



**KINERJA MARSHALL PADA CAMPURAN *SPLIT MASTIC*
ASPHALT (SMA) MENGGUNAKAN SERAT SELULOSA
ALAMI TONGKOL JAGUNG**

SKRIPSI

Oleh

AGUSTY MAULANA BRAMASTA

NIM 161910301082

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2020



KINERJA MARSHALL PADA CAMPURAN *SPLIT MASTIC ASPHALT* (SMA) MENGGUNAKAN SERAT SELULOSA ALAMI TONGKOL JAGUNG

SKRIPSI

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

Oleh

AGUSTY MAULANA BRAMASTA

NIM 161910301082

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

2020

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT., Tuhan Maha Pencipta yang selalu memberikan ridha, anugrah, dan karunia serta ketetapan iman dan islam kepadaku;
2. Muhammad SAW., Rasul junjunganku yang telah memberikan suri tauladan menuju zaman Islamiyah;
3. Ayahanda Anton Handoko dan Ibunda Lilin Trialina, yang selalu mencurahkan kasih sayang-cinta kasih, doa, motivasi dan harapan serta dukungan moral maupun materi sampai sekarang ini;
4. Kakak Candra Karisma dan Adik Rizky Paramyta, yang selalu memberi warna, semangat, dan motivasi dalam hidup.
5. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTO

“Hidup itu seperti mengendarai sepeda. Untuk menjaga keseimbangan, Anda harus terus bergerak”.

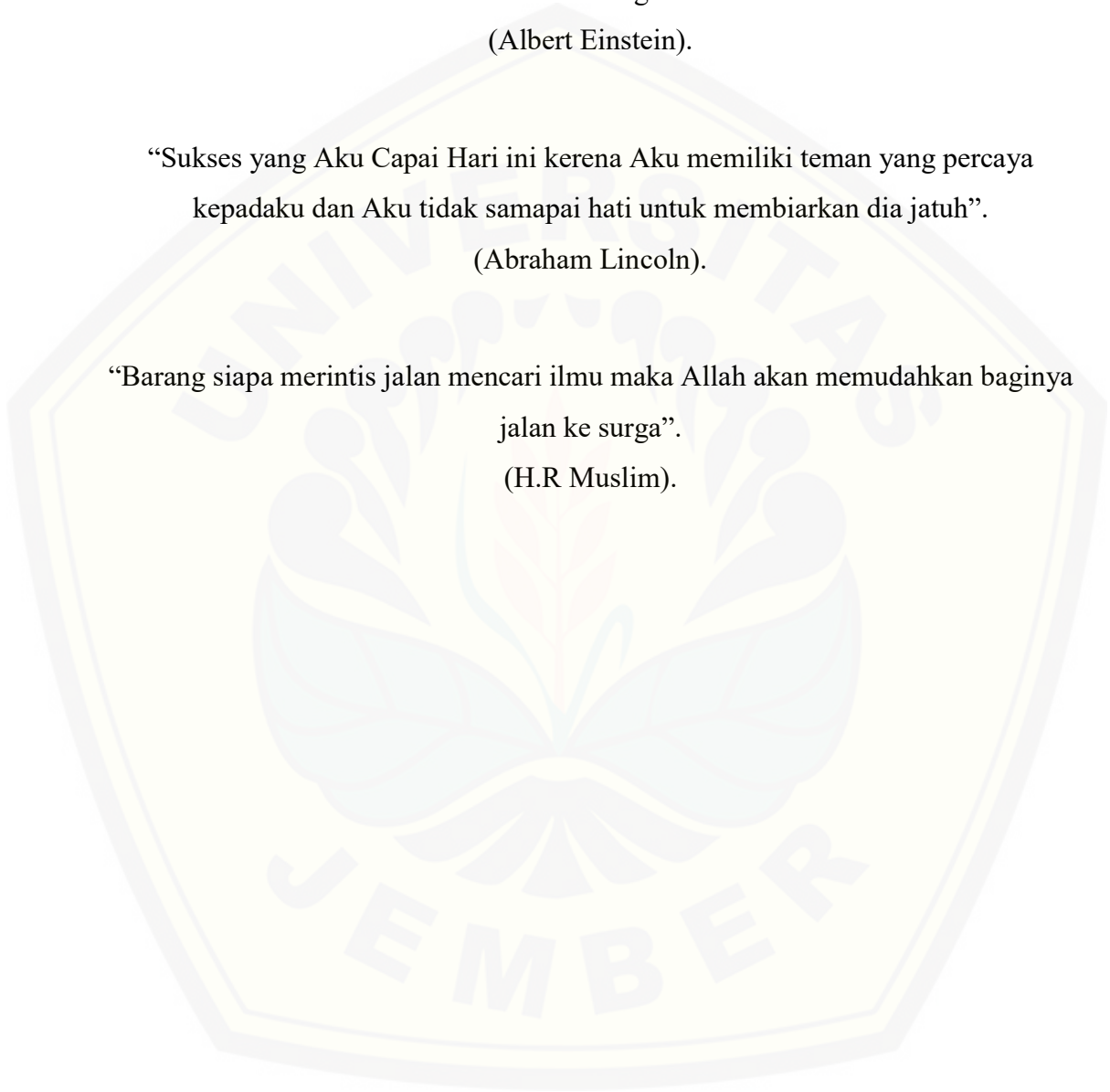
(Albert Einstein).

“Sukses yang Aku Capai Hari ini kerana Aku memiliki teman yang percaya kepadaku dan Aku tidak sampai hati untuk membiarkan dia jatuh”.

(Abraham Lincoln).

“Barang siapa merintis jalan mencari ilmu maka Allah akan memudahkan baginya jalan ke surga”.

(H.R Muslim).



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Agusty Maulana Bramasta


NIM : 161910301082

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “Kinerja Marshall pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) menggunakan Serat Selulosa Alami Tongkol Jagung” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan subtansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab sepenuhnya atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 9 Januari 2020

Yang Menyatakan,


Agusty Maulana Bramasta
NIM 161910301082

SKRIPSI

**KINERJA MARSHALL PADA CAMPURAN SPLIT MASTIC ASPHALT
(SMA) MENGGUNAKAN SERAT SELULOSA ALAMI TONGKOL
JAGUNG**

Oleh:

Agusty Maulana Bramasta

NIM 161910301082

Pembimbing:

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

Dosen Pembimbing Anggota : Luthfi Amri Wicaksono, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “ Kinerja Marshall Pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) Menggunakan Serat Selulosa Alami Tongkol Jagung” karya Agusty Maulana Bramasta telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Kamis, 9 Januari 2020

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Anggota I,



Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T.
NIP 197103271998031003

Ketua,



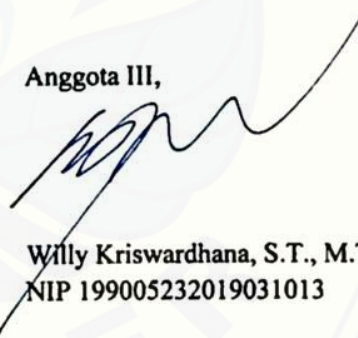
Dr. Anik Ratmaningsih, S.T., M.T.
NIP 197005301998032001

Anggota II,



Luthfi Amri Wicaksono, S.T., M.T.
NRP 760016771

Anggota III,



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

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Jember,



Dr. Ir. Entin Hidayah, M. UM.
NIP 196612151995032001

RINGKASAN

Kinerja Marshall pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) Menggunakan Serat Selulosa Alami Tongkol Jagung; Agusty Maulana Bramasta, 161910301082; 2020 : 84 Halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kerusakan jalan sebelum masa layannya berakhir banyak disebabkan karena perkerasan jalan tidak mampu menahan beban lalu lintas yang tinggi. *Split Mastic Asphalt* (SMA) sebagai solusi untuk permasalahan ini. SMA tersusun atas *Split* (agregat kasar dengan kadar tinggi, $\pm 75\%$), *Mastic Asphalt* (campuran agregat halus, *filler* dan aspal dengan kadar relatif tinggi) ditambah dengan zat additive serat selulosa. Agregat dari SMA memiliki gradasi terbuka, sehingga dapat memiliki ketebalan lapisan film aspal yang tinggi. Serat selulosa diperlukan sebagai material aditif penstabil aspal sehingga tidak terjadi *bleeding*. Serat selulosa alami yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat selulosa yang berasal dari hasil penggilingan tongkol jagung varietas Bisi-18. Tongkol jagung memiliki kadar selulosa sebesar 42%, lebih besar jika dibandingkan varietas tanaman lain.

Penelitian dilakukan dengan metode *experimental murni* untuk mengetahui pengaruh serat selulosa terhadap kinerja marshall pada campuran SMA. Penelitian ini digunakan campuran SMA dengan 5 variasi penambahan serat selulosa alami dari tongkol jagung yaitu 0,15%; 0,30%; 0,45%; 0,6%; 0,75% dari total berat total campuran, serta kadar aspal dalam campuran yang dipakai mencapai 6,41%. Data hasil pengujian marshall diolah dengan membandingkan kinerja terhadap campuran SMA tanpa menggunakan serat selulosa dan disesuaikan dengan persyaratan Bina Marga tahun 2018 untuk campuran *Split Mastic Asphalt*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa serat selulosa tongkol jagung berpengaruh pada karakteristik marshall yaitu stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA, MQ, *density*. Namun tidak semua kadar varians serat selulosa memenuhi spesifikasi. Campuran SMA dengan penambahan serat selulosa yang memenuhi spesifikasi untuk karakteristik marshall pada kadar 0,15% sampai dengan 0,45%. Untuk kadar optimum serat selulosa yang ditambahkan pada campuran SMA dipilih kadar 0,15% sampai dengan 0,3%, karena pada range tersebut terjadi peningkatan kinerja kekuatan yang terbaik, serta didukung seluruh karakteristik lainnya lolos spesifikasi Bina Marga tahun 2018.

SUMMARY

Marshall Performance of Split Mastic Asphalt Mixtures (SMA) Using Natural Cellulose Fiber Corn Cob; Agusty Maulana Bramasta, 161910301082; 2020: 84 Page; Department of Civil Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

Many road damages occurred before the service period ended. This happens because the road pavement is powerless to endure high traffic loads. Split Mastic Asphalt (SMA) is considered a solution to this problem. SMA is a combination of Split (coarse aggregate with high levels, $\pm 75\%$), Mastic Asphalt (a mixture of fine aggregates, fillers, and bitumen with relatively high levels) added with cellulose fiber as an additive substance. Aggregates of SMA have open gradations, makes pavement has high asphalt thickness. Cellulose fiber required as an additive material for asphalt stabilizer and prevent the pavement from bleeding. The natural cellulose fibers applied in this study were cellulose fibers from the milling process of corn cobs varieties Bisi-18. Corncob has 42% cellulose content in dry conditions, higher than other plant varieties.

The study was done with the pure experimental method to determine the effect of cellulose fiber on the marshall performance in Split Mastic Asphalt Mixtures (SMA). This study applied a mixture of SMA by using 5 variations of the additional natural cellulose fibers from corn cobs, which are 0.15%; 0.30%; 0.45%; 0.6%; 0.75% of the total weight mixture, and asphalt content in mixture reached 6.41%. Marshall Test results processed by comparing the performance of the SMA mixture without using cellulose fiber and adjusted the 2018 Bina Marga specifications.

The results proved that cellulose fiber from corn cobs affected the characteristics of Marshall (stability, flow, VIM, VMA, VFA, MQ, and density). Not every additional level from cellulose fiber variance could meet with specifications. The addition of cellulose fiber variants in the mixture that meets the specifications is about level 0.15% to 0.45%. For the optimum levels of cellulose fiber added to the SMA mixture, consider taking levels from 0.15% to 0.3%. Within that scale, they have the best ability to improve strength performance and controlled by other characteristics to meet specifications.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kinerja Marshall pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) Menggunakan Serat Selulosa Alami Tongkol Jagung”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusun skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan 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 Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama, Luthfi Amri Wicaksono, S.T., M.T., selaku dosen Pembimbing Anggota I yang telah meluangkan waktu dan pikirannya sehingga terselesaikannya skripsi ini;
4. Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T., selaku dosen Penguji I, Willy Kriswardhana, S.T., M.T., selaku dosen Penguji II yang telah memberikan saran maupun kritik yang berharga demi menyempurnakan penelitian ini.
5. Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember yang telah dengan sabar memberikan ilmunya selama penulis menempuh perkuliahan:
7. Rekan kerja dan Teknisi Laboratorium Transportasi yang telah membantu mendapatkan data;
8. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

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

Jember, 9 Januari 2020

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	1
2.1 Perkerasan Jalan	5
2.2 Split Mastic Asphalt (SMA).....	5
2.3 Campuran Aspal Panas	6
2.4 Campuran Bahan Material pada <i>Split Mastic Asphalt</i> (SMA).	7
2.4.1 Agregat.....	8
2.4.2 Aspal	10
2.4.3 Serat Selulosa.....	11

2.5	Tongkol Jagung	12
2.6	Karakteristik Marshall	13
2.6.1	Stabilitas / <i>Stability</i>	13
2.6.2	Kelelahan / <i>Flow</i>	13
2.6.3	<i>Voids in Mix</i> (VIM) / Rongga Udara dalam Campuran	13
2.6.4	<i>Void in the Mineral Agregat</i> (VMA) / Rongga di antara Mineral Agregat	14
2.6.5	<i>Voids Filled with Asphalt</i> (VFA) / Rongga Terisi Bitumen .	14
2.6.6	Marshall Quotient (MQ)	14
2.7	Menentukan Estimasi Kadar Aspal Awal	14
2.8	Pengukuran Volumetrik	15
2.8.1	Pengukuran Berat Jenis dan Penyerapan	15
2.8.2	Penentuan Rongga diantara Mineral Agregat (VMA)	16
2.8.3	Penentuan Rongga didalam Campuran (VIM).....	17
2.8.4	Penentuan Rongga Terisi Aspal (VFA)	17
2.9	Pemeriksaan Stabilitas dan Flow	19
2.10	Kadar Aspal Optimum	19
2.11	Penelitian Terdahulu	20
BAB 3.	METODE PENELITIAN	21
3.1	Lokasi Penelitian	21
3.2	Jenis Penelitian	21
3.3	Pelaksanaan Penelitian	21
3.3.1	Alat dan Bahan	22
3.3.2	Tahapan persiapan	23
3.3.3	Tahapan pengolahan dan Pengujian Serat Selulosa Alami Tongkol Jagung	23
3.3.4	Tahapan Pelaksanaan Penelitian	25
3.4	Analisis Data	29
3.5	Diagram Penelitian	31
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1	Hasil Penelitian	34

4.1.1 Pemeriksaan Agregat (SNI 1970 : 2016).....	34
4.1.2 Pemeriksaan Aspal	35
4.1.3 Pemeriksaan Serat Tongkol Jagung (AASHTO T305 -2014 35	
4.1.4 Analisa Saringan Agregat Halus Dan Kasar (SNI ASTM C136:20.....	36
4.1.5 Perhitungan Rencana Untuk Menemukan Presentase Kadar Aspal	37
4.1.6 Pemeriksaan Kadar Aspal Optimum	38
4.1.7 Perencanaan Gradasi Campuran SMA + Serat Tongkol Jagung	39
4.2 Pembahasan.....	44
4.2.1 Stabilitas	45
4.2.2 <i>Flow</i>	47
4.2.3 VIM (Void In the Mix).....	48
4.2.4 VFA (Void Filled With Asphalt).....	49
4.2.5 VMA (Void in Mineral Agregates)	51
4.2.6 Marshall Qutient	52
4.2.7 <i>Density</i>	53
BAB 5. PENUTUP.....	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN.....	58

