Digital Repository Universitas Jember

PERBANDINGAN KINERJA LASTON AC-WC BERDASARKAN SPESIFIKASI GRADASI AGREGAT YANG DIIZINKAN

(*Performance Comparison of Laston AC-WC based on Aggregate Gradation Specifications)*

SKRIPSI

Oleh

DEVI YULITA METASARI

141910301062

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2018

Digital Repository Universitas Jember

PERSEMBAHAN

Dengan rahmat Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang dan atas segala doa dari orang-orang tercinta, akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Saya persembahkan karya sederhana ini untuk :

1. Ayahanda Slamet Edy Setiohadi dan Ibunda Sri Utami tercinta atas segala doa dan, kasih sayang, dan pengorbanan yang telah diberikan;
2. Adik kandungku tercinta, Dilly Rossa Metasari Metasari dan Dafinah Nova Metasari yang selalu menemani dan menghibur;
3. Guru-guru mulai dari tingkat kanak-kanak hingga perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat;
4. Para Teknisi Laboratorium yang telah membantu dalam mendapatkan data dalam proses penyelesaian skripsi;
5. Rekan – rekan saya Yayak, Oriza, Risa, Farma, Wildan, Nurul, Sopek, Denis, Nyup, Mona, Trio, Dharma, Adi, Ulfa, Reza, Edo, Arik dan Shofie yang telah meluangkan waktu untuk membantu dalam pengambilan data;
6. Teman – teman Girls Squad, KKN UMD 82 Mengok, dan Teknik Sipil 2014 yang senantiasa membantu dan memberi dukungan pada proses penyusunan Tugas Akhir;
7. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember;
8. Semua pihak yang turut berperan dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu;

Terimakasih kepada kalian semua, semoga Alla SWT membalas budi kalian dikemuadian hari dan memberikan kemudahan dalam segala urusan.

Digital Repository Universitas Jember

MOTTO

"*You may have to fight a battle more than once to win it*"
"Kamu mungkin harus berjuang lebih dari sekali
untuk mendapatkan yang kau inginkan"
(Margareth Thatcher)

"*Do what's right for you, as long as it don't hurt no one*"
"Lakukan yang menurutmu benar, selama itu tidak
menyakiti orang lain"
(Elvis Persley)

"Kesempurnaan tidak datang dengan sendirinya. Kesempurnaan harus diupayakan. Kesempuranaan harus dinilai. Proses dan hasil pekerjaan harus diawasi"
(B.J. Habibie)

Digital Repository Universitas Jember

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Devi Yulita Metasari

Nim : 141910301062

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul **"Perbandingan Kinerja Laston AC-WC berdasarkan Spesifikasi Gradasi Agregat yang Diizinkan"** adalah benar-benar karya sendiri, kecuali sumber kutipan yang telah diberikan penulis dan belum pernah diajukan pada skripsi manapun, dan bukan karya jiplakan. Penulis bertanggung jawab akan keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini penulis berikan dengan sebenarnya tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serat bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Maret 2018

Yang menyatakan,

Devi Yulita Metasari

141910301062

Digital Repository Universitas Jember

SKRIPSI

PERBANDINGAN KINERJA LASTON AC-WC BERDASARKAN SPESIFIKASI GRADASI AGREGAT YANG DIIZINKAN

Oleh :

Devi Yulita Metasari
Nim 141910301062

Pembimbing :

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

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Rr. Dewi Junita K., S.T., M.T.

Digital Repository Universitas Jember

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul **"Perbandingan Kinerja Laston AC-WC berdasarkan Spesifikasi Gradasi Agregat yang Diizinkan"**, atas nama Devi Yulita Metasari (141910301062) telah diuji dan disahkan pada :

Hari/Tanggal :

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Dosen Pembimbing

Pembimbing Utama	Pembimbing Anggota
Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T.	Dr. Rr. Dewi Junita K., S.T., M.T.
NIP. 19710327 199803 1 003	NIP. 19710610 199903 2 001

Dosen Penguji

Penguji Utama	Penguji Anggota
Syamsul Arifin, S.T., M.T.	Willy Kriswardhana, S.T., M.T.
NIP. 19690709 199802 1 001	NIP. 760015716

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik

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

Digital Repository Universitas Jember

RINGKASAN

Perbandingan Kinerja Laston AC-WC berdasarkan Spesifikasi Gradasi Agregat yang Diizinkan; Devi Yulita Metasari; 141910301062; 2018; 81 Halaman; Jurusan S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Laston adalah lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang memiliki nilai struktural. Campuran ini terdiri atas agregat bergradasi menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Agregat merupakan salah satu elemen penting dalam campuran laston. Gradasi agregat sendiri memberikan kekuatan pada struktur perkerasan yang dinyatakan dalam persentase agregat lolos atau persentase agregat tertahan. Dalam suatu campuran laston, terdapat batasan kontrol untuk penentuan gradasi agregat yang ditetapkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Bina Marga dan harus tetap terletak di luar "daerah larangan (*restriction zone*)", dimana jika spesifikasi campuran mendekati batas bawah dan terletak di bawah daerah larangan, maka campuran yang dihasilkan dominan dengan agregat kasar dan sedikit agregat halus, begitu pula sebaliknya.

Penelitian ini dilakukan terhadap campuran laston AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Coarse*) yang merupakan lapisan aus yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan dan keadaan luar dengan tebal minimal 4cm. Perencanaan variasi benda uji adalah menggunakan 2 variasi campuran yaitu campuran dengan gradasi agregat di atas daerah larangan dan di bawah daerah larangan. Pada masing-masing campuran digunakan 6 variasi kadar aspal dan terdapat 3 benda uji pada setiap variasi kadar aspal sehingga terdapat 18 benda uji dengan keseluruhan total benda uji 36 dari kedua campuran. Kadar aspal yang digunakan adalah 5,5%; 6%; 6,5%; 7%; 7,5% dan 8%.

Metode yang digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum pada campuran dengan agregat di atas dan di bawah daerah larangan adalah menggunakan Uji T Berpasangan. Dari analisa didapatkan bahwa campuran dengan kadar aspal 7% dan 7,5% memiliki karakteristik *Marshall* yang memenuhi syarat minimum. Setelah dilakukan Uji T Berpasangan didapatkan bahwa nilai karakteristik *Marshall* yang berbeda signifikan adalah pada nilai *flow* dan nilai *flow* yang lebih tinggi terdapat pada campuran dengan persentase aspal 7%. Dari kedua variasi campuran dengan gradasi agregat yang berbeda didapatkan bahwa campuran dengan agregat di atas daerah larangan memiliki nilai *flow* yang lebih tinggi, sehingga campuran ini lebih tahan lama (awet) dikarenakan memiliki kelenturan yang lebih baik.

Digital Repository Universitas Jember

SUMMARY

Performance Comparison of Laston AC-WC based on Aggregate Gradation Specifications; Devi Yulita Metasari; 141910301062; 2018; 81 pages; Department of Civil Engineering Faculty of Engineering, University of Jember

Laston is a cover layer of pavement construction that has a structural value. This mixture comprises a continuous-graded aggregate with hard asphalt, mixed, overlayed and compacted in a hot state at a certain temperature. Aggregates are an important element in a mixture of laston. The aggregate gradation itself provides strength to the pavement structure expressed in the percentage of aggregate passes or percentage of retained aggregate. In a laston mix, there is a limit of control for aggregate gradation determination established by the DPU Bina Marga and must remain outside the "restriction zone", where if the mixed specification is near the lower limit and is located below the prohibition area, the resulting mixture is dominant with coarse aggregates and slightly fine aggregates, and vice versa.

This research was conducted on laston mixture of AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Coarse) which is the wear layer which directly related to vehicle tire and outer circumstance with minimum thickness 4cm. Planning of the variation of the specimen is to use 2 mixed variations of mixture with aggregate gradation above the prohibition area and below the prohibition area. In each mixture was used 6 variations of asphalt content and there were 3 specimens on each variation of bitumen content so that there were 18 specimens with total of 36 test specimens from both mixtures. The asphalt content used was 5.5%; 6%; 6.5%; 7%; 7.5% and 8%.

The method used to determine the optimum bitumen content of the mixture with the aggregate above and below the prohibition area is to use Paired T Test. From the analysis it was found that the mixture with asphalt content of 7% and 7.5% had Marshall characteristics that met the minimum requirements. After Pair T test, it was found that the Marshall characteristic value that was significantly different was that the flow value and the higher flow value were found in the mixture with 7% asphalt percentage. From the two mixed variations with different aggregate gradations it was found that the mixture with the aggregate above the prohibition area has a higher flow value, so the mixture is more durable due to better flexibility.

Digital Repository Universitas Jember

PRAKATA

Segala Puji syukur ditujukan kehadirat Allah SWT, karena atas karunia rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Perbandingan Kinerja Laston AC-WC berdasarkan Spesifikasi Gradasi Agregat yang Diizinkan" dengan baik.

Penyelesaian skripsi ini tak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T. dan Dr. Rr. Dewi Junita K., S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, ilmu dan saran yang bermanfaat.
2. Syamsul Arifin, S.T., M.T. dan Willy Kriswardhana, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran demi perbaikan skripsi;
3. Sri Sukmawati, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberi banyak nasehat dan saran;
4. Dr. Yeny Dhokhikah, S.T., M.T., dan Willy Kriswardhana, 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 Teknin Universitas Jember;

Penulis menerima kritik dan saran untuk kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya.

Jember, Maret 2018

Penyusun

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PERSEMBAHAN ii
HALAMAN MOTTO iii
HALAMAN PERNYATAAN iv
HALAMAN PEMBIMBING v
HALAMAN PENGESAHAN vi
RINGKASAN vii
SUMMARY viii
PRAKATA ix
DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR LAMPIRAN xvi
BAB 1. PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Ruusan Masalah 3
1.3 Tujuan 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Batasan Masalah 3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Agregat 4
2.1.1 Jenis Agregat 4
2.1.2 Bentuk dan Tekstur Agregat 5
2.1.3 Gradasi Agregat 5
2.1.4 Daya Tahan Agregat 6
2.1.5 Berat Jenis Agregat 7
2.2 Aspal 8
2.2.1 Jenis Aspal 9
2.2.2 Fungsi Aspal sebagai Material Perkerasan Jalan 10

Digital Repository Universitas Jember

2.2.3 Sifat Semen Aspal 10
2.2.4 Jenis Semen Aspal 11
2.3 Pencampuran Agregat 11
2.3.1 Rancangan Agregat Campuran dengan Metode Analisis 12
2.3.2 Rancangan Agregat Campuran dengan Metode Grafis 13
2.4 Beton Aspal 13
2.4.1 Karakteristik Beton Aspal 13
2.4.2 Jenis Beton Aspal 14
2.4.3 Persyaratan Sifat Agregat dan Aspal 16
2.4.4 Persyaratan Campuran Beton Aspal 19
2.4.5 Sifat Volumetrik Campuran Beton Aspal yang Dipadatkan 20
2.4.6 Pengujian Marshall 22
2.5 Rancangan Campuran Beton Aspal Campuran Panas 22
2.6 Uji-t Berpasangan 24

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN 25
3.1 Lokasi Penelitian 25
3.2 Jenis Penelitian 25
3.3 Pelaksanaan Penelitian 25
3.3.1 Alat dan Bahan 25
3.3.2 Tahap Persiapan Penelitian 28
3.3.3 Tahap Pelaksanaan Penelitian 33
3.4 Variabel Penelitian 37
3.4.1 Variabel Bebas (Independen) 37
3.4.2 Variabel Terikat (Dependen) 37
3.4.3 Variabel Kontrol/Pengendali 38
3.5 Analisis Data 38
3.6 Diagram Alir Penelitian 41

BAB 4. PEMBAHASAN 43
4.1 Pengujian Agregat 43
4.1.1 Pengujian Agregat Kasar 43

Digital Repository Universitas Jember

4.1.2 Pengujian Agregat Halus 45
4.1.3 Pengujian Agregat *Filler* 46
4.2 Pengujian Bitumen Aspal 47
4.3 Perencanaan Campuran 48
4.3.1 Perencanaan Campuran Agregat 48
4.3.2 Perhitungan KAO 51
4.4 Hasil Pengujian dan Analisa *Marshall* 51
4.5 Penentuan KAO 59
4.6 Analisa Data dan Pembahasan 61
4.6.1 Uji T Berpasangan terhadap Keseluruhan Benda Uji 61
4.6.2 Uji T Berpasangan terhadap Benda Uji KAO 72

