



**KINERJA CAMPURAN *HOT ROLLED SHEET*– WEARING
COURSE (HRS – WC) DENGAN SERAT KAPUK**

SKRIPSI

Oleh

Handini Regitasari

NIM 161910301137

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



**KINERJA CAMPURAN *HOT ROLLED SHEET*– *WEARING*
COURSE (HRS – WC) DENGAN SERAT KAPUK**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi Tugas Akhir dan menempuh salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Handini Regitasari
161910301137**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

PERSEMBAHAN

Segala puji syukur hanya kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmat dan hidayah yang Engkau berikan sehingga saya bisa menjalankan kehidupan dengan kemudahan sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Akhirnya dengan menyebut nama Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang maha pengasih dan penyayang dengan kerendahan hati saya persembahkan sebuah hasil penelitian ini sebagai wujud terima kasih, bakti, dan cintaku kepada:

1. Ayah Hardi Pratomo, Bunda Nurul Aini, Adik Aswin Dhafa Rahardian dan Mochamad Diki Ari Wijaya yang telah mendoakan, memberikan dukungan dan kasih sayang serta pengorbanan yang teramat besar yang tak mungkin bisa dibalas dengan apapun.
2. Guru dan dosen sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi, yang sudah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran.
3. Teman-teman angkatan teknik sipil 2016 (Biji Besi) yang telah memberikan dukungan dan bantuan secara tenaga maupun moril.
4. Almamater Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.

MOTO

“Allah menghendaki kemudahan bagimu, dan tidak menghendaki kesukaran bagimu.”

(QS. Al-Baqarah:185)

“Engkau berpikir tentang dirimu sebagai seongok materi semata, padahal di dalam dirimu tersimpan kekuatan tak terbatas”

(Ali bin Abi Thalib RA)

“Tbarat mengantri, begitulah perjuangan mengejar mimpi. Terkadang di tengah jalan kita kehilangan motivasi. Saat seperti itu, coba lihat ke belakang. Kita bisa sadar betapa jauhnya kita sudah melangkah, seberapa besar energi dan waktu yang sudah kita korbankan, ketika kita berhasil mencapai *finish*, kita akan mencapai hal yang kita impikan. Yang pasti, in the end, everything is gonna be mantap jiwa”

(Jerome Polin Sijabat)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Handini Regitasari

NIM : 161910301137

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul : *Kinerja Campuran Hot Rolled Sheet – Wearing Course (HRS-WC) Dengan Serat Kapuk* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keaslian dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 10 Januari 2020

Yang menyatakan,

Handini Regitasari

NIM 161910301137

SKRIPSI

**KINERJA CAMPURAN *HOT ROLLED SHEET*– *WEARING COURSE*
(HRS – WC) DENGAN SERAT KAPUK**

Oleh

Handini Regitasari

NIM 161910301137

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Sri Sukmawati S.T.,M.T.

RINGKASAN

Kinerja Campuran *Hot Rolled Sheet* – *Wearing Course* (HRS - WC) Dengan Serat Kapuk; Handini Regitasari, 161910301137; 2019; 103 Halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Data Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum menunjukkan bahwa jumlah infrastruktur jalan nasional mencapai 532.871 km pada tahun 2018 semester II. Permasalahan yang sering muncul di Indonesia adalah banyak jalan yang mengalami kerusakan bervariasi sebelum umur layanannya berakhir. Di era kemudahan teknologi ini penelitian yang disertai inovasi terus menerus dikembangkan untuk meningkatkan kualitas dari perkerasan jalan dan mengantisipasi kerusakan pada jalan sebelum waktu layanan berakhir. Salah satu campuran aspal yang sering digunakan penelitian dan telah dikembangkan adalah campuran *Hot Rolled Sheet* (HRS). Beberapa penelitian terdahulu sebagai berikut pertama oleh Meriyati dan Hakiki (2004) menggunakan campuran *split mastic asphalt* dengan bahan tambahan serat kapuk menggunakan variasi kadar aspal 6%, 6.5%, 7%, 7.5% dan 8% dan 3 (tiga) variasi kadar serat kapuk 0.005%, 0.0075% dan 0.01%. Penelitian kedua oleh Darunifah (2007) menggunakan campuran HRS-WC dengan bahan tambah variasi kadar karet 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%. Penelitian ketiga oleh Widianty, Wahyudi, dan Setiawan (2018) menggunakan campuran beton aspal *wearing course* dengan bahan tambah variasi kadar serbuk serat pelepah pisang 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3% dan 0.4%.

Pembandingan yang digunakan pada penelitian ini adalah hasil uji *marshall* benda uji tanpa penambahan kapuk dan hasil uji *marshall* pada benda uji yang ditambahkan kapuk kadar 0,01%, 0,025%, 0,05%, 0,075%, dan 0,1%. Kadar aspal yang digunakan adalah kadar aspal 7,89% sesuai hasil kadar aspal optimum. Untuk mengetahui hubungan penambahan kadar kapuk dengan hasil uji *marshall* dilakukan uji t-test dan didapatkan persamaan $y = ax + b$ untuk setiap parameter *marshall*, selanjutnya dilakukan percobaan penambahan kadar kapuk untuk mengetahui batas maksimum penambahan kadar kapuk sesuai Spesifikasi Bina Marga 2018 pada setiap parameter *marshall*.

Hasil analisis yang diperoleh untuk pengujian *marshall* pada 15 benda uji campuran aspal 7,89% dengan variasi persen kadar kapuk yaitu 0,01; 0,025; 0,05; 0,075; 0,1 menghasilkan peningkatan hasil pada parameter VMA, VIM, VFA, stabilitas dan *marshall quotient* dengan penambahan kadar kapuk 0,01%, namun peningkatan stabilitas tidak signifikan dari benda uji yang tidak dicampurkan kapuk. Dengan hasil ini campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) dengan kadar kapuk jika digunakan untuk skala yang besar tidak akan menghasilkan perbaikan yang signifikan walaupun *flow* yang dihasilkan lebih kecil.

SUMMARY

Performance of Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) Mixture With Kapok Fiber; Handini Regitasari, 161910301137; 2016; 103 pages; Department of Civil Engineering Faculty of Engineering, Jember University.

Data from the Directorate General of Highways in the Ministry of Public Works shows that the number of national road infrastructure reached 532,871 km in 2018 semester II. The problem that often arises in Indonesia is that many roads are suffering from various damage before the service life ends. In this era of technological convenience research with innovation is continually being developed to improve the quality of road pavement and to anticipate the damage of road before the service time ends. One asphalt mixture that is often used in research and has been developed is Hot Rolled Sheet (HRS). Some previous studies, the first study by Meriyati and Hakiki (2004) used a mixture of split mastic asphalt with kapok fiber additives using asphalt content variations of 6%, 6.5%, 7%, 7.5% and 8% and 3 (three) variations in cotton fiber content of 0.005%, 0.0075%, and 0.01%. The second study by Darunifah (2007) used a mixture of HRS-WC with the added ingredient of rubber content variations of 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, and 5%. The third study by Widianty, Wahyudi, and Setiawan (2018) used a mixture of asphalt wearing course concrete with the added ingredient of banana fiber powder content variations of 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, and 0.4%.

The comparison used in this study is the results of Marshall test specimens without adding kapok and Marshall test results on specimens added with kapok content of 0.01%, 0.025%, 0.05%, 0.075%, and 0.1%. The asphalt content used 7.89% asphalt level according to the optimum asphalt content. To find out the correlation between the addition of kapok content and the results of the marshall test, a t-test was carried out and the equation $y = ax + b$ was obtained for each marshall parameter. then the addition of kapok content is carried out to determine the maximum limit of kapok content addition according to the 2018 Bina Marga Specifications for each marshall parameter.

The results of the analysis obtained for testing marshall at 15 asphalt mixture specimen of 7.89% with a variation of percent kapok content 0.01; 0.025; 0.05; 0.075; 0.1 produces an increase in the results of the parameters VMA, VIM, VFA, stability and Marshall quotient with the addition of kapok content 0.01%, but the increase was not significant stability of the test objects that are not mixed kapok. With this result, the mixture of Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) with kapok levels if used for a large scale will not result in a significant improvement despite a smaller flow.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “*Kinerja Campuran Hot Rolled Sheet – Wearing Course (HRS-WC) Dengan Serat Kapuk*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

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

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Dr. Gusfan Halik, S.T., M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember;
3. Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Strata Satu (S1) Teknik Sipil Universitas Jember;
4. Dr. Yeny Dhokhikah, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing akademik;
5. Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T dan Sri Sukmawati, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing;
6. Anita Trisiana, S.T., M.T dan Willy Kriswardhana, S.T., M.T, selaku dosen penguji;
7. Willy Kriswardhana, S.T., M.T, selaku komisi bimbingan S-1;
8. Indra Hari Prasetyo, selaku teknisi Laboratorium Transportasi Teknik Sipil Universitas Jember;
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat.

Jember, 10 Januari 2020

Handini Regitasari

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Sampul	i
Halaman Judul.....	ii
Halaman Persembahan.....	iii
Halaman Moto	iv
Halaman Pernyataan	v
Halaman Pembimbingan	vi
Halaman Pengesahan.....	vii
Ringkasan.....	viii
Summary	x
Prakata	xii
Daftar Isi	xiii
Daftar Tabel.....	xvi
Daftar Gambar	xvii
Bab 1 Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka	4
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	4
2.2 Perkerasan Lentur	5
2.3 Lataston atau <i>Hot Roller Sheet</i>	5
2.4 Spesifikasi Campuran Lataston	6
2.5 Bahan Penyusun Perkerasan	7
2.5.1 Agregat	7
2.5.2 <i>Filler</i> (Bahan Pengisi)	10

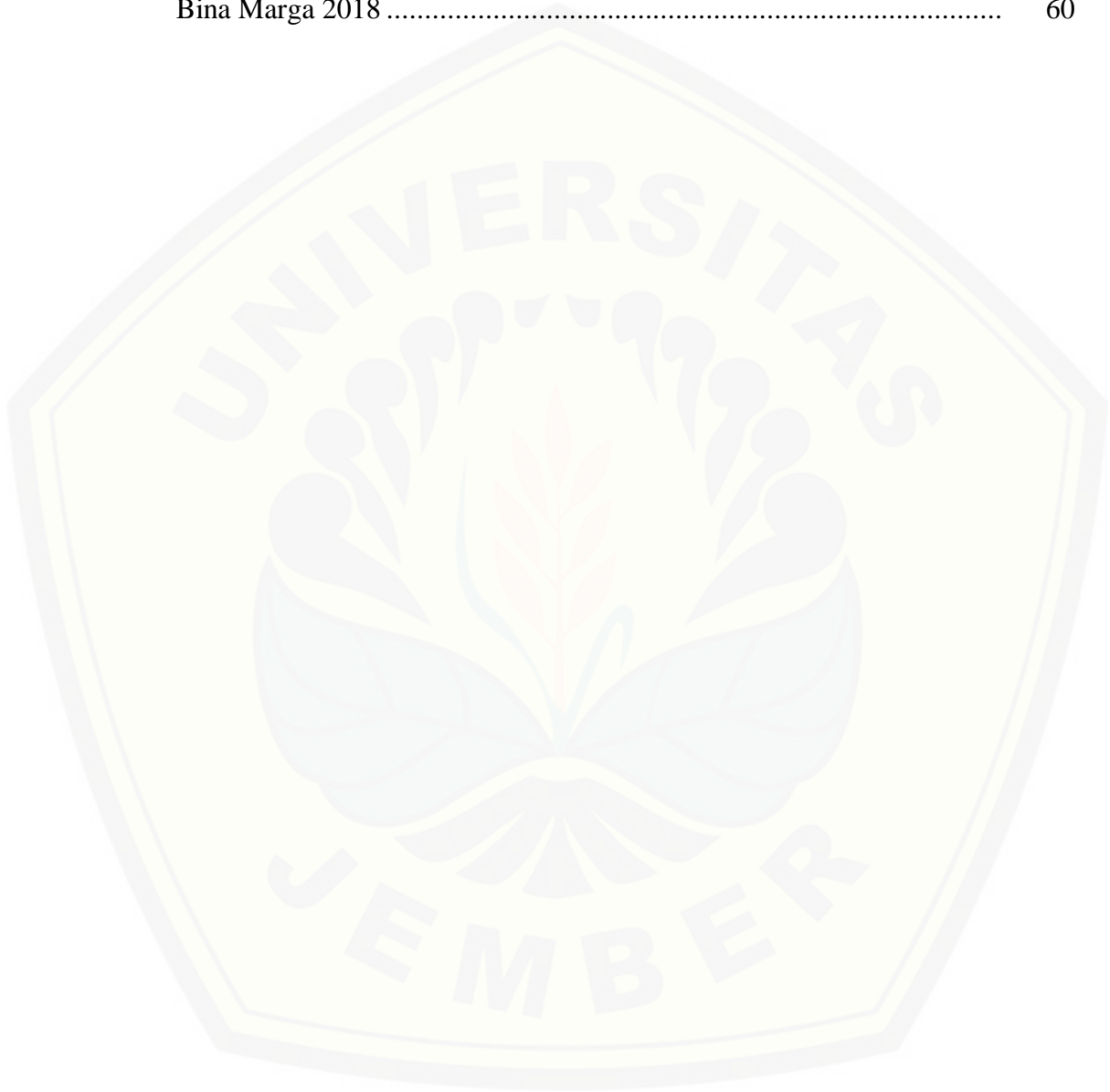
2.5.3	Aspal	10
2.6	Parameter <i>Marshall Test</i>	12
2.7	Analisis Data	14
2.7.1	Sampel	15
2.7.2	Menghitung Standar Deviasi	15
2.7.3	Hubungan Kinerja Aspal dan Serat Kapuk.....	15
2.7.4	<i>Independent Sample T-Test</i>	16
Bab 3	Metode Penelitian	17
3.1	Lokasi Penelitian	17
3.2	Jenis Penelitian	17
3.3	Pelaksanaan Penelitian.....	17
3.3.1	Alat dan Bahan.....	18
3.3.2	Tahap Persiapan	18
3.3.3	Tahap Pelaksanaan Penelitian.....	24
3.4	Variabel Penelitian	28
3.4.1	Variabel Bebas	28
3.4.2	Variabel Terikat	28
3.4.3	Variabel Terkendali.....	28
3.5	Analisis Data	29
3.5.1	Menghitung Nilai dari Uji Marshall.....	29
3.5.2	Hubungan Kinerja Aspal dan Serat Kapuk.....	29
3.5.3	Uji T-Test	29
3.6	Diagram Alir Penelitian	30
3.7	Matrik Penelitian	34
Bab 4	Hasil Penelitian dan Pembahasan.....	35
4.1	Hasil penelitian	35
4.1.1	Pengujian Agregat.....	35
4.1.2	Pengujian Aspal.....	36
4.1.3	Pengujian Serat Kapuk.....	36
4.1.4	Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar	37
4.1.5	Perhitungan Rencana Untuk Menentukan Kadar Aspal...	38
4.1.6	Perhitungan Kadar Aspal Optimum	39