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Persyaratan campuran SMA.....	7
2.2 Tebal Nominal Minimum Campuran Beraspal	7
2.3 Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal	8
2.4 Ketentuan Agregat Kasar Dalam Campuran Beraspal Panas	9
2.5 Ukuran Nominal Agregat Kasar Penampung Dingin untuk Campuran Beraspal.....	9
2.6 Ketentuan Agregat Kasar Campuran Beraspal Panas	10
2.7 Persyaratan Aspal yang digunakan pada SMA	11
2.8 Spesifikasi Serat Selulosa	12
2.9 Komposisi Selulosa pada Beberapa Biomassa.....	12
2.10 Penelitian Terdahulu	20
3.1 Rencana Benda Uji.....	22
4.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	34
4.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus.....	34
4.3 Hasil Pengujian Aspal AC 60/70	35
4.4 Hasil Pemeriksaan Serat Tongkol Jagung.....	35
4.5 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar	36
4.6 Gradasi Campuran Agregat Split Mastic Asphalt	37
4.7 Rencana Persen Aspal	38
4.8 Hasil Karakteristik Marshall Untuk Campuran SMA	38
4.9 Penentuan Kadar Aspal Optimum	38
4.10 Perencanaan Gradasi Agregat Campuran SMA Menggunakan Serat Tongkol Jagung (0,15%)	39
4.11 Perencanaan Gradasi Serat Selulosa (0,15%) yang ditambahkan dalam Campuran SMA	40
4.12 Perencanaan Gradasi Agregat Campuran SMA Menggunakan Serat Tongkol Jagung (0,30%)	41

4.13	Perencanaan Gradasi Serat Selulosa (0,30%) yang ditambahkan dalam Campuran SMA	41
4.14	Perencanaan Gradasi Agregat Campuran SMA Menggunakan Serat Tongkol Jagung (0,45%)	42
4.15	Perencanaan Gradasi Serat Selulosa (0,45%) yang ditambahkan dalam Campuran SMA	42
4.16	Perencanaan Gradasi Agregat Campuran SMA Menggunakan Serat Tongkol Jagung (0,60%)	43
4.17	Perencanaan Gradasi Serat Selulosa (0,60%) yang ditambahkan dalam Campuran SMA	43
4.18	Perencanaan Gradasi Agregat Campuran SMA Menggunakan Serat Tongkol Jagung (0,75%)	44
4.19	Perencanaan Gradasi Serat Selulosa (0,75%) yang ditambahkan dalam Campuran SMA	44
4.20	Rekapitulasi Kinerja Marshall SMA Menggunakan Serat Selulosa Tongkol Jagung	45
4.21	Hasil Nilai Stabilitas SMA dengan Variasi Kadar Serat Selulosa Tongkol jagung	45
4.22	Hasil Nilai <i>Flow</i> SMA dengan Variasi Kadar Serat Tongkol Jagung	47
4.23	Hasil Nilai VIM SMA dengan Variasi Kadar Serat Tongkol Jagung	49
4.24	Hasil Nilai VFA SMA dengan Variasi Kadar Serat Tongkol Jagung	50
4.25	Hasil Nilai VFA SMA dengan Variasi Kadar Serat Tongkol Jagung	51
4.26	Hasil Nilai MQ SMA dengan Variasi Kadar Serat Tongkol Jagung	52
4.27	Hasil Nilai <i>Density</i> Campuran SMA dengan Variasi Kadar Serat Tongkol Jagung.....	53

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1	Volumetrik Campuran Perkerasan Jalan Beraspal.....18
2.2	Contoh Penentuan Kadar Aspal Optimum.....19
4.1	Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus.....36
4.2	Grafik Stabilitas Campuran SMA dengan Kadar Serat Selulosa Tongkol Jagung46
4.3	Grafik <i>Flow</i> Campuran SMA dengan Kadar Serat Selulosa Tongkol Jagung47
4.4	Grafik VIM Campuran SMA dengan Kadar Variasi Serat Selulosa Tongkol Jagung49
4.5	Grafik VFA Campuran SMA dengan Kadar Variasi Serat Selulosa Tongkol Jagung50
4.6	Grafik VMA Campuran SMA dengan Kadar Serat Selulosa Tongkol Jagung51
4.7	Grafik MQ Campuran SMA dengan Kadar Variasi Serat Selulosa Tongkol Jagung53
4.8	Grafik <i>Density</i> Campuran SMA dengan Kadar Serat Selulosa Tongkol Jagung54

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar CA.....	58
Lampiran 2 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar MA	59
Lampiran 3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	60
Lampiran 4 Hasil Pengujian Berat Jenis Serat Tongkol Jagung	61
Lampiran 5 Hasil Pengujian Keausan Agregat	62
Lampiran 6 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar CA	63
Lampiran 7 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar MA	64
Lampiran 8 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar FA	65
Lampiran 9 Perhitungan Rencana Proporsi Campuran	66
Lampiran 10 Grafik Rencana Proporsi Campuran.....	67
Lampiran 11 Perhitungan Rencana Persen Aspal	68
Lampiran 12 Hasil Pengujian Analisa Saringan Tongkol Jagung	69
Lampiran 13 Formulir Hasil Pengujian Marshall untuk KAO (Volumetrik)	70
Lampiran 14 Formulir Rekapitulasi Marshall Test untuk KAO	71
Lampiran 15 Grafik Marshall Test untuk Penentuan KAO	72
Lampiran 16 Formulir Hasil Pengujian Marshall Campuran SMA dengan Serat Selulosa (Volumetrik).....	73
Lampiran 17 Formulir Rekapitulasi Marshall Test SMA dengan Serat Selulosa .	74
Lampiran 18 Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal	75
Lampiran 19 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal	76
Lampiran 20 Hasil Pengujian Penetrasi Aspal	77
Lampiran 21 Hasil Pengujian Titik Nyala Aspal	78
Lampiran 22 Hasil Pengujian Kehilangan Berat Aspal	79
Lampiran 23 Rasio Faktor Stabilitas	80
Lampiran Foto Kegiatan Penelitian	81

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2016) menyatakan bahwa jalan sepanjang 180.244 km atau 33,5% dari jalan di Indonesia dalam keadaan rusak. Di mana 86.605 km dalam keadaan rusak ringan ditambah 93.619 km rusak berat. Kerusakan jalan ini disebabkan oleh pergantian cuaca panas dan hujan serta peningkatan volume lalu-lintas yang tinggi akibat berkembangnya kepemilikan kendaraan bermotor, memberi sumbangan kerusakan yang sangat cepat pada perkerasan jalan di Indonesia. Sehingga banyak ditemui jalan yang rusak sebelum habis masa layanannya akibat tidak mampu menahan beban lalu lintasnya. Oleh karena itu diperlukan campuran perkerasan yang memiliki lapisan dengan ketebalan aspal yang tinggi dan tahan terhadap sinar ultraviolet serta oksidasi, sehingga akan meningkatkan kekuatan dari lapisan perkerasan jalan dan aman bagi lingkungan. Salah satu campuran aspal yang cocok dengan kriteria diatas dan banyak dikembangkan di Amerika, Australia, Kanada yaitu campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* yang sudah banyak diaplikasikan sebagai inovasi dalam stuktur perkerasan jalan raya.

Menurut Sukirman (1999) SMA tersusun atas *Split* (agregat kasar dengan kadar tinggi, $\pm 75\%$), *Mastic Asphalt* (campuran agregat halus, *filler* dan aspal dengan kadar relatif tinggi) ditambah dengan zat *additive* serat selulosa. Agregat dari SMA memiliki gradasi terbuka, sehingga dapat memiliki ketebalan lapisan film aspal yang tinggi. Namun SMA memiliki pengaruh negatif yaitu lapisan aspal ini kurang tahan terhadap temperature tinggi, karena pada kondisi lapisan film aspal yang tinggi cenderung terjadi *bleeding* atau keluarnya aspal ke permukaan, akan tetapi pengaruh negatif seperti hal tersebut dapat dikurangi dengan penambahan zat *additive* berupa serat selulosa yang dapat berfungsi untuk menstabilkan aspal dan meningkatkan kekentalannya.

Menurut Suryana (2012) pemakaian SMA di Indonesia diperkenalkan pada tahun 90-an, namun dianggap kurang berhasil. Kegagalan terjadi karena sulitnya

mencampur serat selulosa secara merata dalam campuran SMA. Dengan perkembangan teknologi pengemasan serat selulosa, pada tahun 2010 Pusjatan telah melaksanakan uji coba skala penuh teknologi SMA dengan serat selulosa yang dikemas berbentuk pelet pada ruas jalan Jatibarang–Palimanan (Jawa Barat), dengan tebal lapisan 5 cm padat. Sampai dengan saat ini kondisi SMA tersebut masih dalam kondisi baik. Serat selulosa yang banyak digunakan dalam SMA adalah serat selulosa sintesis abrocel yang dirasa cukup mahal. Untuk menggantikan penggunaan bahan tambah serat selulosa sintetis, maka dapat dicoba menggunakan bahan tambah serat selulosa alami.

Penggunaan SMA menggunakan serat selulosa alami sebelumnya sudah pernah dilakukan penelitian. Tohir (2011) melakukan penelitian campuran SMA menggunakan dedak padi untuk mengetahui kinerja terhadap karakteristik marshall. Pratiwi (2012) melakukan pencampuran SMA dengan abu ampas tebu serta, Rachmawati (2001) juga melakukan penelitian serupa menggunakan serabut kelapa sebagai serat selulosa alami. Berdasarkan penelitian sebelumnya, munculah suatu gagasan untuk memakai kandungan serat selulosa lain pada penelitian ini. Pada penelitian ini dipilih menggunakan serat selulosa yang berasal dari tongkol jagung, karena kandungan selulosa yang terdapat pada tongkol jagung lebih besar jika dibandingkan dengan kandungan serat selulosa pada bahan organik yang sudah pernah dilakukan penelitian sebelumnya untuk SMA yaitu sebesar 42% (Saha, 2003).

Selama ini tongkol jagung dari hasil pipilan petani dimanfaatkan sebagai pakan ternak dan berakhir sebagai limbah organik. Kementerian Pertanian mencatat salah satu varietas padi yang sedang mengalami lonjakan produksi yang sangat pesat adalah jagung. Kementerian Pertanian Republik Indonesia (2018) menyatakan bahwa produksi jagung dalam 5 tahun terakhir meningkat rata-rata 12,49 persen per tahun. Itu artinya, tahun 2018 produksi jagung diperkirakan mencapai 30 juta ton pipilan kering. Hal ini juga didukung oleh data luas panen per tahun yang rata-rata meningkat 11,06 persen, dan produktivitas rata-rata meningkat 1,42 persen. Didukung dari data hasil panen pertahun tersebut bahwasannya tongkol jagung sangat mudah ditemui serta kandungan selulosa yang cukup tinggi ini membuat

tongkol jagung dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah dalam pembuatan *Split Mastic Asphalt*.

Berangkat dari alur permasalahan diatas maka, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kinerja marshall *Split Mastic Asphalt* (SMA) dengan menggunakan bahan *additive* serat selulosa alami dari tongkol jagung. Pengujian dilakukan dengan menggunakan uji marshall yang akan diperoleh parameter uji marshall antara lain: nilai *density*, stabilitas, *flow*, VIM, VFB, VMB dan *marshall quotient* sebagai parameter untuk mengetahui kinerja penambahan serat tongkol jagung sebagai bahan *additive* terhadap *Split Mastic Asphalt* (SMA) serta untuk menentukan kadar optimum penambahan selulosa dalam campuran SMA.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas maka dapat ditarik suatu rumusan masalah dalam melaksanakan penelitian, yaitu:

- a. Bagaimana pengaruh dari penambahan serat selulosa alami dari tongkol jagung pada campuran perkerasan *Split Mastic Asphalt* (SMA) terhadap kinerja Marshall?
- b. Berapa kadar serat selulosa optimum yang dibutuhkan agar campuran SMA dapat meningkatkan kinerja kekuatan dalam menahan beban lalu lintas ?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah maka akan didapatkan tujuan penelitian sebagai berikut:

- a. Mengetahui pengaruh dari penambahan serat selulosa alami dari tongkol jagung pada campuran perkerasan *Split Mastic Asphalt* (SMA) terhadap kinerja Marshall.
- b. Mengetahui kadar optimum serat selulosa alami yang dibutuhkan untuk meningkatkan kinerja kekuatan dalam menahan beban lalu lintas.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini adalah memberikan informasi tentang pemanfaatan serat tongkol jagung bahan pengganti serat selulosa sintetis pada campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA), serta memberikan informasi tentang inovasi campuran perkerasan *Split Mastic Asphalt* (SMA).

1.5 Batasan Masalah

Berikut adalah batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini, diantaranya:

- a. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Transportasi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
- b. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan peraturan Spesifikasi Bina Marga 2018 Divisi 6 ; Perkerasan Jalan.
- c. Aspal yang digunakan adalah AC 60/70 produksi PT. Pertamina (Persero), sifat-sifat kimia yang terdapat di dalam aspal penetrasi tidak dibahas.
- d. Tongkol Jagung yang digunakan pada penelitian ini berasal dari jagung jenis varietas Bisi-18.
- e. Proses kimiawi tongkol jagung sebagai bahan *additive* serat selulosa alami dalam proses pencampuran dengan aspal tidak dibahas.
- f. Kadar aspal yang digunakan dalam campuran SMA dengan serat selulosa hanya dipakai 1 varian dari hasil Kadar Aspal Optimum.
- g. Perlakuan dan pengujian tongkol jagung sebagai serat selulosa didasarkan pada peraturan dari Bina Marga Spesifikasi Umum 2018.
- h. Penelitian ini didasarkan pada pengujian marshall untuk mengetahui kinerja campuran SMA dengan serat selulosa alami yaitu pada nilai stabilitas, *flow*, VIM, VFB, VMA, *density* dan *marshall quotient*.
- i. Penelitian ini tidak membahas pengujian CBR untuk perkerasan dengan menggunakan campuran SMA dengan serat selulosa.
- j. Penentuan kadar optimum serat tongkol jagung yang digunakan dalam campuran SMA ditentukan dengan membandingkan kinerja marshall dengan campuran SMA tanpa menggunakan serat tongkol jagung.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan jalan

Sukirman (1999) mengklasifikasikan perkerasan jalan berdasarkan dengan bahan pengikatnya yaitu:

- a. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) merupakan perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Beban lalu lintas ke tanah dasar dipikul dan disebar oleh lapisan lapisan perkerasan.
- b. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) merupakan perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton tanpa atau dengan tulangan diletakkan atas dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Sedangkan pelat beton memikul beban lalu lintas.
- c. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*) merupakan mengkombinasikan perkerasan lentur dengan perkerasan kaku yang dapat berupa perkerasan kaku diatas perkerasan lentur, atau perkerasan lentur diatas perkerasan kaku. Penggunaan sistem konstruksi di atas, dihubungkan dengan kondisi di setiap lokasi yang akan dibangun jalan.

2.2 Split Mastic Asphalt (SMA)

Sukirman (1999) menyatakan bahwa *Split Mastic Asphalt* (SMA) merupakan campuran agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi, aspal dan bahan tambah, atau merupakan campuran beton aspal panas bergradasi senjang yang terdiri dari campuran split, mastik aspal, serta bahan tambah. SMA dengan sifat- sifat sebagai berikut:

- a. Persentase fraksi kasar/CA yang tinggi (70%-80%) dan memiliki gradasi terbuka (*open graded*).
- b. Kadar aspal dan kekentalan / Ti aspal tinggi (6,5%-7,5%) sehingga tebal filler aspal cukup tebal.
- c. Memerlukan agregat filler yang cukup banyak.
- d. Memerlukan bahan tambah untuk stabilisasi bitumen.