BAB 5. PENUTUP 81
5.1 Kesimpulan 81
5.2 Saran 81

DAFTAR PUSTAKA 82

LAMPIRAN 84

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR GAMBAR

2.1. Jenis agregat berdasarkan ukuran butiran 5
2.2. Masin Los Angeles.....7
2.3. Proses destilasi minyak bumi 9
2.4. Contoh pencampuran 3 fraksi agregat menggunakan metode Rothluchs tipe A.....14
2.5. Skematis jenis volume beton aspal 20
2.6. Pengertian VIM, selimut aspal, aspal yang terarbsorbsi 22
3.1. Lokasi penelitian 25
3.2. Grafik persyaratan gradasi agregat campuran laston AC-WC.....33
4.1.(a) Grafik Hasil Analisa Saringan Agregat di Atas Daerah Larangan 49
4.1.(b) Grafik Hasil Analisa Saringan Agregat di Bawah Daerah Larangan 50
4.2 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Density.....53
4.3 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VMA.....54
4.4 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VFA 55
4.5 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VIM 56
4.6 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas 57
4.7 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Flow.....58
4.8 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan MQ.....59
4.9.(a) Grafik Kadar Aspal Optimum Campuran di Atas Daerah Larangan.....60
4.9.(b) Grafik Kadar Aspal Optimum Campuran di Bawah Daerah Larangan...60

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR TABEL

2.1. Spesifikasi Bina Marga untuk berbagai nilai penetrasi aspal di Indonesia ..11
2.2. Persyaratan gradasi agregat campuran berbagai jenis beton aspal.....17
2.3. Sifat aspal untuk campuran beton aspal 18
2.4. Sifat campuran beton aspal AC.....19
3.1 Matriks Penelitian 39
3.2 Rencana Time Schedule Penelitian Tugas Akhir.....40
4.1 Pemeriksaan Agregat Kasar 43
4.2 Pemeriksaan Agregat Halus 45
4.3 Pemeriksaan Agregat Filler.....47
4.4 Pemeriksaan Aspal Pen 60/70 48
4.5.(a) Hasil Analisa Saringan Agregat di Atas Daerah Larangan 49
4.5.(b) Hasil Analisa Saringan Agregat di Bawah Daerah Larangan 50
4.6.(a) Hasil Marshall Test Campuran Agregat AC-WC di Atas Daerah Larangan dengan Variasi Kadar Aspal.....52
4.6.(b) Hasil Marshall Test Campuran Agregat AC-WC di Bawah Daerah Larangan dengan Variasi Kadar Aspal.....52
4.7.(a) Hasil Pengujian Marshall pada Karakteristik VIM 62
4.7.(b) Hasil Uji T Pada Karakteristik VIM.....62
4.8.(a) Hasil Pengujian Marshall pada Karakteristik VMA.....63
4.8.(b) Hasil Uji T Pada Karakteristik VMA 64
4.9.(a) Hasil Pengujian Marshall pada Karakteristik VFA 65
4.9.(b) Hasil Uji T Pada Karakteristik VFA 65
4.10.(a) Hasil Pengujian Marshall pada Karakteristik Stabilitas 66
4.10.(b) Hasil Uji T Pada Karakteristik Stabilitas.....67
4.11.(a) Hasil Pengujian Marshall pada Karakteristik Flow 68
4.11.(b) Hasil Uji T Pada Karakteristik Flow 68
4.12.(a) Hasil Pengujian Marshall pada Karakteristik MQ.....69
4.12.(b) Hasil Uji T Pada Karakteristik MQ 70
4.13.(a) Hasil Pengujian Marshall pada Karakteristik Density.....71

Digital Repository Universitas Jember

4.13.(b) Hasil Uji T Pada Karakteristik Density 71
4.14.(a) Hasil Pengujian Marshall pada Karakteristik VIM Benda Uji KAO 72
4.14.(b) Hasil Uji T Pada Karakteristik VIM Benda Uji KAO.....73
4.15.(a) Hasil Pengujian Marshall pada Karakteristik VMA Benda Uji KAO...73
4.15.(b) Hasil Uji T Pada Karakteristik VMA Benda Uji KAO 74
4.16.(a) Hasil Pengujian Marshall pada Karakteristik VFA Benda Uji KAO 74
4.16.(b) Hasil Uji T Pada Karakteristik VFA Benda Uji KAO 75
4.17.(a) Hasil Pengujian Marshall pada Karakteristik Stabilitas Benda Uji KAO 75
4.17.(b) Hasil Uji T Pada Karakteristik Stabilitas Benda Uji KAO.....76
4.18.(a) Hasil Pengujian Marshall pada Karakteristik Flow Benda Uji KAO 77
4.18.(b) Hasil Uji T Pada Karakteristik Flow Benda Uji KAO 77
4.19.(a) Hasil Pengujian Marshall pada Karakteristik MQ Benda Uji KAO.....78
4.19.(b) Hasil Uji T Pada Karakteristik MQ Benda Uji KAO 78
4.20.(a) Hasil Pengujian Marshall pada Karakteristik Density Benda Uji KAO79
4.20.(b) Hasil Uji T Pada Karakteristik Density Benda Uji KAO 79

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR LAMPIRAN

A. DOKUMENTASI

B. DATA HASIL PENELITIAN

Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus NS

Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus FF

Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar CA

Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus MA

Keausan Agregat

Berat Jenis Aspal Padat

Penetrasi Aspal

Kehilangan Berat Minyak

Analisa Saringan Agregat FF

Analisa Saringan Agregat NS

Analisa Saringan Agregat MA

Analisa Saringan Agregat CA

Hasil Pengujian *Marshall* Campuran dengan Agregat di Atas Daerah Larangan

Hasil Pengujian *Marshall* Campuran dengan Agregat di Bawah Daerah Larangan

Digital Repository Universitas Jember

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Laston adalah lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural. Campuran ini terdiri atas agregat bergradasi menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. (Sukirman, 2012). Terdapat beberapa jenis laston, namun dalam penelitian ini yang ditinjau adalah laston AC – WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*). Laston AC – WC merupakan laston aus yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan dan keadaan luar dengan tebal minimal 4cm.

Agregat memiliki peran penting dalam lapis perkerasan dimana daya dukung dari perkerasan jalan ditentukan oleh karakteristik agregat. Gradasi agregat sangat mempengaruhi pada campuran perkerasan aspal dikarenakan gradasi agregat berfungsi memberikan kekuatan pada struktur perkerasan tersebut. Hal ini pada akhirnya mempengaruhi stabilitas dalam campuran, dengan kondisi yang saling mengikat antara agregat yang satu dengan yang lain. Sehingga mempengaruhi kualitas dari perkerasan tersebut. Suatu gradasi agregat dinyatakan dalam persentase agregat lolos, atau persentase agregat tertahan.

Dalam suatu campuran laston, terdapat batasan kontrol untuk penetuan gradasi agregat yang ditetapkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Bina Marga. Spesifikasi campuran yang mendekati batas bawah menghasilkan campuran yang dominan dengan agregat kasar dan sedikit agregat halus, begitu pula sebaliknya. Sukirman (2003) menyebutkan untuk dapat menjaga agar agregat dengan gradasi yang disyaratkan menghasilkan sifat campuran yang diinginkan, maka gradasi campuran untuk material Asphalt Concrete harus terletak diluar "daerah larangan (*restriction zone*)" dari lengkung gradasi. Sehingga akan teridentifikasi suatu perbedaan antara spesifikasi gradasi yang ada di atas dan di bawah daerah larangan.

Digital Repository Universitas Jember

Perbedaan gradasi agregat dalam campuran laston mempengaruhi kekuatan serta degradasi agregat dari laston tersebut. (Airey dkk, 2008). Dari penelitian Ariawan dan Widhiawati (2010) terhadap Laston tipe II pada campuran dengan gradasi di atas dan di bawah zona terbatas, didapatkan bahwa semakin gradasi campuran mendekati batas bawah spesifikasi, maka stabilitas akan meningkat, nilai flow menurun, nilai *Marshall Quotient* (MQ) meningkat, nilai *Void in Mix* (VIM) dan *Void in Mix Aggregate* (VMA) meningkat, sedangkan nilai *Void Filled in Bitumen* (VFB) menurun. Berbeda dengan Sumiati dan Sukarman (2014) yang melakukan penelitian terhadap Laston AC-BC (*Asphalts Concrete – Binder Course*), nilai MQ menurun karena stabilitas kecil sedangkan nilai *flow* meningkat. Dari dua hasil penelitian yang berbeda ini, maka dilakukan penelitian lanjutan tentang perbandingan kinerja antara campuran beton aspal dominan agregat kasar (di bawah *restricted zone*) dengan campuran beton aspal dominan agregat halus (di atas *restricted zone*) untuk mengetahui pengaruh gradasi agregat terhadap campuran beton aspal sehingga didapatkan campuran gradasi laston AC-WC yang memiliki karakteristik lebih baik dengan nilai uji kuat tekan lebih tinggi.

Dalam penelitian ini material *Coarse Aggregates* (CA), *Medium Aggregates* (MA) dan *Filler Filled* (FF) yang digunakan didapatkan dari Jelbuk Stonecruser, sedangkan *Natural Sand* (NS) menggunakan pasir Lumajang dikarenakan kandungan besinya cukup tinggi serta sedikit kandungan kerikilnya. Sedangkan aspal yang digunakan merupakan aspal pertamina T60/70 (penetrasi 60/70) dikarenakan rongga atau VIM dan VMA dari aspal Pen 60/70 lebih kecil apabila sibandingkan dengan aspal Esso Pen 60/70 dan memenuhi spesifikasi yang disyaratkan oleh Bina Marga. Hasil akhir yang didapat adalah parameter Marshall antara lain VMA, VIM, VFB dan γ dari setiap spesifikasi tersebut dari hasil Uji Marshall.

Digital Repository Universitas Jember

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat dikaji dari penelitian ini adalah bagaimana perbandingan kinerja laston AC-WC antara campuran yang menggunakan gradasi agregat di atas dengan di bawah zona terbatas (*restricted zone*) dengan batasan titik kontrol gradasi menurut Departemen Pekerjaan Umum?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui perbandingan kinerja laston AC-WC antara campuran yang menggunakan gradasi agregat di atas dengan di bawah zona terbatas (*restricted zone*) dengan batasan titik kontrol gradasi menurut Departemen Pekerjaan Umum.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari adanya penelitian ini adalah memberikan informasi tentang pengaruh perbedaan gradasi agregat terhadap kinerja laston AC-WC.

1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini antara lain :

1. Variasi campuran agregat menggunakan 2 variasi campuran agregat, yaitu campuran dengan gradasi agregat yang berada di atas dengan di bawah zona terbatas.
2. Digunakan 6 variasi kadar aspal, dengan masing-masing variasi kadar terdapat 3 benda uji, sehingga terdapat 18 benda uji.
3. Hasil penelitian yang dibandingkan adalah parameter Marshall, yaitu VMA, VIM, VFB dan γ serta nilai stabilitas, *flow* dan MQ dari nilai kadar aspal yang memenuhi persyaratan.

Digital Repository Universitas Jember

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Agregat

Agregat merupakan suatu bahan yang terdiri mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun fragmen-fragmen. Agregat mengisi sesebanyak 90-95% dari berat struktur perkerasan, atau 75-85% agregat berdasarkan presentase volumenya.

2.1.1. Jenis Agregat

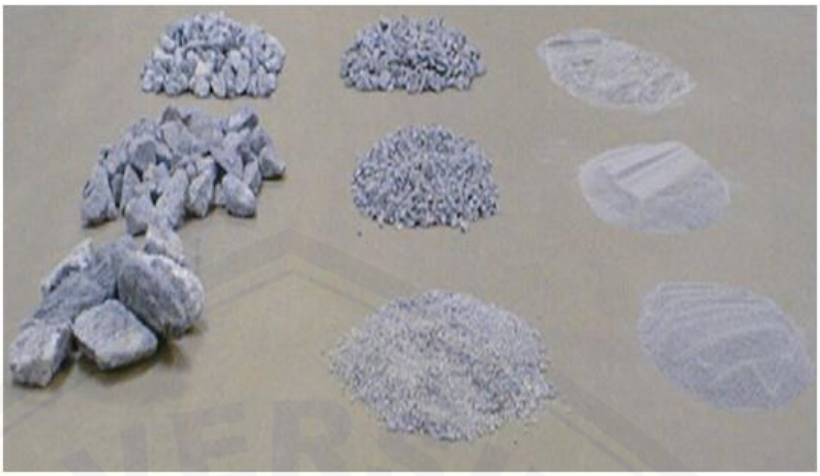
Jenis-jenis agregat dibedakan berdasarkan kelompok terjadinya, pengolahan dan ukuran butirannya. Menurut *The Asphalt Institute* (MS-2) dan Depkimpraswil dalam Spesifikasi Baru Campuran Panas (2002), berdasarkan ukuran butiran, agregat dibedakan menjadi :

1. Agregat kasar, adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No.8 (=2,36 mm).
2. Agregat halus, adalah agregat dengan ukuran butiran butir lebih halus dari saringan No.8 (=2,36 mm).
3. Bahan pengisi (*filler*), adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan No.30 (=0,60 mm).