4.1.7	Perencanaan Gradasi Campuran HRS-WC + Serat Kapuk	40
4.1.8	Pengujian <i>Marshall</i> Campuran HRS-WC dan Kapuk.....	44
4.2	Pembahasan.....	49
4.2.1	Uji <i>T-test</i>	49
4.2.2	Hubungan Penambahan Kapuk dengan Stabilitas, <i>Flow</i> dan <i>Marshall Quotient</i>	56
4.2.3	Analisis Kadar Aspal Optimum	61
4.2.4	Analisis Kinerja Campuran HRS-WC Tanpa Serat Kapuk	61
4.2.5	Analisis Kinerja Campuran HRS-WC Dengan Serat Kapuk	61
Bab 5	Penutup.....	64
5.1	Kesimpulan.....	64
5.2	Saran.....	65
Daftar Pustaka	xx
Lampiran	xxi

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Daftar Penelitian Terdahulu Sebagai Studi Literatur.....	4
2.2 Ketentuan Sifat – Sifat Campuran Lataston.....	6
2.3 Ketentuan Agregat Kasar	8
2.4 Ketentuan Agregat Halus	8
2.5 Gradasi Agregat Gabungan	9
2.6 Contoh Batas-Batas Bahan Bergradasi Senjang	9
2.7 Persyaratan Serat Selulosa Pada SMA.....	10
2.8 Ketentuan Aspal Pen. 60-70 – Wax.....	11
3.1 Matrik Penelitian	34
4.1 Hasil Pengujian Agregat Kasar	35
4.2 Hasil Pengujian Agregat Halus	35
4.3 Hasil Pengujian Aspal AC 60/70.....	36
4.4 Hasil Pengujian Serat Kapuk.....	36
4.5 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar.....	37
4.6 Gradasi Campuran Agregat HRS-WC.....	38
4.7 Rencana Persen Aspal.....	38
4.8 Hasil Karakteristik Marshall untuk Campuran HRS-WC.....	39
4.9 Penentuan Kadar Aspal Optimum	39
4.10 Perencanaan Campuran HRS-WC + Serat Kapuk Kadar 0,01%	40
4.11 Perencanaan Campuran HRS-WC + Serat Kapuk Kadar 0,025%	41
4.12 Perencanaan Campuran HRS-WC + Serat Kapuk Kadar 0,05 %	42
4.13 Perencanaan Campuran HRS-WC + Serat Kapuk Kadar 0,075%	43
4.14 Perencanaan Campuran HRS-WC + Serat Kapuk Kadar 0,1%	44
4.15 Pengujian Marshall Campuran HRS-WC dan Kapuk.....	45
4.16 Uji Hipotesis Stabilitas dan Flow Pada Penambahan Kapuk.....	50
4.17 Uji T-Test Stabilitas Pada Penambahan Kapuk	51
4.18 Uji Hipotesis Stabilitas dan Flow Pada Penambahan Kapuk	52
4.19 Uji T-Test Flow Pada Penambahan Kapuk.....	53
4.20 Uji Hipotesis MQ dan Flow Pada Penambahan Kapuk.....	54

4.21 Uji T-Test MQ Pada Penambahan Kapuk.....	55
4.22 Data Penambahan % Kadar Kapuk dari <i>Uji Marshall</i>	57
4.23 Percobaan Penambahan Kadar Kapuk Hingga Memenuhi Batas Spesifikasi Bina Marga 2018	60



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
3.1 Diagram alir penelitian	31
3.2 Diagram alir penelitian (lanjutan)	32
3.3 Diagram alir penelitian (lanjutan)	33
4.1 Grafik Analisis Saringan Agregat Kasar dan Halus	37
4.2 Grafik Hubungan VMA dan % Kapuk	45
4.3 Grafik Hubungan VIM dan % Kapuk.....	46
4.4 Grafik Hubungan VFA dan % Kapuk.....	47
4.5 Grafik Hubungan Stabilitas dan % Kapuk	48
4.6 Grafik Hubungan <i>Flow</i> dan % Kapuk	48
4.7 Grafik Hubungan MQ dan % Kapuk	49
4.8 Grafik Persamaan Pada Parameter Stabilitas	58
4.9 Grafik Persamaan Pada Parameter <i>Flow</i>	58
4.10 Grafik Persamaan Pada Parameter <i>Marshall Quotient</i>	59

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Kinerja Campuran *Hot Rolled Sheet – Wearing Course* (HRS-WC) Dengan Serat Kapuk” karya Handini Regitasari telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Jumat, 10 Januari 2020

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

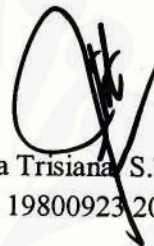
Tim Penguji:

Ketua,



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

Anggota I,



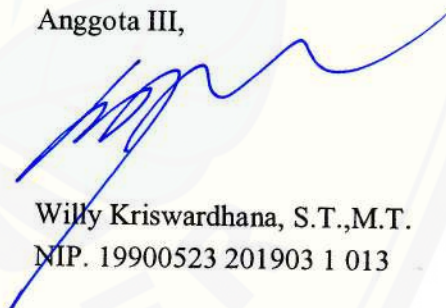
Anita Trisiana, S.T.,M.T.
NIP. 19800923 201504 2 001

Anggota II,



Sri Sukmawati, S.T.,M.T.
NIP. 19650622 199803 2 001

Anggota III,



Willy Kriswardhana, S.T.,M.T.
NIP. 19900523 201903 1 013

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Jember,



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

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur saat ini dijadikan tolak ukur dari kemajuan suatu bangsa dan menunjukkan persaingan antar negara di dunia. Data Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum menunjukkan bahwa jumlah infrastruktur jalan nasional mencapai 532.871 km pada tahun 2018 semester II. Perbaikan jalan lama dan pembangunan jalan baru disebabkan karena peningkatan aktivitas sosial ekonomi masyarakat dan dimanfaatkan untuk mobilitas guna terwujudnya pemerataan pembangunan. Dalam pelaksanaan perbaikan jalan maupun pembangunan jalan baru lapisan perkerasan jalan memiliki peranan utama dari keseluruhan struktur konstruksi jalan. Perkerasan jalan ialah lapisan perkerasan yang berada di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan yang berfungsi sebagai media pergerakan transportasi dan selama umur layanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti (Sukirman,2003). Permasalahan yang sering muncul di Indonesia adalah banyak jalan yang mengalami kerusakan bervariasi sebelum umur layanannya berakhir. Di era kemudahan teknologi ini penelitian yang disertai inovasi terus menerus dikembangkan untuk meningkatkan kualitas dari perkerasan jalan dan mengantisipasi kerusakan pada jalan sebelum waktu layanan berakhir. Campuran aspal yang sering digunakan untuk penelitian dan telah dikembangkan adalah campuran *Hot Rolled Sheet (HRS)*.

Hot Rolled Sheet (HRS) adalah salah satu jenis aspal campuran yang menggunakan ukuran agregat bergradasi senjang. Gradasi senjang dalam *Hot Rolled Sheet (HRS)* memberikan sifat ketahanan terhadap cuaca dan menjadikan permukaan HRS menjadi awet, dengan sifat ini HRS dapat memfasilitasi lalu lintas berat tanpa terjadi retak. HRS/Lataston memiliki dua macam campuran yaitu lataston lapis permukaan (*HRS-Wearing course*) dan lataston lapis pondasi (*HRS-Base*). Fungsi *Hot Rolled Sheet (HRS)* adalah lapis penutup aspal untuk menghindari masuknya air dari permukaan aspal kedalam konstruksi perkerasan. Keuntungan dari *Hot Rolled Sheet (HRS)* yaitu mempunyai keawetan tinggi namun kelemahannya adalah memiliki stabilitas yang rendah.

Salah satu alternatif bahan aditif yang dapat digunakan sebagai tambahan campuran aspal adalah serat selulosa. Menurut Nurdin (1992) serat selulosa dapat digunakan sebagai bahan *aditif* pada perkerasan *Split Mastic Aspal* dalam hal ini lapisan lapis permukaan (*HRS-Wearing course*) untuk menahan keretakan (*cracking*), alur karena roda kendaraan (*rutting*), iklim tropis, beban kendaraan berat, dan faktor lingkungan lainnya. Kandungan selulosa pada serat kapuk berkisar antara 35% - 64%, penelitian kapuk (*Ceiba Pentandra*) didapatkan bahwa kapuk (*Ceiba Pentandra*) memiliki sifat khas yaitu hidrofobik dan oliofilik yang berpotensi untuk menyerap air sehingga kerusakan aspal dapat dihindarkan (Mardiyati, 2016).

Pada penelitian terdahulu oleh Meriyati dan Hakiki (2004) menggunakan campuran *split mastic asphalt* dengan bahan tambahan serat kapuk menggunakan variasi kadar aspal 6%, 6.5%, 7%, 7.5% dan 8% dan 3 (tiga) variasi kadar serat kapuk, yaitu 0.005%, 0.0075% dan 0.01% didapatkan hasil yaitu tidak terpenuhi seluruh persyaratan Bina Marga untuk campuran *split mastic asphalt*. Penelitian Darunifah (2007) menggunakan campuran HRS-WC dengan bahan tambah variasi kadar karet 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% hanya ada 4 (empat) kadar aspal yang memenuhi persyaratan setelah adanya analisis *marshall* yaitu kadar aspal 7,1% dengan kadar karet 0%, kadar aspal 7,6% dengan kadar karet 0%, kadar aspal 6,6% dengan kadar karet 2% dan kadar aspal 7,1% dengan kadar karet 2%. Menurut penelitian Widianty, Wahyudi, dan Setiawan (2018) tentang pengaruh penambahan variasi serbuk serat pelepah pisang sebesar 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3% dan 0.4% pada campuran beton aspal *wearing course* menghasilkan adanya penurunan nilai VIM, VMA, penetrasi, daktilitas dan terjadinya kenaikan nilai titik lembek pada campuran.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja *Hot Rolled Sheet-Wearing course* (HRS-WC) menggunakan serat kapuk dengan peraturan Spesifikasi Bina Marga 2018 dengan 5 (lima) variasi kadar serat kapuk (0.01%, 0.025%, 0.05%, 0.075% dan 0.1%) dari berat campuran.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas maka didapatkan suatu rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana kinerja *Hot Rolled Sheet (HRS)* tanpa pencampuran serat kapuk terhadap lapisan latakton permukaan HRS – WC?
2. Bagaimana kinerja *Hot Rolled Sheet (HRS)* dengan pencampuran serat kapuk terhadap lapisan latakton permukaan HRS – WC?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui kinerja *Hot Rolled Sheet (HRS)* tanpa pencampuran serat kapuk terhadap lapisan latakton permukaan HRS–WC.
2. Mengetahui kinerja *Hot Rolled Sheet (HRS)* dengan pencampuran serat kapuk terhadap lapisan latakton permukaan HRS–WC.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari adanya penelitian ini adalah memberikan informasi terkait inovasi pemanfaatan serat kapuk sebagai campuran pada *Hot Rolled Sheet (HRS)* terhadap lapis latakton permukaan (HRS –WC).

1.5 Batasan Masalah

1. Jenis campuran latakton yang digunakan adalah lapisan permukaan (HRS-WC).
2. Penelitian ini dilakukan dengan peraturan spesifikasi umum Bina Marga 2018.
3. Parameter *marshall* yang digunakan berguna untuk mengetahui kinerja aspal yaitu nilai stabilitas, *flow*, dan *Marshall Quotient*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai studi literatur untuk penelitian kinerja *Hot Rolled Sheet- Wearing course* (HRS-WC) menggunakan bahan tambahan serat kapuk dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Daftar Penelitian Terdahulu Sebagai Studi Literatur

NO	Topik Penelitian	Metode yang digunakan	Hasil	Referensi
1	Analisis penelitian Campuran <i>Split Mastic Asphalt</i> dengan Bahan Tambahan Serat Kapuk	<ul style="list-style-type: none"> • Metode <i>marshall</i> • <i>Split Mastic Asphalt</i> 	Campuran <i>Split Mastic Asphalt</i> dengan serat kapuk tidak memenuhi seluruh persyaratan Bina Marga untuk campuran <i>Split Mastic Asphalt</i> .	Meryati, dan R. A. Hakiki. (2004). Penelitian Laboratorium Campuran <i>Split Mastic Asphalt</i> Dengan Bahan Tambahan Serat Kapuk.
2.	Pengaruh Penambahan Serbuk Serat Pelepah Batang Pisang Pada Campuran Beton Aspal Wearing Course	<ul style="list-style-type: none"> • Metode <i>marshall</i> • Kadar aspal optimum 	Campuran yang dihasilkan memiliki nilai VIM dan VMA yang semakin menurun dengan penambahan kadar aspal. Kadar aspal 5,5% merupakan nilai kadar aspal optimum.	Widianty, D., M. Wahyudi, dan A. Setiawan. (2018). Kinerja Campuran Beton Aspal Wearing Course Dengan Tambahan Serbuk Serat Pelepah Batang Pisang . <i>Spektrum Sipil vol 5</i> , 11 - 22.
3.	Peningkatan kinerja campuran agregat aspal dengan cara memodifikasi campuran aspal ditambahkan variasi kandungan karet	<ul style="list-style-type: none"> • Metode <i>marshall</i> • HRS-WC • Kadar aspal optimum 	Nilai Kadar aspal optimum yang dipakai 7,1% mempengaruhi hasil dari uji <i>Marshall</i> serta mempertahankan kerapatan sehingga dapat menahan beban lalu lintas tanpa terjadi deformasi, keawetan meningkat dan menjadi fleksibel	Darunifah, N. (2007). <i>Pengaruh Bahan Tambahan Karet Padat Terhadap Karakteristik Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)</i> . Semarang: Universitas Diponegoro.

2.2 Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur adalah salah satu jenis konstruksi perkerasan jalan yang dibedakan berdasarkan jenis bahan pengikatnya. Dalam pelaksanaan konstruksi jenis perkerasan lentur bahan pengikat yang digunakan adalah aspal. Menurut Dachlan dan Sjahdanulirwan (2012) perkembangan spesifikasi campuran aspal diharuskan memenuhi parameter seperti rongga dalam campuran berdasarkan kepadatan serta uji modulus elastisitas. Lapis permukaan merupakan lapisan atas dari sebuah perkerasan lentur dan lapisan yang akan bergesekan dengan kendaraan, sehingga lapisan ini mudah mengalami kerusakan akibat aus. Oleh karena itu, perencanaan dan pengerjaan lapisan ini harus dilakukan dengan tepat agar memberikan hasil yang baik untuk pengguna jalan tersebut.

