



**PENGGUNAAN FILLER ARANG KAYU PADA ASPAL
LATASTON DAN ASPAL LASTON**

SKRIPSI

Oleh:

Muhamad Fatkhur Rohman

NIM 161910301025

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2020



**PENGGUNAAN FILLER ARANG KAYU PADA ASPAL
LATASTON DAN ASPAL LASTON**

SKRIPSI

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

Oleh :

Muhamad Fatkhur Rohman

NIM 161910301025

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

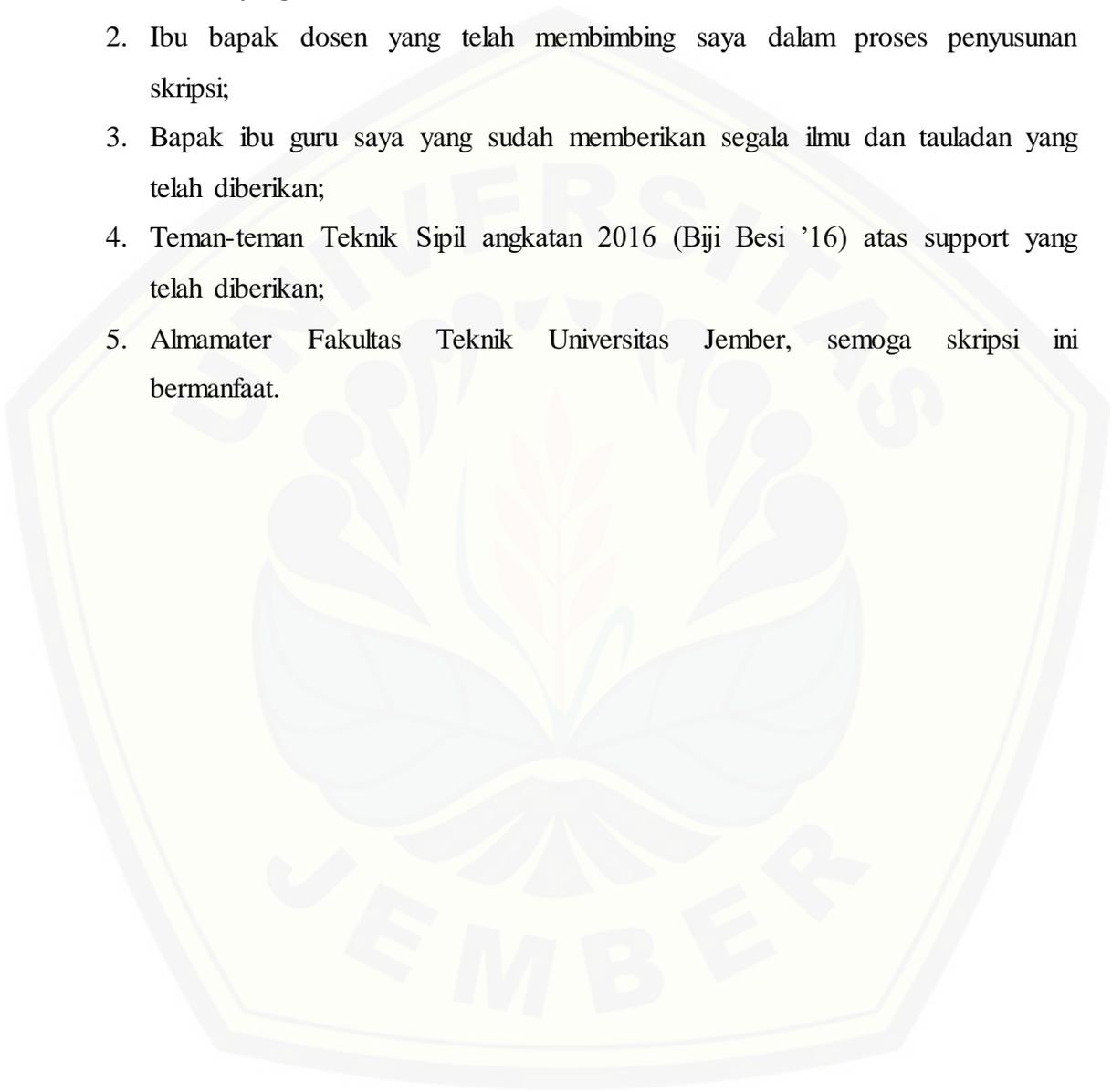
UNIVERSITAS JEMBER

2020

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Orang tua saya, untuk doa dan dukungan serta jerih payah, segala hal yang tak ternilai yang telah dicurahkan;
2. Ibu bapak dosen yang telah membimbing saya dalam proses penyusunan skripsi;
3. Bapak ibu guru saya yang sudah memberikan segala ilmu dan tauladan yang telah diberikan;
4. Teman-teman Teknik Sipil angkatan 2016 (Biji Besi '16) atas support yang telah diberikan;
5. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember, semoga skripsi ini bermanfaat.



MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”

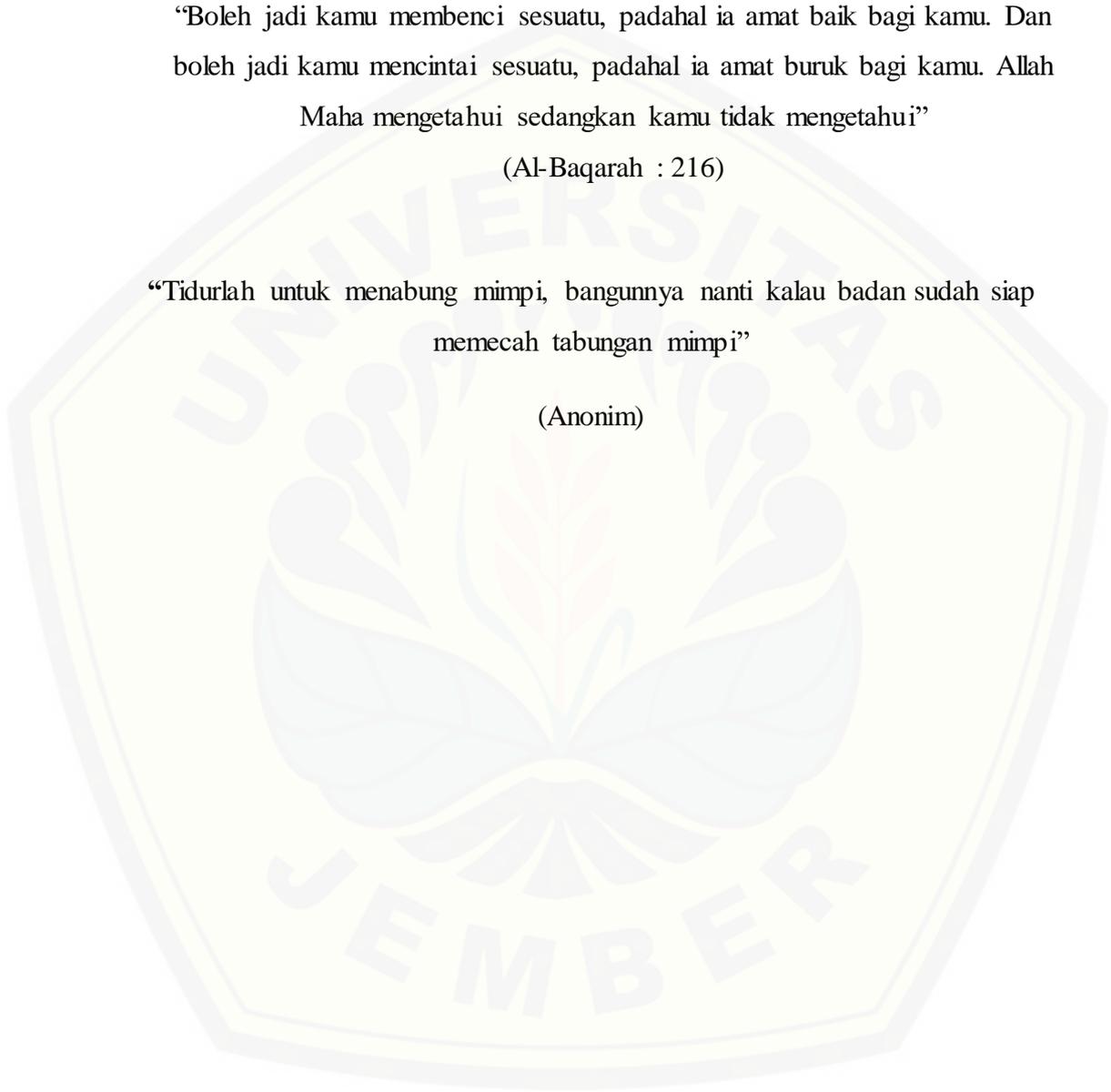
(QS. Al-Insyirah : 5)

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagi kamu. Dan boleh jadi kamu mencintai sesuatu, padahal ia amat buruk bagi kamu. Allah Maha mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui”

(Al-Baqarah : 216)

“Tidurlah untuk menabung mimpi, bangunnya nanti kalau badan sudah siap memecah tabungan mimpi”

(Anonim)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhamad Fatkhur Rohman

NIM : 161910301025

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "*Penggunaan Filler Arang Kayu Pada Aspal Lataston Dan Aspal Laston*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 15 juli 2020

Yang menyatakan,

(Muhamad Fatkhur Rohman)

NIM 161910301025

SKRIPSI

**PENGGUNAAN FILLER ARANG KAYU PADA ASPAL
LATASTON DAN ASPAL LASTON**

Oleh :

Muhamad Fatkhur Rohman

NIM 161910301025

Dosen Pembimbing :

Dosen pembimbing utama : Akhmad Hassanuddin, S.T., M.T.

Dosen pembimbing anggota : Luthfi Amri Wicaksono, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Penggunaan Filler Arang Kayu Pada Aspal Leston Dan Aspal Leston" karya Muhamad Fakhur Pohan telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Senin, 13 Juli 2020

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama



Ahmad Hasanuddin, ST., MT
NIP. 197103271998031003

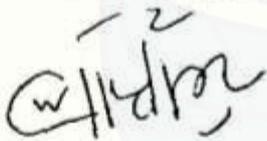
Dosen Pembimbing Anggota



Luthfi Ayat Wicaksono S.T., MT.
NIP. 760016771

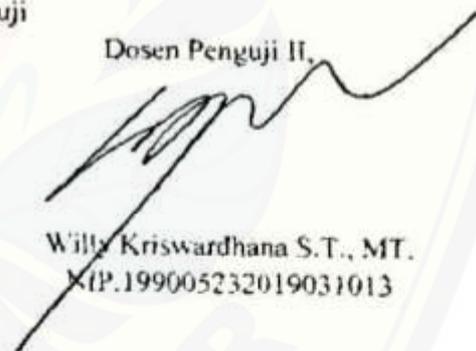
Tim Penguji

Dosen Penguji I,



Indra Nurtjahjaningtyas, ST., MT
NIP. 197010241998032001

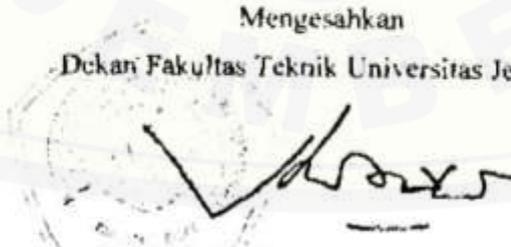
Dosen Penguji II,



Willy Kriswardhana S.T., MT.
NIP. 199005232019031013

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,



Dr. Ir. Triwahju Hardianto, ST., MT.
NIP. 197006261997021001

RINGKASAN

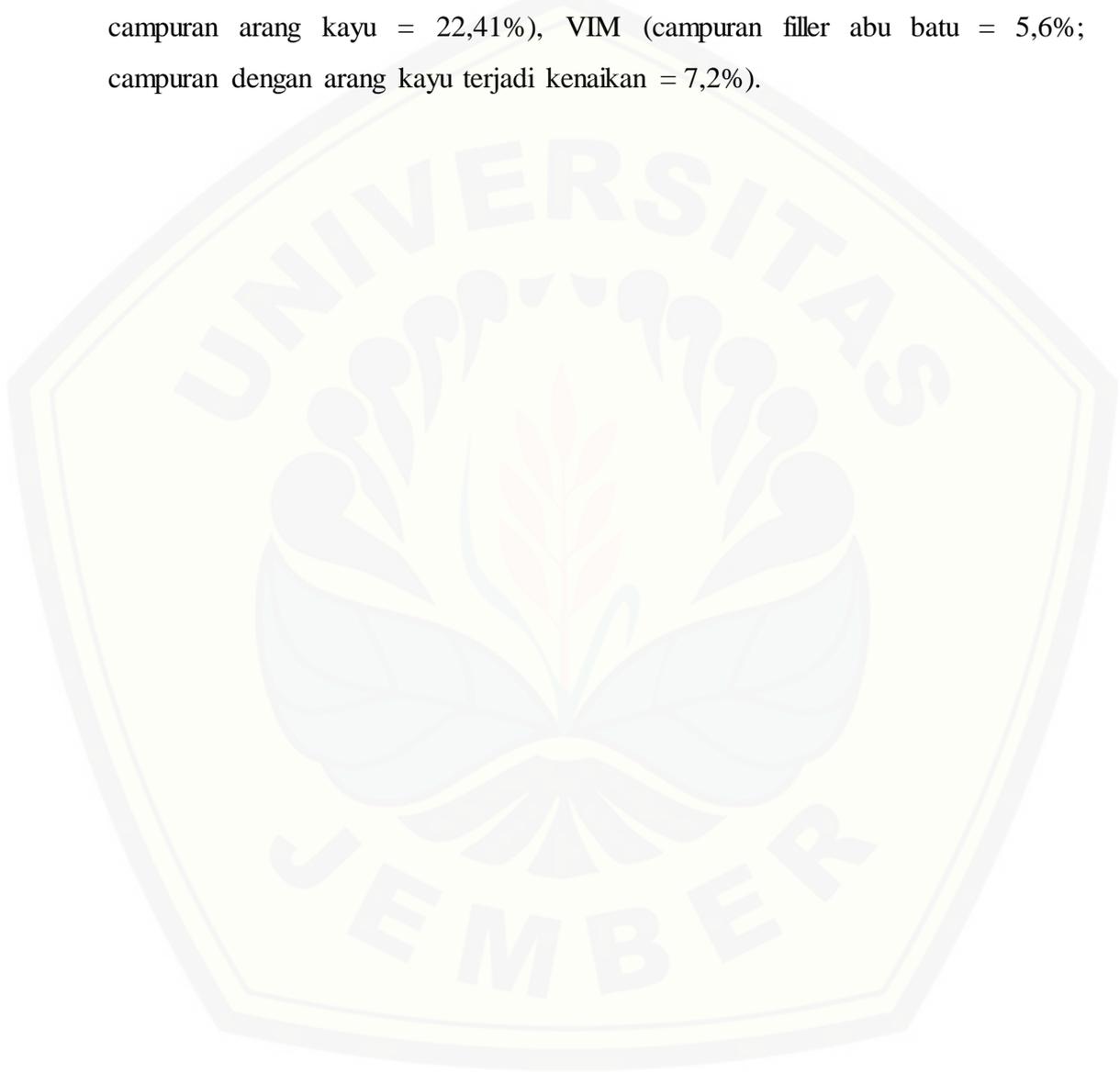
Penggunaan Filler Arang Kayu Pada Aspal Laston Dan Aspal Laston;
Muhamad Fatkhur Rohman., 161910301025; 2020; 96 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Struktur perkerasan jalan memiliki bahan pengisi yang disebut filler. Filler merupakan salah satu bahan yang memiliki fungsi penting, yaitu sebagai pengisi rongga-rongga dari campuran aspal. Selain itu filler juga memiliki fungsi lain yaitu sebagai media untuk pelumasan aspal terhadap permukaan agregat. Meskipun prosentase filler sangat kecil terhadap campuran bahan aspal lainnya, bukan berarti filler tidak memiliki pengaruh efek besar terhadap sifat-sifat Marshall yang juga merupakan kinerja campuran terhadap beban lalu lintas.. Aspal laston dan aspal laston dipilih sebagai bahan pelapis karena memiliki fungsi yang hampir sama yaitu sebagai lapisan yang kedap terhadap air dan melindungi lapisan di bawahnya. Selain itu aspal laston dan aspal laston juga dapat memberikan kenyamanan bagi pengendara lalu lintas.