- 1) Menurut Sukirman (1999), terdapat 3 (tiga) jenis SMA, yaitu :
 - a) SMA 0/5 dengan tebal perkerasan 1,5 – 3,0 cm, digunakan untuk pemeliharaan dan perbaikan setempat seperti perbaikan rutting.
 - b) SMA 0/8 dengan tebal perkerasan 2,0 – 4,0 cm, digunakan untuk pelapisan ulang (overlay).
 - c) SMA 0/11 dengan tebal perkerasan 3,0 – 5,0 cm, digunakan untuk lapis permukaan jalan baru.
- 2) Menurut Blazejowski (2011) kelebihan *Split Mastic Asphalt (SMA)* secara umum adalah seperti berikut:
 - a) Umur pelayanan yang tinggi.
 - b) Ketahanan yang tinggi terhadap deformasi sebagai akibat dari kandungan agregat kasar yang besar dan membentuk rangka agregat yang kuat.
 - c) Ketahanan terhadap retak lelah yang baik karena kadar aspal yang tinggi.
 - d) Makro tekstur yang baik dan mengurangi cipratan air akibat kendaraan pada saat permukaan basah.
 - e) Mengurangi kebisingan.
- 3) Disamping kelebihan seperti di atas, *Split Mastic Asphalt (SMA)* mempunyai kekurangan yaitu:
 - a) Biaya relatif lebih mahal dibanding campuran beraspal konvensional, sekitar 10-20 % sebagai akibat dari penggunaan kadar aspal yang tinggi dan penambahan bahan penstabil.
 - b) Resiko munculnya spot – spot aspal pada permukaan sebagai akibat kesalahan atau variasi selama produksi atau pelaksanaan.

2.3 Campuran Aspal Panas

Perpaduan campuran antara agregat dan aspal dapat disebut pula dengan campuran aspal panas. Aspal sebagai pengikat antar partikel agregat, sedangkan agregat adalah kekuatan utama dalam campuran perkerasan. Friksi dan kohesi dari bahan-bahan pembentuk aspal panas akan berpengaruh terhadap sifat mekanis yang dimiliki aspal panas. Friksi agregat didapatkan dari ikatan antar butir agregat, gradasi, tekstur permukaan, bentuk butiran dan ukuran agregat. Sedangkan sifat

kohesinya didapatkan dari sifat-sifat aspal yang digunakan. Oleh sebab itu kinerja campuran beraspal sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat agregat dan aspal serta sifat-sifat campuran padat yang sudah terbentuk dari kedua bahan tersebut. Persyaratan campuran SMA dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan 2.2.

Tabel 2.1. Persyaratan campuran SMA

Sifat-sifat campuran	Persyaratan		
		SMA	SMA MOD
Jenis SMA			
Kadar Aspal			6,0 – 7,0
Jumlah Tumbukan per bidang			50
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min		4,0
	Maks		5,0
Rongga dalam campuran (VAM) (%)	Min		17
Rasio VCA mix/VCA drc			<1
Draindown pada temperatur produksi, % berat dalam campuran (waktu 1jam) ²			
	Maks		0,3
Stabilitas Marshall (kg)	Min	600	750
Pelelehan (mm)	Min		2
	Maks		4,5
Tensile Strength Ratio (TSR) pada VIM 6% +- 1% ⁽³⁾ , %	Min		90
Stabilitas dinamis, lintasan (mm)	Min	2500	3000

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga Spesifikasi Umum 2018

Tabel 2.2 Tebal Nominal Minimum Campuran Beraspal

Jenis Campuran	Tebal Nominal Minimum (cm)
SMA -Tipis	3,0
SMA -Halus	4,0
SMA -Kasar	5,0

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga Spesifikasi Umum 2018

2.4 Campuran Bahan Material pada *Split Mastic Asphalt* (SMA)

Beberapa bahan penyusun dalam campuran SMA antara lain:

2.4.1 Agregat

Menurut Sukirman (1999) agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang

berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan perkerasan jalan, yaitu 90% – 95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75 –85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Berikut ini adalah gradasi agregat gabungan untuk campuran SMA yang ditunjukkan pada Tabel 2.3, sebagai berikut:

Tabel 2.3 Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Beraspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar
1 1/2"	37.5			
1"	25			100
3/4"	19		100	90-100
1/2"	12.5	100	90-100	50-88
3/8"	9.5	70-95	50-80	25-60
No.4	4.75	30-50	20-35	20-28
No.8	2.36	20-30	16-24	16-24
No.16	1.18	14-21		
No.30	0.60	12-18		
No.50	0.300	10-15		
No.100	0.150			
No.200	0.075	8-12	8-11	8-11

Sumber : Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga Spesifikasi Umum 2018

A. Agregat Kasar

Menurut SNI 1970 (2008), agregat kasar merupakan kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No. 1 1/2 inci). Berdasarkan ASTM C33 Agregat kasar terdiri dari kerikil atau batu pecah dengan partikel butir lebih besar dari 5 mm atau antara 9,5 mm dan 37,5 mm. Ketentuan Agregat kasar dalam Campuran Aspal Panas dapat dilihat di Tabel 2.4, serta ukuran nominal agregat kasar penampung dingin untuk campuran beraspal dilampirkan pada Tabel 2.5 sebagai berikut:

Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Kasar dalam Campuran Beraspal Panas

Pengujian		Metoda Pengujian	Nilai	
Kekentalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium Sulfat	SNI 3407-2008	Maks 12%	
	Magnesium Sulfat		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	SNI 2417-2008	Maks 8%
		500 putaran		Maks 40%
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA	SNI 7619-2012	100/90 *)	
	Lainnya		95/90 **)	
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4791-19 Perbandingan 1 : 5	Maks 5%	
	Lainnya		Maks 10%	
Material lolos ayakan No. 200		SNI ASTM C117-2012	Maks 1%	

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga Spesifikasi Umum 2018

Tabel 2.5 Ukuran Nominal Agregat Kasar Penampung Dingin untuk Campuran Beraspal

Jenis Campuran	Ukuran Nominal Agregat Kasar Penampung Dingin yang diperlukan (mm)			
	5-8	8-11	11-16	16-22
SMA Tipis	Ya	Ya	-	-
SMA Halus	Ya	Ya	Ya	-
SMA Kasar	Ya	Ya	Ya	Ya

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga Spesifikasi Umum 2018

B. Agregat Halus

Berdasarkan SNI 03-6820 (2002), agregat halus adalah agregat besar butir maksimum 4,76 mm berasal dari alam atau hasil alam, sedangkan agregat halus olahan adalah agregat halus yang dihasilkan dari pemecahan dan pemisahan butiran dengan cara penyaringan atau cara lainnya dari batuan atau terak tanur tinggi. Berdasarkan ASTM C33 agregat halus umumnya berupa pasir dengan partikel butir lebih kecil dari 5 mm atau lolos saringan No.4 dan

tertahan pada saringan No.200. Ketentuan mengenai agregat kasar untuk campuran aspal panas ditunjukkan pada tabel 2.6 berikut:

Tabel 2.6 Ketentuan Agregat Kasar Campuran Beraspal Panas

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemasatan	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 2018

2.4.2 Aspal

Aspal berasal dari alam atau dari pengolahan minyak bumi. Aspal atau bitumen adalah suatu cairan kental yang merupakan senyawa hidrokarbon dengan sedikit mengandung sulfur, oksigen, dan klor. Aspal sebagai bahan pengikat dalam perkerasan lentur mempunyai sifat viskoelastis.

a. Jenis Aspal

Sukirman (1999) mengklasifikasikan aspal berdasarkan asal dan proses pembentukannya aspal diklasifikasikan berdasarkan:

- 1). Aspal alam, dibedakan menjadi:
 - a) Aspal gunung (*rock asphalt*), contohnya aspal dari Pulau Buton.
 - b) Aspal danau (*lake asphalt*), contohnya aspal dari Bermudez, Trinidad.
- 2). Aspal buatan, dibedakan menjadi:
 - a) Aspal minyak, merupakan hasil penyulingan minyak bumi.
 - b) Ter, merupakan hasil penyulingan batu bara.

b. Fungsi Aspal sebagai Material

Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara sesama aspal serta aspal juga berfungsi sebagai bahan pengisi, mengisi rongga antara butir agregat dan pori – pori yang ada di dalam butir agregat itu

sendiri. Persyaratan aspal yang digunakan pada campuran SMA akan dijelaskan dalam Tabel 2.7 sebagai berikut ;

Tabel 2.7 Persyaratan Aspal yang digunakan pada SMA

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal pen. 60/70	Tipe II Aspal yang Dimodifikasi		
				A	B	C
				Asbuton yang diproses	Elastomer Alam (latex)	Elastomer Sintetis
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60/70	Min.50	50-70	Min 40
2	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥48	≥53	-	≥54
3	Daktilitas pada 25°C ,(cm)	SNI 2432:2011	≥100	≥100	≥100	≥100
4	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥232	≥233	≥234	≥235
5	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	ASTM D2042	≥99	≥90(*)	≥99	≥99
6	Berat Jenis Aspal	SNI 2441:2011	≥1.0	≥1.0	≥1.0	≥1.0
7	Stabilitas penyimpanan Perbedaan Titik lembek (°C)	ASTM D 5976 PART 6.1 SNI2434:2011	-	≤2.2	≤2.2	≤2.2
8	Berat Yang Hilang (%)	SNI 06-2440-1991	≤0.8	≤0.8	-	-
9	Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 2456:2011	≥54	≥54	≥54	≥54
10	Keelastisan setelah pengembalian (%)	AASHTO T301-99	-	-	>45	>60
11	Daktilitas 25°C ,(cm)	SNI 2432:2011	≥100	≥50	≥50	-
12	Partikel yang lebih luas dari 150 mikron (µm) (%)		min. 95 (*)			

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga Spesifikasi Umum 2018

2.4.3 Serat Selulosa

Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 yang dirujuk pada ketentuan AASHTO T30 (2014) serat selulosa yang digunakan pada campuran SMA penambahan kadarnya sekitar 0,3 persen terhadap berat total campuran dengan tujuan dapat mencegah drain down. Serat selulosa dalam campuran SMA diharuskan memenuhi spesifikasi pada Tabel 2.8 sebagai berikut:

Tabel 2.8 Spesifikasi 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

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga Spesifikasi Umum 2018

2.5 Tongkol Jagung

Safitri (2018) menyatakan bahwa tongkol pada jagung merupakan bagian dalam organ betina tempat bulir duduk menempel. Tongkol jagung tersusun atas senyawa kompleks lignin, hemiselulosa dan selulosa. Pemanfaatan jagung saat ini sangat beraneka ragam mulai bahan pangan hingga bioenergi. Buah jagung terdiri dari 40 – 50 % limbah yang berupa tongkol jagung. Sehingga dari jumlah limbah tersebut dapat dikatakan cukup banyak dan akan menjadi sangat potensial jika dapat dimanfaatkan secara tepat .

Tongkol jagung merupakan simpanan makanan untuk pertumbuhan biji jagung bervariasi antara 8 – 42 cm. Garis tengah tongkol jagung pada umumnya 3–5 cm, tetapi tongkol yang besar dapat mencapai garis tengah 7.5 cm .Komposisi serat dalam tongkol jagung dapat dilihat pada Tabel 2.9 berikut:

Tabel 2.9 Komposisi Selulosa pada Beberapa Biomassa

Biomassa	Komposisi (% Kering)		
	Selulosa	Hemicelulosa	Lignin
Serat Jagung	15	35	8
Tongkol Jagung	42	33	18
Brangkasan	40	25	17
Jerami	35	25	12
Jerami Gandum	30	50	20
Bagas Tebu	40	24	25

Sumber : Saha (2003)

Menurut Johnson (1991) tongkol jagung merupakan limbah yang belum banyak dimanfaatkan. Tongkol jagung memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi. Kandungan selulosa yang cukup tinggi ini membuat tongkol jagung dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah dalam pembuatan *Split Mastic Asphalt*.

2.6 Karakteristik Marshall

Adapun karakteristik yang harus dimiliki oleh campuran perkerasan jalan untuk mengetahui kinerjanya adalah sebagai berikut :

2.6.1 Stabilitas / *Stability*

Menurut Sukirman (1999) 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.

2.6.2 *Flow* / Kelelehan

Kelelehan adalah keadaan dimana terjadi perubahan bentuk pada suatu campuran aspal yang disebabkan oleh akibat suatu beban, dinyatakan dalam satuan mm. Parameter kelelehan digunakan untuk mengetahui nilai deformasi (perubahan bentuk) vertikal campuran pada saat diberikan beban hingga hancur (pada saat stabilitas maksimum).

2.6.3 *Voids in Mix* (VIM) / Rongga Udara dalam Campuran

VIM adalah prosentase volume rongga dan volume total campuran setelah dipadatkan, dinyatakan dalam nilai %. VIM berguna 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).

2.6.4 *Void in the Mineral Agregat (VMA)* / Rongga di antara Mineral Agregat

VMA yaitu ruang yang di antara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, volume aspal efektif dan termasuk rongga udara. VMA banyak ditemukan terdapat pada 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.

2.6.5 *Void Filled with Asphalt (VFA)* / Rongga Terisi Bitumen

Void Filled with Bitumen (VFA) adalah rongga yang terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan yang dinyatakan dalam bentuk (%) terhadap rongga antar butir agregat (VMA). Faktor faktor yang mempengaruhi VFA antara lain kadar aspal, gradasi agregat, energi pemadatan, dan pemanasan aspal.

2.6.6 Marshall Quotient (MQ)

Menurut Sukirman (1999) *marshall quotient* adalah hasil bagi dari nilai stabilitas dengan nilai flow yang digunakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan campuran. Lapis keras yang mempunyai nilai *marshall quotient* yang sangat tinggi akan mudah terjadi retak-retak akibat beban lalu lintas. Sebaliknya jika nilai *marshall quotient* yang cenderung sangat rendah menunjukkan campuran terlalu fleksibel yang dapat mengakibatkan perkerasan mudah berubah bentuk jika menahan beban lalu lintas.

2.7 Menentukan Estimasi Kadar Aspal Awal

Setelah dilakukan perencanaan proporsi masing-masing agregat , dilakukan perhitungan estimasi kadar aspal optimum. Perhitungan digunakan menggunakan metode dari Depkimpraswil (2004). Cara perhitungan akan ditunjukkan pada Rumus 2.1 berikut:

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + \text{konstanta} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

P_b = % kadar aspal awal terhadap berat total campuran.

$\%CA$ = % agregat kasar (*coarse aggregate*) terhadap berat total agregat.

$\%FA$ = % agregat halus (*fine aggregate*) terhadap berat total agregat.

$\%FF$ = % filler terhadap berat total agregat.

K = Nilai konstanta kira-kira 0,5 sampai 1,0 untuk Laston dan 2,0 sampai 3,0 untuk Lataston. Untuk jenis campuran lain digunakan nilai 1,0 sampai 2,5.

2.8 Pengukuran Volumetrik

Campuran perkerasan aspal terdiri dari aspal serta agregat. Campuran perkerasan aspal dirancang sedemikian rupa guna melayani lalu lintas dan terhadap pengaruhnya di lingkungan sekitar. Kinerja campuran beraspal yang ditentukan oleh *volumetric* campuran terdiri atas:

2.8.1. Pengukuran Berat Jenis dan Penyerapan

Pemeriksaan berat jenis agregat didasarkan acuan spesifikasi Bina Marga tahun 2018 (SNI 1970; 2016). Yang terdiri dari:

a. Berat Jenis Bulk Agregat

Tiap susunan agregat memiliki berat jenis yang berbeda untuk itu, berat jenis bulk (G_{sb}) agregat total dihitung sebagai berikut ini :

$$(G_{sb}) = \frac{P_1+P_2+ \dots +P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

G_{sb} = Berat jenis *bulk* total agregat.

P_1, P_2, P_3 = Persentase setiap fraksi agregat.

G_1, G_2, G_3 = Berat jenis bulk tiap fraksi agregat.

Berat jenis *bulk* untuk bahan tambahan sulit ditentukan dengan teliti. Namun jika berat jenis nyata (*apparent*) bahan pengisi dimasukkan, maka penyimpangan yang timbul dapat diabaikan.

b. Berat Jenis Efektif Agregat

Rongga dalam partikel agregat yang menyerap aspal atau yang dapat disebut dengan berat jenis efektif agregat (*Gse*), ditentukan dengan Rumus 2.3 berikut:

$$(Gse) = \frac{P_1+P_2+ \dots+P_n}{\frac{P_1}{Gse_1} + \frac{P_2}{Gse_2} + \dots + \frac{P_n}{Gse_n}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

- Gse* = Berat jenis efektif total agregat.
P1,P2,P3 = Persentase setiap fraksi agregat.
Gs1,Gs2,Gs3 = Berat jenis *bulk* tiap fraksi agregat.

c. Penyerapan Aspal

Perhitungan penyerapan aspal akan dinyatakan dalam satuan persentase yang dapat ditentukan dengan Rumus 2.4 berikut :

$$(Pba) = 100 \frac{Gse-Gsb}{Gse, Gsb} Gb \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

- Gsb* = Berat jenis *bulk* total agregat.
Pba = Penyerapan Aspal.
Gse = Berat jenis efektif.
Gb = Berat jenis aspal.