2.3 Lataston atau *Hot Rolled Sheet*

Lapis tipis aspal beton (lataston) juga disebut sebagai *Hot Rolled Sheet* terdiri dari dua jenis campuran, HRS Pondasi (*HRS-Base*) dan HRS Lapis Aus (*HRS Wearing Course*, *HRS-WC*) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran yaitu 19 mm. (Kementerian Pekerjaan Umum Bina Marga, revisi 2018). Gradasi agregat yang digunakan yang mempengaruhi perbedaan konstruksi perkerasan yang digunakan dalam segi pemakaian jalan maupun beban lalu lintas. Jenis-jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan butiran pengisi (*filler*) dan jenis aspal yang digunakan adalah jenis aspal keras seperti AC 60-70 dan AC 80-100.

Hot Rolled Sheet bersifat lentur dan mempunyai durabilitas yang tinggi, hal ini disebabkan campuran HRS dengan gradasi timpang mempunyai rongga dalam campuran yang cukup besar, sehingga mampu menyerap jumlah aspal dalam jumlah banyak (7-8%) tanpa terjadi *bleeding*. Hal lain yang perlu diketahui dari HRS adalah mudah dipadatkan sehingga lapisan yang dihasilkan mempunyai kekedapan terhadap air dan udara tinggi sehingga dapat melindungi konstruksi di bawahnya. Kegagalan dini yang biasa terjadi saat proses konstruksi di lapangan

adalah proses penghamparan dan pemadatan karena HRS tidak sepenuhnya murni *gap graded* (Spesifikasi Bina Marga, 2018).

Hal yang dapat mempengaruhi campuran lataston menurut Bina Marga (2018) yaitu :

- a. Rongga udara pada kepadatan membal (*refusal density*) harus memenuhi ketentuan yang ditunjukkan oleh pedoman.
- b. Gradasi yang benar-benar senjang. Gradasi senjang dapat diperoleh dengan mencampurkan pasir halus dengan agregat pecah mesin. Batas bahan bergradasi senjang pada lataston terletak diantara bahan yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm) tetapi tertahan saringan No. 30 (0,600 mm), yang menggunakan suatu campuran agregat kasar dan agregat halus.

2.4 Spesifikasi Campuran Lataston

Campuran yang digunakan pada penelitian ini adalah *Hot Rolled Sheet (HRS)* yang memiliki gradasi senjang maupun semi senjang. Ketentuan sifat-sifat campuran Lataston mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 pada tabel 2.2 :

Tabel 2.2 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Lataston

Sifat Campuran		Lataston	
		Lapis Aus	Lapis Pondasi
Kadar Aspal Efektif (%)	Min	5,9	5,5
Jumlah Tumbukan Perbidang			50
Rongga Dalam Campuran (%)	Min		4,0
	Maks		6,0
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	18	17
Rongga Terisi Aspal (%)	Min		68
Stabilitas Marshall (kg)	Min		600
Marshall Quotient (kg/mm)	Min		250
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah Perendaman Selama 24 Jam. 60°	Min		90

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum. Direktorat Jenderal Bina Marga, Spesifikasi Umum 2018

2.5 Bahan Penyusun Perkerasan

Pada perkerasan jalan bahan penyusunnya adalah agregat, bahan pengisi (*filler*) dan aspal. Bahan–bahan dengan kualitas yang baik akan menghasilkan perkerasan jalan yang baik dan berkualitas. Berikut ini uraian perihal bahan penyusun perkerasan :

2.5.1 Agregat

Agregat adalah material berbutir keras termasuk di dalamnya antara lain kerikil, batu pecah, abu batu dan pasir. Agregat memiliki komposisi lainnya seperti hasil pengolahan (*manufactured aggregate*), hasil alam (*natural aggregate*) maupun agregat buatan (*synthetic aggregate*) yang berfungsi sebagai bahan utama penyusun perkerasan jalan. Menurut Sukirman (1992: 42) Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran terkecil yang tertahan di atas saringan no. 8 (2,38 mm) atau partikel yang lebih besar 4,75 mm menurut ASTM, lebih besar dari 2 mm menurut AASHTO. Agregat halus adalah agregat dengan ukuran terkecil yang tertahan di atas saringan no. 200 (0,074 mm). Agregat halus mempunyai fungsi untuk meningkatkan stabilitas campuran melalui saling mengunci (*interlocking*) antarbutir dan pengisi ruang antar butir agregat kasar. Ketentuan agregat yang disyaratkan dalam Bina Marga 2018 dapat dilihat pada tabel 2.3 dan 2.4.

Tabel 2.3 Ketentuan agregat kasar

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai	
Kekentalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium Sulfat	SNI 3407-2008	
	Magnesium Sulfat	Maks 12% Maks 18%	
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	Maks 6%
		500 putaran	Maks 30%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks 8%
		500 putaran	Maks 40%
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA	SNI 7619-2012	
	Lainnya	100/90 *) 95/90 **)	
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4791-19	
	Lainnya	Perbandingan 1 : 5	
Material lolos ayakan No. 200	SNI ASTM C117-2012	Maks 1%	

Catatan

*) 100/90 menunjukkan bahwa 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih

***) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum. Direktorat Jenderal Bina Marga, Spesifikasi Umum 2018

Tabel 2.4 Ketentuan agregat halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Gumpalan Lempung dan butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4131-1996	Maks 1%
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	Maks 10%

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum. Direktorat Jenderal Bina Marga, Spesifikasi Umum 2018

Gradasi agregat gabungan menurut Bina Marga Spesifikasi Umum 2018 adalah campuran aspal yang ditunjukkan dalam prosentase terhadap berat agregat pengisi, dan agregat itu sendiri harus memenuhi batas-batas yang ada dalam tabel 2.5 dan 2.6.

Tabel 2.5 Gradasi agregat gabungan

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1 1/2"	37,5								100
1"	25			100				100	90-100
3/4"	19		100	90-100	100	100	100	90-100	76-90
1/2"	12,5	100	90-100	50-88	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
3/8"	9,5	70-95	50-80	25-60	75-85	65-90	77-90	66-82	52-71
No.4	4,75	30-50	20-35	20-28			53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	20-30	16-24	16-24	50-72	35-55	33-53	30-49	23-41
No.16	1,18	14-21				15-35	21-40	18-38	13-30
No.30	0,600	12-18			35-60		14-30	12-28	10-22
No.50	0,300	10-15					9-22	7-20	6-15
No.100	0,150						6-15	5-13	4-10
No.200	0,075	8-12	8-11	8-11	6-10	2-9	4-9	4-8	3-7

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum. Direktorat Jenderal Bina Marga, Spesifikasi Umum 2018

Tabel 2.6 Contoh batas – batas bahan bergradasi senjang untuk HRS-WC dan HRS-Base

Ukuran Ayakan	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
% lolos No.8	40	50	60	70
% lolos No. 30	Paling sedikit 32	Paling sedikit 40	Paling sedikit 48	Paling sedikit 56
% kesenjangan	8 atau kurang	10 atau kurang	12 atau kurang	14 atau kurang

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum. Direktorat Jenderal Bina Marga, Spesifikasi Umum 2018

2.5.2 Filler (Bahan Pengisi)

Dilihat dari pengertiannya, bahan pengisi atau *filler* merupakan bagian dari agregat, maksudnya *filler* pada susunan gradasi ini adalah bahan pengisi yang mengandung butiran halus yang lolos ayakan No. 16 dan yang lolos ayakan 0,075 mm, ayakan No.200 masing-masing tidak kurang dari 100% dan 75% terhadap beratnya (Bina Marga,2018). *Filler* berfungsi untuk mengisi bagian-bagian yang kosong (rongga-rongga atau celah yang terdapat pada sela-sela agregat). Untuk persyaratan serat selulosa dapat dilihat pada tabel 2.7

Tabel 2.7 Persyaratan serat selulosa

Pengujian	Satuan	Persyaratan
Serat :		
Panjang Serat	Mm	6,35
Lolos ayakan No 20	%	85±10
Lolos ayakan No. 40	%	40±10
Lolos ayakan No. 140	%	30±10
pH	-	7,5±1,0
Absorpsi Minyak	-	7,5±1,0 kali berat serat selulosa
Kadar Air	%	Maks 5

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum. Direktorat Jenderal Bina Marga, Spesifikasi Umum 2018

Bahan filler dalam penelitian ini menggunakan serat kapuk yang setelah dilepaskan dari kulitnya akan dijadikan filler untuk penelitian ini. Serat kapuk juga merupakan jenis serat selulosa yang memiliki dinding sel yang tipis, berlumen besar, memiliki densitas rendah, dan bersifat hidrofobik dan oliofilik.

2.5.3 Aspal

Aspal berasal dari minyak mentah (*crude oil*) yang terbentuk dari sisa organisme makhluk hidup dan tumbuhan dari masa lalu yang sudah lama tertimbun oleh batu dan tanah, dan menjadi sedimen sehingga berproses menjadi minyak mentah yang menjadi senyawa dasar *hydrocarbon*. Aspal ada juga yang berasal dari bahan alam seperti asbuton atau dikenal dengan istilah mineral. Ketentuan aspal pen. 60-70-Wax, selengkapnya dapat dilihat pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 Ketentuan aspal pen. 60-70 - Wax

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Aspal Pen. 60-70 - Wax
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	55-68
2	Viskositas Kinematik 135°C(cSt)	ASTM D2170-10	≤ 3000
3	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 49
4	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
5	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232
6	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-14	≥ 99
7	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0
8	Stabilitas Penyimpanan Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-60 Parat 6.1 dan SNI 2432:2011	≤ 2,2
9	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 03-3639-2012	≤ 2
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002			
10	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8
11	Penetrasi pada 25°C (% semua)	SNI 2456:2011	≥ 54
12	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum. Direktorat Jenderal Bina Marga, Spesifikasi Umum 2018

Menentukan aspal terhadap campuran menggunakan dua acara yaitu *Asphalt Institute* dan Spesifikasi Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (Depkimpraswil) 2002 dapat dilihat pada persamaan 2.1 dan 2.2 :

1. *Asphalt Institute*

$$P = 0,035a + 0,045b + Kc + F \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

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

A = persen agregat tertahan saringan No 8

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

C = persen agregat lolos 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 absorpsi dari agregat 0,7% jika tak ada data

2. Spesifikasi Depkimpraswil 2002

$$P = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%filler) + K \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

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

CA = persen agregat tertahan saringan No. 8

FA = persen agregat lolos saringan No. 8 dan tertahan saringan N0.200

Filler = persen agregat minimal 75% lolos No. 200

K = konstanta (0,5-1,0 untuk laston) dan (2,0-3,0 untuk lataston)

2.6 Parameter *Marshall Test*

Prosedur pengujian *Marshall* telah memiliki standar di dalam ASTM D-1559. Prosedur dalam perencanaan campuran metode *Marshall* meliputi pemanasan, pencampuran, dan pemadatan pada campuran agregat dan aspal. Bentuk benda uji berupa silinder dengan tinggi 64 mm (2.5 inchi) dan diameter 102 mm (4 inchi).

Adapun parameter yang harus dimiliki oleh beton aspal campuran panas, antara lain adalah :

a. Stabilitas / *Stability*

Menurut Sukirman (1992) Stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk permanen seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*. Stabilitas sendiri tergantung antara gesekan *internal friction* (gesekan antar agregat) dan kohesi. Dan gesekan antar agregat tergantung dari tekstur permukaan gradasi agregat, bentuk partikel, kepadatan campuran dan tebal film aspal.

b. Kelelahan / *flow*

Kelelahan adalah keadaan dimana adanya perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban, sering dinyatakan dalam satuan mm. Parameter kelelahan diperlukan untuk mengetahui nilai deformasi (perubahan bentuk) vertikal campuran pada saat diberikan beban hingga hancur (pada saat stabilitas maksimum). Menurut Lavi (2003) kelelahan akan meningkat seiring meningkatnya kadar aspal.

c. Voids in Mix (VIM) / Rongga Udara dalam Campuran

VIM adalah persentase volume rongga dan volume total campuran setelah dipadatkan, biasanya dinyatakan dalam nilai %. VIM berfungsi untuk mengetahui besar dari rongga campuran, sehingga rongga yang ada tidak terlalu kecil (menimbulkan *bleeding*) ataupun terlalu besar (menimbulkan oksidasi/penuaan aspal dengan masuknya udara). Menurut Lavin (2003) nilai dari VIM mengalami penurunan saat adanya penambahan kadar aspal hingga mencapai rongga udara dalam campuran minimum. Berikut adalah rumus dari *Voids in Mix* (VIM) seperti pada persamaan 2.3

$$VIM = 100 - \frac{100 \times Gmb}{Gmm} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

VIM : Rongga dalam campuran

Gmb :Berat jenis *bulk* campuran padat (berat isi)

Gmm : Berat jenis maksimum campuran, rongga udara nol

d. Void in the Mineral Aggregate (VMA) / Rongga diantara Mineral Agregat

VMA merupakan ruang yang di antara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, volume aspal efektif dan termasuk rongga udara. VMA biasanya terdapat di antara partikel agregat suatu campuran beraspal yang telah dipadatkan, yaitu rongga udara dan volume kadar aspal efektif, yang biasanya dinyatakan dalam persentase terhadap volume total benda uji. Berikut adalah rumus dari *Void in the Mineral Agregat* (VMA) seperti pada persamaan 2.4

$$VMA = 100 - \frac{Gmb \times (100 - \% Pb)}{Gse} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

VMA : Rongga diantara agregat

Gmb : Berat jenis *bulk* campuran padat (berat isi)

Gse : Berat jenis efektif agregat

Pb : Kadar aspal, persen total campuran

e. *Voids Filled with Asphalt (VFA) / Rongga Terisi Aspal*

VFA sendiri ditentukan dari jumlah VMA dan rongga udara yang ada di dalam campuran. VFA merupakan persentase dari VMA yang sudah terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Menurut Sukirman (1992) nilai VFA meningkat dengan penambahan kadar aspal. Berikut adalah rumus dari *Voids Filled with Asphalt (VFA)* seperti pada persamaan 2.5

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

VFA : Rongga terisi aspal

VMA : Rongga diantara agregat

VIM : Rongga dalam campuran

f. *Marshall Quotient (MQ)*

Menurut Sukirman (1992) *marshall quotient* merupakan hasil bagi dari stabilitas dan kelelahan yang digunakan untuk pendekatan terhadap tingkat kekakuan atau kelenturan campuran, dinyatakan dalam satuan kg/mm. Nilai *marshall quotient* yang tinggi menunjukkan nilai kekakuan lapis keras tinggi. Lapis keras yang memiliki nilai *marshall quotient* yang terlalu tinggi akan mudah terjadi retak-retak akibat beban lalu lintas. Sebaliknya nilai *marshall quotient* yang terlalu rendah menunjukkan campuran terlalu fleksibel yang mengakibatkan perkerasan mudah berubah bentuk jika menahan beban lalu lintas. Berikut adalah rumus dari *Marshall Quotient (MQ)* seperti pada persamaan 2.6

$$MQ = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{flow}} \dots\dots\dots (2.6)$$

2.7 Analisis Data

Pada penelitian ini analisis data menggunakan analisis statistik pada *Microsoft Excel 2010*. Berikut ini langkah-langkah analisis data pada penelitian ini:

2.7.1 Sampel

Setelah didapatkan nilai kadar optimum aspal kemudian melakukan pencampuran dengan serat kapuk dari berat campuran *Hot Rolled Sheet–Wearing Course* (HRS - WC) sebanyak 15 benda uji dan selanjutnya dihitung nilai stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, VMA, VIM, dan VFA yang didapatkan dari masing-masing setiap benda uji yang ada sehingga didapatkan rata-rata dari setiap sampel dan hitung standar deviasinya.