Penelitian ini dilakukan terhadap campuran AC-WC dan HRS-WC. Campuran ini akan dibuat 2 jenis campuran dengan bahan dasar yang sama, yaitu untuk agregat kasar dan agregat medium didapatkan dari PT. Sunan Muria. Perencanaan variasi benda uji akan dibuat masing-masing campuran dengan menggunakan 5 variasi kadar aspal dan terdapat 3 benda uji untuk setiap kadar aspal sehingga terdapat 15 benda uji dengan keseluruhan total benda uji terdapat 60 benda uji. Kadar aspal yang digunakan dari masing-masing campuran AC-WC adalah 4,8%, 5,3%, 5,8%, 6,3% dan 6,8%. Dan untuk campuran HRS-WC digunakan kadar aspal 7,39%, 7,89%, 8,39%, 8,89% dan 9,39%.

Dari analisa didapatkan bahwa penambahan *filler* serbuk arang kayu pada campuran aspal menyebabkan nilai-nilai karakteristik pada campuran seperti stabilitas pada campuran AC-WC menggunakan abu batu sebesar 1511,9 kg, sedangkan jika menggunakan arang kayu menurun menjadi 1049,6 kg, *Marshall Quotient* (campuran dengan *filler* abu batu = 613,3 kg/mm; campuran arang kayu = 295,8 kg/mm), VMA (campuran filler abu batu = 15,05%; campuran arang kayu

mengalami kenaikan = 20,38%), VIM (campuran filler abu batu = 3,6%; campuran dengan arang kayu terjadi kenaikan = 9,6%). Sedangkan pada campuran HRS-WC nilai stabilitas menggunakan *filler* abu batu = 1899,17 kg; campuran arang kayu mengalami penurunan = 941,6 kg. Demikian juga yang terjadi pada *Marshall Quotient* (campuran *filler* abu batu = 472,9 kg/mm; campuran arang kayu = 377 kg/mm), VMA (campuran filler abu batu = 21,01%; campuran arang kayu = 22,41%), VIM (campuran filler abu batu = 5,6%; campuran dengan arang kayu terjadi kenaikan = 7,2%).



SUMMARY

The Use of Wood Charcoal Filler in Lataston Asphalt and Laston Asphalt, Muhammad Fatkhur Rohman, 161910301025; 2020; 96 pages; Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Jember University.

The pavement structure has material called a filler. Filler is one material that has an important function, namely as a cavity filler from asphalt mixture. In addition, the filler also has another function, namely as a medium for lubrication of asphalt on the aggregate surface. Although the percentage of filler is very small for other asphalt mixtures, it does not mean that the filler does not have a major effect on the properties of Marshall which is also a mixture's performance on traffic loads. That is as a layer that is impermeable to water and protects the underlying layer. Besides laston asphalt and lataston asphalt can also provide comfort for traffic drivers.

This research was conducted on mixture of AC-WC and HRS-WC. This mixture is made of 2 types of mixtures with the same basic ingredients, that is for coarse aggregates and medium aggregates obtained from PT. Sunan Muria. Planning variations of the test specimens are made each mixture using 5 variations of asphalt content and there are 3 specimens for each asphalt content, so that are 15 specimens with a total of 60 specimens. Asphalt content used from each AC-WC mixture was 4.8%, 5.3%, 5.8%, 6.3% and 6.8%. And for the HRS-WC mixture used a asphalt levels of 7.39%, 7.89%, 8.39%, 8.39% and 9.39%.

From the analysis it was found that the addition of wood charcoal powder filler to the asphalt mixture caused the characteristic values of the mixture such as the stability of the AC-WC mixture using stone ash by 1511.9 kg, whereas if using wood charcoal decreased to 1049.6 kg, Marshall Quotient (mixture with stone ash filler = 613.3 kg / mm; wood charcoal mixture = 295.8 kg / mm), VMA (stone ash filler mixture = 15.05%; wood charcoal mixture increased = 20.38%), VIM (mixture of stone ash filler = 3.6%; mixture with wood charcoal increased = 9.6%). Whereas in the HRS-WC mixture the value of stability using stone ash filler = 1899.17 kg; wood charcoal mixture has decreased = 941.6 kg. Likewise what happened to Marshall Quotient (rock ash filler mixture = 472.9 kg / mm;

wood charcoal mixture = 377 kg / mm), VMA (stone ash filler mixture = 21.01%; wood charcoal mixture = 22.41%), VIM (mixture of stone ash filler = 5.6%; mixture with wood charcoal increased = 7.2%).



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penggunaan Filler Arang Kayu Pada Aspal Lataston Dan Aspal Laston (*Usage of Wooden Charcoal Filler in Asphalt Lataston and Asphalt Laston*)”. Skripsi ini disusun guna memenuhi tugas akhir dan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknik Universitas Jember.

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

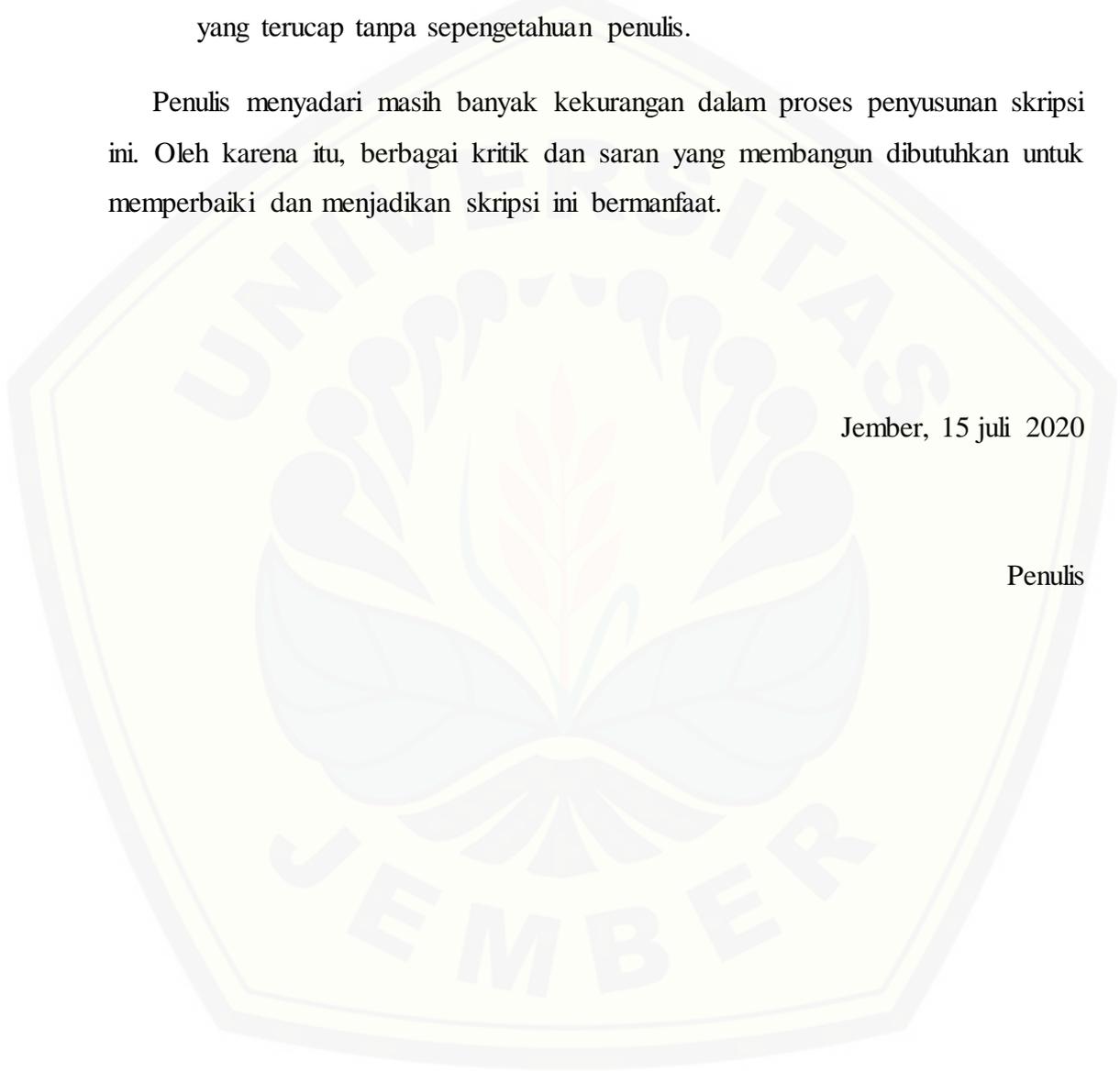
1. Allah SWT, atas izin-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir untuk mencapai gelar Sarjana Teknik;
2. Bapak Akhmad Hassanuddin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah membimbing dan memberikan saran serta masukan dalam proses pengerjaan skripsi ini;
3. Bapak Luthfi Amri Wicaksono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan saran dan masukan serta meluangkan waktu dan pikiran dalam proses penyusunan skripsi ini;
4. Ibu Indra Nurtjahjaningtyas, S.T., M.T. dan Bapak Ir. Willy Kriswardhana, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik, saran dalam penulisan skripsi ini;
5. Keluarga besar Fakultas Teknik Universitas Jember, yakni Bapak dan Ibu dosen beserta staf karyawan yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis;
6. Kedua orang tua tercinta, Ibu Umi Rohmatin dan Ayah Takim yang tiada henti membimbing dan memberikan dukungan, kasih sayang, beserta doa kepada penulis sehingga dapat mencapai titik ini;
7. Keluarga besar yang telah memberikan pelajaran hidup berharga bagi penulis sehingga menjadi motivasi untuk mencapai titik ini;
8. Teman belajar Deva Varicatussholeha yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis;

9. Keluarga besar angkatan 2016 atas kekeluargaan dan kebersamaan selama ini;
10. Keluarga besar PT. Tri Jaya Adymix yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis;
11. Teman-teman kontrakan yang selalu memberi arahan kepada penulis;
12. Serta untuk setiap nama yang tidak tertulis satu persatu, dan seluruh doa yang terucap tanpa sepengetahuan penulis.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam proses penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, berbagai kritik dan saran yang membangun dibutuhkan untuk memperbaiki dan menjadikan skripsi ini bermanfaat.

Jember, 15 juli 2020

Penulis



DAFTAR ISI

PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Lataston	4
2.1.1 Sifat Lataston (<i>Hot Rolled Sheet</i>).....	4
2.1.2 Persyaratan Sifat Agregat dan Aspal.....	4
2.1.3 Persyaratan Campuran Lataston.....	5
2.1.4 Sifat Campuran Aspal Beton.....	5
2.2 Laston	8
2.3 Aspal	8
2.4 Agregat	10

2.4.1	Agregat Kasar	10
2.4.2	Agregat Halus	11
2.5	Arang Kayu	11
2.6	Filler	12
2.7	Pencampuran Agregat	12
2.8	Metode Marshall	16
2.9	Komposisi Aspal terhadap Campuran	17
2.10	Penelitian Terdahulu	18
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN		20
3.1 Jenis Penelitian		20
3.2 Lokasi Penelitian		20
3.3 Pelaksanaan Penelitian		20
3.4 Alat dan Bahan		21
3.4.1	Bahan Penelitian	21
3.4.2	Alat Penelitian	21
3.4.3	Tahap persiapan penelitian	24
3.4.4	Tahap Pelaksanaan Penelitian	28
3.5 Analisis Data		31
3.6 Diagram Alir Penelitian		31
BAB 4. PEMBAHASAN		34
4.1 Hasil-Hasil Pengujian Agregat		34
4.1.1	Pengujian Agregat Kasar	34
4.2 Pengujian Bitumen Aspal		36
4.3 Perencanaan Campuran		37
BAB 5. PENUTUP		58
5.1	Kesimpulan	58