2.8.2. Penentuan Rongga diantara Mineral Agregat (VMA)

Penentuan VMA terhadap campuran total ditentukan dengan Rumus 2.5 untuk VMA terhadap campuran dan Rumus 2.6 terhadap berat agregat total sebagai berikut:

a. Terhadap Total Campuran

$$(VMA) = 100 \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

VMA = Rongga di antara mineral agregat, persen volume *bulk*.

Gsb = Berat jenis *bulk* agregat.

Gmb = Berat jenis *bulk* campuran padat.

Ps = Kadar agregat, persen total campuran.

b. Terhadap Berat Agregat Total

$$(VMA) = 100 - \frac{Gmb}{Gsb} \times \frac{100}{(100+Pb)} 100 \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

VMA = Rongga di antara Mineral Agregat, persen volume *bulk*.

Gsb = Berat jenis *bulk* agregat.

Gmb = Berat jenis *bulk* campuran padat.

Ps = Kadar agregat, persen total campuran.

2.8.3. Penentuan Rongga dalam Campuran (VIM)

Volume rongga udara dalam persen dapat ditentukan dengan rumus 2.7 berikut:

$$(VIM) = 100 \frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

VIM = Rongga udara campuran, persen total campuran.

Gmm = Berat jenis maksimum campuran.

Gmb = Berat jenis *bulk* campuran padat.

2.8.4. Penentuan Rongga Terisi Aspal (VFA)

Nilai VFA akan dipengaruhi oleh nilai VIM dan VMA yang didapatkan dengan Rumus 2.8 sebagai berikut :

$$(VFA) = \frac{100 (VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots(2.8)$$

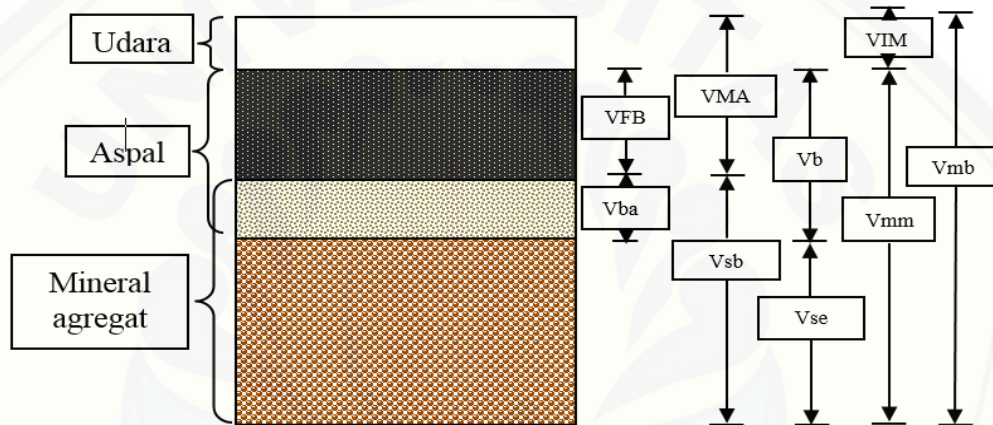
Keterangan:

VIM = Rongga di dalam campuran, persen total campuran

VFB = Rongga berisi aspal, persen VMA

VMA = Rongga di antara Mineral Agregat, persen volume bulk.

Volumetrik suatu campuran perkerasan aspal dapat disimulasikan dalam Gambar 2.1 sebagai berikut :



Gambar 2.1 Volumetrik Campuran Perkerasan Jalan Beraspal (Sumber : Mamangkey;2013)

Dimana :

VIM = Rongga di dalam campuran.

VMA = Volume rongga di antara mineral agregat.

VFB/ VFA = Volume rongga terisi aspal.

Vmb = Volume bulk campuran padat.

Vmm = Volume agregat tanpa rongga.

Vse = Volume mineral agregat.

Vsb = Volume mineral agregat.

Vba = Volume aspal yang diserap agregat.

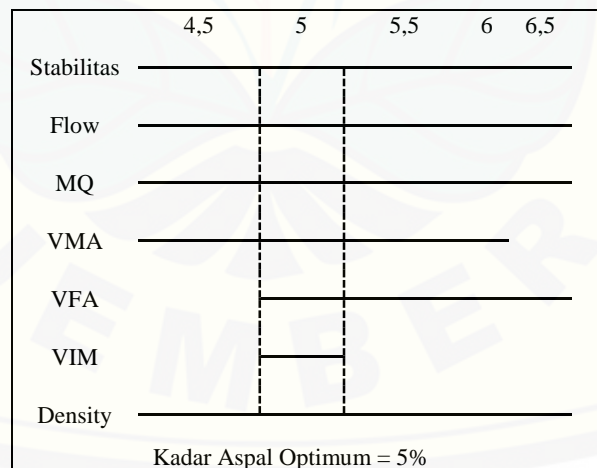
Vb = Volume aspal.

2.9 Pemeriksaan Stabilitas dan *Flow*

Kinerja suatu perkerasan dapat dilihat dari data yang didapatkan saat pengujian marshall. Dengan mengikuti prosedur dari Bina Marga (2018), maka dapat diketahui kekuatan terhadap suatu perkerasan dalam menahan beban lalu lintas dengan nilai stabilitas, serta kelelahan suatu perkerasan yang ditunjukkan dengan nilai *flow*. Alat marshall terdiri atas alat tekan dengan bentuk silinder berdiameter 4 inci dan tinggi 2,5 inci serta dilengkapi dengan proving ring yang berkapasitas 22,2 KN dan *flow* meter. *Proving ring* dilengkapi dengan arloji untuk mengukur stabilitas. Pembacaan arloji disesuaikan dengan faktor koreksi stabilitas yang tertera pada Lampiran 23.

2.10 Kadar Aspal Optimum

Penentuan Kadar Aspal optimum pada campuran SMA dengan bantuan tabel. Beberapa kadar aspal estimasi yang sudah dipilih, dipetakan kadar mana saja yang memenuhi spesifikasi Bina Marga tahun 2018 untuk campuran perkerasan SMA. Diilustrasikan contoh pada Gambar 2.2 berikut :



Gambar 2.2 Contoh Penentuan Kadar Aspal Optimum (Sumber : Modul Praktikum Perkerasan Teknik Sipil – UNEJ)

2.11 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dibutuhkan sebagai referensi agar pengerjaan penelitian memiliki dasar yang kuat. Penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.10 sebagai berikut:

Tabel 2.11 Penelitian Terdahulu

NO	Penulis	Tahun	Metode	Hasil
1.	Anas Tohir	2011	SMA dengan penambahan serat selulosa dedak padi.	Stabilitas campuran perkerasan jalan yang menunjukkan kekuatan dalam menahan beban lalu lintas pada campuran SMA dengan selulosa (dedak padi) sebagai bahan tambah umumnya memenuhi spesifikasi, kecuali pada kadar aspal 7,5% - 8% dengan kadar dedak padi 8% - 9%. Stabilitas tertinggi dicapai pada kadar aspal 5,5 % dan kadar dedak padi 7%. bahan tambah dalam campuran <i>Split Mastic Asphalt</i> (SMA), dengan Kadar Aspal sebesar 6% - 7%.
2.	Metha Rosalia Pratiwi dan Yudith Anastasia Suta	2012	SMA dengan penambahan serat selulosa abu ampas tebu.	Penggunaan abu ampas tebu sebagai bahan tambah pada campuran SMA akan paling berpengaruh terhadap nilai (VIM), dimana korelasi antara abu ampas tebu dengan nilai VIM adalah -0,52. Makin bertambahnya kadar abu ampas tebu maka nilai VIM akan mengalami penurunan. Sedangkan untuk nilai karakteristik campuran yang lainnya (VMA, stabilitas, flow, dan MQ), pengaruhnya sangat kecil.
3.	Nur Dyah Rachmawati dan Joko Sugandono	2001	SMA dengan penambahan serat selulosa sabut kelapa.	Stabilitas memiliki nilai maksimum sebesar 1556,56 kg pada kadar aspal 6,5% dan nilai minimum sebesar 1231,19 kg pada kadar aspal 7,0% dan memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga yaitu 750 Kg.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan yang harus dilakukan dalam penelitian guna penyelesaian tugas akhir ini antara yaitu penentuan lokasi penelitian, gambaran jenis penelitian, pelaksanaan penelitian, variabel yang digunakan pada penelitian, analisa data, pembahasan, serta kesimpulan dan saran.

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Transportasi Teknik, Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember di Jalan Slamet Riyadi, Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember, Jawa Timur, 68111.

3.2 Jenis Penelitian

Data penelitian adalah data yang didapatkan dari hasil pengujian di Laboratorium Transportasi Teknik, Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember. Peralatan yang digunakan adalah alat uji tekan Marshall kemudian dapat diketahui kuat tekan pada aspal dan parameter-parameter yang akan dicari yaitu nilai *density*, stabilitas, *flow*, VIM, VMA , VFA dan *marshall quotient*.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini menggunakan uji marshall yang bertujuan mengetahui karakteristik dari masing masing benda uji. Perencanaan benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Rencana Benda Uji

Benda Uji	Variasi	Jumlah benda uji per varians	Total
Kadar Aspal Optimum	5 varians kadar aspal.	3	15
SMA + Serat Tongkol Jagung	1 varians hasil KAO + 5 Varians (0,15%; 0,3%; 0,45%, 0,6%; 0,75%) kadar serat tongkol jagung terhadap berat campuran.	3	15
		TOTAL	30

Berikut merupakan tahapan dalam penelitian:

3.3.1. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Agregat Halus
- b. Agregat Kasar
- c. Aspal AC 60/70
- d. Serat selulosa tongkol jagung

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

- a. Pengujian Agregat Halus
 - 1) Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan (SNI 1970 : 2016)
 - 2) Analisa Saringan (SNI ASTM C136:2012)
- b. Pengujian Agregat Kasar
 - 1) Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan (SNI 1969 : 2016)
 - 2) Analisa Saringan (SNI ASTM C136:2012)
 - 3) Uji Keausan (Los Angeles) (SNI 2417 : 2008)
- c. Pengujian Bitumen
 - 1) Berat Jenis Aspal (SNI 2441 : 2011)
 - 2) Daktilitas (SNI 2432 : 2011)
 - 3) Penetrasi (SNI 2456 : 2011)
 - 4) Kehilangan Berat Minyak (SNI 2438 : 2015)

- 5) Titik Lembek (SNI 2434 : 2011)
- d. Pengujian Serat Selulosa
 - 1) Analisa Saringan (ASSHTO T305 : 2015)
 - 2) Kadar Air (ASSHTO T305 : 2015)

3.3.2 Tahapan Persiapan

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

- a. Studi literatur, mempelajari beberapa jurnal, buku, Bina Marga tahun 2018 dan 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 tongkol jagung.
- d. Pengujian awal pada material atau bahan yang akan digunakan untuk memenuhi persyaratan.

3.3.3 Tahapan Pengolahan dan Pengujian Serat Selulosa Alami Tongkol Jagung

Tongkol jagung yang digunakan berasal dari jagung dengan jenis varietas Bisi-18 yang banyak ditemukan di Kecamatan Cermee, Kabupaten Bondowoso. Tongkol jagung sebagai serat selulosa alami harus melalui beberapa pengolahan dan pengujian sesuai dengan ketentuan yang diatur oleh Spesifikasi Umum Bina Marga (2018) sehingga dapat memperoleh mutu serat yang sama sebagai serat selulosa yang digunakan sebagai bahan aditif dalam campuran *Split Mastic Asphalt*. Sebelum melakukan pengujian terhadap tongkol jagung dilakukan beberapa langkah pengolahan sebagai berikut :

- a. Pembersihan tongkol jagung dari kotoran yang menempel;

- b. Penjemuran tongkol jagung selama 3 hari pada terik matahari sampai kadar air yang terkandung di dalam hilang sehingga didapatkan tongkol jagung yang lebih rapuh dan mudah dihancurkan;
- c. Pemotongan tongkol jagung kering menjadi bagian lebih kecil untuk mempermudah proses penggilingan;
- d. Penggilingan tongkol jagung yang sudah dipotong untuk dijadikan bubuk /dedak;
- e. Pengovenan tongkol jagung yang sudah diolah menjadi dedak atau serat kemudian untuk menghilangkan kadar air dalam serat tongkol jagung.

Setelah dilakukan pengolahan tongkol jagung menjadi dedak maka dilanjutkan proses pengujian untuk menyamakan mutu serat selulosa yang sudah diatur dengan ketentuan dalam Bina Marga 2018. Pengujian ini meliputi :

- a. Pengujian analisa saringan;
- b. Pengujian kadar air.

Setelah dilakukan pengujian terhadap dedak tongkol jagung, maka dapat dilanjutkan ke proses pencampuran ke campuran *split mastic asphalt* yang ditambahkan ke dalam campuran berdasarkan variasi kadar serat selulosa yang ditentukan terhadap berat total campuran serta sudah didapat rancangan gradasi serat tongkol jagung untuk ditambahkan pada campuran SMA. Kadar variasi serat selulosa dari tongkol jagung pada penelitian ini direncanakan dengan mengacu pada pernyataan “penambahan serat selulosa dalam campuran SMA berkisar pada 0,3% dari total campuran” pada spesifikasi umum Bina Marga 2018 untuk perkerasan jalan. Sehingga perlu dilakukan beberapa trial agar mendapatkan beberapa kadar yang tepat pada penelitian ini. Setelah dilakukan percobaan dapat ditentukan bahwasannya dipakai kadar selulosa (0,15%; 0,30%; 0,45%; 0,60%; 0,75%) dari total keseluruhan berat campuran.

3.3.4 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Tahap pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut :

- a. Perencanaan Gradasi Agregat.