2.7.2 Menghitung Deviasi Standar

Tujuan dari perhitungan deviasi standar ini untuk menentukan sebaran data dalam sampel dan mengetahui kedekatan titik data individu ke *mean* (rata-rata) nilai sampel. Berikut adalah rumus dari deviasi standar seperti pada persamaan 2.7

$$S = \sqrt{\frac{\sum(Xi - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

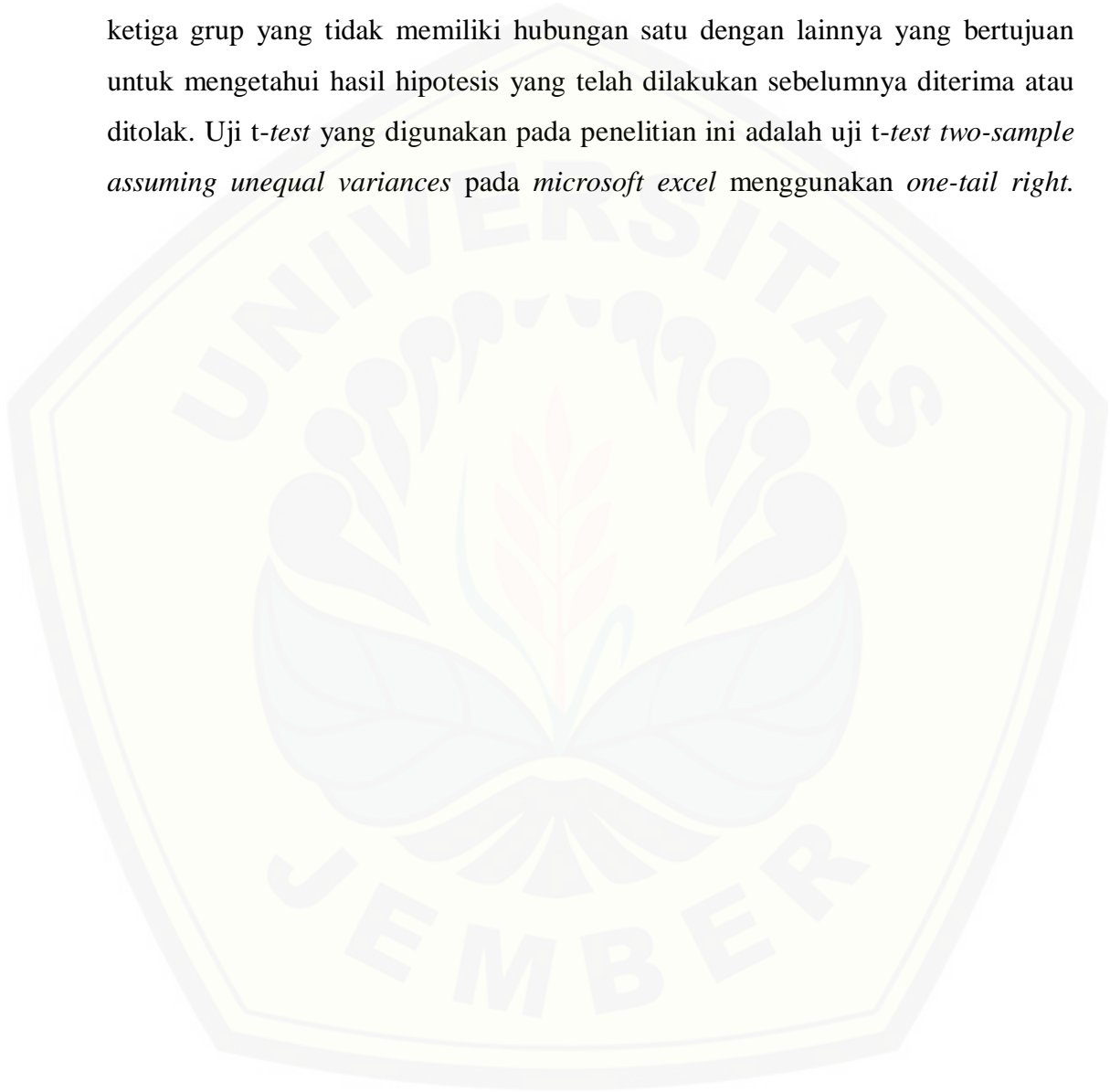
- S : Standar deviasi
- X : Nilai x ke – i dari sampel
- \bar{x} : Rata – rata dari sampel
- n : Ukuran sampel

2.7.3 Hubungan Kinerja Aspal dan Serat Kapuk

Setelah didapatkan rata-rata nilai masing-masing benda uji selanjutnya melakukan analisis hubungan kinerja aspal dan serat kapuk digambarkan menggunakan grafik logaritma di setiap nilai stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, dari rata-rata nilai benda uji. Setelah didapatkan nilainya, penyajian data akan berbentuk grafik. Penggunaan grafik linear dengan tidak memasukkan data benda uji yang tidak dicampur kapuk.

2.7.4 Independent Sample T-Test

Uji ini merupakan salah satu uji dalam statistik parametrik yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan mean dari ketiga kelompok data yang independen atau tidak terkait. Pada prinsipnya Uji-T adalah membandingkan rata-rata dari ketiga grup yang tidak memiliki hubungan satu dengan lainnya yang bertujuan untuk mengetahui hasil hipotesis yang telah dilakukan sebelumnya diterima atau ditolak. Uji *t-test* yang digunakan pada penelitian ini adalah uji *t-test two-sample assuming unequal variances* pada *microsoft excel* menggunakan *one-tail right*.



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Transportasi, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Jember.

3.2 Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini diperoleh data yang didapatkan melalui pengujian laboratorium. Alat yang digunakan adalah alat uji tekan *Marshall* kemudian dapat diketahui kuat tekan pada aspal dan parameter-parameter yang akan dicari yaitu nilai *stabilitas, flow, dan Marshall Quotient*. Benda uji yang dibuat berjumlah 33 sampel dengan pembagian 18 sampel benda uji digunakan untuk mencari nilai kadar aspal optimum yang digunakan dengan 6 variasi kadar aspal yang berbeda. Setelah mengetahui nilai kadar aspal optimum selanjutnya membuat benda uji sebanyak 15 sampel dengan penambahan variasi kadar serat kapuk yang berbeda dengan masing – masing sampelnya berjumlah 3 benda uji.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pengujian *Marshall* yang bertujuan untuk mengetahui kuat tekan dari masing–masing benda uji. Benda uji yang dibuat berjumlah 30 sampel dengan pembagian 15 sampel benda uji digunakan untuk mencari nilai kadar aspal optimum yang digunakan dengan 5 variasi kadar aspal yang berbeda. Setelah mengetahui nilai kadar aspal optimum selanjutnya membuat benda uji sebanyak 15 sampel dengan penambahan variasi kadar serat kapuk yang berbeda dengan masing–masing sampelnya berjumlah 3 benda uji.

3.3.1 Alat dan Bahan

Berikut bahan yang digunakan dalam penelitian kinerja campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) dengan serat kapuk:

- a. Agregat Halus
- b. Agregat Kasar
- c. Aspal AC 60/70
- d. Serat Kapuk

Sebelumnya material atau bahan yang digunakan dalam penelitian ini terlebih dahulu dilakukan pengujian agar memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan.

3.3.2 Tahap Persiapan

Sebelum melakukan penelitian, beberapa hal yang perlu diperhatikan dan dilakukan diantaranya:

- a. Studi literatur, mengumpulkan dan mempelajari beberapa jurnal, buku, dan SNI, sebagai referensi yang berhubungan dengan penelitian
- b. Peminjaman dan perijinan alat-alat dan tempat penelitian
- c. Pengumpulan material atau bahan yang akan digunakan pada penelitian yaitu: Agregat halus, agregat kasar, aspal, serat kapuk
- d. Pengolahan serat alami kapuk. Kapuk sebagai serat alami harus melalui beberapa pengolahan dan pengujian sesuai dengan ketentuan yang diatur oleh Bina Marga 2018 sehingga dapat memperoleh mutu serat yang sama sebagai serat yang digunakan sebagai bahan aditif dalam campuran HRS-WC.

Sebelum melakukan pengujian terhadap serat kapuk dilakukan pengolahan sebagai berikut:

- 1) Pembelian kapuk dalam bentuk serat
- 2) Pembersihan serat kapuk
- 3) Proses penggilingan supaya kapuk menjadi lebih halus dan menjadi lebih kecil
- 4) Penyaringan kapuk yang sudah digiling ke dalam shaker untuk mendapatkan partikel yang lebih kecil seperti *powder*

Pengujian awal pada material atau bahan yang akan digunakan untuk memenuhi persyaratan. Berikut ini langkah-langkah pengujian pada material atau bahan yang digunakan meliputi:

1. Pengujian Agregat Halus

1) Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

- a) Pengeringan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$, selama 24 jam sampai berat tetap, didinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam air selama (24 ± 4) jam
- b) Pembuangan air perendam dengan hati-hati, pastikan jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat di atas kain lap, mengeringkan di udara panas dengan cara membolak-balikkan benda uji, lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh
- c) Pemeriksaan keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, padat kan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, kemudian angkat kerucut terpancung, keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak
- d) Setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh memasukan 500 gram benda uji ke dalam piknometer, isi piknometer dengan air suling sampai mencapai 90%, putar piknometer sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya
- e) Perendaman piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan pada suhu standar 25°C
- f) Penambahan air sampai mencapai tanda batas
- g) Penimbangan piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram
- h) Pengeluaran benda uji, lalu pengeringan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$ sampai berat tetap, kemudian pendinginan benda uji
- i) Setelah benda uji dingin kemudian ditimbang
- j) Penentuan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air menggunakan penyesuaian dengan suhu standar 25°C

2) Analisis saringan

- a) Pengeringan benda uji dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam, sampai berat tetap
- b) Penyaringan benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit

2. Pengujian Agregat kasar

1) Analisis Saringan

- a) Pengeringan benda uji dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam, sampai berat tetap
- b) Penyaringan benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit

2) Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

- a) Pencucian benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan
- b) Pengeringan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap
- c) Pendinginan benda uji pada suhu kamar selama 1-3 jam kemudian menimbang dengan ketelitian 0,5 gram
- d) Perendaman benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam
- e) Pengeluaran benda uji dari air, lap dengan kain penyerap sampai air pada permukaan hilang, untuk butiran yang besar pengeringan halus satu persatu
- f) Penimbangan benda uji kering permukaan
- g) Peletakan benda uji di dalam keranjang, guncang batunya untuk mengeluarkan udara yang ada, tentukan beratnya di dalam air (B_a), dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar (25°C)

3) Uji Keausan (Los Angeles)

- a) Pengujian ketahanan agregat kasar terhadap keausan dapat dilakukan

dengan cara b yaitu bahan lolos 19 mm sampai tertahan 9,5 mm.

Jumlah bola 11 buah dengan 500 putaran

- b) Benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin Abrasi Los Angeles
- c) Pemutaran mesin dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm. Jumlah putaran 500 kali
- d) Setelah selesai pemutaran, benda uji dikeluarkan dari mesin kemudian disaring dengan saringan No. 12 (1,7 mm); butiran yang tertahan di atasnya dicuci bersih. Selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap

3. Pengujian Bitumen

1) Berat Jenis Aspal

- a) Pengisian bejana dengan air suling sehingga diperkirakan bagian atas piknometer yang tidak terendam 40 mm, kemudian rendam dan jepit bejana tersebut dalam bak perendam sehingga perendam sekurang-kurangnya 100 mm, selanjutnya atur suhu bak perendam pada suhu 25°C
- b) Penimbangan, pengeringan, dan penimbangan piknometer dengan ketelitian 1 mg
- c) Pengangkatan bejana dari bak perendam dan pengisian piknometer dengan air suling, kemudian tutup piknometer dan penetrasi
- d) Peletakan piknometer ke dalam bejana dan penekanan penutup sehingga rapat, kembalikan bejana berisi piknometer ke dalam bak perendam, mendinginkan bejana di dalam bak perendam selama sekurang-kurangnya 30 menit, kemudian pengangkatan dan pengeringan dengan kain, penimbangan piknometer dengan ketelitian 1 mg
- e) Pemanasan contoh bitumen keras, sampai menjadi cair dan pengadukan untuk mencegah pemanasan setempat, pemanasan tidak boleh lebih dari 30 menit pada suhu 111°C di atas titik leleh aspal
- f) Penuangan benda uji ke dalam piknometer yang telah kering hingga

terisi $\frac{3}{4}$ bagian

- g) Pendinginan piknometer, selama tidak kurang dari 40 menit dan penimbangan dengan penutup dengan ketelitian 1 mg
- h) Pengisian piknometer yang berisi benda uji dengan air suling dan tutup tanpa ditekan, mendiamkan agar gelembung udara keluar
- i) Pengangkatan bejana dari bak perendam dan peletakan piknometer di dalamnya dan kemudian tekanlah penutup hingga rapat, pemasukan dan pendiaman bejana ke dalam bak perendam selama sekurang-kurangnya 30 menit, pengangkatan, pengeringan, dan penimbangan piknometer

2) Daktilitas

- a) Pendinginan benda uji pada suhu 25°C dalam bak perendam selama 85 sampai 95 menit, kemudian lepaskan benda uji dari platy dasar dan sisi-sisi cetaknya
- b) Pasanglah benda uji pada alat mesin dan tariklah benda uji secara teratur dengan kecepatan 50 mm/menit sampai benda uji putus, bacalah jarak antara pemegang benda uji harus selalu terendam sekurang-kurangnya 25mm dalam air dan suhu harus dipertahankan tetap ($25^{\circ}\text{C}-0.5^{\circ}\text{C}$)
- c) Pemastian berat jenis air harus disesuaikan dengan berat jenis benda uji dengan menambah methyl alcohol atau glycerin