5.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN A	62
LAMPIRAN B	69



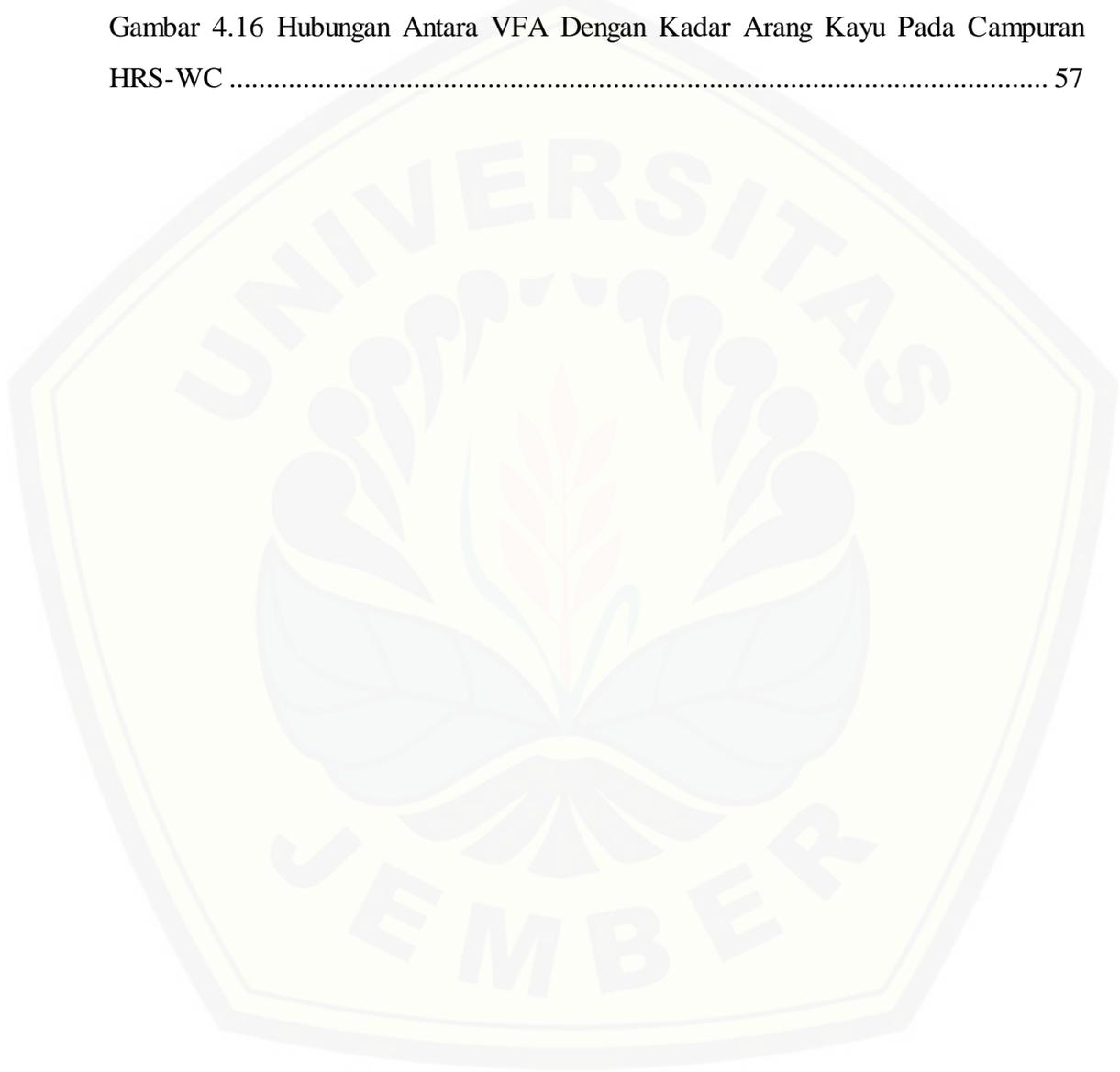
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persamaan Gradasi Agregat Campuran	4
Tabel 2.2 Sifat Campuran Laston.....	5
Tabel 2.3 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Kasar	10
Tabel 2.4 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Halus	11
Tabel 2.5 Komposisi Arang Kayu Mahoni	12
Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu	18
Tabel 4.1 Pengujian Agregat Kasar.....	34
Tabel 4.2 Pengujian Aspal Pen 60/70	37
Tabel 4.3 Hasil Analisis Saringan Agregat Campuran Laston AC-WC	38
Tabel 4.4 Hasil Analisis Saringan Agregat Campuran HRS-WC.....	39
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Prosentase Campuran Agregat AC-WC.....	400
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Prosentase Campuran Agregat HRS-WC.....	411
Tabel 4.7 Jumlah Sample Yang Diperlukan.....	422
Tabel 4.8 Hasil Pengujian <i>Marshall Test</i> Campuran Agregat AC-WC	433
Tabel 4.9 Hasil <i>Marshall Test</i> Campuran Agregat HRS-WC.....	433

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skematis Berbagai Jenis Volume Aspal Beton	7
Gambar 2.2 Plot Hasil Analisa Saringan Dari Masing-Masing Agregat	14
Gambar 2.3 Contoh Pencampuran 3 Fraksi Agregat Dengan Metode Grafis Rothluchs Tipe A	15
Gambar 2.4 Plot Hasil Perhitungan.....	15
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	20
Gambar 4.1 Grafik Hasil Analisa Saringan Agregat Lapisan AC-WC.....	39
Gambar 4.2 Grafik Hasil Analisa Saringan Agregat Lapisan HRS-WC.....	400
Gambar 4.3 Hubungan Antara Density Dan Kadar Arang Kayu Pada Campuran AC-WC.....	444
Gambar 4.4 Hubungan Antara Density Dan Kadar Arang Kayu Pada Campuran HRS-WC	455
Gambar 4.5 Hubungan Antara Stabilitas Dengan Kadar Arang Kayu Pada Campuran AC-WC.....	46
Gambar 4.6 Hubungan Stabilitas Dengan Kadar Arang Kayu Pada Campuran HRS-WC	47
Gambar 4.7 Hubungan Flow Dengan Kadar Arang Kayu Pada Campuran AC-WC	48
Gambar 4.8 Hubungan Flow Dengan Kadar Arang Kayu Pada Campuran HRS – WC	49
Gambar 4.9 Hubungan Antara MQ Dengan Kadar Arang Kayu Pada Campuran AC – WC.....	500
Gambar 4.10 Hubungan MQ Dengan Kadar Arang Kayu Pada Campuran HRS – WC	511
Gambar 4.11 Hubungan Antara VIM Dengan Arang Kayu Pada Campuran AC – WC	522
Gambar 4.12 Hubungan Antara VIM Dengan Arang Kayu Pada Campuran HRS – WC	533

Gambar 4.13 Hubungan Antara VMA Dengan Kadar Arang Kayu Pada Campuran Aspal AC-WC	54
Gambar 4.14 Hubungan Antara VMA Dengan Kadar Arang Kayu Pada Campuran Aspal HRS-WC.....	55
Gambar 4.15 Hubungan Antara VFA Dengan Kadar Arang Kayu Pada Campuran Aspal AC-WC	56
Gambar 4.16 Hubungan Antara VFA Dengan Kadar Arang Kayu Pada Campuran HRS-WC	57



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkerasan jalan termasuk bagian dari struktural jalan yang terletak pada penampang melintang jalan. Perkerasan jalan memiliki kedudukan yang paling utama pada badan jalan dikarenakan perkerasan jalan bersentuhan langsung dengan kendaraan. Apabila lalu lintas dalam kondisi lancar, maka campuran perkerasan dalam kondisi yang baik. Akan tetapi, apabila kondisinya rusak, maka lalu lintas akan menjadi macet.

Struktur perkerasan jalan memiliki bahan pengisi yang disebut *filler*. *Filler* memiliki fungsi penting dalam campuran aspal untuk pengisi rongga udara di dalam aspal. Meskipun persentase *filler* sangat kecil terhadap campuran bahan aspal lainnya, bukan berarti *filler* tidak memiliki pengaruh efek besar terhadap sifat karakteristik *marshall*. Pengujian campuran perkerasan menggunakan berbagai jenis *filler* telah sering dilakukan memakai kapur, *fly ash*, serbuk batu bata, semen dan lain sebagainya. Adapun bahan yang sering dipakai dalam penelitian menggunakan bahan *filler* yaitu semen dan *fly ash*. Kapur jika digunakan sebagai bahan *filler* akan membutuhkan jumlah aspal yang tidak sedikit agar menimbulkan nilai stabilitas yang baik (Pramono, 1999).

Pemakaian bahan *filler* dengan berat jenis yang lebih kecil dibandingkan dengan berat jenis agregat halus dan agregat kasar dapat mengakibatkan campuran menjadi *bleeding*, mendapati nilai rongga terisi aspal pada campuran lebih kecil dari batas spesifikasi bawah dan nilai rongga udara lebih besar dari batas spesifikasi atas (Widodo, 2000). Maka dari itu, perlu bahan lain untuk inovasi dengan menggunakan bahan limbah hasil dari penebangan kayu di hutan atau kebun dalam upaya mengurangi limbah kayu yang ada di hutan atau kebun. Adapun keuntungan yang bisa didapat dari limbah tersebut yang dapat dijadikan arang kayu sebagai bahan *filler*. Eksperimen terdahulu membuktikan bahwa pencampuran serbuk arang kayu sebagai campuran *filler* dapat menurunkan mutu pada campuran aspal.

Penelitian oleh Cahya dkk. (2018) menjelaskan bahwa penggunaan *filler* abu serbuk kayu dan semen *portland* dengan variasi 75%, 50%, dan 25%. Dari hasil yang didapat nilai durabilitas semua variasi *filler* telah memenuhi persyaratan yaitu lebih besar dari 90%. (Yacob and Wesli 2018) menyatakan bahwa pemakaian abu tempurung kelapa dan abu batu kapur sebagai bahan pengisi pada campuran aspal AC-BC dengan kadar *filler* 25% abu batu kapur dan 75% abu tempurung kelapa menunjukkan telah memenuhi syarat nilai karakteristik *marshall* pada Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3. Penelitian lainnya dilakukan oleh Nugroho (2018) menyatakan bahwa serbuk arang tempurung kelapa mempunyai nilai stabilitas yang optimal dengan variasi campuran komposisi *filler* sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, tetapi juga memiliki keawetan yang rendah. Aspal laston dan aspal lataston dipilih sebagai bahan pelapis karena memiliki fungsi yang hampir sama yaitu lapisan yang tahan terhadap air dan melindungi lapisan dibawahnya. Selain itu, aspal laston dan aspal lataston juga dapat memberikan kenyamanan bagi pengendara lalu lintas. Penelitian terdahulu pada penambahan *filler* arang kayu kebanyakan meninjau aspal laston AC-WC. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan diteliti lebih lanjut kinerja campuran aspal laston dan lataston dengan memakai *filler* arang kayu dengan kadar *filler* 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2% yang dihaluskan hingga menjadi serbuk halus.

Maksud dari pengujian untuk mendapati karakteristik pengaruh penggunaan *filler* arang kayu terhadap kinerja aspal lataston dan aspal laston dan bagaimana komposisi campuran yang optimal untuk mencapai nilai stabilitas dan *flow* yang sesuai spesifikasi. Pada penelitian ini diharapkan limbah dari penebangan kayu di hutan atau kebun dapat dimanfaatkan sebagai arang kayu.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan diatas maka dapat ditarik rumusan masalah yaitu bagaimana penggunaan *filler* arang kayu terhadap kinerja aspal lataston dan aspal laston dengan komposisi campuran kadar *filler*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui penggunaan *filler* arang kayu terhadap kinerja aspal laston dan aspal laston dengan komposisi campuran kadar *filler*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai pengembangan ilmu dan informasi tentang inovasi aspal dan perkerasan lentur.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pengujian ini, yaitu:

1. Tidak meninjau bahan *filler* arang kayu dari segi ekonomis.
2. Tidak menguji kandungan kimia dalam *filler* arang kayu.
3. Penelitian ini menggunakan peraturan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Divisi 6.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lataston

2.1.1 Sifat Lataston (*Hot Rolled Sheet*)

Sifat dari HRS adalah memiliki durabilitas tinggi dan kelenturan. Sifat campuran ini dikarenakan campuran HRS dengan gradasi timpang memiliki rongga udara yang besar, hingga memiliki kemampuan penyerapan aspal lebih banyak dan tidak terjadi *bleeding*. HRS juga memiliki sifat yang mudah untuk dilakukan pemadatan hingga lapisan yang memperoleh tingkat kedap air yang tinggi.

Proses penghamparan dan pemadatan merupakan kegagalan dini yang sering terjadi di lapangan dikarenakan HRS tidak sepenuhnya murni *gap graded* (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010). Sesuai dengan fungsinya HRS memiliki 2 macam campuran antara lain :

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

2.1.2 Persyaratan Sifat Agregat dan Aspal

Persyaratan sifat agregat dan aspal dengan pemakaian beton aspal campuran panas ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Persamaan Gradasi Agregat Campuran Berbagai Jenis Beton Beraspal

Ukuran Ayakan	% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat	
	Lataston (HRS)	Laston (AC)
(mm)	WC	WC
37,5		
25		
19	100	100
12,5	90 - 100	90 - 100
9,5	75 - 85	77 - 90
4,75		53 - 69
2,36	50 - 72	33 - 53

Ukuran Ayakan	% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat	
	Lataston (HRS)	Laston (AC)
1,18		21 - 40
0,6	35 - 60	14 - 30
0,3		9 - 22
0,15		6 - 15
0,075	6 - 10	4 - 9

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

2.1.3 Persyaratan Campuran Lataston

Persyaratan campuran lataston dapat ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Sifat Campuran Lataston

Sifat-Sifat Campuran		Lataston	
		Lapis Aus	Lapisan pondasi
Kadar aspal efektif (%)	Min	5,9	5,5
Jumlah tumbukan per bidang			50
Rongga dalam campuran (%)	Min		4
	Maks		6
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	18	17
Rongga terisi aspal (VFA) (%)	Min		68
Stabilitas Marshall (kg)	Min		600
Marshall Quotient (kg/mm)	Min		250
Stabilitas Marshall Setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min		90

(Sumber :Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

2.1.4 Sifat Campuran Aspal Beton

Kemampuan campuran aspal beton ditentukan oleh campuran aspal beton padat yang terdiri :

1. Berat Jenis *Bulk* Agregat

Berat jenis *bulk* merupakan proporsi antara berat agregat diudara dengan berat air suling serta volume yang sama pada temperatur tertentu. Berat jenis *bulk* dinyatakan (G_{sb}) dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

Keterangan :

Gse = Berat jenis agregat efektif

Pmm = Persentase berat campuran total (100%)

Gmm = Berat jenis maksimum campuran

Pb = Kadar aspal maksimum

Gb = Berat jenis aspal

2. Volume pori agregat campuran

VMA (*Voids in the Mineral Aggregate*) merupakan banyak pori yang terisi agregat dan aspal beton padat. VMA dirumuskan dengan 2 cara, yaitu :

a. Apabila ditinjau dari persentase berat beton aspal padat

$$VMA = (100 - \frac{Gmb \cdot Ps}{Gsb}) \dots\dots\dots (2.2)$$

b. Apabila ditinjau dari persentase berat agregat

$$VMA = [100 - (\frac{Gmb}{Gsb} \times \frac{100}{100 + Pa1} 100)] \dots\dots\dots (2.3)$$

3. Volume pori terisi udara (VIM), merupakan banyaknya pori dalam campuran.

$$VIM = (100 \times \frac{Gmm - Gmb}{Gmm}) \dots\dots\dots (2.4)$$

4. Volume pori terisi aspal (VFA), merupakan persentase volume selimut aspal, yang merupakan bagian dari VMA.

$$VFA = \frac{100 (VMA - VIM)}{VMA} \% \text{ dari VMA} \dots\dots\dots (2.5)$$

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

$$\text{Tebal selimut aspal} = \frac{Pae}{Ga} \cdot \frac{1}{LP.Ps} \cdot 1000 \mu\text{m} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