Sedangkan menurut Bina Marga, agregat dibedakan menjadi :

1. Agregat kasar, adalah agregat dengan ukuran butiran lebih besar dari saringan No.4 (=4,75 mm).
2. Agregat halus, adalah agregat dengan ukuran butiran lebih halus dari saringan No.4 (=4,75 mm).
3. Bahan pengisi (*filler*), adalah bagian dari agregat halus yang minimum 75% lolos saringan No.200 (=0,075 mm).

Digital Repository Universitas Jember



Gambar 2.1. Jenis agregat berdasarkan ukuran butiran

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

2.1.2. Bentuk dan Tekstur Agregat

Berdasarkan bentuknya, agregat dibedakan sebagai berbentuk bulat, kubus, lonjong, pipih dan tidak beraturan.

Berdasarkan tekstur dari agrega, dikelompokkan menjadi agregat dengan permukaan licin, kasar, dan agregat berpori. Agregat berpori dibedakan menjadi agregat berpori banyak dan agregat berpori sedikit. Agregat berpori sedikit lebih kuat daripada agregat berpori sedikit, karena agregat berpori sedikit berguna untuk menyerap aspal, sehingga memperkuat ikatan antara aspal dan agregat. Sedangkan agregat berpori banyak memiliki tingkat kekerasan yang rendah sehingga mudah pecah dan terjadi degradasi.

2.1.3. Gradasi Agregat

Gradasi merupakan susunan butiran agregat sesuai ukurannya. Gradasi agregat didapatkan dari analisa saringan dengan menggunakan satu set saringan yang umumnya terdiri dari saringan berukuran 4 inci, $3^1/_2$ inci, 3 inci, $2^1/_2$ inci, 2 inci, $1^1/_2$ inci, $^3/_4$ inci, $^1/_2$ inci, $^3/_8$ inci, No. 4, No. 8, No.16, No.30, No.50, No. 100, dan

Digital Repository Universitas Jember

No.200. Gradasi agregat dinyatakan dalam presentase lolos, atau presentase tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat.

Jenis gradasi agregat dikelompokkan menjadi :

1. Agregat bergradasi baik

   Merupakan suatu campuran agregat yang ukuran butirnya terdistribusi merata, yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat bergradasi baik mempunyai pori sedikit, mudah dipadatkan, dan mempunyai stabilitas tinggi.

2. Agregat bergradasi buruk

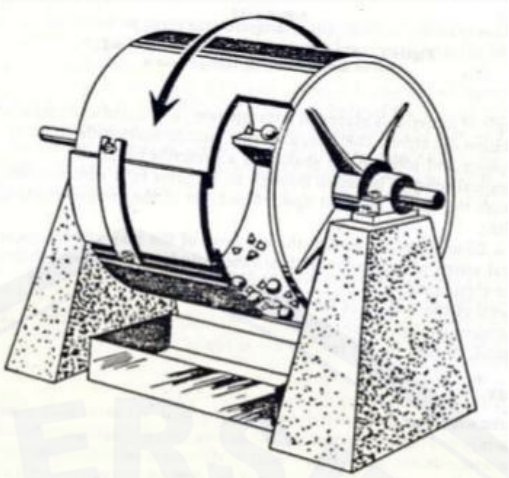
   Campuran agregat bergradasi buruk antara lain :

   - Agregat bergradasi seragam, merupakan agrgat yang terdiri dari butir-butir agregat yang berukuran hampir sama atau sama.
   - Agregat bergradasi terbuka, dimana pori-pori agregat tidak terisi dengan baik.
   - Agregat bergradasi senjang, dimana terdapat ukuran dari agregat yang tidak ada.

2.1.4. Daya Tahan Agregat

Daya tahan agregat merupakan ketahanan agregat terhadap adanya penurunan mutu akibat proses mekanis dan kimiawi. Daya tahan mekanis suatu agregat diperiksa dengan melakukan uji abrasi menggunakan alat abrasi Los Angeles. Sedangkan daya tahan kimiawi diperiksa dengan pengujian soundness atau pengujian sifat kekekalan bentuk batu terhadap larutan natrium sulfat (Na_2SO_4) atau magnesium sulfat ($MgSO_4$).

Digital Repository Universitas Jember



Gambar 2.2. Mesin Los Angeles

(Sumber : http://www.panairsan.com/Product/Details/84)

2.1.5. Berat Jenis Agregat

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air.

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.

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

- Berat jenis kering permukaan (*saturated surface dry*), berat jenis yang memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering permukaan.

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

Digital Repository Universitas Jember

- Berat jenis semu (*apparent specific gravity*), berat jenis yang memperhitungkan berat kering agregat dan volume agregat yang tidak dapat diresapi air.

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

- Berat jenis efektif (*efective specific gravity*), berat jenis yang memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan volume agregat yang tidak dapat diresapi aspal.

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

Keterangan :

V_s = volume bagian masif

V_i = volume pori yang tak dapat diresapi air

V_p = volume pori yang tak dapat diresapi aspal, tetapi dapat diresapi air

V_c = volume pori yang dapat diresapi air dan aspal

B_k = berat kering agregat yang setelah dikeringkan dalam oven

B_j = berat agregat dalam keadaan kering permukaan

B_a = berat agregat yang ditimbang dalam air

γ_a = berat jenis air

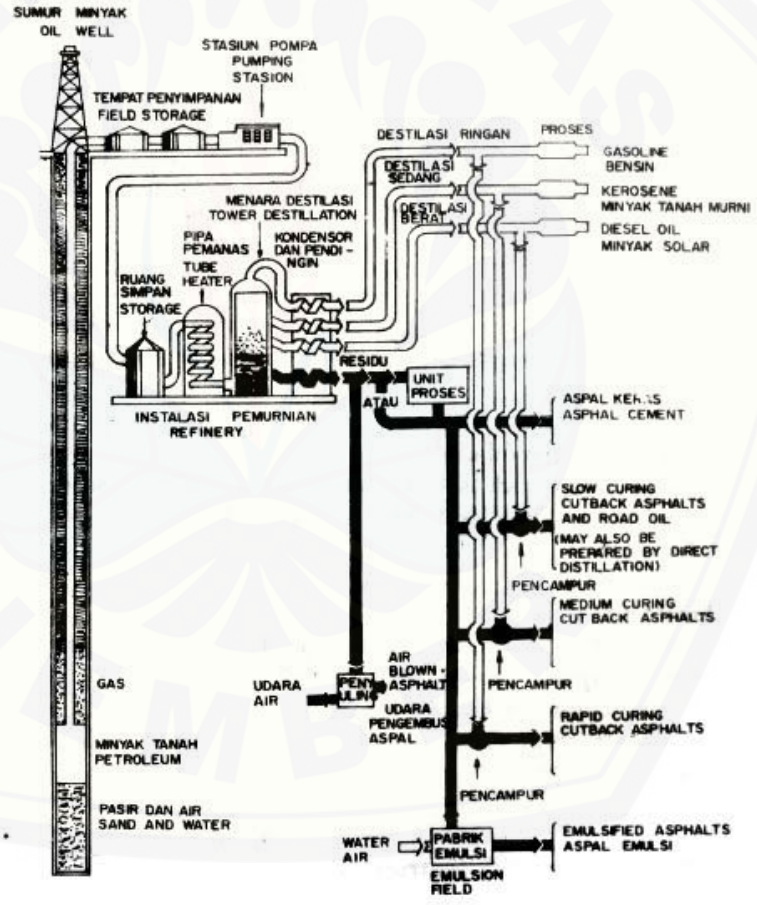
2.2. Aspal

Bitumen adalah zat perekat (*cementitious*) berwarna gelap yang diperoleh dari alam atau hasil produksi serta mengandung senyawa hidrokarbon seperti aspal, tar, atau *pitch*. Dalam suatu campuran perkerasan berkisar antara 4-10% dari berat campuran, atau 10-15% dari volume campuran.

Digital Repository Universitas Jember

2.2.1. Jenis Aspal

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan menjadi aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam diperoleh dari suatu tempat di alam dan dapat digunakan langsung atau dengan sedikit diolah sebelum digunakan. Sedangkan aspal minyak didapat dari hasil residu pengilangan minyak bumi. Bentuk aspal yang dihasilkan berupa semen aspal atau aspal padat yang harus dipanaskan dulu sebelum digunakan, aspal cair, dan aspal emulsi yang merupakan suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi.



Gambar 2.3. Proses destilasi minyak bumi

(Sumber : https://sanggapramana.wordpress.com/2010/07/26/aspal-sebagai-bahan-perkerasan/)

Digital Repository Universitas Jember

2.2.2. Fungsi Aspal sebagai Material Perkerasan Jalan

Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan memiliki fungsi antara lain :

1. Bahan pengikat, memperkuat ikatan antara aspal dan agregat serta sesama agregat.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir serta pori-pori pada butir itu sendiri.

Penggunaan aspal pada perkerasan jalan dapat dilakukan pada saat prahampar dan pascahampar. Fungsi percampuran pada proses prahampar adalah agar aspal dapat membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi pori antar butir dan pori butir itu sendiri. Sedangkan fungsi percampuran pada proses pascahampar adalah menghasilkan lapisan lapisan perkerasan bagian atas yang kedap air.

2.2.3. Sifat Semen Aspal

Aspal merupakan material termoplastis, yaitu material yang peka terhadap temperatur, sehingga aspal akan keras atau kental ketika temperatur berkurang, dan akan lunak atau cair ketika temperatur bertambah. Aspal juga memiliki sifat kohesi yaitu kemampuan untuk mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan. Daya tahan atau durabilitas aspal merupakan kemampuan aspal untuk mempertahankan sifat asalnya akibat cuaca selama masa pelayanan jalan.

Dengan sifat aspal yang disebutkan sebelumnya, perlu dilakukan pengujian terhadap sifat aspal. Untuk menguji kekerasan sifat aspal, dilakukan uji penetrasi dengan menggunakan jarum dengan d=1 mm dan berat beban 50 gram, sehingga beratnya menjadi 100 gram. Pengujian dilakukan selama 5 detik di suhu 25^{o}C dengan satuan 0,1 mm.

Digital Repository Universitas Jember

Untuk mengetahui sifat kohesi dan plastisitas aspal, dilakukan uji daktilitas dimana tempat pengujian berisi cairan dengan berat jenis yang mendekati berat jenis aspal. Nilai daktilitas aspal adalah panjang aspal ketika dilakukan penarikan dengan kecepatan 5cm/menit.

2.2.4. Jenis Semen Aspal

Semen aspal dibedakan berdasarkan nilai penetrasi atau viskositasnya. Di Indonesia, aspal yang digunakan untuk perkerasan adalah aspal pen 60 dan pen 80. Spesifikasi Bina Marga untuk berbagai nilai penetrasi aspal di Indonesia adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1. Spesifikasi Bina Marga untuk berbagai nilai penetrasi aspal di Indonesia

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

Sumber : Dep. Pek. Umum, Pekerjaan Lapis Permukaan Aspal, 1999

Untuk beton aspal campuran panas, digunakan semen aspal Pen. 60/70.

2.3. Pencampuran Agregat

Perencanaan campuran diperlukan untuk mendapatkan gradasi campuran sesuai spesifikasi campuran. Dalam perencanaan campuran agregat, terdapat pengelompokan agregat atau fraksi agregat. Fraksi agregat tersebut antara lain :

Digital Repository Universitas Jember

- Fraksi agregat kasar, merupakan kumpulan agregat yang butir-butirnya dominan dengan agregat kasar dan sedikit agregat halus dan atau abu batu.
- Fraksi agregat kasar, merupakan kumpulan agregat yang butir-butirnya dominan dengan agregat halus dan sedikit agregat kasar dan atau abu batu.
- Fraksi abu batu, merupakan kumpulan agregat yang butir-butirnya dominan dengan abu batu dan sedikit agregat kasar dan atau agregat halus

Agregat campuran merupakan hasil pencampuran secara 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. Metode pencampuran agregat bisa menggunakan metode analisis dan metode grafis.