Perencanaan gradasi agregat menggunakan hasil pengujian analisa saringan.

b. Perhitungan Nilai Aspal Ideal

Dihitung nilai aspal ideal untuk campuran, sesuai dengan rumus dari spesifikasi Depkimpraswil 2002 sesuai dengan Bina Marga (2018).

$$P = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\% \text{ filler}) + K$$

Dimana :

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 No.200

Filler = persen agregat minimal 75% lolos No. 200

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

Dari hasil perhitungan akan didapatkan nilai tengah dimana nilai persentase tersebut didapatkan 5 variasi kadar aspal dengan menambahkan 0,5% dan mengurangi 0,5% nilai tengah dari hasil perhitungan. 5 variasi kadar aspal dibuat sampel sebanyak 3 buah untuk masing masing kadar guna mencari kadar aspal paling optimum dalam campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA).

c. Persiapan campuran

Persiapan campuran dilakukan sebagai suatu langkah untuk memastikan material yang digunakan dapat digunakan untuk pembuatan campuran perkerasan SMA. Berikut adalah langkah persiapan campuran perkerasan *Split Mastic Asphalt* dalam penelitian ini:

- 1) Pengeringan agregat pada temperatur 105° C - 110° C sekurang kurangnya selama 4 jam di dalam oven;
- 2) Agregat dikeluarkan dari dalam oven dan tunggu sampai beratnya tetap;
- 3) Pemisahan agregat ke dalam beberapa fraksi yang dikehendaki dengan cara penyaringan dan melakukan penimbangan;
- 4) Pengujian kekentalan aspal untuk memperoleh temperatur pencampuran dan pemadatan;

- 5) Pemanasan agregat pada temperatur 28°C di atas temperatur pencampuran sekurang kurangnya 4 jam di dalam oven;
- 6) Pemanasan aspal sampai mencapai kekentalan (viskositas) yang disyaratkan untuk pekerjaan pencampuran dan pemadatan.
- 7) Pencampuran benda uji
 - a) Perencanaan campuran gradasi agregat dan zat additive (jika ada) sebanyak ± 1200 gram diperlukan untuk setiap benda uji;
 - b) Pemanasan wadah pencampur pada suhu $\pm 28^{\circ}\text{C}$ diatas temperatur pencampuran aspal keras;
 - c) Agregat yang telah dipanaskan dimasukkan ke dalam wadah pencampur;
 - d) Pencampuran gradasi serat tongkol yang dibutuhkan ke dalam campuran agregat;
 - e) Pengadukan sampai suhu mencapai 80 derajat celcius;
 - f) Penambahan aspal yang sudah mencapai tingkat kekentalan sebanyak yang dibutuhkan dituangkan ke dalam agregat yang sudah dipanaskan; lalu aduk dengan cepat sampai agregat terselimuti , pastikan semua agregat dan serat tongkol jagung yang ditambahkan sudah terselimuti seluruhnya oleh aspal; dan
 - g) Penuangan campuran ke dalam cetakan.
- 8) Pemadatan benda uji
 - a) Pembersihan perlengkapan cetakan benda uji dan bagian muka penumbuk sebelum pemakaian dengan saksama dan dipanaskan sampai suhu antara 90°C - 150°C ;
 - b) Penempatan landasan pematat diletakkan di atas dan ditahan dengan pemegang cetakan;
 - c) Penempatan kertas saring atau kertas penghisap pada atas permukaan benda uji dengan ukuran sesuai cetakan;

- d) Pencampuran dengan memasukkan ke dalam cetakan dan tusuk-tusuk campuran dengan spatula yang telah dipanaskan sebanyak 15 kali di sekeliling pinggirannya dan 10 kali di bagian tengahnya;
 - e) Pemadatan campuran dengan temperatur yang disesuaikan dengan kekentalan aspal, dengan jumlah tumbukan : a.)75 kali untuk lalu lintas berat; b.) 50 kali untuk lalu lintas sedang ; c.) 35 kali untuk lalu lintas ringan;
 - f) Pemadatan kembali setelah dibalik dengan jumlah tumbukan yang sama sesuai dengan langkah 5);
 - g) Penempatan benda uji setelah dilakukan pemadatan di atas permukaan yang rata dan beri tanda pengenal serta biarkan selama kira-kira 24 jam pada temperatur ruang.
- d. Penentuan Kinerja Marshall untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum
- Penentuan kadar aspal optimum dilakukan dengan menentukan karakteristik marshall 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 (volumetrik).
 - 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 pemanas air sampai tercapainya beban maksimum saat pengujian tidak boleh melebihi 30 detik, lalu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- a) Perendaman benda uji dalam pemanas air selama 30-40 menit dengan temperatur tetap $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ untuk benda uji.
 - b) Peletakan setelah benda uji dari pemanas air pada bagian bawah alat penekan uji marshall.
 - c) Pemasangan bagian atas penekan uji marshall di atas benda uji dan ditempatkan seluruhnya dalam mesin uji marshall.
 - d) 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.
 - e) Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji.
 - f) Pemberian beban pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50,8 mm (2 inci) per menit membuat pembebanan maksimum tercapai, untuk pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (stabilitas) yang dicapai.
 - g) Pencatatan nilai pelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum dicapai.
- 3) Analisa dilakukan pada data untuk mencari parameter yang dibutuhkan (VMA, VIM, VFA, *density*, stabilitas, pelelehan, dan MQ). Cari nilai maksimum pada parameter untuk digunakan sebagai nilai kadar aspal optimum.
 - 4) Setelah didapatkan satu kadar aspal yang paling optimum, maka kadar tersebut akan dipakai sebagai kadar aspal yang digunakan dalam campuran SMA dengan beberapa varians kadar selulosa.
- e. Pembuatan Benda Uji dengan Variasi Kadar Serat Selulosa Tongkol Jagung
- Pembuatan benda uji dengan variasi penambahan serat tongkol jagung (0,15%; 0,30%; 0,45%; 0,60%; 0,75%) dari total campuran perkerasan SMA. Masing-

masing variasi sebanyak 3 sampel benda uji. Berikut adalah prosedur pembuatan benda uji dengan menggunakan serat selulosa:

- 1) Penentuan gradasi serat selulosa yang dicampurkan dalam SMA didapatkan dari hasil dari pengujian analisa saringan terhadap serat selulosa menggunakan spesifikasi AASHTO T305-2014;
- 2) Penggunaan kadar aspal hasil dari penentuan kadar aspal optimum untuk campuran SMA dengan serat selulosa;
- 3) Perencanaan gradasi agregat ditambahkan gradasi serat selulosa;
- 4) Prosedur persiapan campuran sama sesuai dengan langkah c;
- 5) Pengujian sesuai dengan langkah d;
- 6) Analisis data data untuk mencari parameter yang dibutuhkan (VMA, VIM, VFA, stabilitas, *flow*, *density* dan MQ). Mencari nilai maksimum pada parameter dan membuat kesimpulan kinerja campuran aspal dengan selulosa serat tongkol jagung. Kadar serat selulosa paling optimum ditentukan dengan membandingkan kinerja *marshall* kekuatan dalam menahan beban lalu lintas antara campuran SMA dengan menggunakan serat selulosa dan campuran SMA tanpa menggunakan serat selulosa.

3.4 Analisis Data

Setelah diperoleh hasil pengujian dari seluruh sampel benda uji maka dilakukan analisa sebagai berikut:

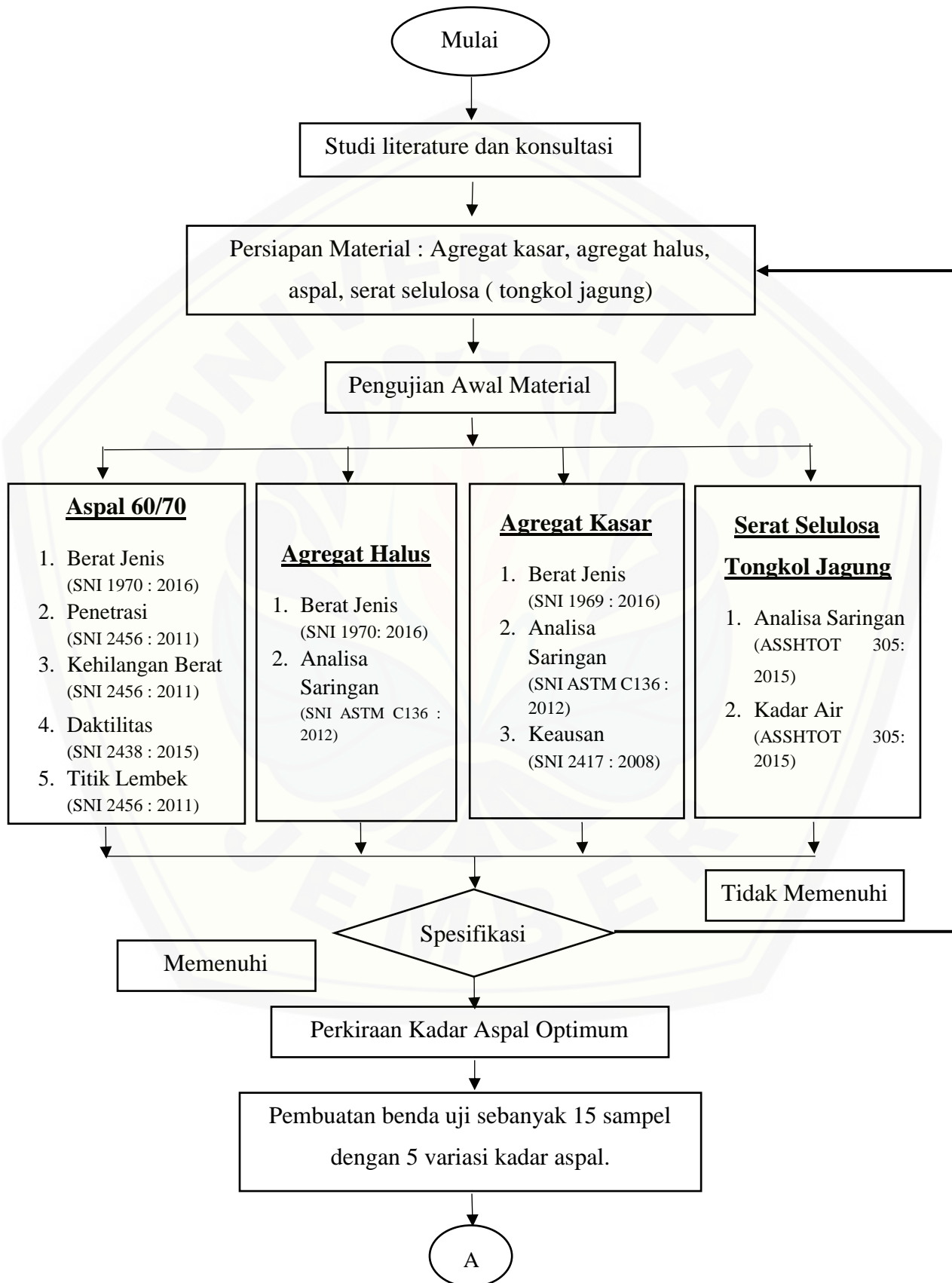
- a. Data hasil pengujian yang berupa data karakteristik marshall dari seluruh benda uji dibandingkan untuk melihat perbedaan hasil antara sampel benda uji yang menggunakan variasi campuran dengan kadar selulosa yang berbeda;
- b. Hasil kinerja marshall yang didapatkan diolah dan dilakukan penyesuaian data dengan spesifikasi yang digunakan;
- c. Penyimpulan hasil pengujian dan diambil yang paling optimum dari seluruh hasil uji marshall yang dilakukan dengan berbagai komposisi campuran dengan

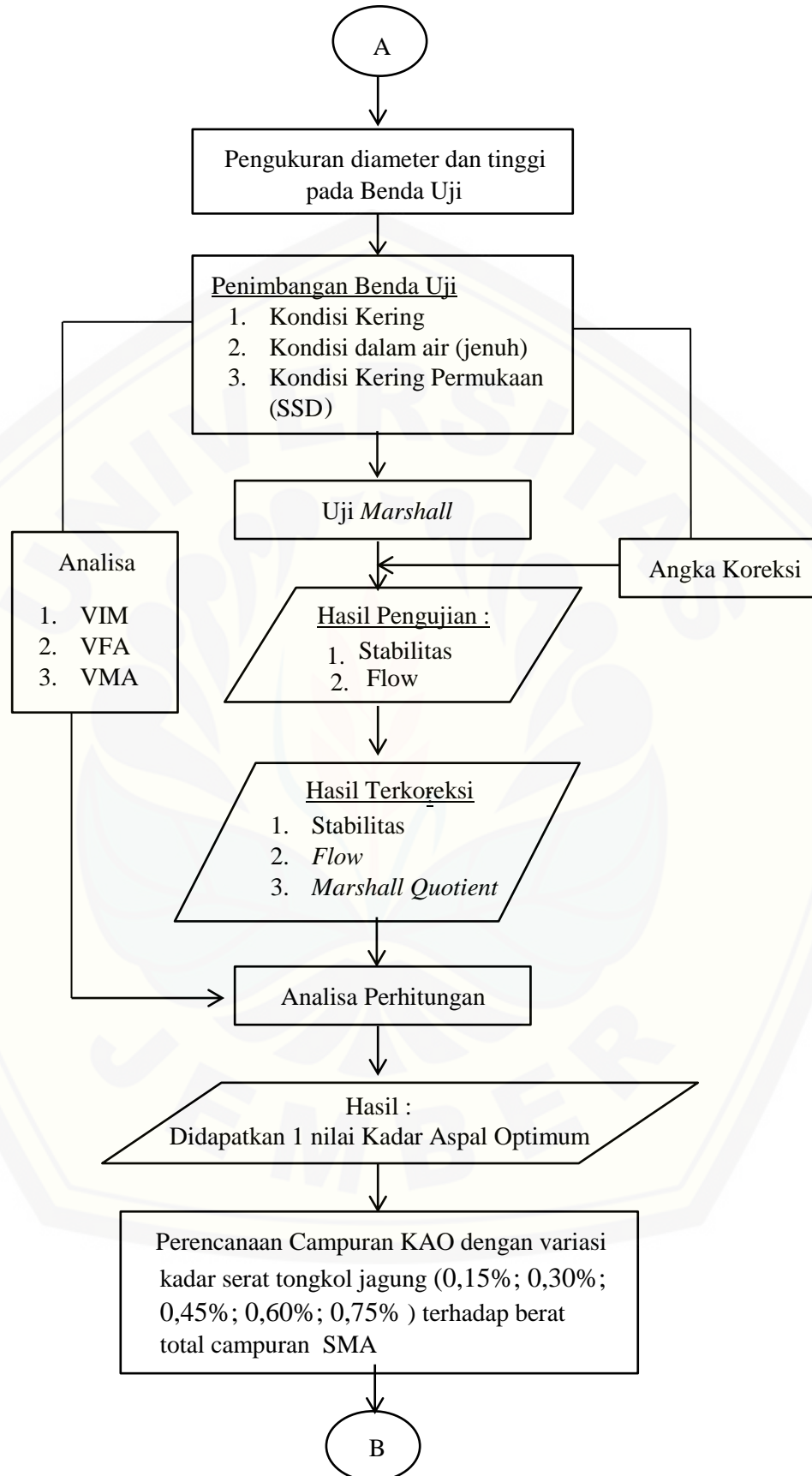
membandingkan dengan hasil uji marshall campuran SMA tanpa menggunakan serat selulosa;

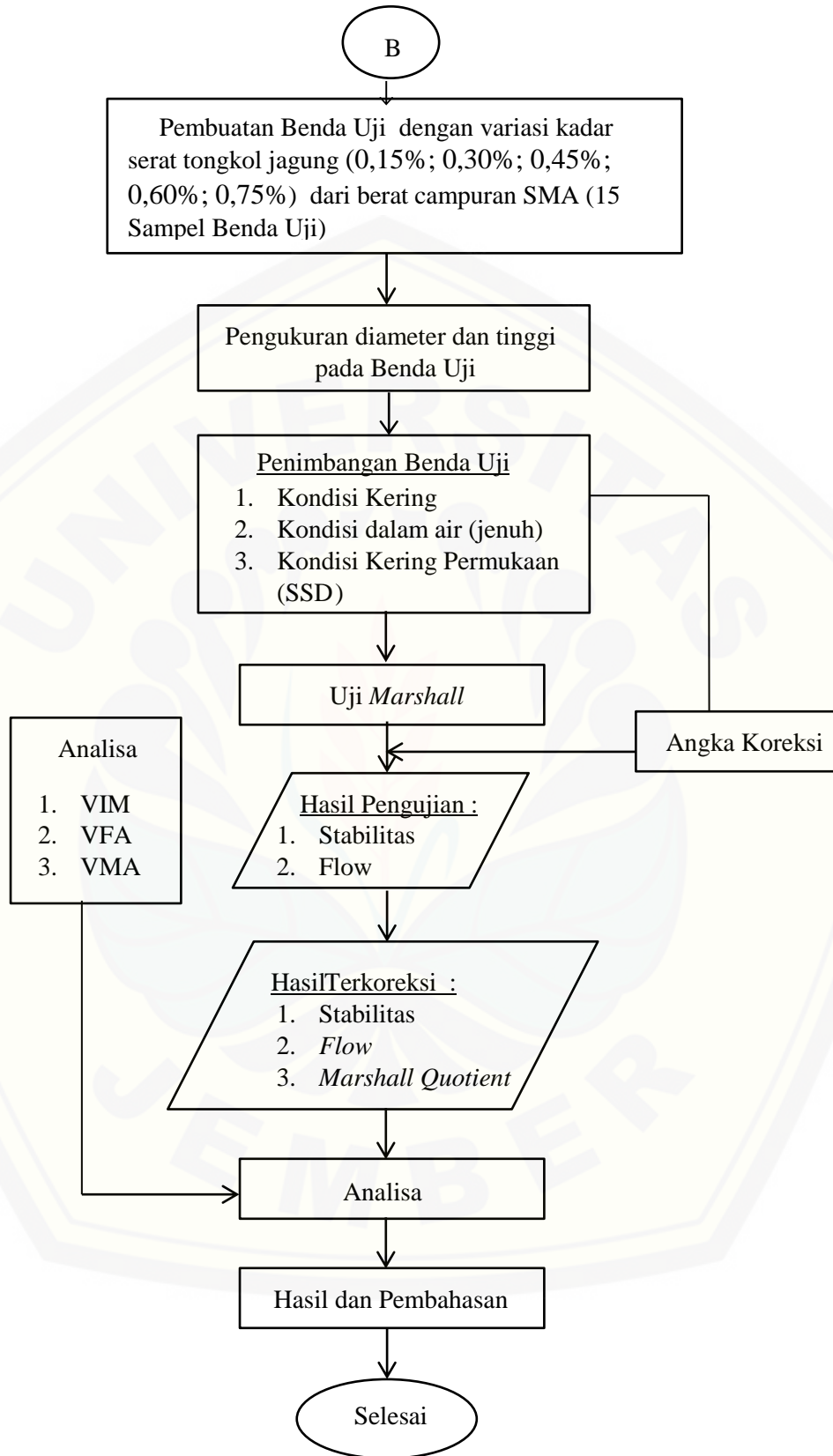
- d. Penganalisaan pengaruh penambahan variasi serat selulosa tongkol jagung sebagai bahan aditif terhadap uji marshall.