3) Kehilangan Berat Minyak

- a) Peletakan benda uji di atas pinggan setelah oven mencapai suhu 163°C
- b) Pasanglah termometer pada kedudukannya sehingga terletak pada tengah-tengah antara pinggir pinggan dan poros (sumbu) dengan ujung 6 mm di atas pinggan
- c) Pengambilan benda uji dari dalam oven setelah 5 jam sampai 5 jam 15 menit
- d) Pendinginan benda uji pada suhu ruang, kemudian timbanglah dengan ketelitian 0,01
- e) Apabila hasil pemeriksaan tidak semuanya sama maka benda uji

dengan hasil yang sama dikelompokkan untuk pemeriksaan ulang

4) Titik Lembek

- a) Peletakan benda uji dalam tempat air yang kecil dan masukkan tempat air tersebut ke dalam bak perendam yang bersuhu 25°C , mendiamkan dalam bak tersebut selama 1 sampai 1,5 jam
- b) Pemeriksaan pemegang jarum agar dapat dipasang dengan baik dan bersihkan jarum penetrasi dengan pelarut lain kemudian keringkan jarum tersebut dengan lap bersih dan pasanglah jarum pada pemegang jarum
- c) Peletakan pemberat 50 gram di atas jarum untuk memperoleh beban sebesar $(100-0,1)$ gram
- d) Pemindahan tempat air dan benda uji bak perendam ke bawah alat penetrasi
- e) Penurunan jarum perlahan-lahan sehingga jarum tersebut menyentuh permukaan benda uji, kemudian atur angka 0 di arloji penetrometer sehingga jarum penunjuk berimpit dengannya
- f) Pelepasan pemegang jarum dan serentak jalankan stopwatch selama $(5-0,1)$ detik, bila pembacaan stopwatch lebih dari $(5-1)$ detik, hasil tersebut tidak berlaku
- g) Pemutaran arloji penetrometer dan bacalah angka penetrasi yang berimpit dengan jarum penunjuk, bulatkan hingga angka 0,1 mm terdekat
- h) Pelepasan jarum dari pemegang jarum dan siapkan alat penetrasi untuk pekerjaan berikutnya
- i) Pemberlakuan pekerjaan a) sampai h) 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

4. Pengujian Serat Kapuk

1) Analisis Saringan

- a) Pengeringan benda uji dalam oven dengan suhu $(110+5)^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam, sampai berat tetap

- b) Penyaringan benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit

2) Pengujian Penyerapan

- a) Pengeringan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap
- b) Pendinginan benda uji pada suhu kamar selama 1-3 jam kemudian menimbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk)

3.3.3 Tahap Pelaksanaan Penelitian

Tahap pelaksanaan penelitian ini dilakukan sebagai berikut:

- a. Perencanaan gradasi agregat dengan metode grafis
- b. Perhitungan nilai aspal ideal. Dihitung nilai aspal ideal untuk campuran, sesuai dengan rumus Spesifikasi Depkimpraswil 2002. Setelah diketahui nilai aspal ideal, tambahkan 2 kali dengan interval 0,5% dan dikurangi 2 kali dengan interval 0,5%
- c. Untuk benda uji yang ditambahkan dengan kapuk tahapan yang dilakukan sebagai berikut:
 - 1) Pemberlakuan gradasi agregat kembali dengan berat dikurangi karena akan ada kapuk yang dicampurkan
 - 2) Perencanaan gradasi kapuk setelah melalui tahapan analisis didapatkan serat kapuk tertahan saringan no. 20, no. 40, no. 140 dan pan
 - 3) Penimbangan masing-masing agregat dan kapuk sesuai dengan gradasi campuran yang sudah ada di masukkan ke dalam setiap kantong plastik untuk setiap benda uji, ditimbang sampai mencapai 15 benda uji
- d. Tahapan persiapan campuran sebagai berikut:
 - 1) Pengeringan agregat pada temperatur 105°C - 110°C sekurang-kurangnya selama 24 jam di dalam oven
 - 2) Pengeluaran agregat dari dalam oven dan tunggu sampai beratnya tetap

- 3) Pemisahan agregat yang dikehendaki dengan cara penyaringan dan penimbangan sesuai dengan kebutuhan 1 benda uji pada setiap penambahan kadar kapuk
- 4) Pemberlakuan pengujian kekentalan aspal untuk memperoleh temperatur pencampuran dan pemadatan
- 5) Pemanasan aspal sampai mencapai kekentalan yang disyaratkan untuk pekerjaan pencampuran dan pemadatan
- 6) Pencampuran benda uji :
 - a) Untuk setiap benda uji diperlukan agregat sebanyak ± 1200 gram
 - b) Pemanasan agregat setiap benda uji pada penggorengan hingga suhu mencapai kira-kira 100°C dengan api yang sedang
 - c) Rutin melihat suhu dengan termometer untuk melihat kenaikan suhu pada agregat
 - d) Penuangan aspal yang sudah mencapai tingkat kekentalan sebanyak berat aspal optimum yang sudah didapatkan kedalam agregat yang sudah dipanaskan; kemudian aduk dengan cepat sampai agregat terselimuti aspal seluruhnya
- 7) Pemadatan benda uji
 - a) Pembersihan perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk
 - b) Peletakan cetakan di atas landasan pematat dan ditahan dengan pemegang cetakan
 - c) Peletakan kertas saring atau kertas penghisap di atas permukaan benda uji dengan ukuran sesuai cetakan
 - d) Pemasukan seluruh campuran ke dalam cetakan
 - e) Peletakan kertas saring atau kertas penghisap di atas permukaan benda uji dengan ukuran sesuai cetakan
 - f) Pemadatan campuran dengan temperatur yang disesuaikan dengan kekentalan aspal, dengan 50 kali tumbukan sesuai dengan ketentuan pada Spesifikasi Bina Marga 2018

- g) Pelat alas dan leher sambung dilepas dari cetakan benda uji, kemudian cetakan yang berisi benda uji dibalikkan dan pasang kembali pelat alas dan leher sambung pada cetakan yang dibalikkan
 - h) Permukaan benda uji yang sudah dibalikkan ditumbuk kembali dengan jumlah tumbukan yang sama sesuai dengan point f
 - i) Sesudah dilakukan pemadatan campuran, lepaskan pelat alas dan pasang alat pengeluar pada permukaan ujung benda uji tersebut
 - j) Pengeluaran dan peletakan benda uji di atas permukaan yang rata dan pemberian tanda pengenal serta pembiaran selama kira-kira 24 jam pada temperatur ruangan
- e. Benda uji lalu dilakukan pengujian dengan menggunakan uji marshall, pengujian marshall meliputi :
- 1) Persiapan pengujian
 - a) Pembersihan benda uji dari kotoran yang menempel
 - b) Pengukuran tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm (0,004 in)
 - c) Penimbangan benda uji
 - d) Perendaman benda uji dalam air selama kira-kira 24 jam pada temperatur ruang
 - e) Penimbangan benda uji dalam air untuk mendapatkan isi dari benda uji
 - f) Penimbangan benda uji dalam kondisi kering permukaan jenuh
 - 2) Prosedur Pengujian

Lamanya waktu yang diperlukan dari diangkatnya benda uji dari *water bath* sampai tercapainya beban maksimum saat pengujian tidak boleh melebihi 30 detik

 - a) Perendaman benda uji dalam *water bath* selama 30-40 menit dengan temperatur tetap $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ untuk benda uji
 - b) Untuk mengetahui indeks perendaman, benda uji direndam dalam *waterbath* selama 24 jam dengan temperatur $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
 - c) Pengeluaran benda uji dari *water bath* dan letakkan dalam bagian bawah alat penekan uji marshall

- d) Pemasangan bagian atas penekan uji marshall di atas benda uji dan letakkan seluruhnya dalam mesin uji marshall
 - e) Pemasangan arloji pengukur pelelehan dan kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (sleeve) dipegang teguh pada bagian atas kepala penekan
 - f) Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji
 - g) Pemberian beban pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50,8 mm (2 in) per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, untuk pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (stabilitas) yang dicapai
 - h) Pencatatan nilai pelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat mencapai pembebanan maksimum
- f. Pemberlakuan analisis pada data untuk mencari parameter yang dibutuhkan (VMA, VIM, VFA, stabilitas, pelelehan, dan MQ). Cari nilai maksimum pada parameter
 - g. Pembuatan benda uji dengan variasi penambahan serat kapuk (%) dari campuran HRS-WC. Masing-masing variasi sebanyak 3 sampel benda uji.
 - h. Pemberlakuan pengujian *Marshall* pada benda uji (sesuai dengan langkah e).
 - i. Pemberlakuan analisis pada data untuk mencari parameter yang dibutuhkan (VMA, VIM, VFA, stabilitas, pelelehan, dan MQ). Cari nilai maksimum pada parameter dan membuat kesimpulan kinerja campuran aspal dengan serat kapuk.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel merupakan hal yang menjadi objek penelitian. Terdapat tiga jenis pengelompokan variabel pada penelitian, yaitu :

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau menjadi sebab timbulnya atau adanya perubahan pada variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu :

Persentase kadar serat kapuk terhadap total berat campuran.

- 0.01%
- 0.025%
- 0.05%
- 0.075%
- 0.1%

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel output, atau variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat biasanya merupakan variabel yang akan dijelaskan pada penelitian., Variabel terikat dalam penelitian ini adalah:

- a. Stabilitas
- b. *Flow*
- c. *Marshall Quotient*
- d. VIM
- e. VMA
- f. VFA

3.4.3 Variabel Terkendali

Variabel terkontrol merupakan variabel konstan, sehingga pengaruh variabel independen terhadap dependen tidak dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak diteliti. Variabel pengendali pada penelitian ini adalah :

- a. Kadar aspal benda uji
- b. Jenis aspal
- c. Suhu pencampuran benda uji
- d. Jumlah Pukulan pada sampel (pemadatan)

3.5 Analisis Data

Setelah selesai pengujian *Marshall* pada benda uji, didapat hasil kuat tekan dari masing-masing benda uji. Langkah selanjutnya adalah melakukan tahapan analisis data sebagai berikut :

3.5.1 Menghitung Nilai dari Uji *Marshall*

Nilai yang dihitung dari pengujian *marshall* terhadap benda uji yang telah dibuat meliputi:

- a. Stabilitas
- b. *flow*
- c. *Marshall Quotient*
- d. VMA
- e. VIM
- f. VFA

Nilai-nilai tersebut didapatkan dari 3 benda uji pada masing–masing kondisi dan diambil nilai rata-ratanya. Nilai rata-rata tersebut diharapkan memiliki akurasi dan presisi dan memiliki nilai standar deviasi kecil.

3.5.2 Hubungan Kinerja Aspal dan Serat Kapuk

Dalam analisis hubungan kinerja aspal dan serat kapuk pada penelitian ini menggunakan grafik linear karena nilai didapatkan linier dan untuk mencari hubungan kinerja aspal dan serat kapuk grafik disajikan sendiri-sendiri dengan meliputi nilai sebagai berikut:

- a. Stabilitas
- b. *flow*
- c. *Marshall Quotient*
- d. VMA
- e. VIM
- f. VFA

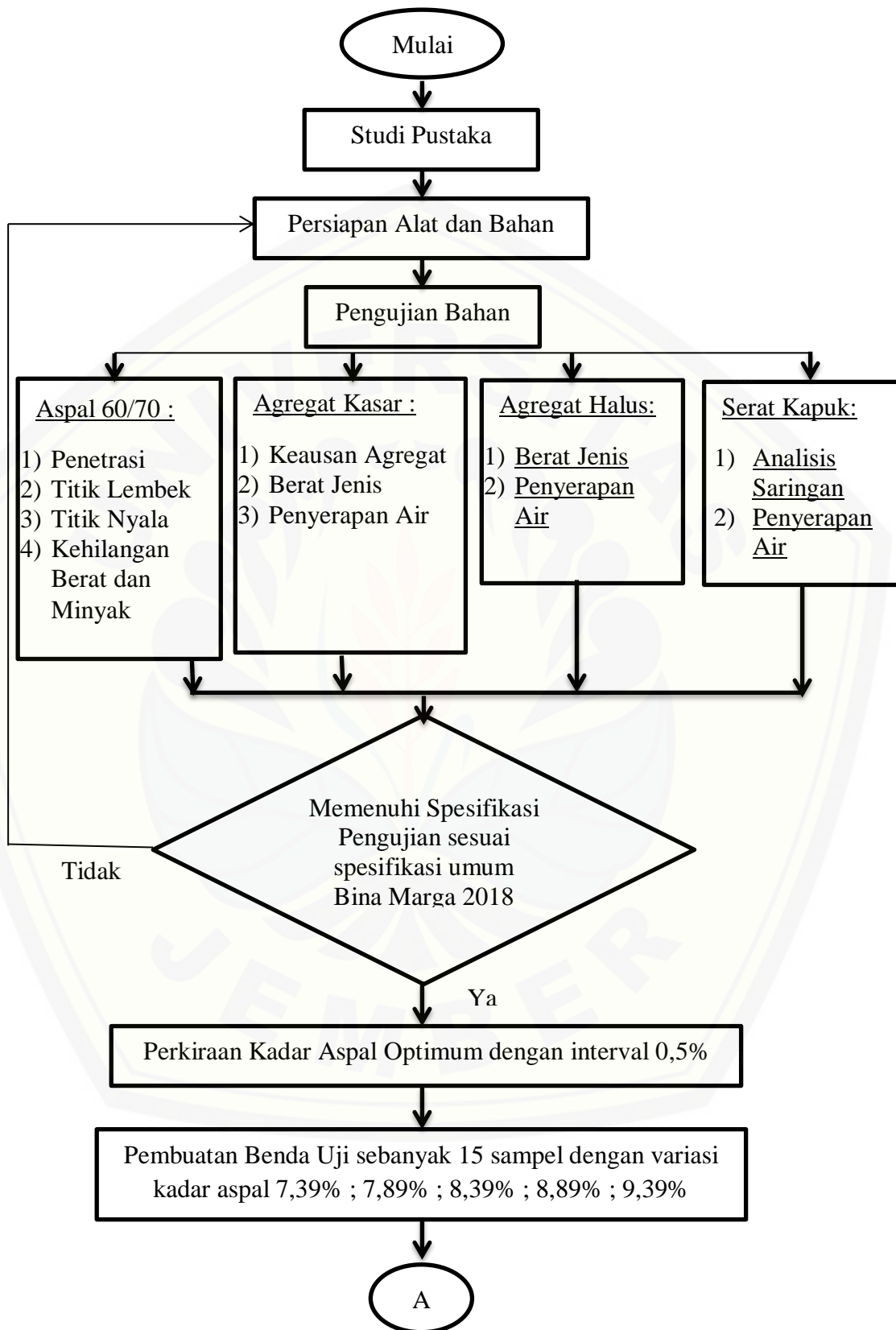
3.5.3 Uji T-Test

Tahapan selanjutnya melakukan Uji-T yang bertujuan untuk membandingkan rata-rata dari tiga grup (*stabilitas, flow, Marshall Quotient*) yang