Gmb = berat jenis *bulk* campuran

Gmm = berat jenis maksimum campuran aspal yang belum dipadatkan

Gsb = berat jenis *bulk* agregat pembentuk beton aspal padat

Pa1 = kadar % aspal terhadap berat agregat

VMA = volume pori terisi agregat

VIM = volume pori terisi udara

VFA = volume pori antara butir agregat yang terisi aspal, % dari VMA

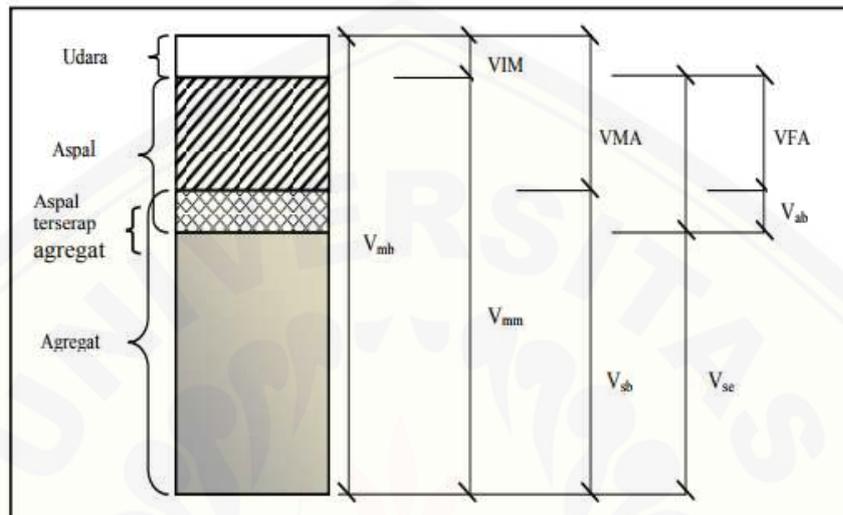
Pae = kadar aspal efektif yang tercampur dengan campuran

G_a = berat jenis aspal

P_s = kadar % agregat terhadap campuran aspal

LP = luas permukaan benda uji

Skematis berbagai jenis volume aspal beton dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Skematis Berbagai Jenis Volume Aspal Beton

(Sumber: www.google.com)

Lataston (HRS) adalah lapis permukaan yang terdiri dari beberapa campuran antara agregat memiliki gradasi timpang, mineral pengisi (*filler*) dan aspal keras dengan perbandingan yang sudah ditentukan kemudian dicampur, dihampar, dan dipadatkan dalam keadaan panas dengan tebal antara 2.5 – 3 cm (Sukirman, 1999). Susunan perkerasan HRS dikelompokkan menjadi dua kelas. Penggunaan agregat minimal harus dengan kualitas yang tinggi dan menganut proporsi yang berada pada aturan yang sudah ditetapkan. Pencampuran, penghampanan dan pemadatan akhir lapisan atas harus sesuai spesifikasi dan membutuhkan pengawasan pada tahap pelaksanaan. Untuk pencampuran menggunakan suhu sesuai dengan jenis aspal yang digunakan. Sedangkan yang dimaksud dengan agregat bergradasi senjang merupakan komposisi gradasi agregat yang penyebaran ukuran butirannya tidak menerus (Silvia Sukirman, 2003).

Pencampuran aspal laston untuk memperoleh hasil lapis permukaan atau lapisan antara yang memberikan daya dukung dan peran sebagai lapisan tahan terhadap air konstruksi yang ada dibawahnya pada lapisan perkerasan jalan raya.

2.2 Laston

Lapis Aspal Beton (Laston) merupakan lapis permukaan yang tersusun dari campuran aspal dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada keadaan panas suhu yang disyaratkan (Sukirman, 1999). Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*). Lapisan laston merupakan lapisan yang bersentuhan langsung dengan roda kendaraan dan didesain untuk ketahanan terhadap cuaca, gesekan roda kendaraan serta memberikan lapis tahan terhadap air dengan tebal 4 cm untuk melindungi lapis bawah. Campuran laston memiliki beberapa sifat, yaitu :

1. Kedap terhadap air
2. Memiliki nilai struktural
3. Kuat
4. Memiliki variasi aspal 4-7% terhadap berat campuran
5. Dipakai lalu lintas ringan, sedang hingga lalu lintas berat

2.3 Aspal

Aspal adalah material yang memiliki karakteristik warna hitam, pada suhu yang memiliki tekstur padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suhu tertentu, dapat menjadi lunak atau cair sehingga dapat menyelimuti partikel agregat pada waktu pelaksanaan aspal beton atau dapat masuk dalam pori-pori saat pelaksanaan penyiraman pada perkerasan macadam ataupun peleburan. Apabila aspal menjadi keras, maka suhu mulai turun mengikuti suhu ruang dan agregat akan terikat (Sukirman, 1999).

Aspal merupakan bahan perekat (*cementitious*) yang memiliki kandungan bitumen. Aspal adalah hasil residu dari penyulingan minyak bumi. Aspal dipakai untuk bahan pengikat agregat pada struktur perkerasan jalan yang berfungsi sebagai berikut:

1. Bahan pengikat, memiliki daya ikat yang kuat terhadap aspal dengan agregat.

2. Bahan pengisi, mengisi rongga butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat. Untuk bisa memenuhi kedua fungsi aspal dengan baik, maka aspal haruslah mempunyai sifat adhesi dan kohesi yang baik, memiliki sifat fleksibel pada campuran.

Aspal mempunyai 3 sifat alami yaitu:

1. Aspal memiliki sifat mekanis (*Rheologic*) yaitu hubungan antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) dipengaruhi oleh waktu. Apabila mengalami pembebanan dengan jangka waktu yang lambat, maka sifat aspal menjadi plastis (*viscous*), sebaliknya jika pembebanan terjadi dalam jangka waktu yang sangat cepat maka aspal akan bersifat elastis.
2. Aspal merupakan bahan yang *Thermoplastis*, yaitu konsistensinya atau viskositasnya berubah sesuai dengan perubahan suhu yang terjadi. Viskositas rendah disebabkan tingginya suhu pada aspal. Viskositas rendah dapat menguntungkan ketika pelaksanaan akan menyelimuti batuan secara merata.
3. Aspal memiliki sifat *Thixotropy*, yaitu aspal didiamkan tanpa mengalami tegangan regangan akan menjadi keras.

Aspal dipakai sebagai komposisi perkerasan jalan lentur dan memiliki syarat yang harus dilengkapi dari sisi kekuatan maupun sisi kenyamanan (*Asphalt Institute*, 1997), kondisi yang harus terpenuhi yaitu:

1. Kekakuan (*Stiffness*)
Ketahanan terhadap deformasi dan pendistribusian beban lalu lintas.
2. Stabilitas (*Stability*)
Kinerja campuran aspal dalam menahan deformasi akibat beban lalu lintas tanpa mengalami keruntuhan (*plastic flow*).
3. Fleksibilitas (*Flexibility*)
Kinerja regangan tarik akibat deformasi atau lendutan oleh beban lalu lintas dengan tanpa mengalami retak (*fatigue cracking*).
4. Keawetan (*Durability*)
Kinerja dalam mempertahankan umur perkerasan dari pengaruh iklim dan beban lalu lintas.

5. Tahan Terhadap Air (*Impermeability*)

Kinerja dalam melindungi perkerasan dari air dan udara yang bisa memperlemah lapisan dibawah.

6. Kekesatan

Ketersediaan permukaan yang kasar sehingga menyebabkan gesekan yang baik antara roda kendaraan dengan permukaan perkerasan.

2.4 Agregat

2.4.1 Agregat Kasar

Agregat yang memiliki ukuran yang lebih besar dari 0,234 mm yang digunakan untuk campuran aspal panas secara umum baik itu aspal beton. Agregat kasar mempunyai butir yang kasar hingga butir yang halus, namun butir kasar tetap dominan. Agregat kasar berukuran $> 4,75$ mm (*ASTM*, 1974), sedangkan menurut (*AASHTO*) agregat kasar yang memiliki ukuran lebih besar dari 2 mm. Agregat kasar biasa dipakai untuk campuran aspal panas disajikan pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Kasar

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai	
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat	Maks 12 %	
	magnesium sulfat	Maks 18 %	
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	500 putaran	Maks 6 %
		100 putaran	Maks 30%
		500 putaran	Maks 8%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	Maks 40%	
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA	Min 95%	
	Lainnya	SNI 7619:2012	100/90
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4 791-10	95/90
	Lainnya	Perbandingan 1 : 5	Maks 5%
Material lolos Ayakan No 200	SNI ASTM C117:2012	Maks 10%	
		Maks 1%	

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

Berat jenis yang dipakai tidak boleh melebihi yang ditetapkan. Karena akan mengurangi hasil mutu pekerjaan.

2.4.2 Agregat Halus

Agregat halus merupakan agregat yang memiliki butir ukuran kasar sampai halus, tetapi butiran halus tetap dominan. Agregat halus biasanya disebut juga *filler* agregat. Agregat halus memiliki ukuran 0,324 – 0,075 mm atau yang lolos saringan 16 sampai 200 guna untuk mengangkat nilai stabilitas dan mengurangi deformasi secara permanen. Agregat halus campuran aspal juga memiliki spesifikasi umum yang dapat digunakan untuk berbagai jenis aspal beton. Persyaratan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.4 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Halus

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
		Min 50
Nilai setara Pasir	SNI 03-4428-1997	%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemasatan	SNI 03-6877-2002	Min 45
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks
	SNI ASTM C117	1%
Agregat Lolos Ayakan No 200	2012	Maks
		10%

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

Agregat bagian dari struktur perkerasan jalan yang memiliki persentase berat struktur perkerasan 90 – 95% agregat, atau 75 – 85% agregat. Penentuan agregat yang akan dipakai harus memperhatikan kesiapan bahan dilokasi, 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 menentukan kualitas pekerjaan jalan (Silvia S, 2003).

2.5 Arang Kayu

Arang kayu adalah arang yang terbuat dari bahan dasar kayu. Penggunaan arang kayu lainnya yaitu sebagai penjernih air, penggunaan dalam bidang kesehatan, dan lain sebagainya. Bahan kayu yang digunakan untuk dibuat arang kayu ini adalah kayu mahoni yang masih sehat. Setelah dilakukan pembakaran terhadap kayu hingga menjadi arang, kemudian dilakukan proses penumbukan

hingga menjadi serbuk yang lolos saringan 200 (pan). Arang kayu ini diambil dari perkebunan di daerah Bangsalsari Kabupaten Jember. Komposisi arang kayu mahoni dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut ini.

Tabel 2.5 Komposisi Arang Kayu Mahoni

Parameter Uji	Satuan	Hasil
Kadar Air	%	8,48
Kadar Karbon	%	79,3
Kadar Abu	%	13

(Sumber :Pujiarti & Sutapa, 2005)

2.6 Filler

Filler adalah material yang lolos saringan no. 200 (75 micron) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018). Adapun macam-macam *filler* yaitu kapur hidrat, abu terbang, portland semen dan abu batu. *Filler* bermanfaat untuk mengurangi jumlah rongga udara dalam campuran, tetapi jumlah *filler* dibatasi pada spesifikasi. Terlalu tinggi kadar bahan pengisi yang ditambahkan maka cenderung menyebabkan campuran mudah retak (*crack*). Variasi *filler* yang terlalu rendah menjadikan campuran menjadi lembek pada suhu yang tinggi. Jumlah *filler* ideal antara 0.6 sampai 1.2, yaitu perbandingan persentase *filler* dengan persentase variasi aspal dalam campuran atau lebih dikenal dengan istilah *Dust Proportion*.

Materi pengisi yang ditambahkan (*filler added*) untuk semen harus dalam rentang 1% sampai dengan 2% terhadap berat total agregat dan untuk bahan pengisi lainnya harus dalam rentang 1% sampai dengan 3% terhadap berat total agregat. Khusus untuk SMA tidak dibatasi kadarnya tetapi tidak boleh menggunakan semen (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018).

Filler memiliki fungsi dalam campuran aspal dengan 2 macam cara, yaitu sebagai modifikasi dari gradasi pasir dan mengurangi jumlah aspal yang akan mengisi rongga-rongga.

2.7 Pencampuran Agregat

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

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

Agregat campuran merupakan hasil campuran 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.

2.7.1 Metode Analitis

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

Untuk campuran 2 fraksi agregat:

$$a = \frac{P-B}{A-B} \dots\dots\dots (2.7)$$

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

Untuk campuran 3 fraksi agregat:

$$P = aA + bB + cC \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

P = persen lolos saringan

A = persen lolos saringan fraksi agregat A

B = persen lolos saringan fraksi agregat B

C = persen lolos saringan fraksi agregat C

a = proporsi dari fraksi agregat A

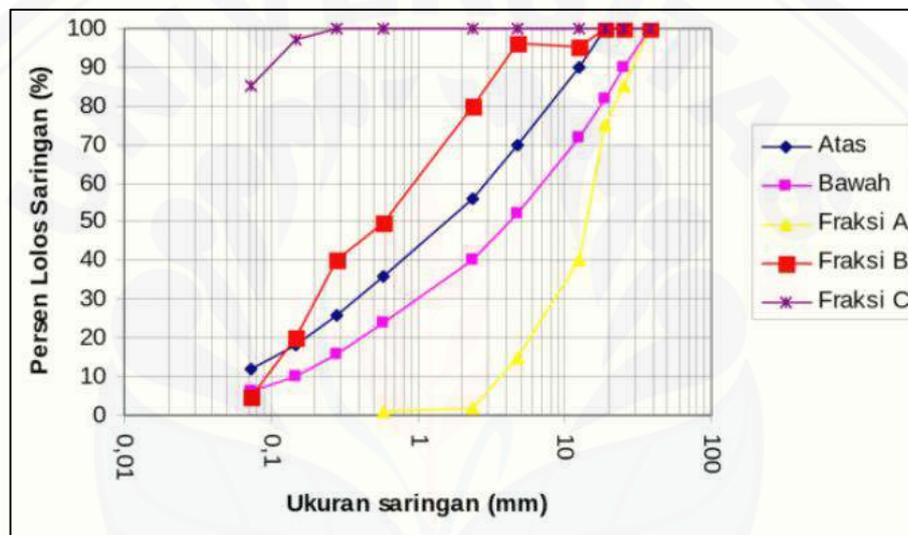
b = proporsi dari fraksi agregat B

c = proporsi dari fraksi agregat C

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

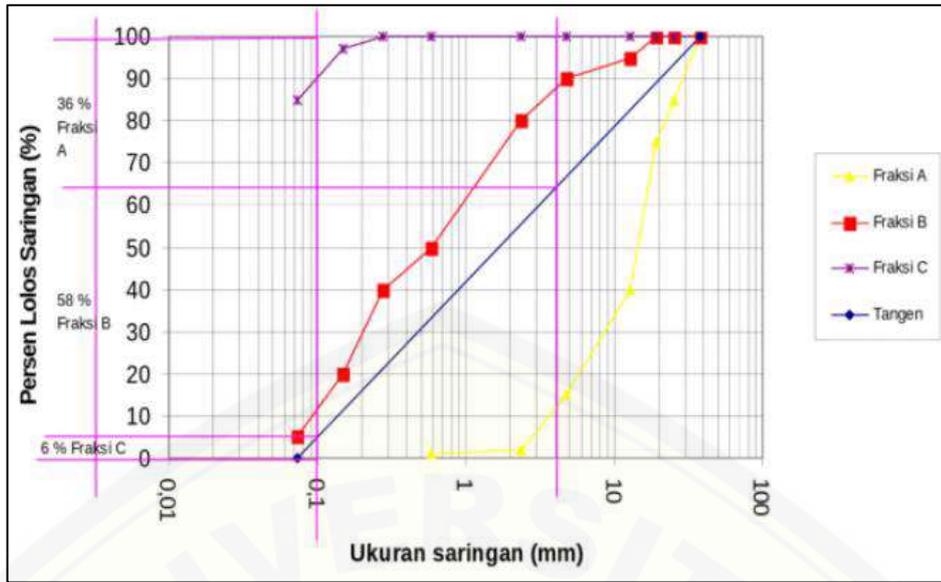
2.7.2 Metode Grafis

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 yang dapat dilihat pada Gambar 2.2 – Gambar 2.4 berikut ini.



