusuk campuran dengan spatula yang telah dipanaskan sebanyak 15 kali di sekeliling pinggirannya dan 10 kali dibagian tengahnya;
 - Letakan kertas saring atau kertas penghisap di atas permukaan benda uji dengan ukuran sesuai cetakan;

- Padatkan campuran dengan temperature yang disesuaikan dengan kekentalan aspal yang digunakan sesuai spesifikasi, dengan jumlah tumbukan:
 - ❖ 75 kali untuk lalu lintas berat
 - ❖ 50 kali untuk lalu lintas sedang
 - ❖ 35 kali untuk lalu lintas ringan
- 9) Pelat alas dan leher sambung dilepas dari cetakan benda uji, kemudian cetakan yang berisi benda uji dibalik dan dipasan kembali pelat alas berikut leher sambung pada cetakan yang dibalik tadi;
- 10) Permukaan benda uji yang sudah dibalikkan tadi ditumbuk kembali dengan jumlah tumbukan yang sama sesuai dengan 5), 6) dan 7);
- 11) Sesudah dilakukan pemadatan campuran, lepaskan pelat dan pasang pengeluar pada permukaan ujung benda uji tersebut;
- 12) Keluarkan dan letakan benda uji di atas permukaan yang rata dan beri beberapa tanda pengenal serta biarkan selama kira – kira 24 jam pada temperatur ruang.
- 4. Benda uji lalu diuji kuat tekan dengan menggunakan alat Uji Marshall. Pengujian Marshall meliputi :
 - a. Persiapan benda uji
 - 1) Bersihkan benda uji dari kotoran yang menempel;
 - 2) Ukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm (0,004 in)
 - 3) Timbang benda uji;
 - 4) Rendam benda uji dalam air selama kira – kira 24 jam pada temperatur ruang;
 - 5) Timbang benda uji di dalam air untuk mendapatkan isi dari benda uji;
 - 6) Timbang benda uji dalam kondisi kering permukaan jenuh.
 - b. Penentuan berat jenis bulk dari benda uji
 - c. Pemeriksaan nilai stabilitas dan *flow*
 - d. Perhitungan sifat volumetrik benda uji
- 5. Prosedur Pengujian

Lamanya waktu yang diperlukan dari diangkatnya benda uji dari penangas air sampai tercapainya beban maksimum saat pengujian tidak boleh melebihi 30 detik.

- 1) Rendam benda uji dalam penangas air selama 30 – 40 menit dengan temperatur tetap $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ untuk benda uji;
- 2) Untuk mengetahui indeks perendaman, benda uji direndam dalam penangas air selama 24 jam dengan temperatur $50^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$;
- 3) Keluarkan benda uji dari penangas air dan letakan dalam bagian bawah alat penekan uji *Marshall*;
- 4) Pasang bagian atas alat penekan uji *Marshall* di atas benda uji dan letakan seluruhnya dalam mesin uji *Marshall*;
- 5) Pasang arloji pengukur pelelehan pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang pada bagian atas kepala penekan;
- 6) Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda uji dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji;
- 7) Atur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol;
- 8) Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50,8 mm (2in) per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, untuk pembebanan maksimum (stabilitas) yang dicapai. Untuk benda uji dengan tebal $\neq 63,5$ mm, beban harus dikoreksi dengan faktor pengali;
- 9) Catat nilai pelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai.

3.4. Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan objek penelitian atau apa yang menjadi perhatian suatu titik perhatian suatu penelitian. Variabel dikelompokkan dalam berbagai cara, namun ditekankan menjadi 3 jenis yang sangat penting dalam penelitian, yaitu :

3.4.1 Variabel Bebas (Independen)

Variabel ini bisa disebut juga variabel stimulus, yang merupakan variable pengaruh yang menjadi sebab berubahnya atau timbulnya variable terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini antara lain :

1. Presentase Agregat Kasar terhadap campuran agregat
2. Presentase Agregat Medium terhadap campuran agregat
3. Presentase Agregat Halus terhadap campuran agregat

3.4.2 Variabel Terikat (Dependen)

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu :

1. Presentase aspal yang digunakan
2. Stabilitas
3. Pelelehan (*flow*)
4. MQ
5. VIM, VMA dan VFA

3.4.3 Variabel Kontrol/Pengendali

Variabel kontrol merupakan variabel konstan yang digunakan untuk membandingkan variabel lain. Faktor-faktor yang mempengaruhi parameter Marshall untuk menentukan kekuatan dari laston antara lain :