2.3.1. Rancangan Agregat Campuran dengan Metode Analisis

Rumus :

$$P = aA + bB + cC$$

Ket :

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

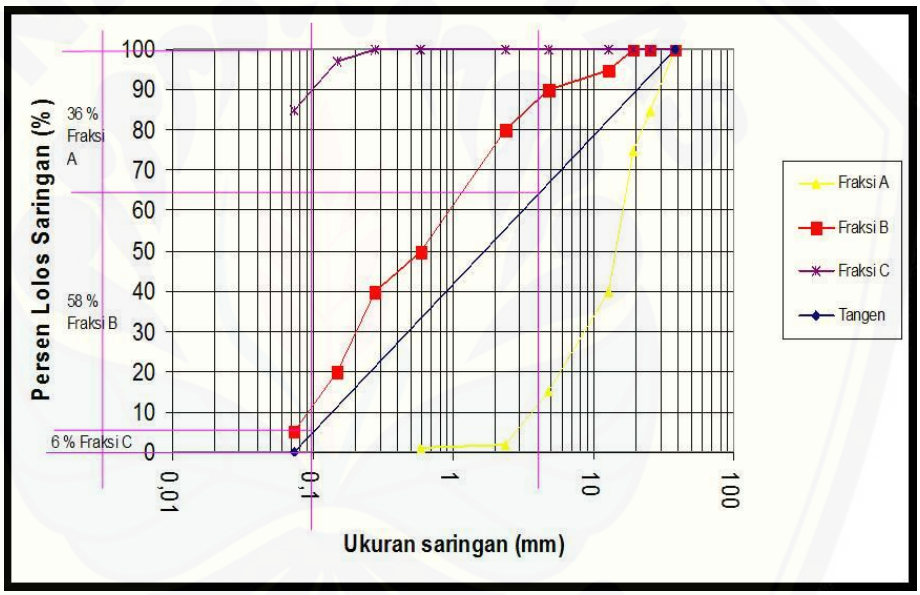
c = proporsi dari fraksi agregat C

Nilai a, b, c diperoleh dengan "*trial error*", dan nilai dari a+b+c = 1

Digital Repository Universitas Jember

2.3.2. Rancangan Agregat Campuran dengan 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 dengna perbandingan 1:2. Percampuran 3 agregat bisa menggunakan metode Rothluchs tipe A atau Rothluchs tipe B.



Gambar 2.4. Contoh pencampuran 3 fraksi agregat menggunakan metode Rothluchs tipe A

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

2.4. Beton Aspal

Beton aspal merupakan jenis perkerasan jalan yang menggunakan campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan.

2.4.1. Karakteristik Beton Aspal

Digital Repository Universitas Jember

Campuran beton aspal harus memiliki tujuh karakteristik, antara lain :

1. Stabilitas, kemampuan beton aspal untuk menerima beban tanpa adanya perubahan bentuk. Nilai stabilitas yang maksimum didapat dari kadar aspal yang optimum.
2. Durabilitas atau keawetan, kemampuan beton aspal menerima beban lalu lintas secara berulang serta menahan keausan akibat cuaca dan iklim. Durabilitas dipengaruhi oleh tebal selimut aspal dan banyaknya pori dalam campuran yang mempengaruhi kepadatan serta kedap airnya campuran.
3. Fleksibilitas atau kelenturan, kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat pergerakan tanah. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan penggunaan agregat bergradasi terbuka berkadar aspal tinggi.
4. Tahan terhadap lelah akibat beban lalu lintas.
5. Tahan terhadap geser sehingga mampu memberikan gaya gesek terhadap kendaraan.
6. Impermeabilitas atau kedap air, kemampuan beton aspal agar air dan udara yang dapat mempercepat penuaan tidak masuk ke dalam lapisan beton aspal.
7. Workability atau mudah dilaksanakan, kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan.

2.4.2. Jenis beton aspal

Beton aspal berdasarkan fungsinya, dibedakan menjadi :

1. Beton aspal untuk lapisan aus (*wearing course*), merupakan lapisan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan.
2. Beton aspal untuk lapisan pondasi (*binder course*), berada di bawah lapis aus dan memiliki stabilitas tinggi.
3. Beton aspal untuk pembentuk dan perata lapis beton lama.

Digital Repository Universitas Jember

Beton aspal berdasarkan temperatur pencampuran material dibedakan menjadi :

1. Beton aspal campuran panas (*hotmix*), dimana pencampuran terjadi pada suhu 140^{o}C. Beton aspal campuran panas dibedakan antara lain :
   a. Laston (Lapisan Aspal Beton) atau AC (*Asphalt Concrete*), digunakan pada jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston dibedakan menjadi 3, yaitu :
      - Laston AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) merupakan lapis aus dengan tebal minimum 4 cm.
      - Laston AC-BC (*Asphalt Concrete-Bearing Course*) merupakan lapis pengikat dengan tebal minimum 5 cm.
      - Laston AC-*Base* yang merupakan lapis pondasi dengan tebal minimum 6 cm.
   b. Lataston (Lapisan Tipis Aspal Beton) atau HRS (*Hot Rolled Sheet*), merupakan beton aspal bergradasi senjang. Lataston dibedakan menjadi :
      - HRS-WC untuk lapisan aus dengan tebal minimum 3 cm.
      - HRS-*Base* untuk lapisan pondasi dengan tebal minimum 3,5 cm.
   c. Latasir (Lapis Tipis Aspal Pasir) atau SS (*Sand Sheet*) atau HRSS (*Hot Rolled Sand Sheet*), digunakan pada jalan untuk lalu lintas ringan. Latasir dibedakan menjadi :
      - Latasir kelas A (SS-A) memiliki tebal minimum 1,5 cm.
      - Latasir kelas B (SS-B) memiliki tebal minimum 2 cm. Gradasi agregat SS-B lebih karas daripada SS-A.
   d. Lapisan perata (*Leveling*) merupakan lapisan perata serta pembentuk penampang melintang.

Digital Repository Universitas Jember

e. SMA (*Split Mastic Asphalt*) merupakan beton aspal bergradasi terbuka dengan kadar aspla tinggi yang digunakan pada jalan dengan lalu lintas berat. SMA dibedakan menjadi :
   - SMA 0/5 dengan tebal perkerasan 1,5 – 3 cm
   - SMA 0/8 dengan tebal perkerasan 2 – 4 cm

f. HSMA (*High Stiffness Modulus Asphalt*) merupakan beton aspal dengan penetrasi 30/45 yang digunakan pada jalan dengan lalu lintas berat.

2. Beton aspal campuran sedang (*warm mix*), dimana pencampuran terjadi pada suhu 60^{o}C.
3. Beton aspal campuran dingin (*cold mix*), dimana pencampuran terjadi pada suhu 25^{o}C.

2.4.3. Persyaratan Sifat Agregat dan Aspal

Persyaratan sifat agregat dan aspal yang digunakan untuk beton aspal campuran panas ditunjukkan dalam **Tabel 2.2.** dan **Tabel 2.3.** berikut.

Digital Repository Universitas Jember

Tabel 2.2. Persyaratan gradasi agregat campuran berbagai jenis beton aspal

Ukuran Saringan		% berat lolos						
		Laston (AC)			Laston (HRS)		Latasir (SS)	
No.	Bukaan mm	AC-WC	AC-BC	AC-Base	HRS-WC	HRS-BC	Kelas A	Kelas B
1 1/2"	37,5			100				
1"	25		100	90-100				
3/4"	19	100	90-100	Maks 90	100	100	100	100
1/2"	12,5	90-100	Maks 90		90-100	90-100		
3/8"	9,5	Maks 90			75-85	65-100	90-100	
No. 8	2,36	28-58	23-39	19-45	50-72	35-55		75-100
No. 16	1,18							
No. 30	0,6				35-60	15-35		
No. 200	0,075	4-10	4-8	3-7	6-12	2-9	10-15	8-13
Daerah Larangan								
No. 4	4,75	-	-	39,5				
No. 8	2,36	39,1	34,6	26,8-30,8				
No. 16	1,18	25,6-31,6	22,3-28,3	18,1-24,1				
No. 30	0,6	19,1-23,1	16,7-20,7	13,6-17,6				
No. 200	0,075	15,5	13,7	11,4				

Sumber : Depkimpraswil, 2002

Digital Repository Universitas Jember

Tabel 2.3. Sifat aspal untuk campuran beton aspal

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Syarat			
		Pen 60		Pen 80	
		Min	Maks	Min	Maks
Penetrasi 25^{o}C, 5 det	0,1 mm	60	79	80	99
Titik lembek	^{o}C	48	58	46	54
Titik nyala	^{o}C	200	-	225	-
Kehilangan berat 163^{o}C, 5 jam	% berat	-	0,4	-	0,6
Kelarutan dalam CCl_4	% berat	99	-	99	-
Daktilitas 25^{o}C, 5cm/menit	cm	100	-	100	-
Penetrasi setelah kehilangan berat	% terhadap asli	75	-	75	-
Penetrasi aspal hasil ekstraksi benda uji	% terhadap asli	55	-	55	-
Daktilitas aspal hasil ekstraksi benda uji	cm	40	-	40	-
Berat jenis 25^{o}C	-	1	-	1	-

Sumber : Depkimpraswil, 2002

Digital Repository Universitas Jember

2.4.4. Persyaratan Campuran Beton Aspal

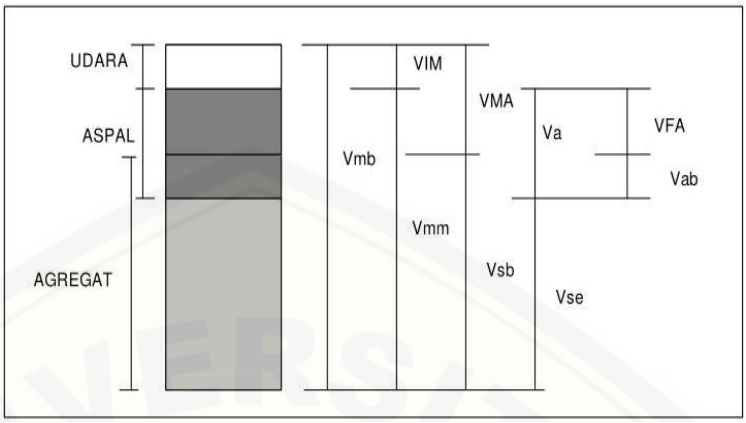
Tabel 2.4. Sifat campuran beton aspal AC

Sifat Campuran			Laston (AC)		
			WC	BC	*Base*
Penyerapan aspal		maks	1,2 utk LL ≥ 1.000.000.ESA		
			1,7 utk LL < 1.000.000.ESA		
Jumlah tumbukan/bidang			75		112
IM (%)	LL ≥ 1jt ESA	min	4,9		
		maks	5,9		
	0,5 ≤ ESA < ijt ESA	min	3,9		
		maks	4,9		
	LL < 0,5 ESA	min	3		
		maks	5		
VMA (%)		min	15	14	13
VFA (%)	LL ≥ 1jt ESA	min	65	63	60
	0,5 ≤ ESA < ijt ESA	min	68		
	LL < 0,5 ESA	min	75	73	
Stabilitas Marshall (kg)		min	800	1800	
		maks	-	-	
Kelelehan (mm)		min	2	2	
		maks	-	-	
Kuotien Marshall (kg/mm)		min	200	200	
Stabilitas Marshall sisa setelah perendaman selama 24 jam, 60°C		min	85% utk LL ≥ 1jt ESA		
			80% utk LL< 1jt ESA		
VIM (%) pada kepadatan membal (*refusal*)	LL ≥ 1jt ESA	min	2,5		
		maks			
	0,5 ≤ ESA < ijt ESA	min	2		
		maks			
	LL < 0,5 ESA	min	1		
		maks			

Sumber : Pedoman Teknik No. 028/T/m/1999, Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga

Digital Repository Universitas Jember

2.4.5. Sifat Volumetrik Campuran Beton Aspal yang Dipadatkan



Gambar 2.5. Skematis jenis volume beton aspal
(Sumber : http://www.slideserve.com/farren/aspal-beton)

Parameter sifat volumetrik dari beton aspal yang telah dipadatkan dibedakan menjadi :

1. Volume *bulk* (V_{mb}) merupakan volume total dari beton aspal padat, yang terdiri dari volume agregat, aspal dan pori.
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

      $\text{VMA} = \left(100 - \frac{G_{mb}.P_s}{G_{sb}}\right)\%$ dari volume *bulk* beton aspal padat
   b. Jika ditentukan sebagai presentasi dari berat agregat

      $\text{VMA} = \left[100 - \left(\frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{100+P_{a1}} 100\right)\right]\%$, dari volume *bulk* beton aspal padat
3. Volume pori dalam beton aspal padat (VIM = *voids in mix*), merupakan banyaknya pori dalam beton aspal padat.