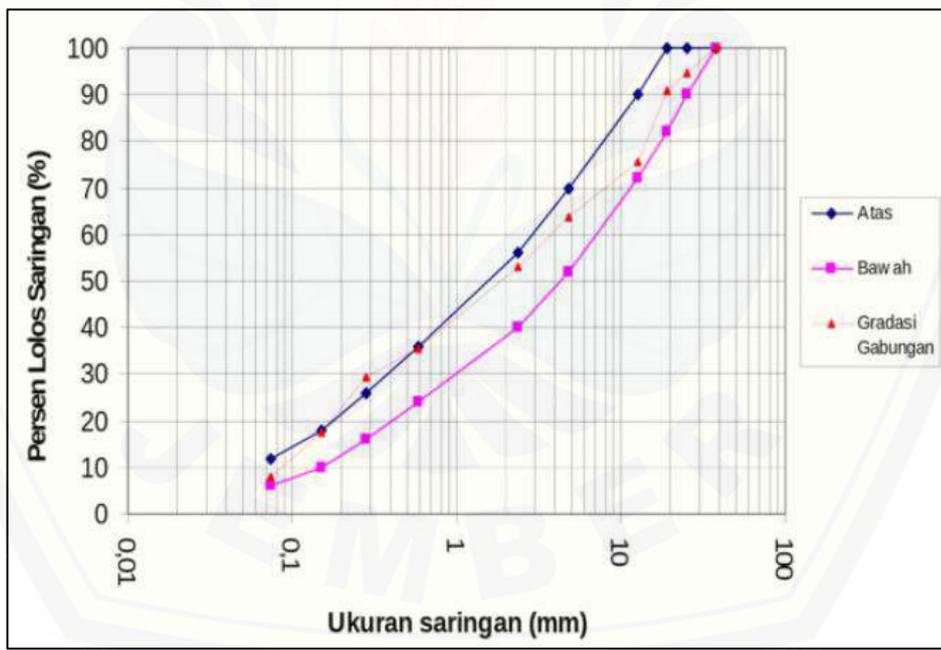
Gambar 2.2 Plot Hasil Analisa Saringan Dari Masing-Masing Agregat

(Sumber: www.google.com)



Gambar 2.3 Contoh Pencampuran 3 Fraksi Agregat Dengan Metode Grafis Rothluchs Tipe A

(Sumber: www.google.com)



Gambar 2.4 Plot Hasil Perhitungan

(Sumber: www.google.com)

2.8 Metode Marshall

2.8.1 Uji Marshall

Uji *Marshall* bertujuan sebagai alat pengukur ketahanan campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*). Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flow meter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flow meter* alat untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji *marshall* standar berbentuk silinder berdiameter 4 inci (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm).

Kinerja dari aspal padat dapat ditentukan melalui pengujian benda uji yang meliputi:

1. Pemilihan volume berat benda uji;
2. Uji nilai stabilitas. Uji ini digunakan untuk mengetahui kemampuan maksimum beton aspal pada penerimaan beban;
3. Uji kelelahan (*Flow*), digunakan untuk mengetahui perubahan plastis beton aspal;
4. Perhitungan *Quotient Marshall*;
5. Perhitungan macam jenis volume pori aspal;
6. Perhitungan tebal selimut aspal.

2.8.2 Parameter Pengujian Marshall

Sifat campuran aspal dapat dilihat dari parameter pengujian *marshall* antara lain:

1. Stabilitas *Marshall*
Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang diperoleh dari pembacaan dial.
2. Kelelahan (*Flow*)
Nilai *flow* diperoleh dari pembacaan jarum dial (dalam satuan mm).
3. Hasil Bagi *Marshall* (*Marshall Quotient*)
Hasil bagi *marshall* merupakan perbandingan stabilitas dan kelelahan (*flow*). Stabilitas dan kelelahan dapat diperoleh dari pembacaan jarum pada dial stabilitas (O) dan kelelahan (R) pada alat uji *marshall*. Nilai stabilitas kemudian dikonversi dengan koefisien yang tertera pada tabel kalibrasi

sesuai proving ring yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan kekuatan 2500 kgf. Selanjutnya nilai stabilitas tersebut harus disesuaikan dengan angka koreksi akibat dari tinggi benda uji. Sedangkan nilai kelelahan tidak diperlukan kalibrasi angka, cukup dengan pembacaan jarum dengan satuan mm (milimeter).

$$MQ = \frac{\text{Stabilitas } (O)}{\text{Kelelahan } (R)} \dots\dots\dots (2.9)$$

4. Rongga Terisi Aspal (VFA)

Rongga terisi aspal (VFA) merupakan persentase rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal.

5. Rongga Antar Agregat (VMA)

Rongga antar agregat (VMA) merupakan rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif.

6. Rongga Udara (VIM)

Rongga udara dalam campuran VIM dalam campuran perkerasan aspal terdiri atas ruang udara diantaranya partikel agregat yang diselimuti aspal.

2.9 Komposisi Aspal terhadap Campuran

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

1. Dari *Asphalt Institute*

$$P = 0,035a + 0,045b + Kc + F \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

P = kadar aspal ideal (persen)

a = persen agregat tertahan saringan No. 8

b = persen lolos agregat 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

2. Spesifikasi Depkimpraswil 2002

$$P = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%filler) + K \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

P = kadar aspal ideal

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 aspal laston

= 2,0 – 3,0 untuk aspal lataston

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

$$\text{Tebal selimut aspal} = \frac{Pae}{Ga} \cdot \frac{1}{LP.Ps} \cdot 1000 \mu\text{m} \dots\dots\dots (2.12)$$

2.10 Penelitian Terdahulu

Dalam mengkaji penelitian, dilakukan *review* mengenai penelitian yang pernah dilakukan atau penelitian terdahulu sesuai topik yang dikaji. Berikut adalah beberapa skripsi maupun jurnal penelitian terdahulu yang dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Analisis Data Penelitian	Hasil Penelitian
Cut Yuslinggan Cahya(2018)	Karakteristik Penggunaan Abu Serbuk Kayu Sebagai Substitusi <i>Filler</i> Pada Campuran Laston Lapis Aus	mendapatkan bahan pengganti yang lebih ekonomis dan jumlahnya di lapangan masih banyak	mengikuti prosedur pengujian marshall, AASHTO, Bina Marga	One Way - ANOVA	Hasil penelitian dengan menggunakan abu serbuk kayu ini mendapatkan hasil yang kurang optimal apabila mumi menggunakan abu serbuk kayu.
Sabaruddin (2011)	Pemanfaatan Limbah Abu Serbuk Kayu Sebagai Material Pengisi Campuran Lataston Tipe B	Mendapatkan campuran proporsi abu serbuk kayu untuk campuran aspal lataston	Studi literatur, pengumpulan data, Metode pengujian Marshall	Analisis Deskriptif, Analisis Hubungan Stabilitas dan Kadar Aspal	Hasil penelitian menunjukkan bahwa abu serbuk kayu dapat digunakan sebagai bahan material pengisi campuran lataston, tetapi kalau penggunaan terlalu banyak mempunyai kadar aspal optimum yang lebih rendah.
Nugroho Utomo(2011)	Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai	Untuk mengetahui nilai	Studi Literatur, Penelitian	Analisis Deskriptif, Analisis	Disimpulkan bahwa campuran aspal dengan menggunakan

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Analisis Data Penelitian	Hasil Penelitian
	Material Pengisi Pada Campuran Perkerasan Jalan	VMA,VFA,VI M, stabilitas, kelelahan (<i>flow</i>), serta <i>Marshall Quotient</i> (MQ) dari <i>Marshall Test</i> pada campuran aspal tanpa menggunakan bahan pengisi dan campuran aspal yang menggunakan bahan pengisi serbuk arang tempurung kelapa.	lapangan, Metode Marshall	Hubungan Stabilitas dan Kadar Aspal	bahan pengisi (<i>filler</i>) serbuk arang tempurung kelapa memiliki nilai stabilitas optimal sebesar 1444,74 kg pada waktu perendaman 1 jam dan semakin menurun pada waktu perendaman 2 jam sebesar 1098,91 kg, 12 jam sebesar 1039,60 kg, 24 jam sebesar 946,56 kg dan 48 jam sebesar 910,49 kg.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian dilakukan untuk memperoleh hasil dari laboratorium. Alat yang digunakan dalam pengujian penelitian ini yaitu *Marshall* sebagai alat uji tekan aspal. Penelitian ini membuat benda uji sebanyak 60 untuk memperoleh hasil campuran yang dikehendaki. Pembuatan benda uji menggunakan perbedaan 2 jenis variasi dan inovasi aspal.

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian analisis uji *marshall* di Laboratorium Transportasi Kampus Teknik Patrang Universitas Jember.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian
(Sumber: Google Earth Pro, 2020)

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Uji *Marshall* agar dapat mengetahui kuat tekan dari masing-masing benda uji sebanyak 60 dengan menggunakan perbedaan 2 jenis variasi dan inovasi aspal. Variasi aspal yang digunakan yaitu aspal laston dan aspal laston dengan inovasi penambahan *filler* arang kayu pada masing-masing variasi aspal. 30 benda uji menggunakan variasi aspal laston yang dimana 15

benda uji untuk Kadar Aspal Optimal, 15 benda uji untuk pengujian *Marshall* penambahan *filler* arang kayu. 30 benda uji lainnya digunakan untuk variasi campuran aspal laston yang masing-masing perlakuannya sama seperti campuran aspal laston.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan bahan sebagai berikut:

1. Agregat Kasar atau tertahan pada saringan ukuran 8
2. Agregat Medium atau tertahan pada saringan 8-16
3. Agregat Halus atau tertahan pada saringan 16-200
4. Aspal atau Bitumen
5. Arang Kayu Mahoni

3.4.2 Alat Penelitian

Sebelum pelaksanaan pengujian, material atau bahan penelitian ini terlebih dahulu dilakukan pengujian bahan agar memenuhi persyaratan yang sudah ditetapkan. Berikut uraian alat yang akan digunakan dalam penelitian dan serangkaian pengujian yang dilakukan meliputi:

1. Pengujian Agregat
 - a. Pengujian berat jenis agregat halus :
 - 1) Timbangan
 - 2) Alat piknometer menggunakan kapasitas sebanyak 500 mL
 - 3) Kerucut terpancung, dengan ukuran diameter bagian atas (40 ± 3) mm, untuk ukuran diameter bagian minimum sebesar 0,8 mm, dengan berat (340 ± 15) gram, dan ukuran diameter permukaan penumbuk sebesar (25 ± 3) mm
 - 4) Menggunakan saringan nomor ukuran yaitu 4 (4,75 mm)
 - 5) Menggunakan alat oven guna sebagai pengatur suhu sebesar (110 ± 5)°C
 - 6) Ketelitian dalam pembacaan suhu 1°C
 - 7) Loyang

- 8) Tempat penampung air
 - 9) Tempat air dengan kapasitas yang sesuai kebutuhan
- b. Pengujian berat jenis agregat kasar :
- 1) Keranjang kawat menggunakan ukuran saringan No. 6 atau No. 8 yaitu dengan kapasitas sebanyak 5 kg
 - 2) Menggunakan tempat untuk menampung air secukupnya
 - 3) Menggunakan alat timbangan dengan kapasitas sebanyak 5 kg
 - 4) Menggunakan alat oven guna sebagai pengatur suhu sebesar $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$
 - 5) Alat pemisah
 - 6) Saringan No. 4 (4,75 mm)
- c. Pengujian analisa saringan agregat halus dan agregat kasar :
- 1) Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji
 - 2) Satu set saringan; 37,5 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)
 - 3) Menggunakan alat oven guna sebagai pengatur suhu sebesar $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$
 - 4) Alat pemisah
 - 5) Alat mesin untuk mengguncang saringan
 - 6) Menggunakan loyang
 - 7) Alat tambahan seperti sikat, kuas, kuningan, sendok dan lainnya
- d. Uji keausan agregat :
- 1) Menggunakan mesin Abrasi *Los Angeles*
 - 2) Menggunakan saringan (1,7 mm)/No 12 dan lainnya
 - 3) Menggunakan timbangan dengan ketelitian sebesar 5 gram
 - 4) Menggunakan bola baja dengan ukuran sebesar 4,68 cm (1 7/8") dengan berat sebesar 400 / 440 gram
 - 5) Menggunakan alat oven guna sebagai pengatur suhu sampai $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$

2. Pengujian Bitumen

a. Pengujian berat jenis aspal :

- 1) Termometer
- 2) Menggunakan wadah untuk merendam dengan suhu ketelitian ($25^{\circ}\text{C} \pm 15,6^{\circ}\text{C}$)
- 3) Menggunakan alat piknometer sebanyak 30 ml
- 4) Menggunakan air sulingan sebanyak 1000 ml
- 5) Menggunakan wadah gelas dengan kapasitas sebanyak 1000 ml

b. Uji daktilitas bitumen antara lain :