1. Jumlah pukulan
2. Ukuran butiran maksimum agregat
3. Cara perawatan benda uji

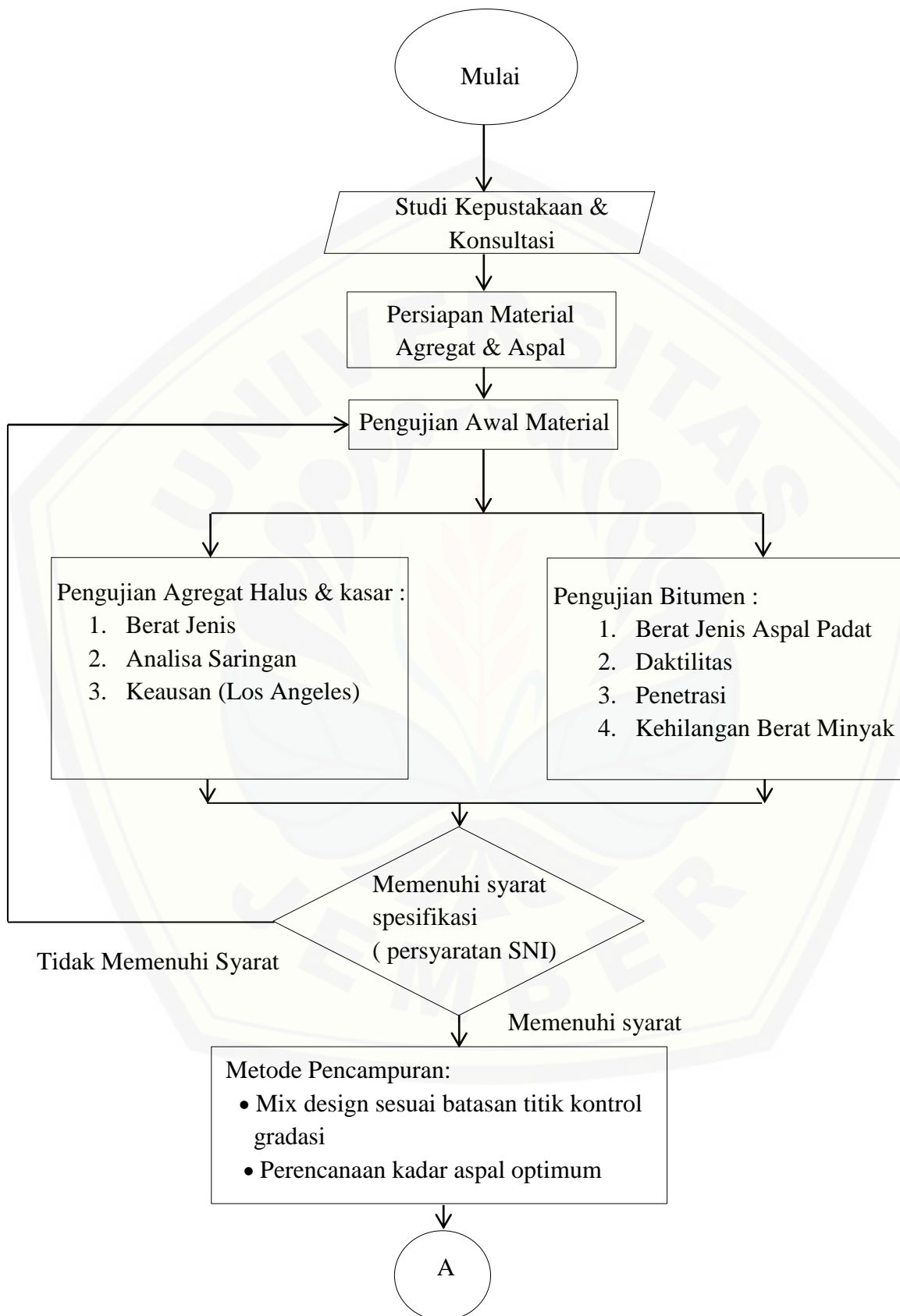
3.5. Analisis Data

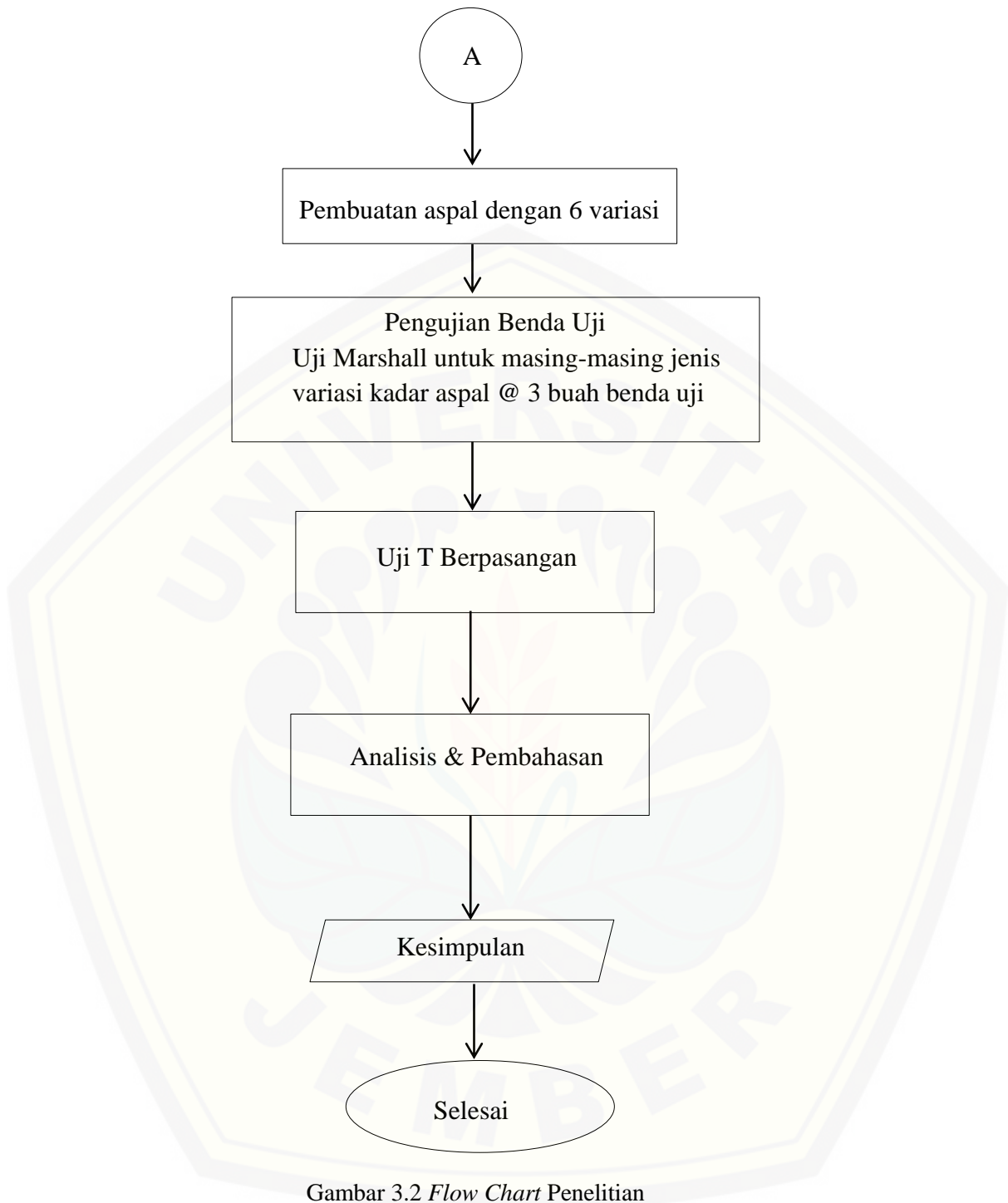
Setelah pengujian *Marshall* selesai dilakukan dan mendapatkan hasilnya dari masing masing benda uji yang sudah diuji kuat tekannya, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan terhadap data yang terkumpul. Perhitungan yang dilakukan meliputi parameter Marshall yaitu VMA, VIM, VFB serta nilai *density*, stabilitas, *flow* dan MQ (Marshall Quotient) dari nilai kadar aspal yang memenuhi persyaratan.

Tabel 3.1 Matriks Penelitian

Latar Belakang	Rumusan Masalah	Variabel	Keterangan	Jenis Data	Sumber Data	Metode Penelitian	Kesimpulan
	Bagaimana perbandingan kinerja hasil campuran HRS-Base (<i>Hot Rolled Sheet – Base</i>) bergradasi senjang dengan bergradasi semi senjang?	A	VMA	Sekunder	Perhitungan	Statistik	Uji-t
	B	VIM	Sekunder	Perhitungan	Berpasangan		
	C	VFA	Sekunder	Perhitungan			
	D	Stabilitas	Primer	Pengamatan			
	E	Pelelehan (flow)	Primer	Pengamatan			
	F	MQ	Sekunder	Perhitungan			
	G	Persentase Aspal	Sekunder	Perhitungan			
	H	Persentase Agregat Kasar terhadap campuran dengan Persentase Agregat	Sekunder	Perhitungan			
	I	Medium terhadap campuran dengan Persentase Agregat Halus	Sekunder	Perhitungan			
	J	terhadap campuran	Sekunder	Perhitungan			