Penelitian ini menghasilkan karakteristik marshall berupa kepadatan, VMA, VIM, VFA, stabilitas, *flow*, *density* dan MQ. Perangkat lunak (*software*) yang diolah menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel yang digunakan sebagai alat bantu untuk menampilkan hasil analisa dari data yang ditampilkan dalam bentuk grafik. Sedangkan untuk perangkat keras (*hardware*) yang digunakan adalah timbangan, alat tulis, serta *hand counter*.

3.5 Diagram Alir Penelitian







BAB 5. PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kinerja *marshall* yang didapatkan setelah dilakukan uji laboratorium untuk Campuran *Split Mastic Asphalt* dengan menggunakan serat tongkol jagung sebagai serat selulosa alami dengan gradasi varians 0,15%; 0,30%; 0,45%; 0,60%; dan 0,75% terhadap total berat campuran, didapatkan kesimpulan bahwa seiring dengan penambahan serat selulosa alami tongkol jagung dapat mempengaruhi karakteristik marshall yaitu stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA, MQ, *density*. Hanya pada penambahan kadar serat selulosa 0,15% sampai dengan 0,45% nilai karakteristik marshallnya lolos spesifikasi Bina Marga. Pada kadar serat selulosa 0,6% nilai karakteristik VIM tidak lolos spesifikasi, dan pada kadar serat selulosa 0,75% tidak memenuhi spesifikasi untuk karakteristik VIM dan *flow*.

Sehingga untuk kadar optimum kadar serat selulosa yang ditambahkan untuk campuran SMA dipilih kadar 0,15% sampai dengan 0,3%, karena pada range kadar tersebut terjadi peningkatan kinerja kekuatan paling baik serta seluruh karakteristiknya lolos spesifikasi Bina Marga tahun 2018.

5.2 SARAN

Penelitian mengenai campuran SMA dengan menggunakan serat selulosa tongkol jagung masih dirasa banyak kekurangan, sehingga perlu didapatkan saran untuk menyempurnakan penelitian ini. Dari hasil penelitian yang sudah didapatkan dengan pengujian di laboratorium, maka didapatkan saran sebagai berikut:

- a. Perlunya pengkajian lebih lanjut tentang sifat fisik dan mekanik serat tongkol jagung dalam pencampuran aspal.
- b. Perlunya pertimbangan analisa biaya jika campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) menggunakan serat selulosa tongkol jagung coba diterapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Blazejowski, K., 2011. *Stone Matrix Asphalt Theory and Practice*. London, New York: CRC Press: Taylor and Francis Group.
- Johnson, L. A. 1991. Corn : *Production, Processing, and Utilization*. In: *K.J. Lorentz and K. Pulp (ed)*. Handbook of Cereal Science and Tecnology. New York : Marcell Dekker, Inc.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat., 2016. *Buku Induk Statistik, Pusat Data dan Teknologi Informasi*.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2018. Kementan Pastikan Produksi Jagung Nasional Surplus. Tersedia pada : <https://www.pertanian.go.id> diakses pada 21 Agustus 2019.
- Mamangkey, R., 2013. *Kajian Laboratorium Sifat Fisik Agregat yang Mempengaruhi Nilai VMA pada Campuran Beraspal Panas HRS-WC*. Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.3, 196-201.
- Modul Petunjuk Praktikum Perkerasan Jalan, Laboratorium Transportasi, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Jember.
- Nicholls, J. C. (1998). *Asphalt Surfacing*. New York: E & FN SPON.
- Pratiwi, M., 2012. *Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Nilai Karakteristik Split Mastic Asphalt (SMA)*. Jurnal Civitas Akademik UB, Tersedia pada tanggal 13 Febuari 2012.

- Rachmawati, D., 2001. *Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa Sebagai Bahan Pengganti Serat Selulosa Pada Campuran SMA (Split Mastic Asphalt)*, Tugas Akhir Strata 1, jurusan Teknik Sipil, FTSP UII, Yogyakarta
- Safitri, M., 2018. *Konversi Selulosa Limbah Tongkol Jagung Menjadi Gula Alkohol Menggunakan Nanokatalis Ni (1-x)ZnxFe2O4.*, Tesis Magister Ilmu Kimia, FMIPA UNILA, Lampung.
- Saha, B. C. 2003. *Hemicellulose Bioconversion*. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 30, 279-291.
- Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 (revisi 3) Divisi 6 (Perkerasan Aspal). Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Suaryana, N., 2012. *Kajian Material Stone Matrix Asphalt Asbuton Berdasarkan Kriteria Deformasi Permanen*. Jurnal Jalan – Jembatan, Vol. 29, No.2, 66 – 81.
- Sukirman, S., 1999. *Perkerasan Lentur lalan Raya*, Nova, Bandung.
- Tahir, A., 2011. *Kinerja Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) yang Menggunakan Serat Selulosa Alami Dedak Padi*. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi, Vol.1, No.1, 27-4.

Lampiran 1.



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER

LABORATORIUM TRANSPORTASI

FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL

Alamat: Jl. Slamet Riyadi 62 Jember 68111, Telp. (0331)410241, Facsimile (0331)410241

Proyek : Perencanaan Perkerasan Split Mastic Asphalt
Pekerjaan : Uji Berat Jenis dan Peyerapan Agregat Kasar (Coarse Agregat)
Lokasi : Lab. Transportasi Teknik

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR

Tanggal Mulai : 05 September 2019
Tanggal Selesai : 06 September 2019
Jenis Material : Agregat Kasar (Coarse Agregat)
Sumber/asal : CV. Sunan Muria, Jember

Hasil Pengujian :

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

Lampiran 2.



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER

LABORATORIUM TRANSPORTASI

FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL

Alamat Jl. Slamet Riyadi 62 Jember 68111, Telp. (0331)410241, Facsimile (0331)410241

Proyek : Perencanaan Perkerasan Split Mastic Asphalt
Pekerjaan : Uji Berat Jenis Agregat Kasar (Medium Agregat)
Lokasi : Lab. Transportasi Teknik

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR

Tanggal Mulai :
Tanggal Selesai :
Jenis Material : Agregat Kasar (Medium Agregat)
Sumber/asal : Cv. Sunan Muria, Jember
Hasil Pengujian :

Benda Uji		I	II	Rerata
A	Berat benda uji kering oven (gram)	3.453,70	3.949,30	3701,50
B	Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)	3.500,60	4.001,70	3751,15
C	Berat benda uji di dalam air (gram)	2.169,30	2.477,40	2323,35
D	Berat Jenis (bulk) $\frac{A}{B - C}$	2,59	2,59	2,59
E	Berat Jenis kering permukaan jenuh $\frac{B}{B - C}$	2,63	2,63	2,63
F	Berat jenis semu (apparent) $\frac{A}{A - C}$	2,69	2,68	2,69
G	Penyerapan $\frac{(B - A)}{A} \times 100\%$	1,36	1,33	1,34

Lampiran 3.



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER

LABORATORIUM TRANSPORTASI

FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL

Alamat: Jl. Slamet Riyadi 62 Jember 68111, Telp. (0331)410241, Facsimile (0331)410241

Proyek : Perencanaan Perkerasan Split Mastic Asphalt
Pekerjaan : Uji Berat Jenis dan Peyerapan Agregat Kasar (Cost Agregat)
Lokasi : Lab. Transportasi Teknik

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

Hasil Pengujian :

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) $\frac{B}{(E + A - F)}$	2,09	2,10	2,09
H	Berat Jenis kering permukaan jenuh $\frac{A}{(E + A - F)}$	2,29	2,31	2,30
I	Berat jenis semu (apparent) $\frac{B}{(E + B - F)}$	2,61	2,66	2,63
J	Penyerapan $\frac{(A - B)}{B} \times 100\%$	9,56	9,97	9,76

Lampiran 4.



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER

LABORATORIUM TRANSPORTASI

FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL

Alamat Jl. Slamet Riyadi 62 Jember 68111, Telp. (0331)410241, Facsimile (0331)410241

Proyek : Perencanaan Perkerasan Split Mastic Asphalt
Pekerjaan : Uji Berat Jenis dan Peyerapan Agregat Kasar (Cost Agregat)
Lokasi : Lab. Transportasi Teknik

BERAT JENIS SERAT TONGKOL JAGUNG

Hasil Pengujian :

Benda Uji		I	II	Rerata
A	Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD) (gram)	15,00	15,00	15,00
B	Berat benda uji kering oven (gram)	14,60	14,70	14,65
C	Berat piknometer terisi minyak (gram)	144,60	144,60	144,60
D	Berat Piknometer+benda uji SSD+ minyak (gram)	151,40	151,80	151,60
E	Berat piknometer terisi minyak terkoreksi (gram)	117,42	117,42	117,42
F	Berat Piknometer+benda uji SSD+minyak terkoreksi (gram)	122,94	123,26	123,10
G	Berat Jenis (bulk) $\frac{B}{(E + A - F)}$	1,54	1,61	1,57
H	Berat Jenis kering permukaan jenuh $\frac{A}{(E + A - F)}$	1,58	1,64	1,61
I	Berat jenis semu (apparent) $\frac{B}{(E + B - F)}$	1,608	1,660	1,63
J	Penyerapan $\frac{(A - B)}{B} \times 100\%$	2,74	2,04	2,39

Lampiran 5.



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER

LABORATORIUM TRANSPORTASI

FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL

Alamat Jl. Slamet Riyadi 62 Jember 68111, Telp. (0331)410241, Facsimile (0331)410241

Proyek : Tugas Akhir
Pekerjaan : Pemeriksaan Keausan Agregat
Lokasi : Lab. Teknik Sipil UNEJ

KEAUSAN AGREGAT

Tanggal Mulai : 09-Sep-19
Tanggal Selesai : 09-Sep-19
Jenis Material : CA-MA
Sumber/asal : PT. Sunan Muria
Hasil Pengujian :

Saringan		Berat Benda Uji (gram)			
Lolos	Tertahan	sebelum I	Sesudah I	sebelum II	Sesudah II
		B	B	B	B
3/4	1/2	2500,2		2500,2	
1/2	3/8	2500,3		2500	
3/8	1/4				
Jumlah Berat		5000,5		5000,2	
Jumlah Bola Baja		11		11	
Lolos Saringan No.12		1663,30		1829,30	
Perhitungan		I	II	Rerata	
A	Berat sebelum di uji	5000,5	5000,2	34,92	
B	Berat sesudah di uji	3337,2	3170,9		
C	Lolos saringan No. 12	1663,30	1829		
D	Keausan (%)	33,26267373	36,58453662		

Lampiran 6.



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER

LABORATORIUM TRANSPORTASI

FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL

Alamat Jl. Slamet Riyadi 62 Jember 68111, Telp. (0331)410241, Facsimile (0331)410241

Proyek : Perencanaan Perkerasan Split Mastic Asphalt
Pekerjaan : Uji Berat Jenis dan Peyerapan Agregat Kasar (Cost Agregat)
Lokasi : Lab. Transportasi Teknik

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS DAN KASAR

Jenis Material : (Coarse Agregat)
Hasil pengujian :

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 Rerata	
Nomor	mm	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram	Tertahan	Lolos
1"	25,000	558,60	558,60	558,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4 "	19,000	464,40	557,20	555,80	92,80	91,40	92,80	91,40	7,37	92,63
1/2 "	12,500	536,60	1064,30	1070,50	527,70	533,90	620,50	625,30	49,83	50,17
3/8 "	9,5	422,60	890,70	883,00	468,10	460,40	1088,60	1085,70	86,97	13,03
No. 4	4,75	409,90	571,30	574,20	161,40	164,30	1250,00	1250,00	100,00	0,00
No. 8	2,36	391,80	391,80	391,80	0,00	0,00	1250,00	1250,00	100,00	0,00
No. 16	1,18	347,00	347,00	347,00	0,00	0,00	1250,00	1250,00	100,00	0,00
No. 30	0,6	382,00	382,00	382,00	0,00	0,00	1250,00	1250,00	100,00	0,00
No. 50	0,3	434,70	434,70	434,70	0,00	0,00	1250,00	1250,00	100,00	0,00
No.100	0,15	390,80	390,80	390,80	0,00	0,00	1250,00	1250,00	100,00	0,00
No. 200	0,075	327,40	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

Lampiran 7



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER

LABORATORIUM TRANSPORTASI

FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL

Alamat Jl. Slamet Riyadi 62 Jember 68111, Telp. (0331)410241, Facsimile (0331)410241

Pekerjaan : Uji Berat Jenis dan Peyerapan Agregat Kasar (Cost Agregat)

Lokasi : Lab Teknik Sipil Unej

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS DAN KASAR

Jenis Material : Medium Agregat

Hasil pengujian :

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 Rerata	
Nomor	mm	gram	gram	gram	gram	gram	gram	gram	Tertahan	Lolos
1"	25,000	558,60	558,60	558,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4 "	19,000	464,40	464,40	464,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2 "	12,500	536,60	536,60	536,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8 "	9,5	422,60	556,70	610,70	134,10	188,10	134,10	188,10	12,89	87,11
No. 4	4,75	409,90	1419,40	1345,30	1009,50	935,40	1143,60	1123,50	90,68	9,32
No. 8	2,36	391,80	498,20	518,30	106,40	126,50	1250,00	1250,00	100,00	0,00
No. 16	1,18	347,00	347,00	347,00	0,00	0,00	1250,00	1250,00	100,00	0,00
No. 30	0,6	382,00	382,00	382,00	0,00	0,00	1250,00	1250,00	100,00	0,00
No. 50	0,3	434,70	434,70	434,70	0,00	0,00	1250,00	1250,00	100,00	0,00
No.100	0,15	390,80	390,80	390,80	0,00	0,00	1250,00	1250,00	100,00	0,00
No. 200	0,075	327,40	327,4	327,4	0,00	0,00	1250,00	1250,00	100,00	0,00
Pan	0,000	427,40	427,4	427,4	0,00	0,00	1250,00	1250,00	100,00	0,00

Lampiran 8



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER

LABORATORIUM TRANSPORTASI

FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL

Alamat Jl. Slamet Riyadi 62 Jember 68111, Telp. (0331)410241, Facsimile (0331)410241

Pekerjaan : Uji Berat Jenis dan Peyerapan Agregat Kasar (Cost Agregat)

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS DAN KASAR

Tanggal Mulai : 19 Sept 19
 Tanggal Selesai : 19 Sept 19
 Jenis Material : Abu Batu (FA)
 Hasil pengujian :