- 1) Termometer
- 2) Menggunakan cetakan daktilitas dari kuningan
- 3) Wadah peredam isi 10L yang tidak menimbulkan getaran
- 4) Menggunakan bahan *methyl alcohol* teknik

c. Pengujian penetrasi aspal :

- 1) Alat penetrasi dengan ketelitian 0,1 mm
- 2) Alat untuk memegang jarum sebesar (47 – 0,05) gram
- 3) Pemberat dari (50-0,05) gram atau (100+0,05) gram
- 4) Jarum penetrasi dari stainless steel tanda (*grade*)
- 5) Cawan
- 6) Silinder
- 7) Bak perendam (*water bath*)
- 8) Wadah air guna untuk benda uji sebagai tempat alat penetrasi
- 9) Pengatur waktu
- 10) Termometer

d. Pengujian kehilangan berat minyak :

- 1) Termometer
- 2) Alat oven
- 3) Piringan logam ukuran 35 cm dengan kecepatan berputar 5-6 putaran per menit
- 4) Cawan baja
- 5) Neraca analitik

- e. Pengujian campuran aspal dengan alat *Marshall*
- 1) Kantong plastik kapasitas 2 kg
 - 2) Gas LPG
 - 3) Menggunakan 3 buah cetakan ukuran diameter 101,6 mm (4 in), dan tinggi 76,2 mm (3in) dengan pelat atas dan leher sambungan
 - 4) Menggunakan alat mesin penumbuk otomatis
 - 5) Alat pengeluar benda uji (*extruder*)
 - 6) Alat uji *marshall*
 - 7) Alat oven yang mampu memanaskan campuran hingga $200^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$
 - 8) Pemanas air (*water bath*) dengan pengatur suhu air $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$
 - 9) Menggunakan alat timbangan yang dilengkapi dengan penggantung benda uji dengan kapasitas 2 kg dengan ketelitian sebesar 0,1 gram
 - 10) Menggunakan termometer logam dengan berkapasitas 104 dari $18-204^{\circ}\text{C}$ dengan ketelitian $2,8^{\circ}\text{C}$
 - 11) Menggunakan termometer gelas guna untuk mengetahui suhu air dalam suhu sampai $0,2^{\circ}\text{C}$

3.4.3 Tahap persiapan penelitian

Pada tahap ini, sebelum melakukan sebuah penelitian ini yang harus diperhatikan dan dilakukan diantaranya:

1. Studi literatur, mengumpulkan dan mempelajari beberapa jurnal, buku atau sumber lain sebagai referensi yang berhubungan dengan penelitian dan menunjang penelitian dengan judul penggunaan filler arang kayu pada aspal laston dan aspal laston.
2. Peminjaman, perizinan alat-alat dan tempat penelitian.
3. Pengujian awal pada material meliputi dari pengujian agregat halus, agregat kasar dan aspal.
 - a. Uji agregat kasar dan agregat halus meliputi:
 - 1) Penyerapan air dan berat jenis
Prosedur uji berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus adalah sebagai berikut :

- Mengeringkan benda uji kedalam oven dengan suhu sebesar $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, dan selanjutnya didinginkan pada suhu ruang, kemudian direndam dalam air selama (24 ± 4) jam);
- Membuang air rendaman, jangan sampai ada butiran yang hilang, meletakkan agregat di atas loyang, menjemur dibawah sinar matahari dengan membolak-balikkan benda yang di uji, pengeringan dilakukan keadaan tidak basah permukaan jenuh;
- Memeriksa benda uji yang kering permukaan jenuh dengan memasukkan benda uji ke dalam kerucut terpancung, memadatkan benda uji dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, kemudian mengangkat kerucut terpancung;
- Memasukkan benda uji sebanyak 500 gram ke dalam piknometer, menuangkan air sulingan sebanyak 90% isi piknometer, memutar sambil di guncang sampai gelembung udara tidak terlihat di dalamnya;
- Memasukkan piknometer kedalam air guna untuk mengetahui suhu air standar 25°C .
- Menimbang alat piknometer yang terisi oleh air dengan ketelitian 0,1 gram;
- Selanjutnya mengeluarkan benda uji dan mengeringkan di dalam oven sampai suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat benda uji tetap, kemudian didinginkan;
- Menimbang benda uji yang telah dingin; dan
- Menentukan besar berat piknometer yang terisi air dan mengukur suhu air dengan menggunakan suhu standar 25°C .

2) Analisa Saringan

Uji analisis menggunakan saringan agregat kasar dan halus sebagai berikut :

- Pengeringan benda uji menggunakan oven dengan suhu sebesar $(110+5)^{\circ}\text{C}$,

- Menyaring benda uji yang lewat pada saringan dari ukuran paling besar. Kemudian saringan diguncangkan selama waktu 15 menit.

3) Keausan

Prosedur pengujian keausan agregat adalah sebagai berikut :

- Uji ketahanan agregat kasar terhadap keausan menggunakan cara 1;
- Agregat dan bola baja dimasukkan dalam mesin Abrasi *Los Angeles*;
- Memutar menggunakan alat mesin dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm dengan jumlah putaran 500 putaran; dan
- Selanjutnya mengeluarkan benda uji dari dalam mesin, kemudian disaring menggunakan alat saringan No. 12 (1,7 mm); Selanjutnya benda uji dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

b. Pengujian bitumen aspal meliputi:

Prosedur pengujian bitumen aspal adalah sebagai berikut :

1) Berat jenis aspal

- Mengisi bejana dengan air suling, diperkirakan bagian atas piknometer yang tidak terendam 40 mm. Kemudian mengatur suhu air dengan suhu sebesar 25°C ;
- Mengangkat wadah dari bak perendaman dan mengisi piknometer dengan air suling dan menutup piknometer tanpa ditekan;
- Meletakkan piknometer dalam wadah dan menekan penutup sampai rapat. Kemudian kembalikan wadah yang berisi piknometer dalam bak rendaman. Selanjutnya membiarkan bejana di dalam bak rendaman selama 30 menit. Setelah itu diangkat dan dikeringkan dengan kain lap. Langkah selanjutnya menimbang piknometer;

- Memanaskan aspal dengan berat 100 gram hingga cair dan diaduk supaya tercampur. Suhu pemanasan tidak boleh lebih dari 30 menit pada suhu 111°C di atas titik leleh aspal;
- Menuangkan benda uji ke dalam piknometer yang sudah kering hingga terisi $\frac{3}{4}$ bagian;
- Membiarkan piknometer hingga dingin dengan waktu 40 menit dan setelah itu menimbang piknometer dengan penutupnya;
- Mengisi piknometer yang terisi benda uji dengan air sulingan dan ditutup hingga udara keluar dengan sendirinya; dan
- Mengangkat wadah dari rendaman dan meletakkan piknometer di dalamnya. Kemudian menekan tutup hingga rapat dan memasukkan wadah ke dalam bak rendaman selama 30 menit. Langkah terakhir adalah mengangkat hingga kering, setelah itu menimbang piknometer.

2) Daktilitas

Uji daktilitas sebagai berikut :

- Meletakkan benda uji pada suhu ruang 25°C dalam bak rendaman, kemudian melepaskan benda uji dari platy dasar dan sisi cetakan; dan
- Memasang benda uji pada alat mesin dan menarik benda uji secara teratur dengan kecepatan 50 mm/menit hingga benda uji putus dengan suhu tetap ($25^{\circ}\text{C}-0.5^{\circ}\text{C}$).

3) Penetrasi

Prosedur pengujian penetrasi adalah sebagai berikut :

- Meletakkan benda uji dalam wadah berisi air yang kecil dan memasukkan wadah tersebut ke dalam bak perendam yang bersuhu 25°C . Membiarkan benda uji dalam bak selama 1-1,5;
- Langkah kedua memasang jarum dengan benar pada pemegang jarum yang sudah dibersihkan dan dikeringkan;
- Meletakkan pemberat 50 gram di atas jarum untuk memperoleh beban sebesar 100-0,1 gram;

- Memindahkan tempat air berikut benda uji beserta bak perendam kebawah alat penetrasi;
- Menurunkan jarum perlahan hingga jarum menyentuh permukaan benda uji. Kemudian mengatur arloji penetrometer di angka 0; dan
- Selanjutnya membaca angka penetrasi setelah dilakukan pembacaan alat.

4) Kehilangan Berat Minyak

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

- Mengaduk aspal dengan cara dipanaskan agar mendapat campuran yang merata;
- Menuangkan aspal dengan berat 50 gram kedalam cawan hingga aspal dingin dan setelah itu menimbang aspal;
- Memastikan benda uji yang akan diuji bebas dari kandungan air; dan
- Menyiapkan 2 benda uji.

3.4.4 Tahap Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dihitung nilai aspal ideal untuk campuran, sesuai dengan rumus dari Spesifikasi Depkimpraswil 2002. Setelah diketahui nilai aspal ideal, setelah itu melakukan penambahan 2 kali dengan interval 0,5% dan dikurangi 2 kali dengan interval 0,5%.
2. Persiapan Campuran
 - a. Mengeringkan agregat pada temperatur 105°C - 110°C selama 4 jam di dalam oven.
 - b. Mengeluarkan agregat dari oven dan ditunggu hingga beratnya tetap;
 - c. Memisahkan agregat sesuai ukuran dan kemudian ditimbang.
 - d. Melakukan uji kekentalan pada aspal untuk memperoleh suhu pencampuran dan pepadatan.

- e. Memanaskan agregat pada suhu 28°C dengan waktu 4 jam didalam oven.
- f. Memanaskan bitumen hingga mencapai kekentalan yang ditetapkan untuk pekerjaan pencampuran dan pemadatan.
- g. Pencampuran benda uji
 - 1) Untuk setiap benda uji memerlukan agregat dengan berat ± 1200 gram;
 - 2) Memanaskan wajan dengan suhu 28°C diatas suhu pencampuran aspal keras;
 - 3) Mencampur agregat yang sudah dipanaskan ke dalam wajan; dan
 - 4) Menuangkan aspal yang sudah cair sebanyak yang dibutuhkan ke dalam agregat yang sudah dipanaskan, kemudian mengaduk dengan cepat hingga agregat tercampur aspal secara merata.
- h. Pemadatan benda uji
 - 1) Membersihkan cetakan benda uji dan penumbuk dengan baik;
 - 2) Meletakkan cetakan ke mesin *compactor* agar lebih mudah untuk melakukan proses penuangan;
 - 3) Meletakkan kertas penghisap dengan ukuran sesuai dengan dasar cetakan;
 - 4) Memasukkan semua campuran ke dalam cetakan kemudian merojok campuran dengan spatula yang telah dipanaskan sebanyak 15 kali di sekeliling pinggirannya dan 10 kali di bagian tengahnya;
 - 5) Meletakkan kertas penghisap di atas permukaan benda uji dengan ukuran sesuai cetakan agar tidak menempel di mesin *compactor*;
 - 6) Melakukan pemadatan campuran dengan suhu yang disesuaikan dengan kekentalan aspal yang digunakan sesuai spesifikasi, dengan jumlah tumbukan:
 - 75 kali untuk lalu lintas berat
 - 50 kali untuk lalu lintas sedang
- i. Pelat alas dan leher sambungan dilepas dari cetakan benda uji, kemudian cetakan yang berisi benda uji dibalik dan dipasang kembali pelat alas berikut leher sambungan pada cetakan yang dibalik tadi.

- j. Permukaan benda uji yang sudah dibalik tadi ditumbuk kembali dengan jumlah tumbukan yang sama sesuai dengan kebutuhan lalu lintas.
 - k. Sesudah dilakukan pemadatan campuran, melepas pelat dan dipasang plat pengeluar pada permukaan ujung benda uji tersebut.
 - l. Mengeluarkan dan meletakkan benda uji di atas permukaan yang rata dan diberi beberapa tanda pengenal serta membiarkan selama kira – kira 24 jam pada suhu ruang.
3. Benda uji dilakukan pengujian kuat tekan dengan menggunakan alat Uji *Marshall*. Pengujian *Marshall* meliputi :
- a. Persiapan benda uji
 - 1) Membersihkan benda uji dari kotoran yang menempel.
 - 2) Mengukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm (0,004 in).
 - 3) Menimbang benda uji.
 - 4) Merendam benda uji dalam air selama kira – kira 24 jam pada temperatur ruang.
 - 5) Menimbang benda uji didalam air untuk mendapatkan berat isi dari benda uji.
 - 6) Menimbang 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
4. Prosedur pengujian lamanya waktu yang diperlukan dari diangkatnya benda uji dari pemanas air hingga tercapainya beban maksimum saat pengujian tidak boleh melebihi 30 menit, yaitu:
- a Merendam benda uji dalam pemanas air selama 30 – 40 menit dengan suhu $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$;
 - b Mengeluarkan benda uji dari pemanas air dan meletakkan di bagian bawah alat penekan uji *Marshall*;
 - c Memasang bagian atas alat penekan uji *Marshall* di atas benda uji dan meletakkan semuanya di mesin uji *Marshall*;
 - d Memasang arloji pengukur pelehan pada kedudukannya diatas salah satu batang penuntun dan diatur kedudukan jarum penunjuk pada angka

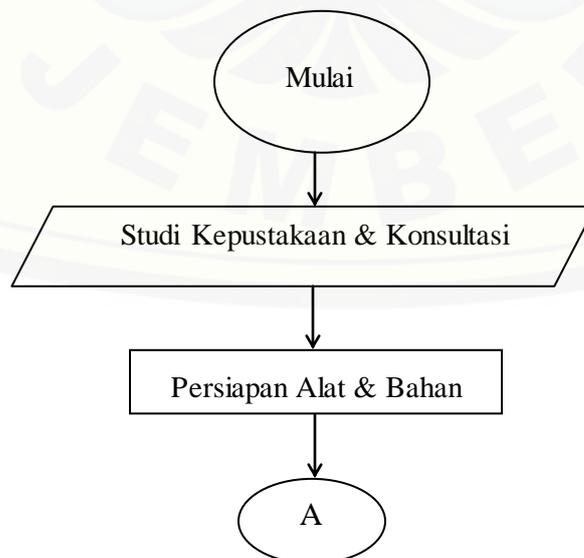
nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang pada bagian atas kepala penekan;