3.6. Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.2 *Flow Chart* Penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian yang sudah dilakukan menghasilkan sebuah kesimpulan bahwa perbedaan penggunaan campuran *HRS-Base* agregat gradasi senjang dan semi senjang memiliki pengaruh terhadap kinerja *HRS-Base*. Nilai KAO yang memenuhi pada masing masing campuran didapatkan hasil yang berbeda, yaitu 7,5% dan 8% untuk campuran gradasi senjang, 8,5% dan 9% campuran gradasi semi senjang, kemudian dipilih KAO yang memenuhi dari dua campuran tersebut masing-masing satu KAO sebesar 7,5 % untuk *HRS-Base* agregat gradasi senjang dan 9 % untuk semi senjang. Pada KAO 7,5 % campuran *HRS-Base* gradasi senjang didapatkan rata –rata nilai stabilitas 1888,89 kg, VMA 19,47%, VIM 5,048%, VFA 74,01%, *density* 2,2 %, dan MQ 515,39 kg/mm. Sedangkan untuk *HRS-Base* agregat gradasi semi senjang didapatkan rata –rata nilai stabilitas 2173,861 kg , VMA 20,276 %, VIM 4,468%, VFA 77,968%, *density* 2,17 %, dan MQ 393,993 kg/mm. Jika ditinjau dari nilai stabilitas, campuran *HRS-Base* semi senjang relatif lebih sensitif terhadap perubahan kadar aspal. Ini dapat dilihat pada grafik hubungan kadar aspal dengan stabilitas. Juga dapat disimpulkan bahwa antara campuran *HRS-Base* gradasi senjang dan semi senjang terdapat perbedaan yang signifikan pada kriteria *Marshall* yaitu *density*,MQ, dan stabilitas.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah disimpulkan, maka dapat disarankan hal – hal sebagai berikut :

1. Jika membutuhkan penggunaan jalan dengan pelayanan lalu lintas yang tinggi sebaiknya menggunakan campuran *HRS-Base* semi senjang.
2. Jika melihat dari segi KAO yang diperoleh maka disarankan memilih campuran *HRS-Base* gradasi senjang, karena kadar aspal optimum yang diperoleh lebih rendah.
3. Mencari proporsi campuran lataston dengan menggunakan agregat baru.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO 84-88 atau SNI-03-1970-1990. *Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan*.
- Departemen Kimpraswil Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah, 2002, Spesifikasi Teknik Campuran Aspal Panas, Jakarta.
- Hermanus, G., Oscar H. Kaseke., & Freddy, J. (2015). *Kajian Perbedaan Kinerja Campuran Beraspal Panas Antara Jenis Lapis Tipis Aspal Beton-Lapis Aus (HRS-WC) Bergradasi Senjang Dengan Bergradasi Semi Senjang*. Jurnal Sipil Statik, III, 228-234.
- Huwae, M., Oscar H. Kaseke., & Theo K. Sendow. (2015). *Kajian Kinerja Campuran Lapis Pondasi Jenis Lapis Tipis Aspal Beton-Lapis Pondasi (HRS-Base) Bergradasi Senjang dengan Jenis Lapis Aspal Beton-Lapis Pondasi (AC-Base) Bergradasi Halus*. Jurnal Sipil Statik, III, 183-189.
- Modul Praktikum Bahan Jalan Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember, 2007.Jember.
- Pedoman Teknik No. 028/T/m/1999, Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga.
- Praesillia, C., A., & Waani, O., H. (2015). *Pengaruh Variasi Kandungan Bahan Pengisi Terhadap Kriteria Marshall pada Campuran Lapis Aspal Beton-Lapis Antara Bergradasi Halus*. Jurnal Sipil Statik, III, 813-820.
- Rahaditya, D.R., 2012. *Studi Penggunaan Serbuk Bata Merah Sebagai Filler pada Perkerasan Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC)*. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Setiawan, N. 2013. Statistik Ceria. <http://statistikceria.blogspot.in/2013/12/Pengujian-Perbedaan-Rata-rata-Dua-kelompok-berpasangan-dependentparametrik.html?m=1>. [Diakses pada 20 Juni 2018].
- Setiawan, N. 2013. Statistik Ceria. <http://statistikceria.blogspot.in/2013/12/tutorial-excel-uji-t-perbedaan-rata-rata-Dua-kelompok-berpasangandependent-parametrik.html?m=1>. [Diakses pada 20 Juni 2018].