   $\text{VIM} = \left(100 \times \frac{G_{mm}-G_{mb}}{G_{mm}}\right)\%$ dari volume *bulk* beton aspal padat

Digital Repository Universitas Jember

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.

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

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

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

Keterangan sifat volumetrik beton aspal :

G_{mb} = berat jenis *bulk* dari beton aspal padat

G_{mm} = berat jenis maksimum dari beton aspal yang belum dipadatkan

G_{sb} = berat jenis *bulk* agregat pembentuk beton aspal padat

P_{a1} = 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

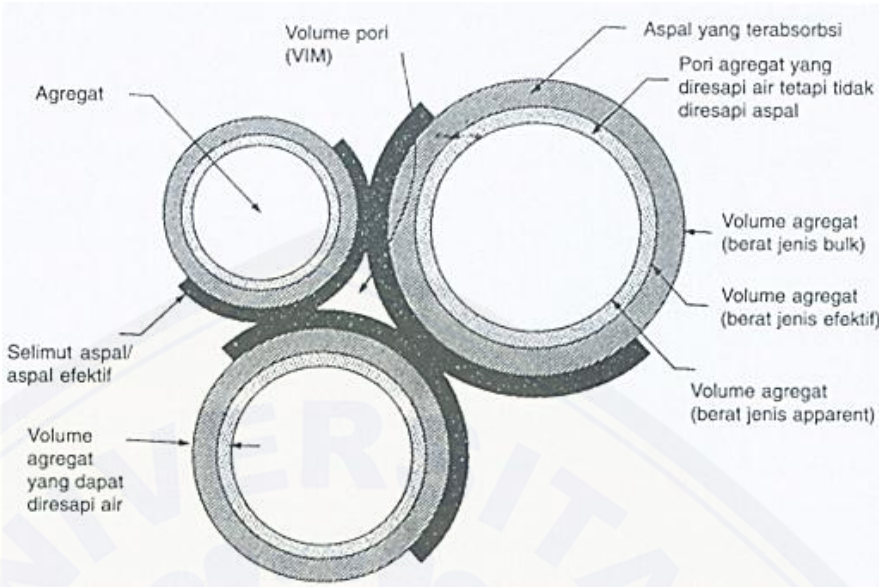
P_{ae} = kadar aspal efektif yang menyelimuti butir-butir agregat, % terhadap berat beton aspal padat

G_a = berat jenis aspal

P_s = kadar agregat, % terhadap berat beton aspal padat

LP = luas permukaan total dari agregat campuran di dalam beton aspal padat

Digital Repository Universitas Jember



Gambar 2.6. Pengertian VIM, selimut aspal, aspal yang terarbsorbsi

(Sumber : http://www.slideserve.com/farren/aspal-beton)

2.4.6. Pengujian Marshall

Pengujian Marshall secara garis besar meliputi :

1. Persiapan benda uji

   Agregat untuk benda uji Marshall tidak boleh lebih dari 25 mm (=1 inci).
2. Penentuan berat jenis *bulk* dari benda uji
3. Pemeriksaan nilai stabilitas dan flow

   Digunakan untuk mengukur ketahanan serta deformasi akibat beban.
4. Perhitungan sifat volumetrik Marshall

   Yang dihitung antara lain a) ratio nilai stabilitas dan flow (kuosien Marshall); b) berat volume benda uji; c) VIM; d) VMA; e) VFA; dan f) tebal selimut aspal.

2.5. Rancangan Campuran Beton Aspal Campuran Panas

Metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall dan telah distandarisasi oleh ASTM dan AASHTO. Metode Marshall sering digunakan karena

Digital Repository Universitas Jember

menghasilkan beton aspal dengan gradasi yang baik. Pencampuran dengan metode Marshall dimulai dari pemilihan gradasi, dan kadar aspal yang digunakan ditentukan berdasarkan sifat campuran yang diinginkan.

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

I. Dari The Asphalt Institute

P = 0,035a + 0,045b + Kc + F

Keterangan :

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 ≤ 5% lolos saringan No. 200

F = 0 – 2%, berdasarkan nilai absorbsi dari agregat

= 0,7% jika tak tersedia data

II. Spesifikasi Depkimpraswil 2002

P = 0,035 (%CA) + 0,045 (%FA) + 0,18 (%*filler*) + K

Keterangan :

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

CA = persen agregat tertahan sarinagn 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

Digital Repository Universitas Jember

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

Tebal selimut aspal $= \frac{P_{ae}}{G_a} . \frac{1}{LP.P_s} . 1000\mu m$

2.6. Uji-t Berpasangan

Uji-t berpasangan merupakan salah satu metode pengujian hipotesisi dimana data yang digunakan tidak bebas yang dicirikan dengan adangan hubungan nilai pada setiap sampel yang sama (berpasangan). Ciri-ciri yang sering ditemukan yaitu dari 1 sampel penelitian mendapatkan perlakuan yang berbeda, sehingga peneliti mendapatkan 2 hasil data penelitian.

Jenis Uji

	Dua Arah	Pihak Kanan	Pihak Kiri
	$H_0 : \mu_d = 0$	$H_0 : \mu_d = 0$	$H_0 : \mu_d = 0$
	$H_A : \mu_d \neq 0$	$H_A : \mu_d > 0$	$H_A : \mu_d < 0$
Keputusan: Tolak H_0 jika:	$\lvert t \rvert > t_{\alpha/2,df}$	$t > t_{\alpha,df}$	$t < -t_{\alpha,df}$

Asumsi :

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

Test Statistik :

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

μ_d = nilai rerata perbedaan ***d* populasi** dari keseluruhan data, biasanya 0

$\bar{d}$ = nilai rata-rata dari ***d***

S_d = nilai standar deviasi dari ***d***

n = banyaknya pasangan data

Digital Repository Universitas Jember

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

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 ini dilakukan pengujian di laboratorium. Penelitian ini menggunakan alat uji kuat tekan aspal yaitu Marshall. Banyaknya benda uji yang dipakai adalah 18 benda uji dengan perbedaan 6 variasi kadar aspal yaitu 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; dan 7%.

3.3. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Uji Marshall untuk mengetahui kuat tekan dari setiap benda uji. Pada penelitian ini digunakan 18 benda uji dengan 6 perbedaan variasi kadar aspal.

3.3.1. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

Digital Repository Universitas Jember

1. Agregat Kasar
2. Agregat Halus
3. Abu terbang
4. Aspal atau bitumen
5. Peralatan benda uji :
   a. Pengujian awal agregat:
      1) Pengujian berat jenis agregat kasar dan agregat halus:
         a) Timbangan, kapasitas 5 kg atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram;
         b) Piknometer 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) Pompa hampa udara atau tungku;
         i) Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan.
      2) Pengujian analisa saringan agregat kasar dan agregat halus:
         a) Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji;
         b) Satu set saringan;
         c) Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110+5)^{o}C;
         d) Alat pemisah contoh;
         e) Mesin pengguncang saringan;
         f) Talam;

Digital Repository Universitas Jember

g) Kuas, sikat kuningan, sendok, dan alat-alat lainnya.

3) Pengujian keausan agregat:

a) Mesin abrasi Los Angeles;

b) Saringan No. 12 (1,7 mm) dan saringan lainnya;

c) Timbangan

d) Bola-bola baja (diameter rata-rata 4,68 cm (1 7/8") dan berat rata-rata 400 gram sampai 440 gram);

e) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110±5)^{o}C.

b. Pengujian bitumen:

1) Pengujian berat jenis aspal :

a) Termometer

b) Bak perendam yang dilengkapi pengatur suhu dengan ketelitian (25ºC ± 15,6ºC);

c) Piknometer 30 ml;

d) Air suling sebanyak 1000 ml

e) Bejana gelas, kapasitas 1000 m.

2) 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 silinder dengan dasar yang rata berukuran sebagai berikut :

f) Bak perendam (*water bath*)

g) Tempat air untuk benda uji ditempatkan di bawah alat penetrasi;

h) Pengatur waktu;

i) Thermometer.

3) Pengujian kehilangan berat minyak

a) Thermometer,

Digital Repository Universitas Jember

b) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu sampai 180^{o}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 dasar yang rata; ukuran dalam : 140 mm, tinggi 9,5 mm dan tebal 0,64 mm – 0,76 mm.

6. 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 (3 in) lengkap dengan pelat atas dan leher sambung;
   d. Mesin penumbuk manuat atau otomatis;
   e. Alat pengeluar benda uji (*extruder)*;
   f. Alat uji marshall;
   g. Oven yang mampu memanaskan campuran hingga 200^{o}C ± 3^{o}C;
   h. Penangan air (*water bath*) dengan pengatur temperatur dan menjaga temperatur air 60 ± 1^{o}C;
   i. Timbangan;
   j. Termometer;

3.3.2. Tahap Persiapan Penelitian

Sebelum melakukan penelitian ada beberapa hal yang harus dilakukan, diantaranya:

1. Studi literatur, yaitu mempelajari beberapa referensi jurnal, buku atau sumber lain mengenai hal yang berhubungan dan menunjang penelitian dengan judul Pengaruh Variasi Gradasi Agregat terhadap Kuat Tekan Campuran Aspal Ac - Wc Diukur dengan Marshall Test.
2. Peminjaman seluruh alat yang berkaitan dengan penelitian.
3. Pengujian awal material agregat kasar, agregat halus serta aspal. Pengujian material untuk agregat kasar dan halus meliputi :

Digital Repository Universitas Jember

- Berta jenis dan penyerapan air

  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 ± 5)°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 (Bj);
  7) Letakan benda uji di dalam keranjang, goncangan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya di dalam air (Ba), suhu airmenggunakan suhu standar (25°C);
  8) Dilakukan beberapa pemeriksaan ulangan untuk mendapatkan harga rata-rata yang memuaskan.

  Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar :

  1) Keringkan benda uji dalam oven pada suhu (110 ± 5)° C, sampai berat tetap;
  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 kerucu 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

Digital Repository Universitas Jember

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 ± 5)° Csampai 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).

- Analisa saringan

1) Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu (110+5)^{o}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±5)^{o}C sampai berat tetap.

Sedangkan pengujian untuk bitumen aspal meliputi :

- Berat jenis aspal

Digital Repository Universitas Jember

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 25ºC.
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 tana 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 111ºC di atas titik lembek aspal;
6) Tuangkan benda uji tersebut ke dalam piknometer yang telah kering hungga terisi ¾ bagian;
7) Biarkan piknometer sampai dingin, selama tidak kurang dari 40 menit dan timbanglah dengan penutupna dengan ketelitian 1 mg; (C)
8) Isilah piknometer yang beisi benda uji dengan air suling dan tutuplah tanpa ditekan, diamkan agar gelembung udara keluar;
9) Angkatlah bejana dari bak perendam dan letakkan pinometter di dalamnya dan kemudia tekanlah penutup hingga rapat; masukkan dan diaman bejana ke dalam bak perendam selama sekurang-kurangnya 30 menit; angkat keringkan, dan timbang piknometer. (D)

- Penetrasi

1) Letakkan benda uji dalam tempat air yang kecil dan masukkan tempat air tersebut ke dalam bak peredan yang bersuhu 25^{o}C;
2) Pasanglah jarum pada pemegang jarum;

Digital Repository Universitas Jember

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 angka0 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 berkutnya;
9) Lakukan pekrjaan 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.