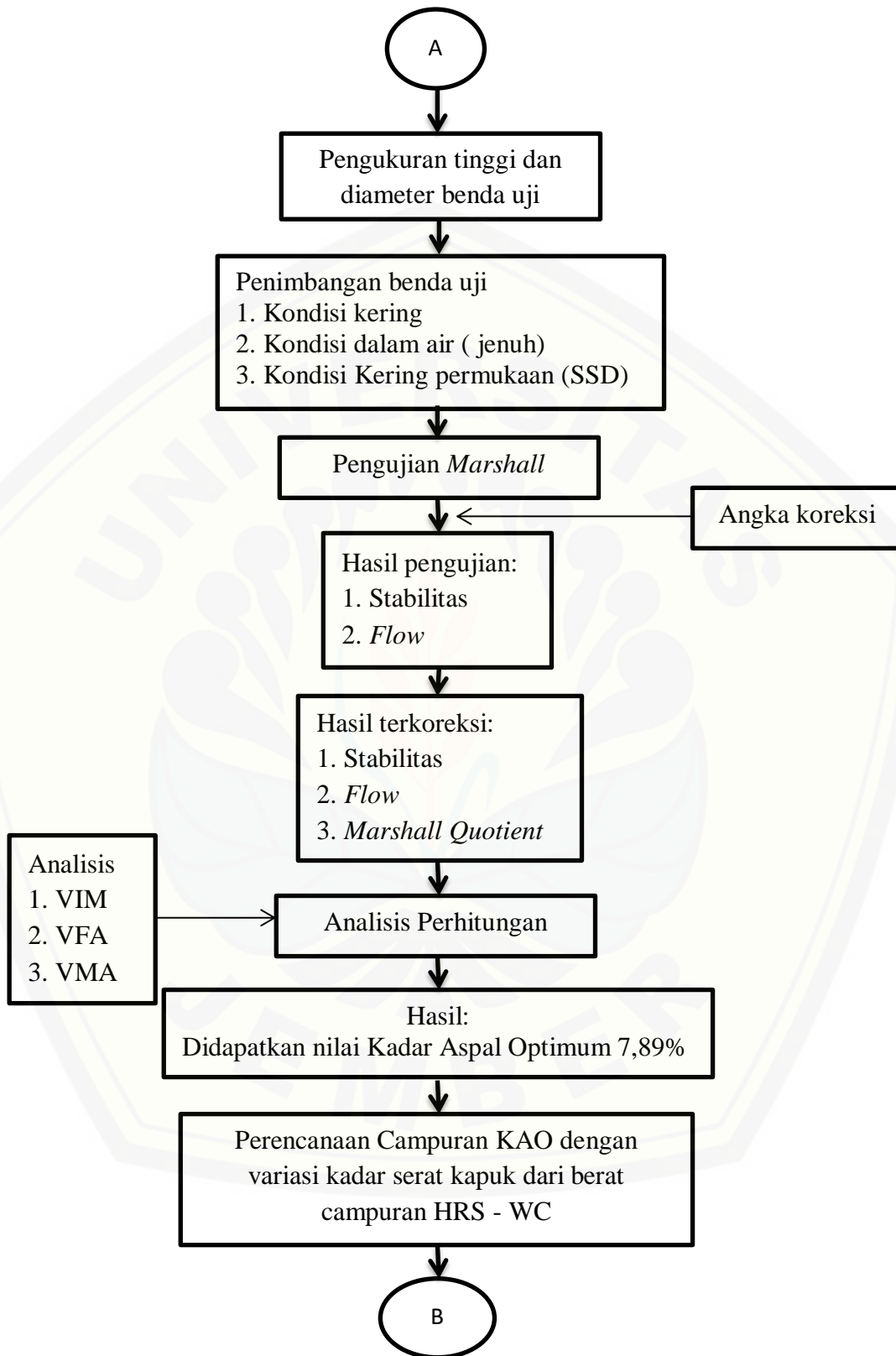
tidak memiliki hubungan satu dengan lainnya yang bertujuan bertujuan untuk mengetahui hasil hipotesis yang telah dilakukan sebelumnya diterima atau ditolak. Nilai alfa dalam uji T-test yaitu 5% sehingga akurasi dari data yang dianalisis sebesar 95%.

3.6 Diagram Alir Penelitian

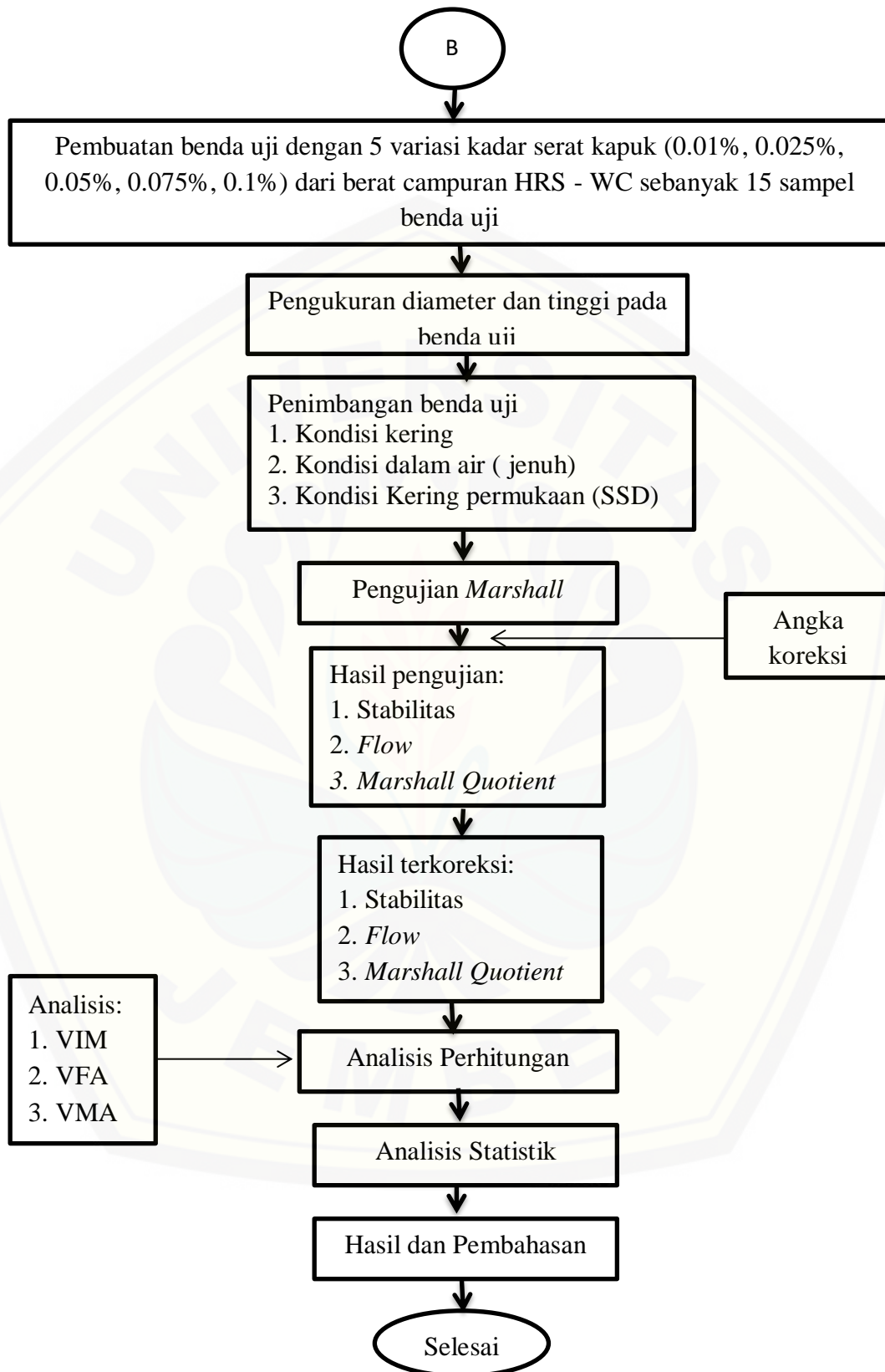
Perencanaan sebelum dimulainya penelitian perlu dilakukan. Perencanaan harus dilakukan bersamaan dengan riset yang akan menambah kajian yang dapat dijadikan sebagai referensi terkait penelitian yang akan dilakukan. Perencanaan yang dilakukan sebelum penelitian dimulai juga disebut tahapan persiapan. Tahap persiapan ini dilakukan dengan menyiapkan material yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya yaitu tahap studi pustaka. Pada tahap persiapan ini dilakukan kegiatan yang dimulai dari pemilihan agregat kasar, penyaringan agregat halus dan *filler*, menyiapkan aspal yang dibutuhkan yaitu aspal 60/70 dan mempersiapkan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian. Pada saat pengujian perlu dilakukan secara bertahap mulai dari pengujian agregat dan material (bahan) yang dilakukan karena agregat sebagai bahan utama dalam campuran perkerasan ini yang akan mendukung beban dari lalu lintas dan bahan yang digunakan memenuhi spesifikasi pengujian, penentuan gradasi yang digunakan pada campuran, dan melakukan pengujian *Marshall*. Selengkapnya untuk diagram alir dapat dilihat pada gambar 3.1, 3.2 dan 3.3



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

3.7 Matrik Penelitian

Matrik penelitian selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Matrik Penelitian

Judul Penelitian	Kinerja Campuran <i>Hot Rolled Sheet-Wearing Course</i> (HRS-WC) dengan Serat Kapuk
Rumusan Masalah	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bagaimana kinerja <i>Hot Rolled Sheet (HRS)</i> tanpa pencampuran serat kapuk terhadap lapis lataston permukaan HRS – WC? 2. Bagaimana kinerja <i>Hot Rolled Sheet (HRS)</i> dengan pencampuran serat kapuk terhadap lapis lataston permukaan HRS – WC?
Tujuan Penelitian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui kinerja <i>Hot Rolled Sheet (HRS)</i> tanpa pencampuran serat kapuk terhadap lapis lataston permukaan HRS–WC. 2. Mengetahui kinerja <i>Hot Rolled Sheet (HRS)</i> dengan pencampuran serat kapuk terhadap lapis lataston permukaan HRS–WC.
Manfaat Penelitian	Manfaat yang diharapkan dari adanya penelitian ini adalah memberikan informasi terkait inovasi pemanfaatan serat kapuk sebagai campuran pada <i>Hot Rolled Sheet (HRS)</i> terhadap lapis lataston permukaan (HR –WC).
Batasan Penelitian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jenis campuran lataston yang digunakan adalah lapis permukaan (HRS-WC). 2. Penelitian ini dilakukan dengan peraturan spesifikasi umum Bina Marga 2018. 3. Parameter <i>marshall</i> yang digunakan berguna untuk mengetahui kinerja aspal yaitu nilai stabilitas, <i>flow</i>, dan <i>Marshall Quotient</i>.
Metode Penelitian	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menggunakan <i>marshall test</i> 2. Uji T-test

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisis yang didapatkan pada campuran *Asphalt Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) dengan kadar kapuk menggunakan hasil uji *marshall* dan pengujian statistik *independent* sampel *t-test* didapatkan beberapa kesimpulan. Berikut ini merupakan kesimpulan dari hasil penelitian yang ada.

1. Pengujian *marshall* pada 3 benda uji dengan kadar aspal 7,89% tanpa di tambahkan kadar kapuk menghasilkan nilai VMA, VIM, stabilitas dan *marshall quotient* yang kecil dibandingkan dengan adanya penambahan serat kapuk 0,01% namun untuk nilai *flow* memiliki nilai hampir dua kali lipat dari nilai *flow* penambahan serat kapuk 0,01% menyebabkan kemungkinan deformasi yang terjadi tinggi dan stabilitas yang dihasilkan rendah.
2. Pengujian *marshall* pada 15 benda uji campuran aspal 7,89% dengan variasi persen kadar kapuk yaitu 0,01 ; 0,025 ; 0,05 ; 0,075 ; 0,1 menghasilkan peningkatan hasil pada parameter VMA, VIM, VFA, stabilitas dan *marshall quotient* dengan penambahan kadar kapuk 0,01%, namun peningkatan stabilitas tidak signifikan dari benda uji yang tidak dicampurkan aspal. Dengan hasil ini campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) dengan kadar kapuk jika digunakan untuk skala yang besar tidak akan menghasilkan perbaikan yang signifikan walaupun *flow* yang dihasilkan lebih kecil.

5.2 Saran

Dalam penelitian dan analisis campuran *Asphalt Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) dengan kadar serat kapuk yang telah dilakukan terdapat beberapa saran. Berikut ini merupakan saran yang diberikan.

1. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan campuran lapisan aspal lain (*Split mastic asphalt*, laston dan latasir) jika campuran yang digunakan adalah serat selulosa.
2. Melakukan pengujian kimiawi terhadap kandungan dari bahan tambah yang akan dicampurkan pada lapisan aspal.
3. Melakukan pengujian fisis (pengukuran berat, pengukuran panjang, pengukuran lebar, pengukuran volume, pengukuran ketebalan, densitas, dan titik leleh) lebih rinci terhadap bahan tambah yang akan dicampurkan pada lapisan aspal untuk mengetahui reaksi yang akan terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

Dachlan, T. A., dan Sajahdanulirwan, M. (2012). *Kajian Pengaruh Modulus Resilien Dan Kepadatan Membal, Terhadap Kekuatan Dan Keawetan Perkerasan Beraspal Panas*. Jurnal Jalan-Jembatan.

Darunifah, N. (2007). *Pengaruh Bahan Tambahan Karet Padat Terhadap Karakteristik Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)*. Semarang: Universitas Diponegoro.

Direktorat Pengembangan Jaringan Jalan Direktorat Jenderal Bina Marga. (2019). *Kondisi Jalan Nasional Semester II - 2018*. Sub Direktorat Analisa Data dan Pengembangan Sistem.

Lavin, P. (2003). *Asphalt Pavements: A Practical Guide to Design, Production and Maintenance for Engineers and Architects*. CRC Press.

Mardiyati. (2006). *Serat Kapuk Sebagai Bahan Baku Pembuatan Mikrokristalin Selulosa*. Bandung: Jurnal Sains Material Indonesia.

Meryati, dan R. A. Hakiki. (2004). *Penelitian Laboratorium Campuran Split Mastic Asphalt Dengan Bahan Tambahan Serat Kapuk*.

Modul Petunjuk Praktikum Perkerasan Jalan, Laboratorium Transportasi, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Jember.

Nurdin, I. (1992). *Laporan Pengujian Serat Sellulosa Tipe Custom Fibre 31500*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan Departemen P.U.

Spesifikasi Umum Bina Marga. Tahun 2010.