Shen, D.-H., Kou, M.-F., & Du, J.-C. (2005). *Properties of Gap-Aggregate Gradation Asphalt Mixture and Permanent Deformation*. *Construction and Building Materials*, 147-153.

Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 (revisi 3) Divisi 6 (Perkerasan Aspal).

Sukirman, S. (2007). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.




Universitas Jember. 2011. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Jember: Badan Penerbit Universitas Jember.









LAMPIRAN A



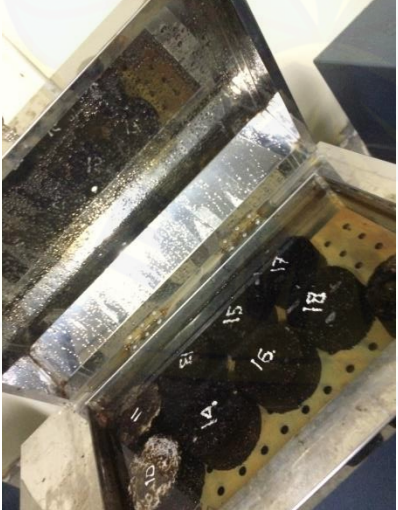
DOKUMENTASI LABORATORIUM




NO	DOKUMENTASI	KETERANGAN
1.		Agregat halus, agregat medium, dan agregat kasar
2.		Proses penyaringan agregat
3.		Hasil penyaringan agregat per ukuran saringan


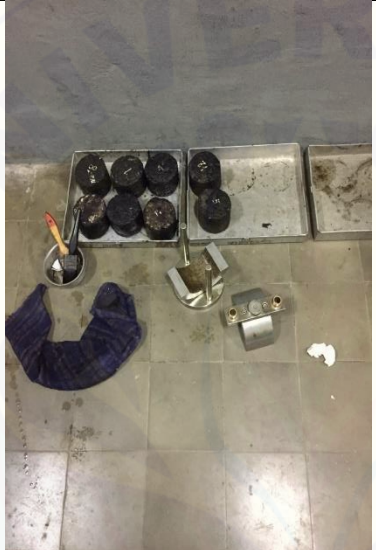
<p>4.</p>		<p>Proses penimbangan agregat</p>
<p>5.</p>		<p>Proses penggorengan agregat</p>
<p>6.</p>		<p>Proses <i>compaction</i> benda uji</p>

7.		Proses pengeluaran benda uji dari <i>extrude</i>
----	---	--



8.		Hasil benda uji
9.		Proses penimbangan berat kering udara benda uji
10.		Proses perendaman benda uji didalam <i>waterbath</i>

<p>11.</p>		<p>Proses pengeringan benda uji setelah perendaman</p>
<p>12.</p>		<p>Proses penimbangan SSD</p>
<p>13.</p>		<p>Proses penimbangan SSD</p>

<p>14.</p>		<p>Proses <i>Marshall Test</i></p>
<p>15.</p>		<p>Benda uji setelah proses <i>Marshall Test</i></p>



LAMPIRAN B
HASIL PENGUJIAN

Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Benda Uji		I	II	Rerata
A	Berat benda uji kering permukaan jenuh (500) (gram)	98,77	105,20	101,99
B	Berat benda uji kering oven (Bk) (gram)	87,60	87,00	87,30
C	Berat piknometer+air (gram)	166,37	166,18	166,28
D	Berat Piknometer+benda uji SSD+air (gram)	225,56	223,61	224,59
E	Berat piknometer+air terkoreksi (B) (gram)	166,19	166,00	166,09
F	Berat Piknometer+benda uji SSD+air terkoreksi (Bt) (gram)	225,31	223,36	224,34
G	Berat Jenis (bulk) $\frac{Bk}{(B + 500 - Bt)}$	2,21	1,82	2,01
H	Berat Jenis kering permukaan jenuh $\frac{500}{(B + 500 - Bt)}$	2,49	2,20	2,35
I	Berat jenis semu (apparent) $\frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$	3,08	2,94	3,01

Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Medium

Benda Uji		I	II	Rerata
A	Benda uji kering oven (Bk) (gram)	3456,00	3634,00	3545,00
B	Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram) (Bj)	3540,00	3733,00	3636,50
C	Berat benda uji didalam air (Ba) (gram)	2172,20	2292,40	2232,30
D	Berat Jenis (bulk) $\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,53	2,52	2,52
E	Berat Jenis kering permukaan jenuh $\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,59	2,59	2,59
F	Berat jenis semu (apparent) $\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,69	2,71	2,70
G	Penyerapan $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	2,43	2,72	2,58

Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Benda Uji		I	II	Rerata
A	Benda uji kering oven (Bk) (gram)	3334,50	3621,50	3478,00
B	Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram) (Bj)	3385,60	3671,50	3528,55
C	Berat benda uji didalam air (Ba) (gram)	2144,50	2321,40	2232,95
D	Berat Jenis (bulk) $\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,69	2,68	2,68
E	Berat Jenis kering permukaan jenuh $\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,73	2,72	2,72
F	Berat jenis semu (apparent) $\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,80	2,79	2,79
G	Penyerapan $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	1,53	1,38	1,46

Berat Jenis Aspal Padat

Benda Uji		I	II	
A	Berat Picnometer + Tutup (gram)	36,27	35,18	
B	Berat Picnometer + Tutup + Air (gram)	58,57	58,92	
C	Berat Picnometer + Tutup + Aspal (gram)	50,29	50,54	
D	Berat Picnometer + Tutup + Aspal + Air (gram)	59,25	59,25	
E	Berat Jenis Aspal	1,051	1,022	
D	Rerata	1,036		

Penetrasi Aspal

Pembukaan	Benda Uji dipanaskan	Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
Benda Uji	Mulai		Pemanas
	Selesai	10 menit	Temp 130
Mendinginkan	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai		ruang 2
	Selesai		Temp 130
Pemeriksaan	Penetrasi 25°C, 100 gram, 5 detik		
	Mulai		Cawan
	Selesai		Temp 130
Penetrasi pada suhu 25°C, beban 100 gram, 5 detik		A	B
Pengamatan			
1		70	81
2		72,5	81
3		70	80
Rerata (1,2,3)		70,83	80,67
Rerata (A,B,C)		75,75	

Kehilangan Berat Minyak

Pembukaan Benda Uji	Benda Uji dipanaskan		Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
	Mulai			
	Selesai			
Mendinginkan Benda Uji	Didiamkan pada suhu ruang			
	Mulai			ruang 1
	Selesai			Temp 130
Pemeriksaan Benda Uji	Kehilangan Berat pada 163 ^o C			
	Mulai			Oven
	Selesai			Temp 130
Benda Uji			I	II
A	Cawan + Aspal Keras	gram	38,040	38,110
B	Cawan Kosong	gram	12,730	12,810
C	Aspal Keras, (A - B)	gram	25,310	25,300
D	Berat Sebelum Pemanasan	gram	38,040	38,110
E	Berat Sesudah Pemanasan	gram	38,010	38,070
F	(D - E)	gram	0,030	0,040
G	$\frac{F}{C} \times 100$	%	0,119	0,158
H	Rerata	%	0,106	

Daktilitas

Pembukaan Benda Uji	Benda Uji dipanaskan		Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
	Mulai			
	Selesai			
Mendinginkan Benda Uji	Didiamkan pada suhu ruang			
	Mulai			ruang 1
	Selesai			Temp 38 ^o C ± 1
Perendaman Benda Uji	Suhu perendaman 25 ^o C			
	Mulai			Waterbath
	Selesai			Temp 25 ^o C ± 1
Pengujian	Alat			
	Mulai			Daktilitas
	Selesai			Temp 25 ^o C ± 1
Daktilitas suhu 25 ^o C 5 cm per menit		Pembacaan Alat cm		
Pengamatan	1			105
	2			103
	3			106
Rerata		105		