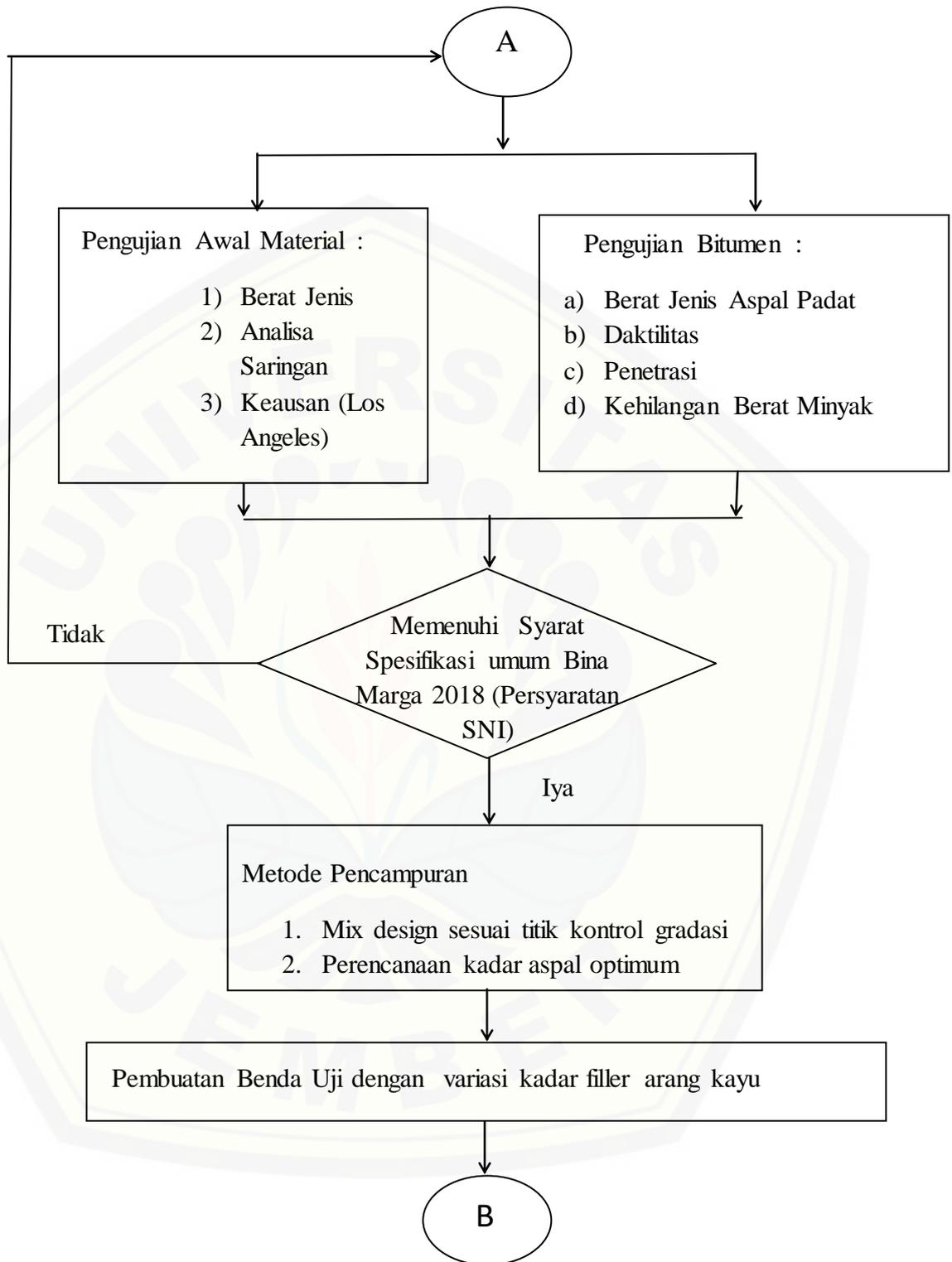
- e Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji;
- f Mengatur jarum arloji dan pastikan di angka nol;
- g Memberikan beban pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50,8 mm (2 in) per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, untuk pembebanan maksimum (stabilitas) yang dicapai. Untuk benda uji dengan tebal \neq 63,5 mm, beban harus dikoreksi dengan faktor pengali;
- h Mencatat nilai pelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai.

3.5 Analisis Data

Pengujian *Marshall* selesai dilaksanakan dan mendapatkan hasil dari masing-masing benda uji yang sudah diuji kuat tekannya, langkah selanjutnya melaksanakan perhitungan data yang telah didapatkan. Perhitungan yang dilaksanakan meliputi parameter *Marshall* yaitu VMA, VIM, VFA serta nilai *density*, stabilitas, *flow* dan MQ (*Marshall Quotient*) dari nilai kadar aspal yang memenuhi persyaratan.

3.6 Diagram Alir Penelitian







BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan pada penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kadar Aspal Optimum campuran pada masing-masing aspal laston dan aspal lataston didapatkan hasil campuran aspal laston (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,3%, campuran aspal lataston (*Hot Rolled Sheet – Wearing Course*) nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 7,89%.
2. Penambahan *filler* serbuk arang kayu pada campuran aspal menyebabkan nilai-nilai karakteristik pada campuran seperti stabilitas pada campuran AC-WC menggunakan abu batu sebesar 1511,9 kg, sedangkan jika menggunakan arang kayu menurun menjadi 1049,6 kg, *Marshall Quotient* (campuran dengan *filler* abu batu = 613,3 kg/mm; campuran arang kayu = 295,8 kg/mm), VMA (campuran *filler* abu batu = 15,05%; campuran arang kayu mengalami kenaikan = 20,38%), VIM (campuran *filler* abu batu = 3,6%; campuran dengan arang kayu terjadi kenaikan = 9,6%). Sedangkan pada campuran HRS-WC nilai stabilitas menggunakan *filler* abu batu = 1899,17 kg; campuran arang kayu mengalami penurunan = 941,6 kg. Demikian juga yang terjadi pada *Marshall Quotient* (campuran *filler* abu batu = 472,9 kg/mm; campuran arang kayu = 377 kg/mm), VMA (campuran *filler* abu batu = 21,01%; campuran arang kayu = 22,41%), VIM (campuran *filler* abu batu = 5,6%; campuran dengan arang kayu terjadi kenaikan = 7,2%).

5.2 Saran

Setelah mendapatkan kesimpulan dari penelitian penggunaan *filler* arang kayu pada aspal laston dan aspal laston perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan membandingkan harga campuran, misalkan filler abu batu dan arang kayu, serta melakukan seluruh pengujian benda uji ditempat yang sama agar kalibrasi alat yang digunakan sama.



DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Hadi. 2011. Karakteristik Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Dengan Penggunaan Abu Vulkanik Dan Abu Batu Sebagai Filler. *Jurnal Rekayasa*, 15(1), 13-24.
- Cut Yuslinggan Cahya, Sofyan M. Saleh, dan Renni Anggraini. 2018. Karakteristik Penggunaan Abu Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Filler Pada Campuran Laston Lapis Aus. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan* I, 1(4), 61-68.
- Ii, B A B, and Tinjauan Pustaka. n.d. "Yaitu Hubungan Antara Tegangan (," no. 1982: 4–12.
- Isnanda. Sofyan M. Saleh dan Isya, Muhammad. 2018. Pengaruh Substitusi Polystyrene (PS) Dan Abu Arang Tempurung Kelapa Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Campuran AC-WC. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala*. 1(3), 637-646.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. "Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Jalan Dan Jembatan (General Specifications of Bina Marga 2018 for Road Works and Bridges)," no. September.
- Pujiarti, Rini, and J P Gentur Sutapa. 2005. "Mutu Arang Aktif Dari Limbah Kayu Mahoni (Swietenia Macrophylla King) Sebagai Bahan Penjernih Air Quality of Activated Charcoal from Mahogany (Swietenia Macrophylla King .) Wood Wastes for Water Purification Substance." *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kayu Tropis* 3 (2): 33–38.
- Pedoman Teknik No. 028/T/m/1999, Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga.
- Pramono, P. (1999). Campuran Hot Rolled Sheet Dengan Berbagai Jenis Filler. *Prosiding Simposium I Studi Transportasi Perguruan Tinggi*, ITB, Bandung.
- Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 (revisi 3) Divisi 6 (Perkerasan Aspal)
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Sukirman, S. (2007). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Sukirman, Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Grafika Yuana Marga : Bandung.
- Trio Mareta Jaya, Samsul Bahri, dan Makmum Reza Razali. 2018. *Studi*

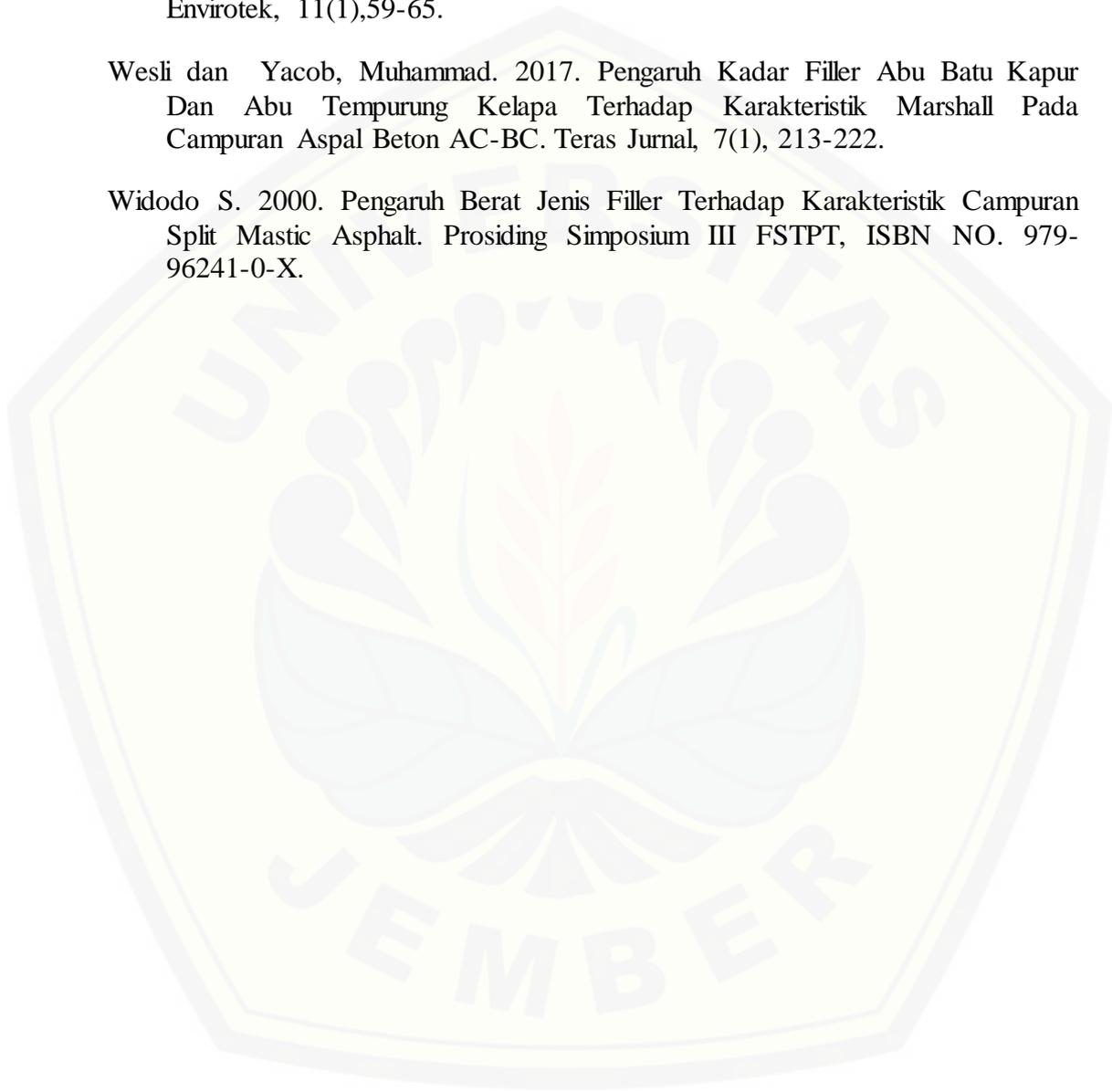
Penggunaan Pasir Laut Sebagai Filler Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-WC). *Jurnal Inersia*, 10(1), 15-20.

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

Utomo, Nugroho dan Romadlon, C.F.S. 2018. Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Material Pengisi Pada Campuran Perkerasan Jalan. *Jurnal Envirotek*, 11(1),59-65.

Wesli dan Yacob, Muhammad. 2017. Pengaruh Kadar Filler Abu Batu Kapur Dan Abu Tempurung Kelapa Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton AC-BC. *Teras Jurnal*, 7(1), 213-222.

Widodo S. 2000. Pengaruh Berat Jenis Filler Terhadap Karakteristik Campuran Split Mastic Asphalt. *Prosiding Simposium III FSTPT*, ISBN NO. 979-96241-0-X.