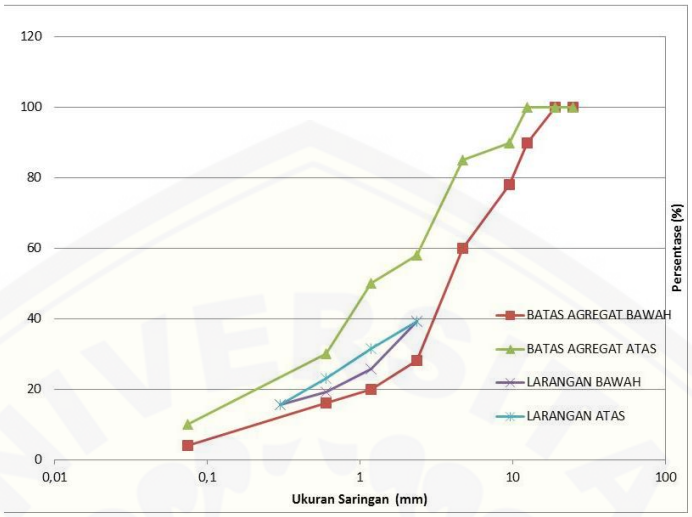
Benda uji adalah minyak atau aspal sebanyak 100 gram, yang dipersiapkan dengan cara sebagai berikut:

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

Digital Repository Universitas Jember

3.3.3. Tahap Pelaksanaan Penelitian

1. Perencanaan gradasi agregat dengan metode grafis (2 fraksi agregat)



Gambar 3.2. Grafik Persyaratan Gradasi Agregat Campuran Laston AC – WC

(Sumber : Buku Beton Aspal Campuran Panas, 2007)

1) Gambarlah bujursangkar.
2) Persen lolos agregat agregat kasar digambarkan pada bagian kanan dan untuk persen lolos agregat halus digambarkan pada bagian kiri.
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 penunujuk 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 Aphalt Institute. Setelah diketahui nilai aspal ideal, tambahkan 2 kali dengan interval 0,5% dan dikurangi 2 kali dengan interval 0,5%.
3. Persiapan Campuran

Digital Repository Universitas Jember

1) Keringkan agragat pada temperature 105^{o}C – 110^{o}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 pemadatan;
5) Panaskan agregat pada temperatur 28^{o}C diatas temperatur pencampuran sekurang – kurangnya 4 jam di dalam oven;
6) Panaskan aspal sampai mencapai kekentalan (viskositas) yang disyaratkan untuk poekerjaan pencampuran dan pemadatan;
7) Pencampuran benda uji:
   - Untuk setiap benda uji diperlukan agregat sebanyak ± 1200 gram;
   - Panaskan wadah pencampur kira – kira 28^{o}C diatas temperatur pencampuran aspal keras;
   - Masukkan agregat yang telah dipanaskan kedalam wadah pencampur;
   - Tuangkan aspal yang sudah mencapai tingkat kekental seperti pada Tabel 3.2 sebanyak yang dibutuhkan kedalam agregat yang sudah dipanaskan; kemudian aduk dengan cepat sampai agregat terselimuti aspal secara merata.
8) Pemadatan benda uji:
   - Bersihkan perlengkapan cetakan benda uji dan penumbuk dengan seksama dan panaskan sampai suhu antara 90^{o}C – 150^{o}C;
   - Letakan cetakan diatas landasan pemadat dan ditahan dengan pemegang cetakan;
   - Letakan kertas saring atau kertas penghisap dengan ukuran sesuai dasar cetakan;
   - Masukan seluruh campuran kedalam cetakan dan tusuk – tusuk campuran dengan spatula yang telah dipanaskan sebanyak 15 kali di sekeliling pinggirannya dan 10 kali dibagian tengahnya;

Digital Repository Universitas Jember

- Letakan kertas saring atau kertas penghisap di atas permukaan benda uji dengan ukuran sesuai cetakan;
- Padatkan campuran dengan temperature yang diseusaikan dengan kekentalan aspal yang digunakan sesuai Tabel 3.2, dengan jumlah tumbukan:
  - 75 kali untuk lalu lintas berat
  - 50 kali untuk lalu lintas sedang
  - 35 kali untuk lalu lintas ringan

9) Pengujian kepadatan mutlak campuran beraspal untuk lalu lintas berat dilakukan pemadatan sebanyak 400 kali tumbukan;
10) Pelat alas dan leher sambung dilepas dari cetakan benda uji, kemudian cetakan yang berisi benda uji dibalikan dan dipasan kembali pelat alas berikut leher sambung pada cetakan yang dibalik tadi;
11) Permukaan benda uji yang sudah dibalikkan tadi ditumbuk kembali dengan jumlah tumbukan yang sama sesuai dengan 5), 6) dan 7);
12) Sesudah dilakukan pemadatan campuran, lepaskan pelat dan pasang pengeluar pada permukaan ujung benda uji tersebut;
13) 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.

Digital Repository Universitas Jember

b. Penentuan berat jenis *bulk* dari benda uji
c. Pemeriksaan nilai stabillitas 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 melebihu 30 detik.

1) Rendam benda uji dalam penangas air selama 30 – 40 menit dengan temperatur tetap $60^{o}C \pm 1^{o}C$ untuk benda uji;
2) Untuk mengetahui indeks perendaman, benda uji direndam dalam penangas air selama 24 jam dengan temperatur $50^{o}C \pm 1^{o}C$;
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 ≠ 63,5 mm, beban harus dikoreksi dengan faktor pengali;
9) Catat nilai pelelehan yang ditunjukan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saan pembebanan maksimum tercapai.

Digital Repository Universitas Jember

3.4. Variabel Penelitian

Variabel merupakan suatu yang menjadi objek pengamatan penelitian, sering juga disebut sebagai faktor yang berperan dalam penelitian. Variabel dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu :

3.4.1. Variabel Bebas (Independen)

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi timbulnya variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah presentase agregat di dalam campuran, yang terdiri dari :

1. Persentase MA terhadap campuran agregat
2. Persentase NS terhadap campuran agregat
3. Persentase FF terhadap campuran agregat

3.4.2. Variabel Terikat (Dependen)

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau atau menjadi menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini antara lain :

1. Persentase aspal yang digunakan
2. Karakteristik Marshall, yaitu stabilitas, pelelehan (*flow*), MQ, VIM, VMA dan VFA.

3.4.3. Variabel Kontrol/Pengendali

Variabel kontrol adalah 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

Digital Repository Universitas Jember

3.5. Analisis Data

Setelah didapatkan hasilnya, dianalisa untuk tiap-tiap hasil uji kuat tekan dari benda uji tersebut. Dihitung pula parameter Marshall yaitu VMA, VIM, VFB dan γ serta nilai stabilitas, *flow* dan MQ (*Marshall Quotient*) dari nilai kadar aspal yang memenuhi persyaratan. Dari hasil analisa tersebut, dilakukan Uji T Berpasangan untuk menentukan pengaruh dari perbedaan gradasi. Uji T Berpasangan dilakukan 2 kali, yaitu terhadap keseluruhan data dan yang kedua terhadap benda uji yang masuk dalam persyaratan KAO.

Digital Repository Universitas Jember

Tabel 3.1. Matriks Penelitian

Latar Belakang	Rumusan Masalah	Variabel	Keterangan	Jenis Data	Sumber Data	Metode Penelitian	Kesimpulan
	Bagaimana perbandingan kinerja laston AC-WC antara campuran yang menggunakan gradasi agregat di atas dengan di bawah zona terbatas (*restricted zone*) dengan batasan titik kontrol gradasi menurut Departemen Pekerjaan Umum?	X Y Z	Karakteristik *Marshall* Persentase aspal Persentase agregat terhadap campuran	Sekunder Sekunder Sekunder Primer Primer Sekunder Sekunder Sekunder Sekunder Sekunder	Perhitungan Perhitungan Perhitungan Pengamatan Pengamatan Perhitungan Perhitungan Perhitungan Perhitungan Perhitungan	Statistik Uji T	

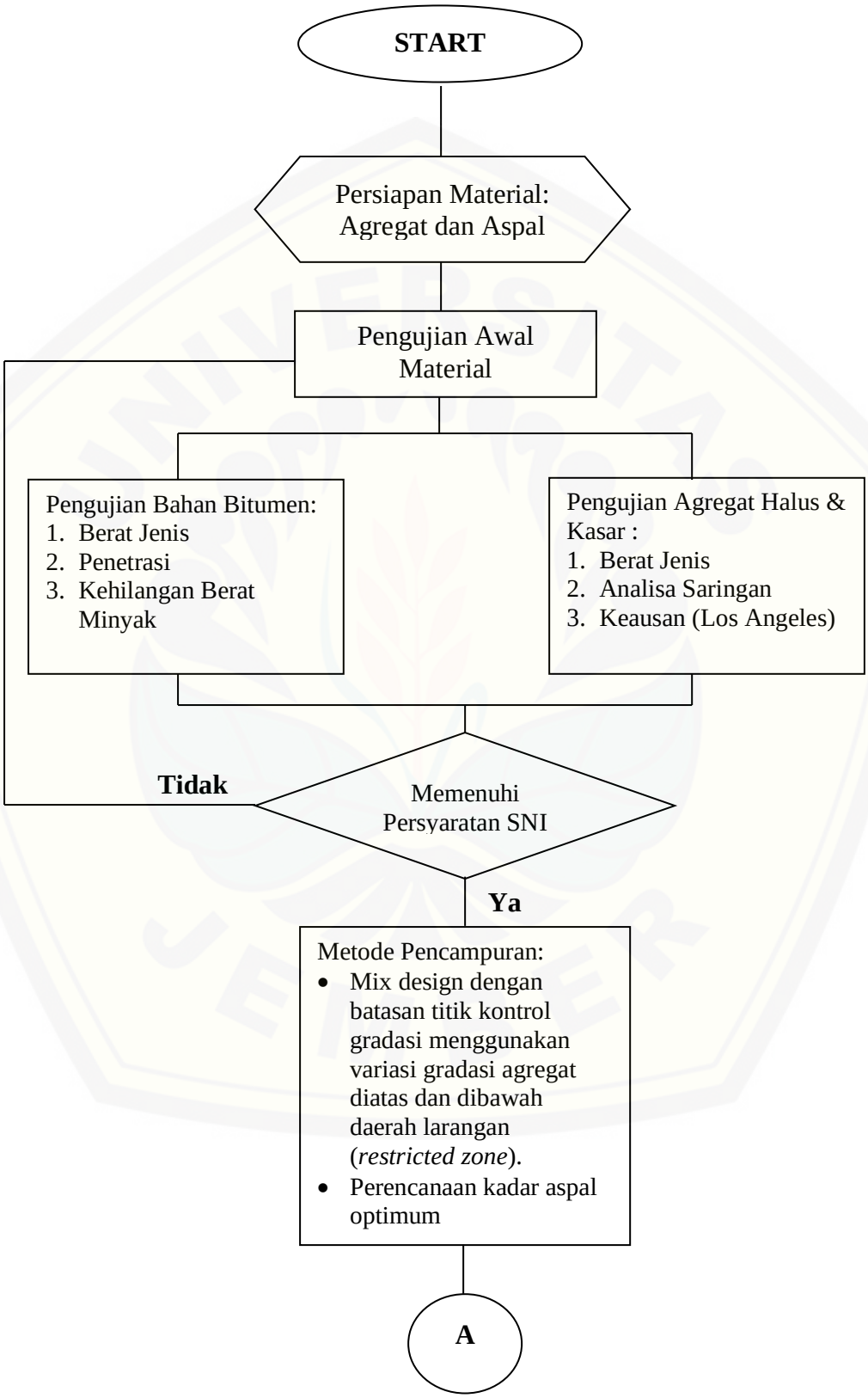
Digital Repository Universitas Jember

Tabel 3.2. Rencana *Time Schedule* Penelitian Tugas Akhir

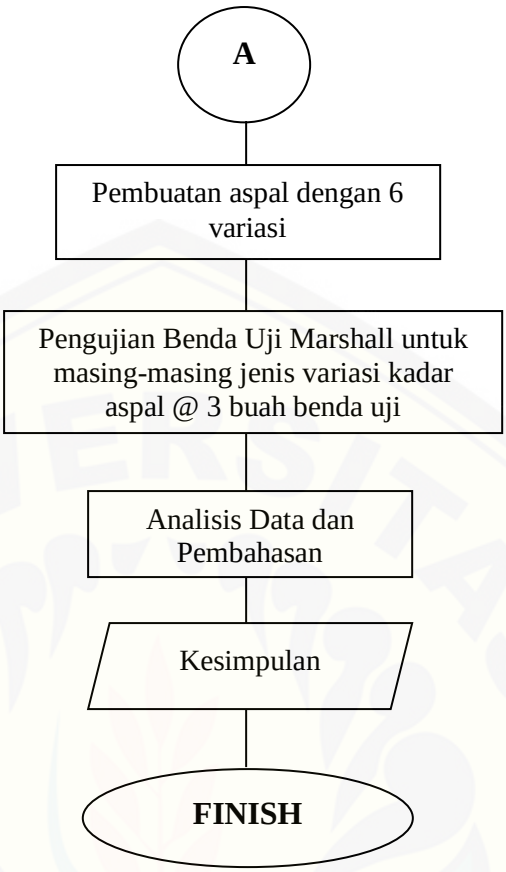
NO.	KEGIATAN	WAKTU PENELITIAN																													
		AGUSTUS				SEPTEMBER				OKTOBER				NOVEMBER				DESEMBER				JANUARI				FEBRUARI				MARET			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	Observasi																																
2	Identifikasi Masalah																																
3	Pengajuan Judul																																
4	Penyusunan Proposal																																
5	Seminar Proposal																																
6	Revisi Proposal																																
7	Uji Coba Alat																																
8	Pengambilan Data																																
9	Pengolahan Data																																
10	Pengujian Ulang																																
11	Penyusunan Hasil Penelitian																																
12	Seminar Hasil																																
13	Revisi Hasil Penelitian																																
14	Sidang Tugas Akhir																																
15	Revisi																																