Hasil Pengujian Marshall Campuran HRS-Base Bergradasi Senjang

No. Benda Uji	% aspal terhadap batuan	% aspal terhadap campuran	Pengambilan Data Laboratorium			Volume benda uji (cm ³)	Berat isi benda uji (Gmb)	BJ maksimum benda uji (Gmm)	% aspal	BJ agregat efektif (Gse)	VMA	VIM	VFA	Stabilitas (kg)			Pelelehan (flow), mm	MQ	% penyerapan aspal
			Berat di udara	Berat SSD	Berat dalam air									Pembacaan dial	Faktor kalibrasi	faktor ketebalan			
1	6.50	6.103	1285.70	1298.80	710.00	588.80	2.18	2.35	6.50	2.595	20.14	7.02	65.17	98	1707.04	1775.32	3.90	455.21	2.996
2	6.50	6.103	1292.30	1305.50	711.00	594.50	2.17	2.35		2.595	20.50	7.43	63.74	110	1916.06	1992.71	2.60	766.43	2.996
3	6.50	6.103	1211.10	1226.40	667.00	559.40	2.16	2.35		2.595	20.82	7.81	62.51	98	1707.04	1775.32	4.70	377.73	2.996
Rerata			1263.03	1276.90	696.00	580.90	2.17	2.35		2.595	20.49	7.42	63.81	102.00	1776.71	1847.78	3.73	533.12	3.00
4	7.00	6.542	1261.10	1270.20	694.00	576.20	2.19	2.33	7.00	2.600	19.96	6.23	68.80	112	1950.90	2028.94	3.45	588.10	2.996
5	7.00	6.542	1266.60	1281.30	696.00	585.30	2.16	2.33		2.600	20.86	7.28	65.08	78	1358.66	1413.01	3.80	371.84	2.996
6	7.00	6.542	1278.90	1289.90	701.00	588.90	2.17	2.33		2.600	20.58	6.96	66.20	110	1916.06	1992.71	4.70	423.98	2.996
Rerata			1268.87	1280.47	697.00	583.47	2.17	2.33		2.600	20.47	6.82	66.69	100	1741.88	1811.55	3.98	461.31	3.00
7	7.50	6.977	1269.10	1275.30	705.00	570.30	2.23	2.32	7.50	2.605	18.62	4.08	78.08	110	1916.06	1992.71	2.80	711.68	2.996
8	7.50	6.977	1244.90	1253.00	681.00	572.00	2.18	2.32		2.605	20.41	6.19	69.67	98	1707.04	1775.32	4.78	371.41	2.996
9	7.50	6.977	1304.10	1314.60	723.00	591.60	2.20	2.32		2.605	19.38	4.98	74.29	100	1741.88	1898.64	4.10	463.08	2.996
Rerata			1272.70	1280.97	703.00	577.97	2.20	2.32		2.605	19.47	5.08	74.01	102.67	1788.33	1888.89	3.89	515.39	2.996
10	8.00	7.407	1273.10	1284.50	695.00	589.50	2.16	2.31	8.00	2.610	21.02	6.36	69.75	70	1219.31	1219.31	3.80	320.87	2.996
11	8.00	7.407	1288.10	1293.90	719.00	574.90	2.24	2.31		2.610	18.06	2.85	84.23	105	1828.97	1902.13	3.70	514.09	2.996
12	8.00	7.407	1247.40	1325.10	735.00	590.10	2.11	2.31		2.610	22.69	8.34	63.24	105	1828.97	1993.58	3.15	632.88	2.996
Rerata			1269.53	1301.17	716.33	584.83	2.17	2.31		2.610	20.59	5.85	72.41	93.33	1625.75	1705.01	3.55	489.28	2.996
13	8.50	7.834	1257.80	1262.50	705.00	557.50	2.26	2.29	8.50	2.615	17.49	1.60	90.85	78	1358.66	1358.66	4.25	319.69	2.996
14	8.50	7.834	1273.60	1278.30	707.00	571.30	2.23	2.29		2.615	18.47	2.77	85.00	115	2003.16	2083.28	4.80	434.02	2.996
Rerata			1265.70	1270.40	706.00	564.40	2.24	2.31			2.615	17.981	2.185	87.927	96.500	1680.910	1720.973	4.525	376.851
16	9.00	8.257	1252.10	1254.60	685.00	569.60	2.20	2.28	9.00	2.621	19.61	3.57	81.78	115	2003.16	2083.28	6.90	301.93	2.996
17	9.00	8.257	1328.10	1339.70	735.00	604.70	2.20	2.28		2.621	19.68	3.66	81.42	115	2003.16	2083.28	5.25	396.82	2.996
18	9.00	8.257	1253.40	1257.30	696.00	561.30	2.23	2.28		2.621	18.34	2.05	88.84	108	1881.23	1956.47	5.10	383.62	2.996
Rerata			1277.87	1283.87	705.33	578.53	2.21	2.28		2.621	19.208	3.092	84.012	112.667	1962.513	2041.014	5.750	360.788	2.996