Spesifikasi Umum Bina Marga. Tahun 2018.

Standar Nasional Indonesia 8129:2015. Spesifikasi Stone Matrix Asphalt (SMA)

Sukirman, S. (1992). Perkerasan Lentur Jalan Raya. Bandung: Nova.

Sukirman, S. (2003). *Perkerasan Jalan Raya*. Bandung: ANOVA.

Widianty, D., M. Wahyudi, dan A. Setiawan. (2018). Kinerja Campuran Beton Aspal Wearing Course Dengan Tambah Serbuk Serat Pelapah Batang Pisang . *Spektrum Sipil vol 5*, 11 - 22.

LAMPIRAN

A. Tabel Berat Jenis dan Penyerapan

A.1 Cost Agregat

	Benda Uji	I	II	Rata-rata
A	Berat benda uji kering oven (gram)	3584,80	3671,40	3628,10
B	Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)	3631,00	3728,00	3679,50
C	Berat benda uji di dalam air (gram)	2263,40	2318,70	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

A.2 *Medium Agregat*

	Benda Uji	I	II	Rata-rata
A	Berat benda uji kering oven (gram)	3453,70	3949,30	3701,50
B	Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)	3500,60	4001,70	3751,15
C	Berat benda uji di dalam air (gram)	2169,30	2477,40	2323,35
D	Berat Jenis bulk	2,59	2,59	2,59
E	Berat Jenis kering permukaan jenuh	2,63	2,63	2,63
F	Berat Jenis semu (apparent)	2,69	2,68	2,69
G	Penyerapan	1,36	1,33	1,34

A.3 *Agregat Halus*

	Benda Uji	I	II
A	Berat piknometer + tutup (gram)	183,80	186,80
B	Berat piknometer + tutup + air (gram)	704,00	710,30
C	Berat piknometer + tutup + benda uji (gram)	568,90	572,80
D	Berat piknometer + tutup + benda uji + air(gram)	937,90	940,60
E	Berat Jenis	2,547	2,479
F	Rata-rata		2,513

A.4 Serat Kapuk

	Benda Uji	I	II	Rata-rata
A	Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD) (gram)	5,00	5,00	5,00
B	Berat benda uji kering oven (gram)	4,97	4,96	4,97
C	Berat piknometer terisi (gram)	144,60	144,60	144,60
D	Berat piknometer + benda uji SSD + Minyak (gram)	146,30	146,42	146,36
E	Berat piknometer terisi minyak terkoreksi (gram)	118,57	118,57	118,57
F	Berat piknometer + benda uji SSD + minyak terkoreksi (gram)	119,97	120,06	120,02
G	Berat Jenis (Bulk) $\frac{B}{E + A - F}$	1,38	1,41	1,40
H	Berat jenis kering permukaan jenuh $\frac{A}{E + A - F}$	1,39	1,43	1,41
I	Berat Jenis Semu (Apparent) $\frac{B}{E + B - F}$	1,39	1,43	1,41
J	Penyerapan $\frac{A - B}{B} \times 100\%$	0,60	0,81	0,71

B. Tabel Analisis Saringan

B.1 *Cost Agregat*

Saringan		Berat Saringan	Berat Saringan + Benda Uji I	Berat Saringan + Benda Uji II	Berat Tertahan I	Berat Tertahan II	Kumulatif Berat tertahan I	Kumulatif Berat Tertahan II	Jumlah Persen Rata-rata	
No	mm	Gram	gram	Gram	gram	gram	gram	gram	Tertahan	Lolos
1"	25,4	558,60	558,60	558,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	464,40	464,40	464,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,07	536,60	800,70	803,60	264,10	267,00	264,10	267,00	21,24	78,76
3/8"	9,525	422,60	864,10	858,70	441,50	436,10	705,60	703,10	56,35	43,76
4	4,75	409,90	954,30	956,80	544,40	546,90	1250,00	1250,00	100,00	0,00
8	2,36	391,80	391,80	391,80	0,00	0,00	1250,00	1250,00	100,00	0,00
16	1,18	347,00	347,00	347,00	0,00	0,00	1250,00	1250,00	100,00	0,00
30	0,6	382,00	382,00	382,00	0,00	0,00	1250,00	1250,00	100,00	0,00
50	0,3	434,70	434,70	434,70	0,00	0,00	1250,00	1250,00	100,00	0,00
100	0,15	382,00	390,80	390,80	0,00	0,00	1250,00	1250,00	100,00	0,00
200	0,075	434,70	327,40	327,40	0,00	0,00	1250,00	1250,00	100,00	0,00
Pan	0,000	427,40	427,40	427,40	0,00	0,00	1250,00	1250,00	100,00	0,00

B.2 *Medium Agregat*

Saringan		Berat Saringan	Berat Saringan + Benda Uji I	Berat Saringan + Benda Uji II	Berat Tertahan I	Berat Tertahan II	Kumulatif Berat tertahan I	Kumulatif Berat Tertahan II	Jumlah Persen Rata-rata	
No	mm	Gram	gram	Gram	gram	gram	gram	gram	Tertahan	Lolos
1"	25,4	558,60	558,60	558,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	464,40	464,40	464,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,07	536,60	536,60	536,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,525	422,60	496,20	478,00	73,60	55,40	73,60	55,40	5,16	94,84
4	4,75	409,90	472,10	519,10	62,20	109,20	135,80	164,60	12,02	87,98
8	2,36	391,80	956,70	923,50	564,90	531,70	700,70	696,30	55,88	44,12
16	1,18	347,00	347,00	732,10	745,50	398,50	1085,80	1094,80	87,22	12,78
30	0,6	382,00	382,00	537,20	164,20	155,20	125,00	125,00	100,00	0,00
50	0,3	434,70	434,70	434,70	0,00	0,00	125,00	125,00	100,00	0,00
100	0,15	382,00	382,00	382,00	0,00	0,00	125,00	125,00	100,00	0,00
200	0,075	434,70	434,70	434,70	0,00	0,00	125,00	125,00	100,00	0,00
Pan	0,000	427,40	427,40	427,40	0,00	0,00	125,00	125,00	100,00	0,00

B.3 Agregat Halus

Saringan		Berat Saringan	Berat Saringan + Benda Uji I	Berat Saringan + Benda Uji II	Berat Tertahan I	Berat Tertahan II	Kumulatif Berat tertahan I	Kumulatif Berat Tertahan II	Jumlah Persen Rata-rata	
No	mm	Gram	gram	Gram	gram	gram	gram	gram	Tertahan	Lolos
1"	25,4	558,60	558,60	558,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	464,40	464,40	464,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,07	536,60	536,60	536,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,525	422,60	422,60	422,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
4	4,75	409,90	409,90	409,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,36	391,80	391,80	391,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
16	1,18	347,00	347,00	347,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
30	0,6	382,00	550,80	560,30	168,80	178,30	168,80	178,30	23,14	76,86
50	0,3	434,70	572,70	571,70	138,00	137,00	306,80	315,30	41,47	58,53
100	0,15	382,00	597,80	597,20	207,00	206,40	513,80	521,70	69,03	30,97
200	0,075	434,70	424,00	422,50	96,60	95,10	610,40	616,80	81,81	18,19
Pan	0,000	427,40	567,00	560,6	139,6	133,20	750,00	750,00	100,00	0,00

C. Keausan Agregat Kasar

Saringan		Berat Benda Uji (gram)			
Lolos	Tertahan	Sebelum I	Sesudah I	Sebelum II	Sebelum II
		B	B	B	B
¾	½	2500,2		2500,2	
½	3/8	2500,3		2500	
3/8	1/4				
Jumlah berat		5000,5		5000,2	
Jumlah Bola			11		11
Lolos Saringan No.12			1663,30		1829,30
Perhitungan			I	II	
A	Berat sebelum diuji		5000,5	5000,2	
B	Berat sesudah diuji		3337,2	3170,9	Rata-rata
C	Lolos saringan No.12		1663,30	1829,30	
D	Keausan (%)		33,26	36,58	34,92

D. Hasil Pengujian Marshall

D.1 Hasil Uji Marshall Kadar Aspal 7,39%; 7,89%; 8,39%; 8,89%; 9,39% Tanpa Penambahan Serat Kapuk

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)
			Berat di udara	Berat SSD	Berat Dalam Air					
1			1280,20	1302,20	702,40	599,80	2,13	2,27		2,525
2	7,39	7,049	1278,10	1300,80	700,50	600,30	2,13	2,27	7,39	2,525
3			1281,40	1303,50	701,60	601,90	2,13	2,27		2,525
	Rata-Rata		1279,90	1302,17	701,50	600,67	2,13	2,27		2,525
4			1280,80	1308,80	708,70	600,10	2,13	2,26		2,541
5	7,89	7,316	1280,70	1309,80	707,60	602,20	2,13	2,26	7,89	2,541
6			1278,50	1305,60	706,90	598,70	2,14	2,26		2,541
	Rata-Rata		1280,00	1308,07	707,73	600,33	2,13	2,26		2,541
7			1292,40	1311,10	705,40	605,70	2,13	2,24		2,546
8	8,39	7,744	1291,60	1309,70	704,60	605,10	2,13	2,24	8,39	2,546
9			1292,70	1308,50	704,80	603,70	2,14	2,24		2,546
	Rata-Rata		1292,23	1309,77	704,93	604,83	2,14	2,24		2,546
10			1295,80	1310,40	709,70	600,70	2,16	2,23		2,552
11	8,89	8,167	1293,20	1309,90	708,20	601,70	2,15	2,23	8,89	2,552
12			1290,40	1310,30	709,30	601,00	2,15	2,23		2,552
	Rata-Rata		1293,13	1310,20	709,07	601,13	2,15	2,23		2,552
13			1310,50	1315,30	711,50	603,80	2,17	2,22		2,558
14	9,39	8,587	1303,50	1310,20	707,80	602,40	2,16	2,22	9,39	2,558
15			1310,60	1318,60	711,80	606,80	2,16	2,22		2,558
	Rata-Rata		1308,10	1314,70	710,37	604,33	2,16	2,22		2,558

D.2 Lanjutan Hasil Uji *Marshall* Kadar Aspal 7,39%; 7,89%; 8,39%; 8,89%; 9,39% Tanpa Penambahan Serat Kapuk

No. Benda Uji	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)	Stabilitas (kg)			Flow atau keelehan (mm)	MQ (kg/mm)	% Penyerapan Aspal	% Aspal Efektif (Pbe)
				Pembacaan Dial	Faktor Kalibrasi	Faktor Ketebalan				
1	20,70	5,80	71,97	129	2247,02	1820,09	3,85	572,75	1,139	5,990
2	20,89	6,04	71,11	127	2212,18	1791,87	3,95	453,64	1,139	5,990
3	20,90	6,04	71,09	130	2264,44	1834,20	3,90	470,31	1,139	5,990
Rata-Rata	20,83	5,96	71,39	128,67	2241,21	1815,38	3,90	465,56	1,139	5,990
4	20,93	5,47	73,87	138	2403,79	1874,95	4,00	468,74	1,139	6,261
5	21,21	5,81	72,63	137	2386,37	1861,37	4,05	459,60	1,139	6,261
6	20,89	5,42	74,06	139	2421,21	1961,18	4,00	490,29	1,139	6,261
Rata-Rata	21,01	5,56	73,52	138,00	2403,79	1899,17	4,02	472,88	1,139	6,261
7	21,32	4,96	76,75	141	2456,04	1915,71	4,00	478,93	1,139	6,693
8	21,29	4,92	76,88	146	2543,14	1932,79	4,05	477,23	1,139	6,693
9	21,04	4,62	78,04	142	2473,46	1879,83	4,15	452,97	1,139	6,693
Rata-Rata	21,21	4,83	77,23	143,00	2490,88	1909,44	4,07	469,71	1,139	6,693
10	20,82	3,37	83,80	131	2281,86	1779,85	4,25	418,71	1,139	7,122
11	21,11	3,73	82,34	137	2386,37	1861,37	4,15	448,52	1,139	7,122
12	21,19	3,82	81,95	130	2264,44	1766,26	4,20	420,54	1,139	7,122
Rata-Rata	21,04	3,64	82,70	132,67	2310,89	1802,49	4,20	429,28	1,139	7,122
13	20,69	2,24	89,17	124	2159,93	1641,54	4,40	373,08	1,139	7,546
14	20,95	2,56	87,78	132	2299,28	1793,44	4,20	427,01	1,139	7,546
15	21,08	2,72	87,11	127	2212,18	1791,87	4,25	421,62	1,139	7,546
Rata-Rata	20,91	2,51	88,02	127,67	2223,79	1742,28	4,28	407,23	1,139	7,546

D.3 Hasil Uji *Marshall* Kadar Aspal 7,89% Dengan Penambahan Serat Kapuk 0,01%; 0,025%; 0,05%; 0,075%; 0,1%

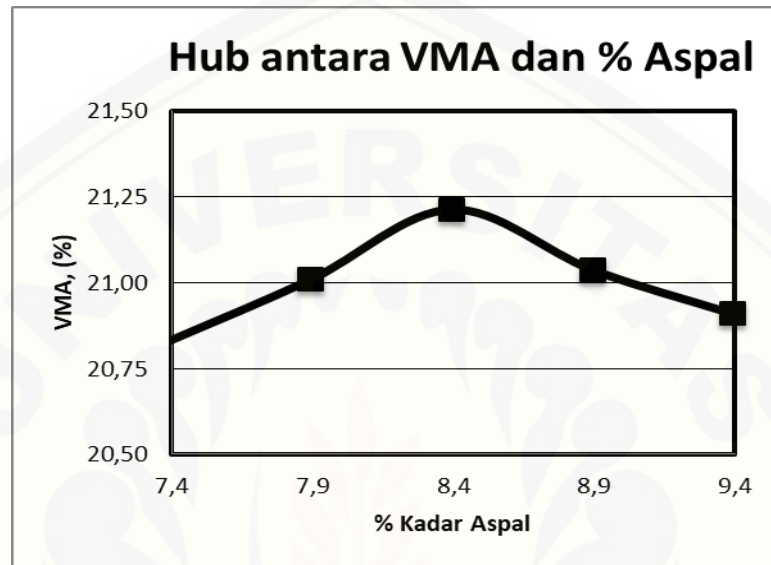
No. Benda Uji	% Penambahan Kadar Kapuk	% Aspal terhadap Batuan	% Aspal terhadap Campuran	Pengambilan Data Laboratorium			Volume Benda Uji (cm ³)	Berat Isi Benda Uji (Gmb)	BJ Maksimum Benda Uji (Gmm)	% Aspal	BJ Agregat Efektif (Gse)
				Berat di udara	Berat SSD	Berat Dalam Air					
1				1274,10	1303,70	704,50	599,20	2,13	2,26		2,541
2	0,01	7,89	7,316	1270,70	1302,60	702,50	600,10	2,12	2,26	7,89	2,541
3				1271,00	1298,10	705,60	592,50	2,15	2,26		2,541
			Rata-Rata	1271,93	1301,47	704,20	597,27	2,13	2,26		2,541
4				1294,20	1311,10	705,40	605,70	2,14	2,26		2,541
5	0,025	7,89	7,316	1295,40	1309,70	704,60	605,10	2,14	2,26	7,89	2,541
6				1290,80	1308,50	704,80	603,70	2,14	2,26		2,541
			Rata-Rata	1293,47	1309,77	704,93	604,83	2,14	2,26		2,541
7				1290,00	1310,30	710,30	600,00	2,15	2,26		2,541
8	0,05	7,89	7,316	1289,20	1309,20	709,10	600,10	2,15	2,26	7,89	2,541
9				1288,60	1308,8,300	708,50	600,30	2,15	2,26		2,541
			Rata-Rata	1289,27	1309,43	709,30	600,13	2,15	2,26		2,541
10				1287,20	1308,20	709,00	599,20	2,15	2,26		2,541
11	0,075	7,89	7,316	1292,40	1309,50	710,80	598,20	2,16	2,26	7,89	2,541
12				1286,00	1307,90	707,40	600,50	2,14	2,26		2,541
			Rata-Rata	1288,53	1308,53	709,07	599,47	2,15	2,26		2,541
13				1280,50	1305,20	708,50	596,70	2,15	2,26		2,541
14	0,1	7,89	7,316	1283,30	1304,60	709,50	595,10	2,16	2,26	7,89	2,541
15				1286,90	1306,00	711,10	594,90	2,16	2,26		2,541
			Rata-Rata	1283,57	1305,27	709,70	595,57	2,16	2,26		2,541