Digital Repository Universitas Jember

3.6. Diagram Alir Penelitian



Digital Repository Universitas Jember



Digital Repository Universitas Jember

BAB 5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa perbedaan penggunaan gradasi agregat di bawah dan di atas daerah larangan memiliki pengaruh terhadap kinerja laston AC – WC. Dari kedua campuran didapatkan hasil KAO yang memenuhi adalah 7% dan 7,5%. Setelah dilakukan Uji T Berpasangan campuran dengan kadar aspal 7% memiliki nilai *flow* yang lebih tinggi dan didapatkan bahwa campuran dengan agregat di atas daerah larangan memiliki *flow* yang lebih tinggi, sehingga campuran lebih tahan lama (awet) dikarenakan memiliki kelenturan yang lebih baik.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah disimpulkan diatas, disarankan untuk tindak lanjut penelitian ini yaitu :

a. Mencari proporsi campuran laston dengan menggunakan agregat baru.
b. Menggunakan lebih dari 2 jenis campuran laston sehingga bisa didapatkan hasil yang lebih spesifik.

Digital Repository Universitas Jember

DAFTAR PUSTAKA

Abo-Qudais, S., dan Al-Shweily, H. (2007). Effect of Aggregate Properties on Asphalt Mixtures Stripping and Creep Behavior. *Construction and Building Materials*, 1886-1898.

Airey, G., Hunter, A., dan Collop, A. (2008). The Effect of Asphalt Mixture Gradation and Compaction Energy on Aggregate Degradation. *Construction and Building Materials*, 972-980.

Andrian, D. 2012. Pengaruh Penggunaan Aspal *Retona Blend* 55 terhadap Karakteristik Marshall pada Campuran Asphalt Concrete - Binder Course (AC - BC). *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.

Ariawan, I. M., dan Widhiawati, I. R. (2010, Juli). Pengaruh Gradasi Agregat terhadap Karakteristik Campuran Laston. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, XIV*, 198-207.

Basori, H. 2012. Peninjauan Kadar Optimum Penggunaan Aspal Retona Blend 55 terhadap Karakteristik Marshall pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC). *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.

Pedoman Teknik No. 028/T/m/1999, Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga.

Pratidina, Y. 2012. Analisis Karakteristik *Marshall* Campuran AC-BC menggunakan *Buton Granular Asphalt* (BGA) 15/20 sebagai Bahan Komposisi Campuran Agregat Halus. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.

Putrowijoyo, R.2006. Kajian Laboratorium Marshall dan *Durabilitas Asphalt Concrete - Wearing Course* (*AC-WC*) dengan Membandingkan Penggunaan antara Semen Portland dan Abu Batu sebagai *Filler.Tesis*.Semarang:Universitas Diponegoro.

Digital Repository Universitas Jember

Rizona, Z. Y. 2012. Karakteristik Marshall AC-BC dengan Menggunakan BGA *(Buton Granular Asphalt)* sebagai Campuran Agregat Halus. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.

Setiawan, N. 2013. Statistik Ceria. http://statistikceria.blogspot.in/2013/12/Pengujian-Perbedaan-Rata-rata-Dua-kelompok-berpasangan-dependent-parametrik.html?m=1. [Diakses pada 20 Januari 2018].

Setiawan, N. 2013. Statistik Ceria. http://statistikceria.blogspot.in/2013/12/tutorial-excel-uji-t-perbedaan-rata-rata-Dua-kelompok-berpasangan-dependent-parametrik.html?m=1. [Diakses pada 20 Januari 2018].

Setiawan, N. 2014. Statistik Ceria. http://statistikceria.blogspot.in/2014/01/cara-mengaktifkan-add-ins-analysis-excel-statistik.html?m=1. [Diakses pada 20 Januari 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.

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

Sumiati, dan Sukarman. (2014, Maret). Pengaruh Agregat Terhadap Nilai Karakteristik Aspal Beton (AC-BC). *Jurnal Teknik Sipil, X*, 85-91.

Syarwan, Ar, S., dan Hazmi, F. (2013). Kajian Gradasi Agregat Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC) terhadap Parameter Marshall berdasarkan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010. *REINTEK*, 149-155.

Digital Repository Universitas Jember

LAMPIRAN

Lampiran 4.1 Dokumentasi Laboratorium

NO	DOKUMENTASI	KETERANGAN
1		Proses penggorengan agregat
2		Proses penggorengan agregat setelah ditambahkan aspal
3		Proses penimbangan benda uji
4		Hasil pembacaan uji Marshall

Digital Repository Universitas Jember

5		Sebagian benda uji
6		Proses pemadatan benda uji
7		Proses mengeluarkan benda uji dengan *extruder*

Digital Repository Universitas Jember

Lampiran 5.2 Data Hasil Penelitian

Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus NS

Benda Uji			I	II	Rerata
A	Berat benda uji kering permukaan jenuh (**500**)	(gram)	685,70	677,13	681,42
B	Berat benda uji kering oven (**Bk**)	(gram)	668,50	659,00	663,75
C	Berat piknometer+air	(gram)	706,85	704,26	705,56
D	Berat Piknometer+benda uji SSD+air	(gram)	1143,35	1127,74	1135,55
E	Berat piknometer+air terkoreksi (**B**)	(gram)	706,07	703,49	704,78
F	Berat Piknometer+benda uji SSD+air terkoreksi (**Bt**)	(gram)	1142,09	1126,50	1134,30
G	Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{(B + 500 - Bt)}$	2,68	2,59	2,64
H	Berat Jenis kering permukaan jenuh	$\frac{}{(B +500 - Bt)}$	2,75	2,66	2,71
I	Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$	2,88	2,79	2,83
J	Penyerapan	$\frac{(500 - Bk)}{Bk}$ X 100%	2,57	2,75	2,66

Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus FF

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 Kasar CA

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 (**Bj**)	(gram)	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	$\frac{Bj - Bk}{Bk}$ X 100%	2,43	2,72	2,58

Digital Repository Universitas Jember

Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar MA

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 (**Bj**)	(gram)	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	$\frac{Bj - Bk}{Bk} X\ 100\%$	1,53	1,38	1,46

Keausan Agregat

Saringan		Berat Benda Uji (gram)				Berat Benda Uji (gram)			
Lolos	Tertahan	sebelum	Sesudah	sebelum	Sesudah	sebelum		sebelum	Sesudah
		A	A'	B	B'	C	C'	D	D'
1 1/2	1	1250	3332,7						
1	3/4	1250							
3/4	1/2	1250		2500	3264,00				
1/2	3/8	1250		2500					
3/8	1/4					2500	3213		
1/4	NO.4					2500			
NO.4	NO.8							5000	3411,60
NO.12									
Jumlah Berat		5000	3332,7	5000	3264,00	5000		5000	0
Jumlah Bola Baja		12		11		8		6	
Lolos Saringan No.12		1667,3		0		0		0	

Perhitungan		I	II	III	IV	Rerata
A	Berat sebelum di uji	5000	5000,00	5000	5000,00	5000,00
B	Berat sesudah di uji	3332,70	3264,00	3213,00	3411,60	3305,33
C	Lolos saringan No. 12	1667,30	1736,00	1787,00	1588,40	1694,68
D	Keausan (%)	33%	35%	36%	32%	34%

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		

Digital Repository Universitas Jember

Penetrasi Aspal

Pembukaan Benda Uji	Benda Uji dipanaskan	Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
	Mulai		Pemanas
	Selesai	10 menit	Temp 130
Mendinginkan Benda Uji	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai		ruang 2
	Selesai		Temp 130
Pemeriksaan Benda Uji	Penetrasi 25^{O}C, 100 gram, 5 detik		
	Mulai		Cawan
	Selesai		Temp 130

Penetrasi pada suhu 25^{O}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		Pemanas
	Selesai		Temp 130
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	$\frac{F}{C}$ X 100	%	0,119	0,158
H	Rerata	%	0,106	

Digital Repository Universitas Jember

Analisa Saringan Agregat FF

Nomor Saringan	Berat Saringan	Berat Saringan + Benda Uji I	Berat Saringan + Benda Uji II	Berat Tertahan I	Berat Tertahan II	Komulatif Berat Tertahan I	Komulatif Berat Tertahan II	Jumlah Persen Rerata	
	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram	Tertahan	Lolos
1 1/2	655,8	655,8	655,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1	559,1	559,1	559,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4	538,9	538,9	538,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2	442,3	442,3	442,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8	572,5	602,5	602,5	30,00	30,00	30,00	30,00	3,79	96,21
8	392,9	638,0	633,0	245,10	240,10	275,10	270,10	34,40	65,60
16	153,1	391,6	398,7	238,50	245,60	513,60	515,70	64,94	35,06
30	369,8	339,6	421,6	30,20	51,80	483,40	567,50	66,30	33,70
200	285,8	451,3	437,4	165,50	151,60	648,90	719,10	86,31	13,69
PAN	429	573,5	501,5	144,50	72,50	793,40	791,60	100,00	0,00

Digital Repository Universitas Jember

Analisa Saringan Agregat NS

Nomor Saringan	Berat Saringan	Berat Saringan + Benda Uji I	Berat Saringan + Benda Uji II	Berat Tertahan I	Berat Tertahan II	Komulatif Berat Tertahan I	Komulatif Berat Tertahan II	Jumlah Persen Rerata	
	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram	Tertahan	Lolos
1 1/2	655,8	655,8	655,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1	559,1	559,1	559,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4	538,9	538,9	538,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2	442,3	442,3	442,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8	572,5	572,5	572,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
8	392,9	472,2	487,0	79,30	94,10	79,30	94,10	11,11	88,89
16	153,1	392,1	386,9	239,00	233,80	318,30	327,90	41,40	58,60
30	369,8	580,5	559,2	210,70	189,40	529,00	517,30	67,03	32,97
200	285,8	527,3	533,2	241,50	247,40	770,50	764,70	98,35	1,65
PAN	429	440,2	443,5	11,20	14,50	781,70	779,20	100,00	0,00

Digital Repository Universitas Jember

Analisa Saringan Agregat MA

Nomor Saringan	Berat Saringan	Berat Saringan + Benda Uji I	Berat Saringan + Benda Uji II	Berat Tertahan I	Berat Tertahan II	Komulatif Berat Tertahan I	Komulatif Berat Tertahan II	Jumlah Persen Rerata	
	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram	Tertahan	Lolos
1 1/2	655,8	655,8	655,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1	559,1	559,1	559,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4	538,9	538,9	538,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2	442,3	853,6	934,8	411,30	492,50	411,30	492,50	32,63	67,37
3/8	572,5	1272,0	1200,0	699,50	627,50	1110,80	1120,00	80,54	19,46
8	392,9	529,3	526,4	136,40	133,50	1247,20	1253,50	90,29	9,71
16	153,1	286,6	288,6	133,50	135,50	1380,70	1389,00	100,00	0,00
30	369,8	369,8	369,8	0,00	0,00	1380,70	1389,00	100,00	0,00
200	285,8	285,8	285,8	0,00	0,00	1380,70	1389,00	100,00	0,00
PAN	429	429,0	429,0	0,00	0,00	1380,70	1389,00	100,00	0,00