LAMPIRAN A

DOKUMENTASI LABORATORIUM

No	Dokumentasi	Keterangan
1		<p>Agregat kasar dan agregat medium</p>
2		<p>Proses penyaringan agregat</p>

3		<p>Proses penumbukan arang kayu</p>
4		<p>Proses penggorengan agregat dan aspal</p>

5		<p>Proses penumbukan benda uji dengan mesin <i>asphalt compactor</i></p>
6		<p>Hasil Benda Uji</p>

7		<p>Proses penimbangan benda uji kering</p>
8		<p>Proses penimbangan SSD</p>
9		<p>Proses penimbangan setelah perendaman 24 jam dalam kondisi SSD</p>

10		<p>Proses perendaman didalam <i>water bath</i></p>
11		<p>Proses <i>Marshall Test</i></p>

12



Benda uji setelah
pengujian *Marshall*
Test





LAMPIRAN B

HASIL PENGUJIAN

Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Benda Uji			I	II	Rerata
A	Berat benda uji kering oven	(gram)	3,584.80	3,671.40	3628.10
B	Berat benda uji kering permukaan jenuh	(gram)	3,631.00	3,728.00	3679.50
C	Berat benda uji di dalam air	(gram)	2,263.40	2,318.70	2291.05
D	Berat Jenis (bulk)	$\frac{A}{B - C}$	2.62	2.61	2.61
E	Berat Jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B}{B - C}$	2.66	2.65	2.65
F	Berat jenis semu (apparent)	$\frac{A}{A - C}$	2.71	2.71	2.71
G	Penyerapan	$\frac{(B - A)}{A} \times 100\%$	1.29	1.54	1.42

Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Medium

Benda Uji			I	II	Rerata
A	Berat benda uji kering oven	(gram)	3,480.70	3,979.30	3730.00
B	Berat benda uji kering permukaan jenuh	(gram)	3,550.60	4,051.70	3801.15
C	Berat benda uji di dalam air	(gram)	2,169.30	2,467.50	2318.40
D	Berat Jenis (bulk)	$\frac{A}{B - C}$	2.52	2.51	2.52
E	Berat Jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B}{B - C}$	2.57	2.56	2.56
F	Berat jenis semu (apparent)	$\frac{A}{A - C}$	2.65	2.63	2.64
G	Penyerapan	$\frac{(B - A)}{A} \times 100\%$	2.01	1.82	1.91

Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Benda Uji			I	II	Rerata
A	Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	(gram)	283.60	282.80	283.20

Benda Uji			I	II	Rerata
B	Berat benda uji kering oven	(gram)	280.40	279.30	279.85
C	Berat piknometer terisi air	(gram)	704.60	710.10	707.35
D	Berat Piknometer+benda uji SSD+air	(gram)	876.80	881.50	879.15
E	Berat piknometer terisi air terkoreksi	(gram)	703.82	709.32	706.57
F	Berat Piknometer+benda uji SSD+air terkoreksi	(gram)	875.84	880.53	878.18
G	Berat Jenis (bulk)	B	2.51	2.50	2.51
		$(E + A - F)$			
H	Berat Jenis kering permukaan jenuh	A	2.54	2.53	2.54
		$(E + A - F)$			
I	Berat jenis semu (apparent)	B	2.59	2.58	2.59
		$(E + B - F)$			
J	Penyerapan	$\frac{(A - B)}{B} \times 100\%$	1.14	1.25	1.20

Berat Jenis dan Penyerapan Abu Batu

Benda Uji			I	II	Rerata
A	Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	(gram)	285.30	259.30	272.30
B	Berat benda uji kering oven	(gram)	260.40	235.80	248.10
C	Berat piknometer terisi air	(gram)	704.60	710.10	707.35
D	Berat Piknometer+benda uji SSD+air	(gram)	865.30	857.30	861.30
E	Berat piknometer terisi air terkoreksi	(gram)	703.82	709.32	706.57
F	Berat Piknometer+benda uji SSD+air terkoreksi	(gram)	864.35	856.36	860.35
G	Berat Jenis (bulk)	B	2.09	2.10	2.09
		$(E + A - F)$			
H	Berat Jenis kering permukaan jenuh	A	2.29	2.31	2.30
		$(E + A - F)$			
I	Berat jenis semu (apparent)	B	2.61	2.66	2.63
		$(E + B - F)$			
J	Penyerapan	$\frac{(A - B)}{B} \times 100\%$	9.56	9.97	9.76

Berat Jenis Serbuk Arang Kayu

Benda Uji			I	II	Rerata
A	Berat arang kayu (W)	(gram)	50.00	50.00	50.00
B	Volume Minyak Awal (V1)	(ml)	10.00	0.90	5.45
C	Volume Minyak Akhir (V2)	(ml)	250.00	250.00	250.00
D	Berat Jenis (bulk)	A	0.21	0.20	0.20
		(C-B)			

Berat Jenis Aspal Padat

Benda Uji			I	II
A	Berat Picnometer + Tutup	(gram)	36.17	36.94
B	Berat Picnometer + Tutup + Air	(gram)	58.50	60.13
C	Berat Picnometer + Tutup + Aspal	(gram)	51.89	51.13
D	Berat Picnometer + Tutup + Aspal + Air	(gram)	61.23	56.89
E	Berat Jenis Aspal		1.210	0.814
D	Rerata		1.012	

Penetrasi Aspal

Pembukaan Benda Uji	Benda Uji dipanaskan	Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
	Mulai		Pemanas
	Selesai	10 Menit	Temp 130°C ± 1
Mendinginkan	Didiamkan pada suhu ruang		
Benda Uji	Mulai		ruang 2
	Selesai		Temp 36°C ± 1
Pemeriksaan	Penetrasi 25°C, 100 gram, 5 detik		
Benda Uji	Mulai		Cawan
	Selesai		Temp 25°C ± 1

Penetrasi pada suhu 25°C, beban 100 gram, 5 detik		
Pengamatan	A	B
1	65	70
2	62	66
3	66	62
Rerata (1,2,3)	64.333	66.000
Rerata (A,B,C)	65.167	

Daktilitas

Pembukaan	Benda Uji dipanaskan	Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
Benda Uji	Mulai	9:00:00 AM	Oven
	Selesai	9:30:00 AM	Temp 135°C ± 1
Mendinginkan	Didiamkan pada suhu ruang	25	
	Mulai	9:30:00 AM	ruang 1
	Selesai	11:00:00 AM	Temp 38°C ± 1
Perendaman	Suhu perendaman 25°C		
	Mulai	12:30:00 PM	Waterbath
	Selesai	1:15:00 AM	Temp 25°C ± 1
Pengujian	Alat	Daktilitas	
	Mulai	1:41:00 AM	Daktilitas
	Selesai	2:45:00 AM	Temp 25°C ± 1
Daktilitas suhu 25°C		Pembacaan Alat	
5 cm per menit		cm	
Pengamatan	1	102	
	2	98	
	3	101	
Rerata		100	

Kehilangan Berat Minyak

Pembukaan Benda Uji	Benda Uji dipanaskan	Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
	Mulai	9:00:00 AM	Pemanas
	Selesai	9:20:00 AM	Temp 130°C ± 1
Mendinginkan Benda Uji	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai	9:20:00 AM	ruang 1
	Selesai	10:30:00 AM	Temp 38°C ± 1
Pemeriksaan Benda Uji	Kehilangan Berat pada 163°C		
	Mulai	9:00:00 AM	Oven
	Selesai	2:00:00 PM	Temp 163°C ± 1

Benda Uji			I	II
A	Cawan + Aspal Keras	gram	18.220	17.420
B	Cawan Kosong	gram	8.790	8.430
C	Aspal Keras, (A - B)	gram	9.430	8.990
D	Berat Sebelum Pemanasan	gram	18.220	17.420
E	Berat Sesudah Pemanasan	gram	18.210	17.400
F	(D - E)	gram	0.010	0.020
G	$\frac{F}{C} \times 100$	%	0.106	0.222
H	Rerata	%	0.164	

Hasil Pengujian Marshall Campuran AC – WC

No. Benda Uji	Varian Arang Kayu Pada Campuran	%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	No. Benda Uji	Stabilitas (kg)		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
1	0%	5.2870	5.0215	1254.60	1279.90	736.20	543.70	2.31	2.39	5.2870	2.596	14.98	3.51	76.56	1	96	1672.20	1555.15	2.50	622.06	11.455	-5.858	
2	0%	5.2870	5.0215	1255.70	1280.80	736.00	544.80	2.30	2.39		2.596	15.08	3.62	75.98	2	88	1532.85	1425.55	2.30	619.80	11.455	-5.858	
3	0%	5.2870	5.0215	1259.20	1282.60	736.20	546.40	2.30	2.39		2.596	15.09	3.64	75.91	3	96	1672.20	1555.15	2.60	598.13	11.455	-5.858	
Rerata				1256.50	1281.10	736.13	544.97	2.31	2.39		2.596	15.05	3.59	76.15	Rerata	93	1625.75	1511.95	2.47	613.33	11.45	-5.858	
4	0.5%	5.2870	5.0215	1250.50	1255.00	685.00	570.00	2.19	2.39	5.2870	2.596	19.17	8.26	56.89	4	87	1336.23	1149.16	3.00	383.05	10.838	-5.272	
5	0.5%	5.2870	5.0215	1250.00	1267.00	700.00	567.00	2.20	2.39		2.596	18.78	7.82	58.37	5	85	1305.52	1122.74	3.00	374.25	10.838	-5.272	
6	0.5%	5.2870	5.0215	1251.50	1266.50	687.00	579.50	2.16	2.39		2.596	20.43	9.70	52.55	6	85	1305.52	1083.58	2.80	386.99	10.838	-5.272	
Rerata				1250.67	1262.83	690.67	572.17	2.19	2.39		2.596	19.46	8.59	55.94	Rerata	86	1315.75	1118.49	2.93	381.43	10.84	-5.272	
7	1%	5.2870	5.0215	1258.50	1276.50	700.00	576.50	2.18	2.39	5.2870	2.596	19.57	8.72	55.45	7	85	1305.52	1083.58	3.00	361.19	10.586	-5.033	
8	1%	5.2870	5.0215	1255.50	1275.00	698.50	576.50	2.18	2.39		2.596	19.76	8.94	54.78	8	81	1244.08	1069.91	3.40	314.68	10.586	-5.033	
9	1%	5.2870	5.0215	1260.50	1275.50	700.50	575.00	2.19	2.39		2.596	19.23	8.34	56.67	9	85	1305.52	1083.58	3.20	338.62	10.586	-5.033	
Rerata				1258.17	1275.67	699.67	576.00	2.18	2.39		2.596	19.52	8.66	55.63	Rerata	83.67	1285.04	1079.02	3.20	338.16	10.586	-5.033	
10	1.5%	5.2870	5.0215	1257.00	1278.00	700.50	577.50	2.18	2.39	5.2870	2.596	19.81	8.99	54.64	10	83	1274.80	1058.08	3.60	293.91	10.201	-4.668	
11	1.5%	5.2870	5.0215	1260.50	1283.00	700.50	582.50	2.16	2.39		2.596	20.27	9.52	53.07	11	81	1244.08	1032.59	3.50	295.02	10.201	-4.668	
12	1.5%	5.2870	5.0215	1255.50	1276.30	692.00	584.30	2.15	2.39		2.596	20.83	10.15	51.27	12	84	1290.16	1070.83	3.40	314.95	10.201	-4.668	
Rerata				1257.67	1279.10	697.67	581.43	2.16	2.39		2.596	20.31	9.55	52.99	Rerata	82.67	1269.68	1053.83	3.50	301.30	10.201	-4.668	
13	2%	5.2870	5.0215	1252.00	1269.00	685.50	583.50	2.15	2.39	5.2870	2.596	20.95	10.28	50.93	13	84	1290.16	1070.83	4.40	243.37	9.810	-4.296	
14	2%	5.2870	5.0215	1253.50	1273.00	690.00	583.00	2.15	2.39		2.596	20.78	10.09	51.43	14	80	1228.72	1019.84	3.50	291.38	9.810	-4.296	
15	2%	5.2870	5.0215	1254.50	1270.50	697.00	573.50	2.19	2.39		2.596	19.41	8.53	56.04	15	83	1274.80	1058.08	3.00	352.69	9.810	-4.296	
Rerata				1253.33	1270.83	690.83	580.00	2.16	2.39		2.596	20.38	9.64	52.80	Rerata	82.33	1264.56	1049.58	3.63	295.82	9.810	-4.296	

Hasil Pengujian Marshall Campuran HRS – WC

Persen Penambahan Kadar Arang kayu	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	% aspal efektif (Pbe)	
				Berat di udara	Berat SSD	Berat dalam air									No. Benda Uji	Pembacaan dial	Faktor kalibrasi					faktor ketebalan
0	1	7.89	7.313	1280.80	1308.80	708.70	600.10	2.13	2.26	7.89	2.541	20.93	5.47	73.85	1	138	2403.79	1874.95	4.00	468.74	13.428	-5.133
	2	7.89	7.313	1280.70	1309.80	707.60	602.20	2.13	2.26		2.541	21.21	5.81	72.61	2	137	2386.37	1861.37	4.05	459.60	13.428	-5.133
	3	7.89	7.313	1278.50	1305.60	706.90	598.70	2.14	2.26		2.541	20.88	5.42	74.04	3	139	2421.21	1961.18	4.00	490.29	13.428	-5.133
	Rerata			1280.00	1308.07	707.73	600.33	2.13	2.26		2.541	21.01	5.57	73.50	Rerata	138.00	2403.79	1899.17	4.02	472.88	13.43	-5.133
0.5	4	7.89	7.313	1288.00	1305.00	695.00	610.00	2.11	2.26	7.89	2.541	21.77	6.48	70.22	4	83	1274.80	994.34	3.00	331.45	13.428	-5.133
	5	7.89	7.313	1289.50	1310.00	703.00	607.00	2.12	2.26		2.541	21.29	5.91	72.23	5	100	1535.90	1198.00	3.20	374.38	13.428	-5.133
	6	7.89	7.313	1292.00	1315.00	706.50	608.50	2.12	2.26		2.541	21.34	5.96	72.05	6	80	1228.72	958.40	3.10	309.16	13.428	-5.133
	Rerata			1289.83	1310.00	701.50	608.50	2.12	2.26		2.541	21.47	6.12	71.50	Rerata	87.67	1346.47	1050.25	3.10	338.33	13.43	-5.133
1	7	7.89	7.313	1289.50	1300.00	700.00	600.00	2.15	2.26	7.89	2.541	20.38	4.81	76.37	7	87	1336.23	1042.26	3.80	274.28	13.428	-5.133
	8	7.89	7.313	1295.00	1325.00	705.00	620.00	2.09	2.26		2.541	22.62	7.49	66.87	8	85	1305.52	992.19	3.60	275.61	13.428	-5.133
	9	7.89	7.313	1290.00	1318.00	702.00	616.00	2.09	2.26		2.541	22.41	7.25	67.65	9	87	1336.23	1015.54	3.60	282.09	13.428	-5.133
	Rerata			1291.50	1314.33	702.33	612.00	2.11	2.26		2.541	21.80	6.52	70.30	Rerata	86.33	1325.99	1016.66	3.67	277.33	13.428	-5.133
1.5	10	7.89	7.313	1293.00	1319.50	704.00	615.50	2.10	2.26	7.89	2.541	22.17	6.96	68.61	10	85	1305.52	992.19	2.70	367.48	13.428	-5.133
	11	7.89	7.313	1294.50	1320.00	705.00	615.00	2.10	2.26		2.541	22.02	6.78	69.22	11	87	1336.23	1015.54	3.30	307.74	13.428	-5.133
	12	7.89	7.313	1296.50	1326.00	708.00	618.00	2.10	2.26		2.541	22.28	7.09	68.19	12	82	1259.44	957.17	3.00	319.06	13.428	-5.133
	Rerata			1294.67	1321.83	705.67	616.17	2.10	2.26		2.541	22.15	6.94	68.67	Rerata	84.67	1300.40	988.30	3.00	331.42	13.428	-5.133
2	13	7.89	7.313	1297.50	1326.00	702.00	624.00	2.08	2.26	7.89	2.541	22.96	7.91	65.56	13	83	1274.80	968.85	2.80	346.02	13.428	-5.133
	14	7.89	7.313	1294.50	1322.50	705.00	617.50	2.10	2.26		2.541	22.33	7.15	67.97	14	79	1213.36	922.15	2.10	439.12	13.428	-5.133
	15	7.89	7.313	1296.00	1324.00	709.00	615.00	2.11	2.26		2.541	21.93	6.67	69.59	15	80	1228.72	933.83	2.70	345.86	13.428	-5.133
	Rerata			1296.00	1324.17	705.3	618.83	2.09	2.26		2.541	22.41	7.24	67.71	Rerata	80.67	1238.96	941.61	2.53	377.00	13.428	-5.133