Hasil Pengujian Marshall Campuran HRS-Base Bergradasi Semi Senjang

No. Benda Uji	% aspal terhadap batuan	% aspal terhadap campuran	Pengambilan Data Laboratorium			Volume benda uji (cm ³)	Berat isi benda uji (Gmb)	BJ maksimum benda uji (Gmm)	% aspal	BJ agregat efektif (Gse)	VMA	VIM	VFA	Stabilitas (kg)			Pelelehan (flow), mm	MQ	% penyerapan aspal
			Berat di udara	Berat SSD	Berat dalam air									Pembacaan dial	Faktor kalibrasi	faktor ketebalan			
1	6.50	6.103	1329.10	1336.60	718.40	618.20	2.15	2.34	6.50	2.581	20.95	8.02	61.70	110	1916.06	1992.71	3.30	603.85	2.783
2	6.50	6.103	1311.00	1319.90	706.30	613.60	2.14	2.34		2.581	21.44	8.60	59.91	120	2090.25	2173.86	2.90	749.61	2.783
3	6.50	6.103	1350.30	1359.50	731.10	628.40	2.15	2.34		2.581	20.99	8.07	61.54	100	1741.88	1811.55	3.62	500.43	2.783
Rerata			1330.13	1338.67	718.60	620.07	2.15	2.34		2.581	21.13	8.23	61.05	110.00	1916.06	1992.71	3.27	617.96	2.78
4	7.00	6.542	1379.40	1388.10	742.10	646.00	2.14	2.32	7.00	2.586	21.49	8.10	62.33	115	2003.16	2083.28	3.41	610.93	2.783
5	7.00	6.542	1286.20	1294.80	693.80	601.00	2.14	2.32		2.586	21.31	7.89	62.99	100	1741.88	1811.55	3.30	548.95	2.783
6	7.00	6.542	1366.80	1380.10	732.50	647.60	2.11	2.32		2.586	22.40	9.16	59.11	95	1654.78	1720.97	4.23	406.85	2.783
Rerata			1344.13	1354.33	722.80	631.53	2.13	2.32		2.586	21.73	8.38	61.47	103	1799.94	1871.94	3.65	522.25	2.78
7	7.50	6.977	1297.20	1302.50	695.10	607.40	2.14	2.31	7.50	2.590	21.48	7.53	64.94	100	1741.88	1811.55	3.70	489.61	2.783
8	7.50	6.977	1374.30	1380.30	744.80	635.50	2.16	2.31		2.590	20.49	6.36	68.93	120	2090.25	2173.86	3.55	612.36	2.783
9	7.50	6.977	1348.40	1354.70	726.80	627.90	2.15	2.31		2.590	21.04	7.02	66.65	130	2264.44	2468.24	4.25	580.76	2.783
Rerata			1339.97	1345.83	722.23	623.60	2.15	2.31		2.590	21.00	6.97	66.84	116.67	2032.19	2151.22	3.83	560.91	2.783
10	8.00	7.407	1326.50	1391.20	745.20	646.00	2.24	2.30	8.00	2.596	17.64	2.44	86.18	113	1968.32	1968.32	4.43	444.32	2.783
11	8.00	7.407	1383.30	1332.40	714.80	617.60	2.24	2.30		2.596	17.65	2.45	86.13	123	2142.51	2228.21	3.90	571.34	2.783
12	8.00	7.407	1317.60	1324.50	723.10	601.40	2.19	2.30		2.596	19.45	4.58	76.46	138	2403.79	2620.13	2.90	903.49	2.783
Rerata			1342.47	1349.37	727.70	621.67	2.22	2.30		2.596	18.24	3.15	82.92	124.67	2171.54	2272.22	3.74	639.71	2.783
13	8.50	7.834	1365.00	1369.40	739.50	629.90	2.17	2.28	8.50	2.601	20.32	5.07	75.06	100	1741.88	1741.88	3.28	531.06	2.783
14	8.50	7.834	1391.80	1393.80	757.40	636.40	2.19	2.28		2.601	19.59	4.19	78.59	128	2229.60	2318.78	3.49	664.41	2.783
15	8.50	7.834	1310.40	1316.90	695.20	621.70	2.11	2.28		2.601	22.50	7.66	65.94	78	1358.66	1358.66	4.73	287.24	2.783
Rerata			1355.73	1360.03	730.70	629.33	2.15	2.30		2.601	20.804	5.642	73.198	102.000	1776.713	1806.441	3.833	494.237	2.783
16	9.00	8.257	1331.90	1334.40	719.20	615.20	2.16	2.27	9.00	2.607	20.40	4.61	77.38	120	2090.25	2173.86	5.70	381.38	2.783
17	9.00	8.257	1350.70	1353.70	730.10	623.60	2.17	2.27		2.607	20.36	4.57	77.55	110	1916.06	1992.71	5.62	354.57	2.783
18	9.00	8.257	1392.40	1394.10	753.60	640.50	2.17	2.27		2.607	20.07	4.22	78.97	130	2264.44	2355.02	5.28	446.03	2.783
Rerata			1358.33	1360.73	734.30	626.43	2.17	2.27		2.607	20.276	4.468	77.968	120.000	2090.251	2173.861	5.533	393.993	2.783