Saringan		Berat Saringan gram	Berat Saringan + Benda Uji I gram	Berat Saringan + Benda Uji II gram	Berat Tertahan I gram	Berat Tertahan II gram	Komulatif Berat Tertahan I gram	Komulatif Berat Tertahan II gram	Jumlah Persen Rerata	
Nomor	mm								Tertahan	Lolos
1"	25,000	558,60	558,60	558,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4 "	19,000	464,40	464,40	464,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2 "	12,500	536,60	536,60	536,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8 "	9,5	422,60	422,60	422,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 4	4,75	409,90	409,90	409,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 8	2,36	391,80	391,80	391,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 16	1,18	347,10	347,10	347,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 30	0,6	382,00	501,60	496,40	119,60	114,40	119,60	114,40	15,15	84,85
No. 50	0,3	434,70	572,20	571,70	137,50	137,00	257,10	251,40	32,91	67,09
No.100	0,15	390,80	576,80	555,60	186,00	164,80	443,10	416,20	55,62	44,38
No. 200	0,075	327,40	518,6	509,7	191,20	182,30	634,30	598,50	79,79	20,21
Pan	0,000	427,40	578	589	150,6	161,6	784,90	760,10	100,00	0,00

Lampiran 9



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER

LABORATORIUM TRANSPORTASI

FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL
Alamat Jl. Slamet Riyadi 62 Jember 68111, Telp. (0331)410241, Facsimile (0331)410241

Proyek : Praktikum Perkerasan Jalan raya

Pemohon : SKIRPSI

Pekerjaan : Lapisan SMA Kasar

Kontraktor : Teknik Sipil
Universitas Jember

Lokasi : Laboratorium Transportasi

PERHITUNGAN RENCANA PROPORSI CAMPURAN

Tanggal Mulai : 20 Sept 19

Kode :

Tanggal Selesai : 20 Sept 19

Asal Bahan :

Jenis Material : Lapisan SMA Kasar

Hasil Pencampuran :

Saringan		Rerata Persen Lolos				Persen Lolos Campuran					Spesifikasi	
Nomor	Ukuran (mm)	Cost Agregat	Medium Agregat	Abu Batu	Abu batu lolos 200	1	2	3	4	Campuran	Persen Lolos	
						50,0%	27,7%	22,3%	0,0%		100%	Min
1"	25,4	100,00	100,00	100,00	100,00	50,00	27,70	22,30	0,00	100	100	100
3/4 "	19,05	92,63	100,00	100,00	100,00	46,32	27,70	22,30	0,00	96	90	100
1/2 "	12,07	50,17	100,00	100,00	100,00	25,08	27,70	22,30	0,00	75	50	88
3/8 "	9,525	13,03	87,11	100,00	100,00	6,51	24,13	22,30	0,00	53	25	60
No. 4	4,75	-	9,32	100,00	100,00	0,00	2,58	22,30	0,00	25	20	28
No. 8	2,36	-	-	100,00	100,00	0,00	0,00	22,30	0,00	22	16	24
No. 16	1,18	-	-	100,00	100,00	0,00	0,00	22,30	0,00	22	14	23
No. 30	0,6	-	-	84,85	100,00	0,00	0,00	18,92	0,00	19	12	21
No. 50	0,3	-	-	67,09	100,00	0,00	0,00	14,96	0,00	15	10	18
No.100	0,15	-	-	44,38	100,00	0,00	0,00	9,90	0,00	10	9	15
No. 200	0,075	-	-	20,21	100,00	0,00	0,00	4,51	4,36	9	8	11

Lampiran 10



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER

LABORATORIUM TRANSPORTASI

FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL
Alamat Jl. Slamet Riyadi 62 Jember 68111, Telp. (0331)410241, Facsimile (0331)410241

Proyek : Praktikum Perkerasan Jalan raya

Pemohon : SKIRPSI

Pekerjaan : Lapisan SMA Kasar

Kontraktor : Teknik Sipil
Universitas Jember

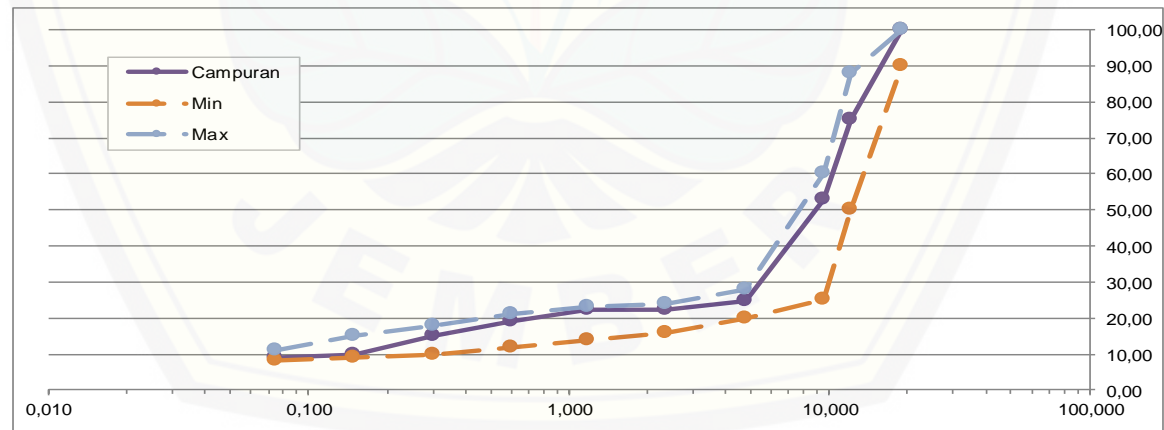
Lokasi : Laboratorium Transportasi

GRAFIK HASIL RENCANA PROPORSI CAMPURAN

Tanggal Mulai : 19 Sept 19

Tanggal Selesai : 19 Sept 19

Hasil Pencampuran :



Lampiran 11



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER

LABORATORIUM TRANSPORTASI

FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL

Alamat Jl. Slamet Riyadi 62 Jember 68111, Telp. (0331)410241, Facsimile (0331)410241

Proyek : Praktikum Perkerasan Jalan raya

Pemohon : SKIRPSI

Pekerjaan : Lapisan SMA Kasar

Kontraktor : Teknik Sipil

Lokasi : Laboratorium Transportasi

Universitas Jember

PERHITUNGAN RENCANA PERSEN ASPAL

Tanggal Mulai : 19 Sept 19

Kode : 0

Tanggal Selesai : 19 Sept 19

Asal Bahan : 0

Jenis Material : 0

Hasil Perhitungan :

Saringan		% Kumulatif Lolos	% Tertahan		Kebutuhan 1 sampel (gram)	Kebutuhan 15 sampel (gram)
Nomor	Ukuran		Kumulatif	Individu		
1"	25,4	100,0	0,00	0,00	0,00	0,00
3/4 "	19,05	96,3	3,68	3,68	44,21	2210,40
1/2 "	12,07	75,1	24,92	21,23	254,78	3821,76
3/8 "	9,525	52,9	47,06	22,14	265,68	3985,20
No. 4	4,75	24,9	75,12	28,06	336,76	5051,43
No. 8	2,36	22,3	77,70	2,58	30,97	464,50
No. 16	1,18	22,3	77,70	0,00	0,00	0,00
No. 30	0,6	18,9	81,08	3,38	40,53	607,95
NO. 50	0,3	15,0	85,04	3,96	47,54	713,17
No. 100	0,15	9,9	90,10	5,06	60,76	911,40
No. 200	0,075	8,9	91,13	1,03	12,37	185,57
PAN	0,000	0,0	100,00	8,87	106,39	1595,91



Lampiran 12



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER

LABORATORIUM TRANSPORTASI

FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL

Alamat Jl. Slamet Riyadi 62 Jember 68111, Telp. (0331)410241, Facsimile (0331)410241

Proyek : Tugas Akhir
Pekerjaan : Uji Berat Jenis dan Peyerapan Agregat Kasar (Cost Agregat)
Lokasi : Lab Teknik Sipil Unej

ANALISA SARINGAN TONGKOL JAGUNG

AASHTO T305 - 2014

Tanggal Mulai : 22 sept 2019
Tanggal Selesai : 22 sept 2019
Jenis Material : Tongkol Jagung (1 sampel = 200 gram)
Hasil pengujian :

Saringan		Berat Tertahan I	Berat Tertahan II	Kumulatif Berat Tertahan I	Kumulatif Berat Tertahan II	Jumlah Persen Rerata	
Nomor	mm	gram	gram	gram	gram	Tertahan	Lolos
No. 20	0,85	47,84	48,78	47,84	48,78	24,16	75,85
No. 40	0,425	70,26	69,21	118,10	117,99	59,02	40,98
No.140	0,106	40,05	43,14	158,15	161,13	79,82	20,18
0	0,000	41,85	38,87	200,00	200,00	100,00	0,00

Lampiran 13

MARSHALL TEST UNTUK KAO

Tanggal Mulai : 16 Oktober 2019	Agregat :	bulk	Apparent	
Tanggal Seles : 16 Oktober 2019	% agregat CA : 50,0%	BJ agregat CA : 2,61	2,71	BJ Aspal : 1,010
Jenis Campur: SMA	% agregat MA : 27,7%	BJ agregat MA : 2,59	2,69	
	% agregat FA : 22,3%	BJ agregat FA : 2,09	2,63	
	Total Agregat : 100,0%			

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
			Berat di udara	Berat SSD	Berat dalam air								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	4,91	4,684	1267,40	1289,60	728,20	561,40	2,26	2,41	4,91	2,606	16,91	6,44	61,92
2	4,91	4,684	1264,60	1285,90	726,00	559,90	2,26	2,41		2,606	16,87	6,39	62,09
3	4,91	4,684	1258,50	1280,70	724,40	556,30	2,26	2,41		2,606	16,73	6,24	62,69
Rerata			1263,50	1285,40	726,20	559,20	2,26	2,41		2,606	16,84	6,36	62,24
4	5,41	5,136	1256,50	1272,60	717,80	554,80	2,26	2,40	5,41	2,609	17,04	5,52	67,60
5	5,41	5,136	1258,90	1270,60	715,90	554,70	2,27	2,40		2,609	16,86	5,32	68,44
6	5,41	5,136	1259,70	1275,30	723,80	551,50	2,28	2,40		2,609	16,33	4,71	71,13
Rerata			1258,37	1272,83	719,17	553,67	2,27	2,40		2,609	16,74	5,19	69,06
7	5,91	5,584	1253,90	1261,00	708,70	552,30	2,27	2,38	5,91	2,613	17,23	4,68	72,86
8	5,91	5,584	1258,00	1273,40	720,80	552,60	2,28	2,38		2,613	17,00	4,42	74,03
9	5,91	5,584	1256,60	1268,60	715,70	552,90	2,27	2,38		2,613	17,14	4,57	73,31
Rerata			1256,17	1267,67	715,07	552,60	2,27	2,38		2,613	17,12	4,55	73,40
10	6,41	6,027	1268,60	1279,00	718,00	561,00	2,26	2,37	6,41	2,617	17,94	4,45	75,21
11	6,41	6,027	1279,80	1291,30	725,70	565,60	2,26	2,37		2,617	17,89	4,39	75,48
12	6,41	6,027	1270,10	1286,30	724,40	561,90	2,26	2,37		2,617	17,98	4,49	75,04
Rerata			1272,83	1285,53	722,70	562,83	2,26	2,37		2,617	17,94	4,44	75,24
13	6,91	6,467	1250,80	1268,30	712,00	556,30	2,25	2,35	6,91	2,622	18,79	4,40	76,61
14	6,91	6,467	1228,40	1250,40	708,60	541,80	2,27	2,35		2,622	18,11	3,59	80,15
15	6,91	6,467	1270,20	1277,60	710,30	567,30	2,24	2,35		2,622	19,13	4,79	74,94
Rerata			1249,80	1265,43	710,30	555,13	2,25	2,35		2,622	18,68	4,26	77,23

Lampiran 14

Rekapitulasi Marshall Test Untuk KAO

No. Benda Uji	Stabilitas (kg)			Pelelehan (flow), mm	MQ	% penyerapan aspal	% aspal efektif (Pbe)
	Pembacaan dial	Faktor kalibrasi	faktor ketebalan				
	N	O	P				
1	70	1219,31	1048,61	2,60	403,31	2,509	2,292
2	65	1132,22	1007,68	2,60	387,57	2,509	2,292
3	72	1254,15	1116,19	2,40	465,08	2,509	2,292
Rerata	69	1201,89	1057,49	2,53	418,65	2,51	2,292
4	74	1288,99	1108,53	2,80	395,90	2,509	2,756
5	72	1254,15	1116,19	2,60	429,31	2,509	2,756
6	76	1323,83	1178,20	2,50	471,28	2,509	2,756
Rerata	74	1288,99	1134,31	2,63	432,16	2,51	2,756
7	90	1567,69	1395,24	3,00	465,08	2,509	3,215
8	82	1428,34	1271,22	2,80	454,01	2,509	3,215
9	80	1393,50	1240,22	3,20	387,57	2,509	3,215
Rerata	84	1463,18	1302,23	3,00	435,55	2,509	3,215
10	79	1376,08	1224,71	3,60	340,20	2,509	3,670
11	80	1393,50	1240,22	2,90	427,66	2,509	3,670
12	85	1480,59	1317,73	3,10	425,07	2,509	3,670
Rerata	81	1416,73	1260,89	3,20	397,64	2,509	3,670
13	80	1393,50	1198,41	3,55	337,58	2,509	4,120
14	82	1428,34	1228,37	3,40	361,29	2,509	4,120
15	79	1376,08	1183,43	3,80	311,43	2,509	4,120
Rerata	80	1399,31	1203,40	3,58	336,76	2,509	4,120

Lampiran 15

GRAFIK MARSHALL TEST UNTUK PENENTUAN KAO

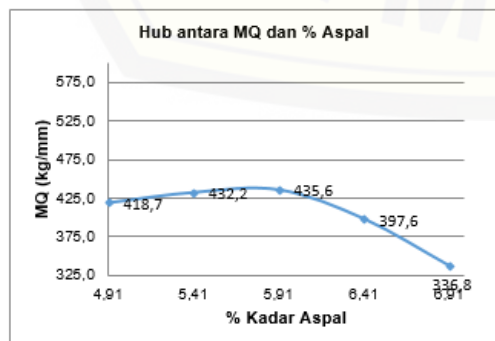
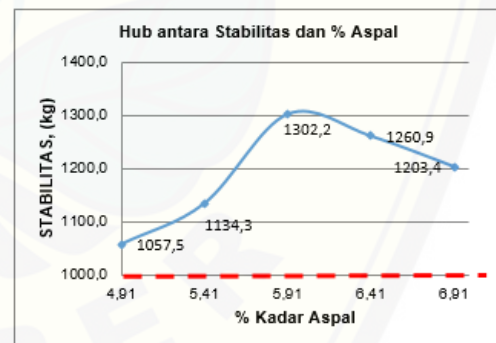
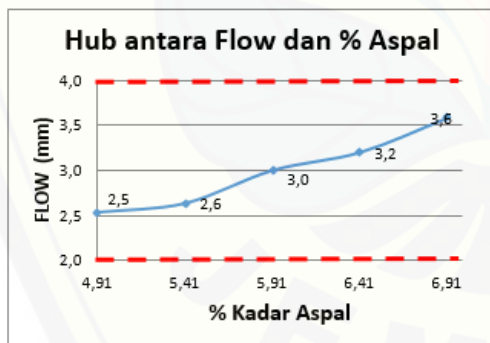
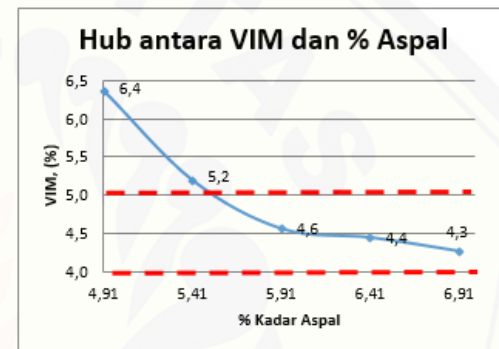
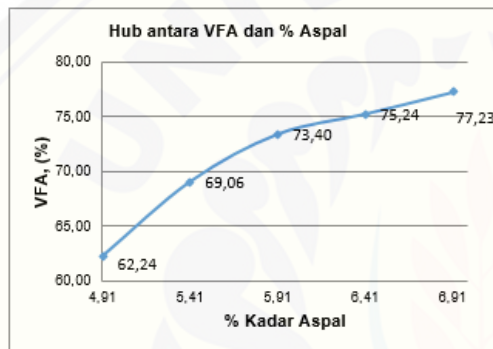
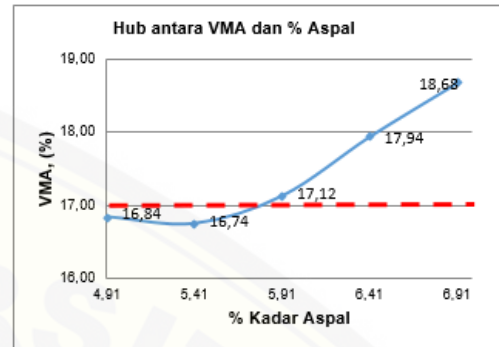
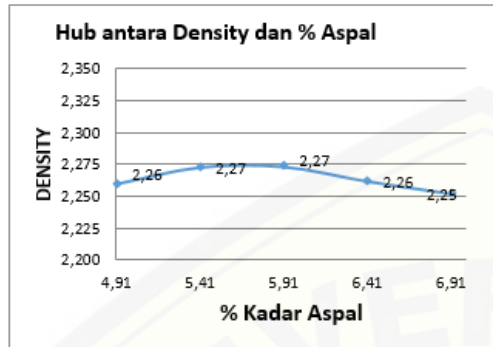