Digital Repository Universitas Jember

Analisa Saringan Agregat CA

Nomor Saringan	Berat Saringan	Berat Saringan + Benda Uji I	Berat Saringan + Benda Uji II	Berat Tertahan I	Berat Tertahan II	Komulatif Berat Tertahan I	Komulatif Berat Tertahan II	Jumlah Persen Rerata	
	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram	Tertahan	Lolos
1 1/2	655,8	655,8	655,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1	559,1	559,1	559,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4	538,9	1032,7	876,3	493,80	337,40	493,80	337,40	24,03	75,97
1/2	442,3	2074,2	1438,8	1631,90	996,50	2125,70	1333,90	100,00	0,00
3/8	572,5	572,5	572,5	0,00	0,00	2125,70	1333,90	100,00	0,00
8	392,9	392,9	392,9	0,00	0,00	2125,70	1333,90	100,00	0,00
16	153,1	153,1	153,1	0,00	0,00	2125,70	1333,90	100,00	0,00
30	369,8	369,8	369,8	0,00	0,00	2125,70	1333,90	100,00	0,00
200	285,8	285,8	285,8	0,00	0,00	2125,70	1333,90	100,00	0,00
PAN	429	429,0	429,0	0,00	0,00	2125,70	1333,90	100,00	0,00

Digital Repository Universitas Jember

Hasil Pengujian *Marshall* Campuran dengan Agregat di Atas Daerah Larangan

No. Benda Uji	% aspal terhadap batuan	% terhadap campuran	Pengambilan Data Laboratorium			Volume benda uji	Berat isi benda uji	BJ maksimum benda uji (GMM)	% aspal	BJ agregat efektif (Gse)	VMA	VIM	VFA	Stabilitas (kg)			Pelelehan (flow), mm	MQ	% penyerapan aspal	% aspal efektif (Pbe)
			Berat di udara	Berat SSD	Berat dalam air									Pembacaan dial	Faktor kalibrasi	faktor ketebalan				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P (OK)	Q	R (OK)	S	T
1	5,5	5,213	1249,300	1263,200	659,100	604,100	2,068	2,235	5,5	2,370	17,288	7,456	56,870	135,000	3827,453	3291,609	1,300	2532,007	0,395	4,839
2	5,5	5,213	1255,200	1268,800	663,900	604,900	2,075	2,235	5,5	2,370	17,007	7,142	58,005	108,000	3061,962	2725,146	3,000	908,382	0,395	4,839
3	5,5	5,213	1239,000	1245,200	654,300	590,900	2,097	2,235	5,5	2,370	16,137	6,169	61,772	95,000	2693,393	2397,120	2,000	1198,560	0,395	4,839
Rerata	5,5	5,213	1247,833	1259,067	659,100	599,967	2,080	2,235	5,5	2,370	16,811	6,922	58,882	112,667	3194,269	2804,625	2,100	1546,316	0,395	4,839
4	6	5,660	1266,000	1276,600	681,400	595,200	2,127	2,224	6,0	2,370	15,330	4,351	71,618	110,000	3118,665	2900,359	2,000	1450,179	0,395	5,288
5	6	5,660	1265,100	1283,000	678,100	604,900	2,091	2,224	6,0	2,370	16,747	5,952	64,461	40,000	1134,060	1009,313	1,900	531,218	0,395	5,288
6	6	5,660	1260,800	1276,000	678,300	597,700	2,109	2,224	6,0	2,370	16,030	5,142	67,922	30,000	850,545	756,985	2,100	360,469	0,395	5,288
Rerata	6	5,660	1263,967	1278,533	679,267	599,267	2,109	2,224	6,0	2,370	16,036	5,148	68,001	60,000	1701,090	1555,552	2,000	780,622	0,395	5,288
7	6,5	6,103	1269,600	1286,600	676,400	610,200	2,081	2,213	6,5	2,370	17,565	5,985	65,925	105,000	2976,908	2560,141	2,100	1219,115	0,395	5,733
8	6,5	6,103	1269,700	1290,000	676,000	614,000	2,068	2,213	6,5	2,370	18,069	6,560	63,696	115,000	3260,423	2901,776	2,300	1261,642	0,395	5,733
9	6,5	6,103	1256,800	1271,900	677,000	594,900	2,113	2,213	6,5	2,370	16,298	4,540	72,145	97,000	2750,096	2447,585	1,350	1813,026	0,395	5,733
Rerata	6,5	6,103	1265,367	1282,833	676,467	606,367	2,087	2,213	6,5	2,370	17,311	5,695	67,255	105,667	2995,809	2636,501	1,917	1431,261	0,395	5,733
10	7	6,542	1271,100	1282,600	684,500	598,100	2,125	2,203	7,0	2,370	15,798	3,513	77,762	110,000	3118,665	2682,052	2,500	1072,821	0,395	6,173
11	7	6,542	1289,400	1306,900	690,700	616,200	2,093	2,203	7,0	2,370	17,095	4,999	70,757	132,000	3742,398	3330,734	2,500	1332,294	0,395	6,173
12	7	6,542	1281,400	1289,400	702,000	587,400	2,181	2,203	7,0	2,370	13,570	0,959	92,929	120,000	3402,180	3027,940	2,400	1261,642	0,395	6,173
Rerata	7	6,542	1280,633	1292,967	692,400	600,567	2,133	2,203	7,0	2,370	15,488	3,157	80,483	120,667	3421,081	3013,576	2,467	1222,252	0,395	6,173
13	7,5	6,977	1274,700	1289,000	688,400	600,600	2,122	2,192	7,5	2,370	15,911	3,191	79,947	97,000	2750,096	2365,082	2,100	1126,230	0,395	6,609
14	7,5	6,977	1294,000	1311,700	701,700	610,000	2,121	2,192	7,5	2,370	15,953	3,239	79,695	70,000	1984,605	1706,760	2,850	598,863	0,395	6,609
15	7,5	6,977	1289,800	1302,900	695,600	607,300	2,124	2,192	7,5	2,370	15,854	3,125	80,291	120,000	3402,180	2925,875	1,600	1828,672	0,395	6,609
Rerata	7,5	6,977	1286,167	1301,200	695,233	605,967	2,123	2,192	7,5	2,370	15,906	3,185	79,978	95,667	2712,294	2332,573	2,183	1184,588	0,395	6,609
16	8	7,407	1288,700	1297,900	703,000	594,900	2,166	2,182	8,0	2,370	14,173	0,733	94,831	155,000	4394,483	3779,255	2,500	1511,702	0,395	7,042
17	8	7,407	1294,500	1301,900	702,800	599,100	2,161	2,182	8,0	2,370	14,391	0,985	93,157	105,000	2976,908	2649,448	2,800	946,231	0,395	7,042
18	8	7,407	1310,200	1328,600	694,000	634,600	2,065	2,182	8,0	2,370	18,200	5,390	70,384	105,000	2976,908	2649,448	3,000	883,149	0,395	7,042
Rerata	8	7,407	1297,800	1309,467	699,933	609,533	2,131	2,182	8,0	2,370	15,588	2,369	86,124	121,667	3449,433	3026,050	2,767	1113,694	0,395	7,042

Digital Repository Universitas Jember

Hasil Pengujian *Marshall* Campuran dengan Agregat di Bawah Daerah Larangan

No. Benda Uji	% aspal terhadap batuan	% terhadap campuran	Pengambilan Data Laboratorium			Volume benda uji	Berat isi benda uji	BJ maksimum benda uji (GMM)	% aspal	BJ agregat efektif (Gse)	VMA	VIM	VFA	Stabilitas (kg)			Pelelehan (flow), mm	MQ	% penyerapan aspal	% aspal efektif (Pbe)
			Berat di udara	Berat SSD	Berat dalam air									Pembacaan dial	Faktor kalibrasi	faktor ketebalan				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P (OK)	Q	R (OK)	S	T
1	5,5	5,213	1228,300	1252,700	668,000	584,700	2,101	2,256	5,5	2,395	16,865	6,878	59,218	117,000	3317,126	2852,728	1,700	1678,075	0,882	4,377
2	5,5	5,213	1240,600	1274,600	673,300	601,300	2,063	2,256	5,5	2,395	18,350	8,542	53,451	82,000	2324,823	2069,093	1,500	1379,395	0,882	4,377
3	5,5	5,213	1272,600	1302,300	689,100	613,200	2,075	2,256	5,5	2,395	17,869	8,003	55,212	100,000	2835,150	2523,284	2,100	1201,564	0,882	4,377
Rerata	5,5	5,213	1247,167	1276,533	676,800	599,733	2,080	2,256	5,5	2,395	17,695	7,808	55,961	99,667	2825,700	2481,701	1,767	1419,678	0,882	4,377
4	6	5,660	1264,800	1290,700	688,400	602,300	2,100	2,245	6,0	2,395	17,288	6,448	62,700	110,000	3118,665	2900,359	1,700	1706,093	0,882	4,828
5	6	5,660	1252,400	1285,900	676,300	609,600	2,054	2,245	6,0	2,395	19,079	8,475	55,581	90,000	2551,635	2270,955	1,500	1513,970	0,882	4,828
6	6	5,660	1270,100	1296,000	682,600	613,400	2,071	2,245	6,0	2,395	18,444	7,756	57,947	100,000	2835,150	2523,284	2,050	1230,870	0,882	4,828
Rerata	6	5,660	1262,433	1290,867	682,433	608,433	2,075	2,245	6,0	2,395	18,270	7,560	58,743	100,000	2835,150	2564,866	1,750	1483,645	0,882	4,828
7	6,5	6,103	1273,600	1304,300	685,500	618,800	2,058	2,234	6,5	2,395	19,314	7,859	59,310	80,000	2268,120	1950,583	1,500	1300,389	0,882	5,275
8	6,5	6,103	1258,500	1280,800	680,500	600,300	2,096	2,234	6,5	2,395	17,813	6,145	65,502	110,000	3118,665	2775,612	1,800	1542,007	0,882	5,275
9	6,5	6,103	1258,000	1282,600	676,500	606,100	2,076	2,234	6,5	2,395	18,632	7,080	62,000	110,000	3118,665	2775,612	1,800	1542,007	0,882	5,275
Rerata	6,5	6,103	1263,367	1289,233	680,833	608,400	2,077	2,234	6,5	2,395	18,586	7,028	62,271	100,000	2835,150	2500,602	1,700	1461,467	0,882	5,275
10	7	6,542	1270,800	1293,700	687,000	606,700	2,095	2,223	7,0	2,395	17,885	5,773	67,721	105,000	2976,908	2560,141	2,000	1280,070	0,882	5,718
11	7	6,542	1272,400	1292,300	698,700	593,600	2,144	2,223	7,0	2,395	15,967	3,572	77,627	108,000	3061,962	2725,146	2,000	1362,573	0,882	5,718
12	7	6,542	1269,500	1293,400	688,200	605,200	2,098	2,223	7,0	2,395	17,766	5,636	68,275	90,000	2551,635	2270,955	2,000	1135,478	0,882	5,718
Rerata	7	6,542	1270,900	1293,133	691,300	601,833	2,112	2,223	7,0	2,395	17,206	4,994	71,208	101,000	2863,502	2518,747	2,000	1259,374	0,882	5,718
13	7,5	6,977	1283,200	1294,700	695,900	598,800	2,143	2,212	7,5	2,395	15,990	3,138	80,376	140,000	3969,210	3413,521	1,700	2007,953	0,882	6,156
14	7,5	6,977	1278,000	1292,200	695,200	597,000	2,141	2,212	7,5	2,395	16,078	3,240	79,851	140,000	3969,210	3413,521	2,700	1264,267	0,882	6,156
15	7,5	6,977	1264,300	1279,900	684,000	595,900	2,122	2,212	7,5	2,395	16,825	4,100	75,630	118,000	3345,477	2877,110	1,800	1598,395	0,882	6,156
Rerata	7,5	6,977	1275,167	1288,933	691,700	597,233	2,135	2,212	7,5	2,395	16,298	3,493	78,619	132,667	3761,299	3234,717	2,067	1623,538	0,882	6,156
16	8	7,407	1285,600	1295,600	700,200	595,400	2,159	2,202	8,0	2,395	15,352	1,943	87,345	155,000	4394,483	3779,255	1,650	2290,458	0,882	6,591
17	8	7,407	1290,600	1302,400	704,200	598,200	2,157	2,202	8,0	2,395	15,421	2,022	86,886	148,000	4196,022	3734,460	2,430	1536,815	0,882	6,591
18	8	7,407	1283,100	1293,100	702,000	591,100	2,171	2,202	8,0	2,395	14,902	1,422	90,460	160,000	4536,240	4037,254	2,400	1682,189	0,882	6,591
Rerata	8	7,407	1286,433	1297,033	702,133	594,900	2,162	2,202	8,0	2,395	15,225	1,796	88,230	154,333	4375,582	3850,323	2,160	1836,487	0,882	6,591