D.4 Lanjutan Hasil Uji *Marshall* Kadar Aspal 7,89% Dengan Penambahan Serat Kapuk 0,01%; 0,025%; 0,05%; 0,075%; 0,1%

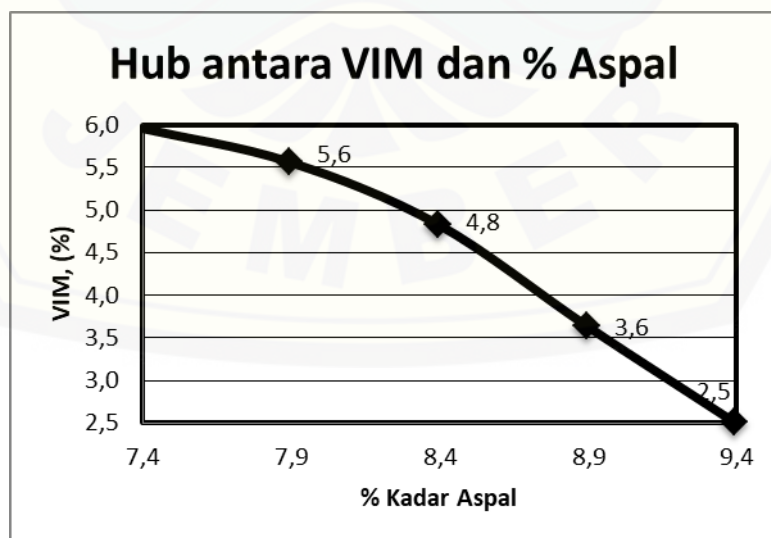
No. Benda Uji	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)	Stabilitas (kg)			Flow atau keelehan (mm)	MQ (kg/mm)	% Penyerapan Aspal	% Aspal Efektif (Pbe)
				Pembacaan Dial	Faktor Kalibrasi	Faktor Ketebalan				
1	21,22	5,83	72,55	140	2438,63	1902,13	2,60	731,59	1,139	6,258
2	21,55	6,22	71,14	139	2421,21	1888,54	2,60	726,36	1,139	6,258
3	20,53	4,99	75,67	134	2334,11	1890,63	2,70	700,23	1,139	6,258
Rata-Rata	21,10	5,68	73,12	137,67	2397,98	1893,77	2,63	719,39	1,139	6,258
4	20,84	5,37	74,24	135	2351,53	1834,20	2,70	679,33	1,139	6,258
5	20,69	5,19	74,93	134	2334,11	1820,61	2,90	627,80	1,139	6,258
6	20,78	5,30	74,49	137	2386,37	1861,37	2,80	664,77	1,139	6,258
Rata-Rata	20,77	5,29	74,55	135,33	2357,34	1838,72	2,80	657,30	1,139	6,258
7	20,35	4,78	76,52	129	2247,02	1752,68	3,10	565,38	1,139	6,258
8	20,41	4,85	76,22	130	2264,44	1766,26	3,00	588,75	1,139	6,258
9	20,47	4,93	75,92	131	2281,86	1779,85	3,00	593,28	1,139	6,258
Rata-Rata	20,41	4,85	76,22	1300,00	2264,44	1766,26	3,03	582,47	1,139	6,258
10	20,41	4,86	76,20	120	2090,25	1693,10	3,20	529,09	1,139	6,258
11	20,02	4,39	78,06	119	2072,83	1678,99	3,30	508,79	1,139	6,258
12	20,66	5,15	75,06	123	2142,51	1671,16	3,10	539,08	1,139	6,258
Rata-Rata	20,36	4,80	76,44	120,67	2101,86	1681,08	3,20	525,65	1,139	6,258
13	20,49	4,96	75,82	117	2037,99	1650,78	3,50	471,65	1,139	6,258
14	20,11	4,49	77,66	116	2020,58	1636,67	3,30	495,96	1,139	6,258
15	19,86	4,19	78,88	114	1985,74	1608,45	3,40	473,07	1,139	6,258
Rata-Rata	20,15	4,55	77,45	115,67	2014,77	1631,96	3,40	480,23	1,139	6,258

E. Grafik Hasil Pengujian *Marshall* Campuran HRS-WC Untuk Menentukan KAO

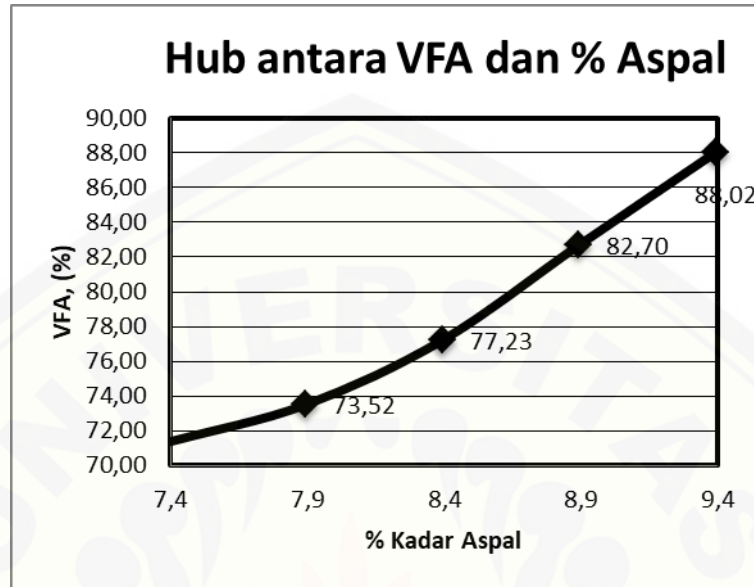
E.1 Grafik VMA Pengujian *Marshall* Campuran HRS-WC Untuk Menentukan KAO



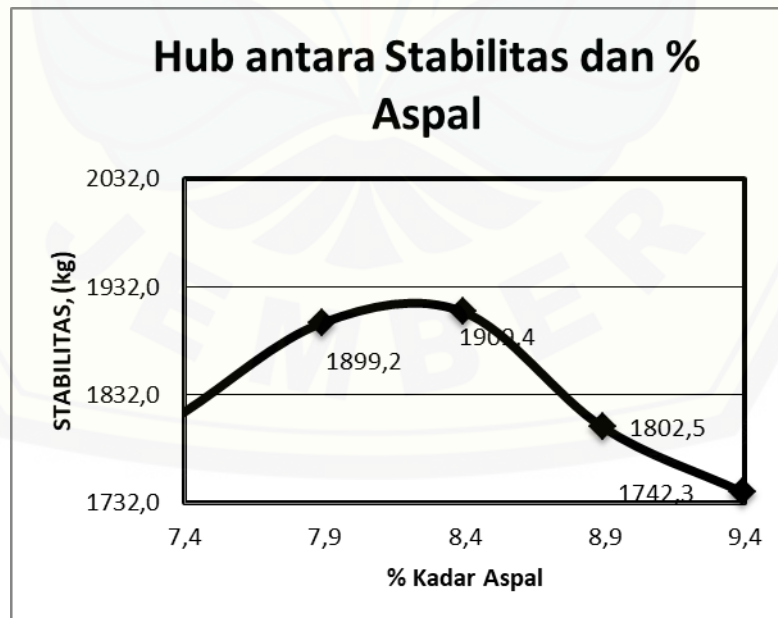
E.2 Grafik VIM Pengujian *Marshall* Campuran HRS-WC Untuk Menentukan KAO



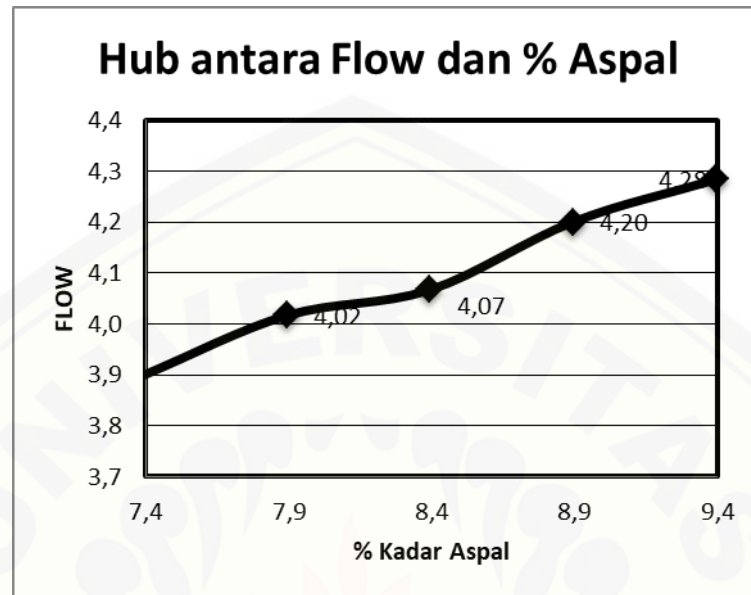
E.3 Grafik VFA Pengujian *Marshall* Campuran HRS-WC Untuk Menentukan KAO



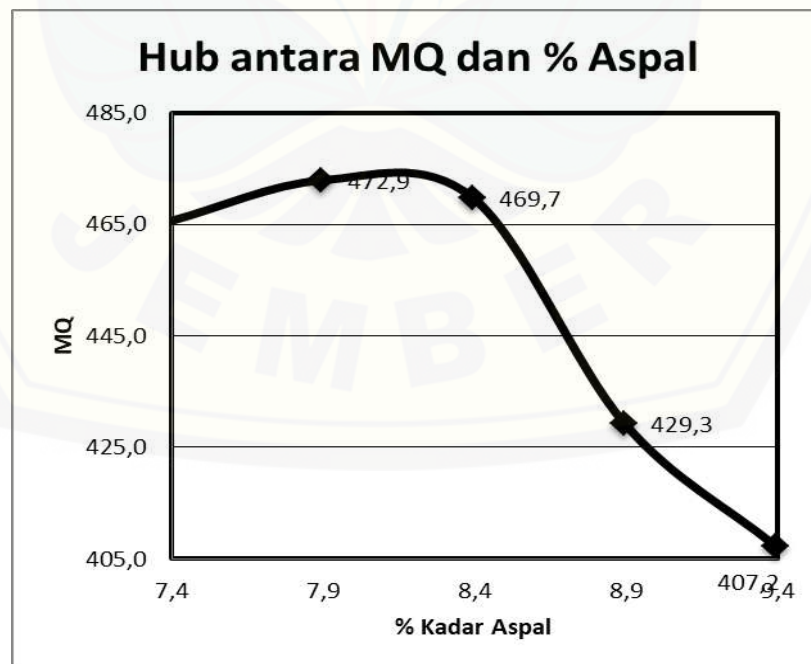
E.4 Grafik Stabilitas Pengujian *Marshall* Campuran HRS-WC Untuk Menentukan KAO



E.5 Grafik *Flow* Pengujian *Marshall* Campuran HRS-WC Untuk Menentukan KAO



E.6 Grafik *Marshall Quotient* Pengujian *Marshall* Campuran HRS-WC Untuk Menentukan KAO



F. Pengujian Aspal

F.1 Berat Jenis Aspal

Benda Uji		I	II
A	Berat Pikhnometer + Tutup (gram)	36,17	36,94
B	Berat Pikhnometer +Tutup + Air (gram)	58,5	60,13
C	Berat Pikhnometer + Tutup + Aspal (gram)	51,89	51,13
D	Berat Pinometer + Tutup + Aspal + Air (gram)	61,23	56,89
E	Berat Jenis Aspal	1,21	0,81
F	Rata-rata	1,01	

F.2 Daktilitas Aspal

Daktilitas Suhu 25°C 5 cm per menit		Pembacaan Alat (cm)
Pengamatan	1	102
	2	101
	3	102
Rata-rata		102

F.3 Penetrasi Aspal

Penetrasi pada suhu 25°C, Beban 100 gram, 5 detik	A	B
Pengamatan		
1	65	70
2	62	64
3	66	62
Rata-rata (1,2,3)	64,3	65,3
Rata-rata (A dan B)	64,8	

F.4 Titik Nyala Aspal

t	Waktu		Titik Nyala °C		Keterangan
	I	II	I	II	
56	-	-	283	295	
51	00.00.30	00.00.33	288	300	
46	00.01.28	00.01.40	293	305	
41	00.03.05	00.03.12	298	310	
36	00.06.15	00.05.50	303	315	
31	00.08.20	00.08.11	308	320	
26	00.10.12	00.10.26	313	325	
21	00.12.25	00.13.08	318	330	
16	00.14.05	00.15.04	323	335	
11	00.16.31	00.17.22	328	340	Nyala
6	00.18.24	00.18.56	333	345	
1	00.19.53	00.20.10	338	350	Bakar
Rata-rata titik nyala			334,0		

F.5 Kehilangan Berat Aspal

Benda Uji		I	II
A	Cawan + Aspal Keras (gram)	18,220	17,420
B	Cawan Kosong (gram)	8,790	8,430
C	Aspal Keras (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	Rata-rata (%)	0,164	

G. Dokumentasi



Kapuk kadar 0,05%



Kapuk setelah di lakukan analisis saringan



Melakukan Uji *Marshall*



Persiapan Benda Uji



Agregat dan kapuk di
tambahkan aspal



Benda uji yang sudah jadi