Chart Area

Lampiran 16

Hasil Pengujian Marshall Campuran SMA dengan Serat Selulosa

VARIANS TONGKOL JAGUNG	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
				Berat di udara	Berat SSD	Berat dalam air								
				A	B	C								
0%	1	6,41	6,027	1268,80	1279,00	718,00	561,00	2,26	2,37	6,41	2,617	17,93	4,43	75,28
	2	6,41	6,027	1279,10	1291,30	725,70	565,60	2,26	2,37		2,617	17,94	4,44	75,24
	3	6,41	6,027	1270,10	1286,30	724,40	561,90	2,26	2,37		2,617	17,98	4,49	75,04
	Rerata			1272,67	1285,53	722,70	562,83	2,26	2,37		2,617	17,95	4,45	75,19
0,15%	4	6,41	6,027	1279,78	1284,50	718,70	565,80	2,26	2,37	6,41	2,619	18,00	4,50	75,00
	5	6,41	6,027	1264,70	1268,50	707,90	560,60	2,26	2,37		2,619	18,21	4,75	73,92
	6	6,41	6,027	1258,20	1273,10	719,89	553,21	2,27	2,37		2,619	17,55	3,97	77,36
	Rerata			1267,56	1275,37	715,50	559,87	2,26	2,37		2,619	17,92	4,41	75,43
0,30%	7	6,41	6,027	1267,60	1276,80	709,60	567,20	2,23	2,37	6,41	2,622	19,05	5,72	70,00
	8	6,41	6,027	1251,20	1257,80	718,70	539,10	2,32	2,37		2,622	15,94	2,09	86,91
	9	6,41	6,027	1269,40	1275,10	709,70	565,40	2,25	2,37		2,622	18,68	5,28	71,72
	Rerata			1262,73	1269,90	712,67	557,23	2,27	2,37		2,622	17,89	4,36	76,21
0,45%	10	6,41	6,027	1275,34	1294,30	723,90	570,40	2,24	2,37	6,41	2,624	19,09	5,75	69,89
	11	6,41	6,027	1278,10	1286,80	723,90	562,90	2,27	2,37		2,624	17,83	4,29	75,97
	12	6,41	6,027	1285,80	1294,80	738,00	556,80	2,31	2,37		2,624	16,43	2,65	83,85
	Rerata			1279,75	1291,97	728,60	563,37	2,27	2,37		2,624	17,79	4,23	76,57
0,60%	13	6,41	6,027	1276,50	1283,90	727,10	556,80	2,29	2,37	6,41	2,627	17,12	3,43	79,93
	14	6,41	6,027	1272,80	1282,10	713,80	568,30	2,24	2,37		2,627	19,03	5,66	70,24
	15	6,41	6,027	1284,30	1299,00	740,00	559,00	2,30	2,37		2,627	16,94	3,23	80,95
	Rerata			1277,87	1288,33	726,97	561,37	2,28	2,37		2,627	17,69	4,11	77,04
0,75%	16	6,41	6,027	1273,20	1281,78	727,00	554,78	2,29	2,38	6,41	2,629	17,11	3,41	80,07
	17	6,41	6,027	1273,20	1284,70	727,70	557,00	2,29	2,38		2,629	17,44	3,79	78,24
	18	6,41	6,027	1283,10	1294,60	728,00	566,60	2,26	2,38		2,629	18,20	4,69	74,24
	Rerata			1276,50	1287,03	727,57	559,46	2,28	2,38		2,629	17,58	3,96	77,51

Lampiran 17

MARSHALL TEST SMA DENGAN SERAT SELULOSA

VARIANS TONGKOL JAGUNG	No. Benda Uji	Stabilitas (kg)			Pelelehan (flow), mm	MQ	% penyerapan aspal	% aspal efektif (Pbe)
		Pembacaan dial	Faktor kalibrasi	faktor ketebalan				
		N	O	P				
0%	1	79	1376,08	1183,43	3,60	328,73	2,509	3,670
	2	80	1393,50	1198,41	2,90	413,24	2,509	3,670
	3	85	1480,59	1273,31	3,10	410,75	2,509	3,670
	Rerata	81,3	1416,73	1218,38	3,20	384,24	2,51	3,670
0,15%	4	84	1463,18	1258,33	3,80	331,14	2,545	3,636
	5	88	1532,85	1318,25	3,00	439,42	2,545	3,636
	6	81	1410,92	1255,72	3,90	321,98	2,545	3,636
	Rerata	84	1468,98	1277,43	3,57	364,18	2,54	3,636
0,30%	7	82	1428,34	1228,37	4,10	299,60	2,581	3,602
	8	84	1463,18	1360,75	3,60	377,99	2,581	3,602
	9	82	1428,34	1228,37	3,50	350,96	2,581	3,602
	Rerata	82,67	1439,95	1272,50	3,73	342,85	2,581	3,602
0,45%	10	84	1463,18	1258,33	3,70	340,09	2,617	3,568
	11	79	1376,08	1183,43	4,40	268,96	2,617	3,568
	12	82	1428,34	1271,22	3,90	325,95	2,617	3,568
	Rerata	81,67	1422,53	1237,66	4,00	311,67	2,617	3,568
0,60%	13	74	1288,99	1147,20	4,90	234,12	2,660	3,527
	14	80	1393,50	1198,41	4,10	292,30	2,660	3,527
	15	76	1323,83	1178,20	4,60	256,13	2,660	3,527
	Rerata	76,67	1335,44	1174,60	4,53	260,85	2,660	3,527
0,75%	13	73	1271,57	1131,70	4,90	230,96	2,689	3,501
	14	71	1236,73	1063,59	5,20	204,54	2,689	3,501
	15	84	1463,18	1258,33	3,90	322,65	2,689	3,501
	Rerata	76,00	1323,83	1151,21	4,67	252,71	2,689	3,501

Lampiran 18



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER

LABORATORIUM TRANSPORTASI

FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL

Alamat Jl. Slamet Riyadi 62 Jember 68111, Telp. (0331)410241, Facsimile (0331)410241

Proyek : Tugas Akhir
Pekerjaan : Berat Jenis Aspal
Lokasi : Lab Teknik Sipil UNEJ
Pemohon : Agusty Maulana B.
Kontraktor : Mahasiswa S1 Teknik Sipil UNEJ

Berat Jenis Aspal

Dikerjakan Tanggal : sept 2019

Kode : ASPAL 1

Selesai Tanggal : sept 2019

Hasil pengujian :

Benda Uji		I	II
A	Berat Picnometer + Tutup (gram)	36,17	36,94
B	Berat Picnometer + Tutup + Air (gram)	58,5	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	1,21	0,81
D	Rerata	1,01	

Lampiran 19



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER

LABORATORIUM TRANSPORTASI

FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL

Alamat Jl. Slamet Riyadi 62 Jember 68111, Telp. (0331)410241, Facsimile (0331)410241

Proyek : Tugas Akhir

Pekerjaan : Daktilitas

Lokasi : Lab Teknik Sipil UNEJ

Pemohon : Agusty Maulana B.

Kontraktor : Mahasiswa S1 Teknik Sipil UNEJ

DAKTILITAS

(SNI 06 - 2432 - 1991)

Dikerjakan Tanggal : sept 2019

Kode Aspal 2

Selesai Tanggal : sept 2019

Pengambilan Data

Pembukaan Benda Uji	Benda Uji dipanaskan	Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
	Mulai		Oven
	Selesai		Temp $135^{\circ}\text{C} \pm 1$
Mendinginkan Benda Uji	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai		ruang 1
	Selesai		Temp $38^{\circ}\text{C} \pm 1$
Perendaman Benda Uji	Suhu perendaman 25°C		
	Mulai		Waterbath
	Selesai		Temp $25^{\circ}\text{C} \pm 1$
Pengujian	Alat		
	Mulai		Daktilitas
	Selesai		Temp $25^{\circ}\text{C} \pm 1$

Daktilitas suhu 25°C 5 cm per menit		Pembacaan Alat cm
Pengamatan	1	102
	2	101
	3	102
Rerata		102

Lampiran 20



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER

LABORATORIUM TRANSPORTASI

FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL
Alamat Jl. Slamet Riyadi 62 Jember 68111, Telp. (0331)410241, Facsimile (0331)410241

Proyek : Tugas Akhir
Pekerjaan : Uji Penetrasi
Lokasi : Lab Teknik Sipil UNEJ
Pemohon : Agusty Maulana B.
Kontraktor : Mahasiswa S1 Teknik Sipil UNEJ

PENETRASI

Dikerjakan Tanggal : sept 2019

Kode Aspal 3

Selesai Tanggal : sept 2019

Beban : 100 gram

Pengambilan Data

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

Penetrasi pada suhu 25°C, beban 100 gram, 5 detik	A	B
Pengamatan		
1	65	70
2	62	64
3	66	62
Rerata (1,2,3)	64,3	65,3
Rerata (A,B,C)	64,8	

Lampiran 21



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER

LABORATORIUM TRANSPORTASI

FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL

Alamat Jl. Slamet Riyadi 62 Jember 68111, Telp. (0331)410241, Facsimile (0331)410241

Proyek : Tugas Akhir

Pekerjaan : Uji Titik Nyala

Lokasi : Lab Teknik Sipil UNEJ

Pemohon : Agusty Maulana B.

Kontraktor : Mahasiswa S1 Teknik Sipil UNEJ

TITIK NYALA

(SNI 06 - 2433 - 1991)

Dikerjakan Tanggal : sept 2019

Kode Aspal 4

Selesai Tanggal : sept 2019

Pengambilan Data

Pembukaan	Benda Uji dipanaskan	Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
Benda Uji	Mulai	08.40.00	Oven
	Selesai	08.50.00	Temp 135°C ± 1
Mendinginkan	Didiamkan suhu ruang		
Benda Uji	Mulai	08.50.00	ruang 1
	Selesai	10.00.00	Temp 35°C ± 1
Pengujian	Alat		
	Mulai	10.00.00	
	Selesai	11.30.00	

No	Suhu perkiraan dibawah titik nyala (°C)	Waktu		Titik Nyala °C		Keterangan
		I	II	I	II	
1	56	-	-	283	295	
2	51	00.00.30	00.00.33	288	300	
3	46	00.01.28	00.01.40	293	305	
4	41	00.03.05	00.03.12	298	310	
5	36	00.06.15	00.05.50	303	315	
6	31	00.08.20	00.08.11	308	320	
7	26	00.10.12	00.10.26	313	325	
8	21	00.12.25	00.13.08	318	330	
9	16	00.14.05	00.15.04	323	335	
10	11	00.16.31	00.17.22	328	340	nyala
11	6	00.18.24	00.18.56	333	345	
12	1	00.19.53	00.20.10	338	350	bakar
13	Rerata titik nyala			334,0		

Lampiran 22



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER

LABORATORIUM TRANSPORTASI

FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL

Alamat Jl. Slamet Riyadi 62 Jember 68111, Telp. (0331)410241, Facsimile (0331)410241

Proyek : Tugas Akhir

Pekerjaan : Uji Kehilangan Berat

Lokasi : Lab Teknik Sipil UNEJ

Pemohon : Agusty Maulana B.

Kontraktor : Mahasiswa S1 Teknik Sipil UNEJ

KEHILANGAN BERAT

(SNI 06 - 2440 - 1991)

Dikerjakan Tanggal : sept 2019

Kode

Aspal 5

Selesai Tanggal : sept 2019

Pengambilan Data

Pembukaan Benda Uji	Benda Uji dipanaskan	Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
	Mulai	09.00.00	Pemanas
	Selesai	09.20.00	Temp 130°C ± 1
Mendinginkan Benda Uji	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai	09.20.00	ruang 1
	Selesai	10.30.00	Temp 38°C ± 1
Pemeriksaan Benda Uji	Kehilangan Berat pada 163°C		
	Mulai	09.00.00	Oven
	Selesai	14.00.00	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	

Lampiran 23

Rasio Faktor Stabilitas

Isi Benda Uji (cm ³)	Tebal Benda Uji (mm)	Faktor Koreksi
200-213	25,4	5,56
214-225	27,0	5,00
226-237	28,6	4,55
238-250	30,2	4,17
251-264	31,8	3,85
265-276	33,3	3,57
277-289	34,9	3,33
290-301	35,5	3,03
302-316	38,1	2,78
317-328	39,7	2,50
329-340	41,3	2,27
341-353	42,9	2,08
354-367	44,4	1,92
368-379	46,0	1,79
380-392	47,6	1,67
393-405	49,2	1,56
406-420	50,8	1,47
421-431	52,4	1,39
432-443	54,0	1,32
444-456	55,6	1,25
457-470	57,2	1,19
471-482	58,7	1,14
483-495	60,3	1,09
496-508	61,9	1,04
509-522	63,5	1,00
523-535	65,1	0,96
536-546	66,7	0,93
547-559	68,3	0,89
560-573	69,9	0,86
574-585	71,4	0,83
586-598	73,0	0,81
599-610	74,6	0,78
611-625	76,2	0,76

Sumber : Modul Praktikum Perkerasan Teknik Sipil – UNEJ (RSNI M-01-2003)



Gambar 1 Proses Pencucian Agregat



Gambar 2 Pengovenan Agregat



Gambar 3 Proses Persiapan agregat untuk pengujian berat jenis.



Gambar 4 Proses Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar



Gambar 5 Proses Persiapan agregat halus untuk pengujian berat jenis.



Gambar 6 Proses Pengujian Berat Jenis Agregat Halus



Gambar 7 Serat Tongkol Jagung setelah analisa saringan.



Gambar 8 Hasil Penggilingan Tongkol Jagung berupa serbuk.



Gambar 9 Benda Uji



Gambar 10 Proses Persiapan pepadatan.



Gambar 11 Proses Pemanasan aspal



Gambar 12 Proses Pencampuran Agregat dan serat selulosa tongkol Jagung.



Gambar 13 Proses Pencampuran Agregat dan serat selulosa tongkol Jagung.



Gambar 14 Proses Pengukuran suhu optimal untuk pencampuran dengan aspal.



Gambar 15 Proses Pencampuran dengan Aspal.



Gambar 16 Proses Pencampuran dengan Aspal.



Gambar 16 Proses Pematatan.



Gambar 17 Benda uji yang sudah didiamkan selama 1 hari suhu ruangan.



Gambar 18 Proses Pengujian volumetrik.



Gambar 19 Proses Pengujian Marshall.



Gambar 20 Alat Pengujian Marshall Analog.



Gambar 21 Proses Pembacaan dial pengujian marshall.