

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU AMPAS TEBU TERHADAP
NILAI KARAKTERISTIK SPLIT MASTIC ASPHALT (SMA)**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



Disusun Oleh :

METHA ROSALIA PRATIWI

NIM. 0410613026-61

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2009

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGARUH PENAMBAHAN ABU AMPAS TEBU TERHADAP NILAI KARAKTERISTIK SPLIT MASTIC ASPHALT (SMA)

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

METHA ROSALIA PRATIWI

NIM. 0410613026

Dikerjakan Bersama :

YUDITH ANASTASIA SUTA

NIM. 0410613045

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Hendi Bowoputro, ST, MT

NIP. 132 283 205

Amelia K. Indriastuti, ST, MT

NIP. 132 283 203



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa SKRIPSI ini saya kerjakan bersama dengan Yudith Anastasia Suta (0410613045), dan sepanjang sepengetahuan saya, di dalam naskah SKRIPSI ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah SKRIPSI ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia SKRIPSI ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (SARJANA TEKNIK) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003 Pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, Februari 2009

Mahasiswa,

Nama : METHA ROSALIA PRATIWI
NIM : 0410613026
Jurusan : TEKNIK SIPIL

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PENAMBAHAN ABU AMPAS TEBU TERHADAP NILAI KARAKTERISTIK SPLIT MASTIC ASPHALT (SMA)

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :

METHA ROSALIA PRATIWI
NIM. 0410613026

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 13 Februari 2009

Menyetujui,
Dosen Penguji

Hendi Bowoputro, ST, MT
NIP. 132 283 205

Amelia K. Indriastuti, ST, MT
NIP. 132 283 203

Ir. Gagoek Soenar Prawito
NIP. 131 470 478

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil

Ir. As'ad Munawir, MT
NIP. 131 574 850

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini disusun sebagai bagian dari syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang.

Penulis menyampaikan terimakasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini, terutama pada:

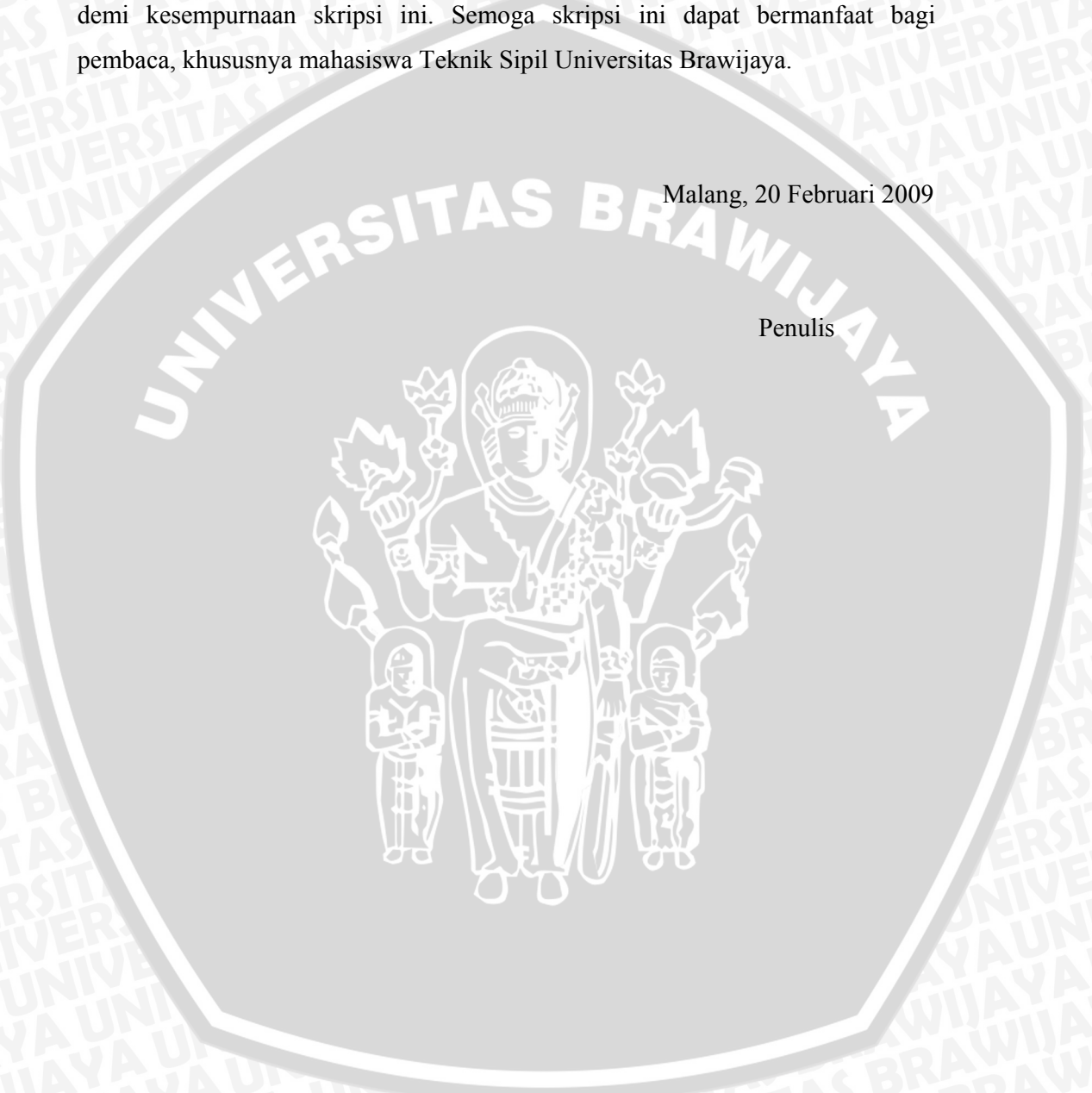
1. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan dan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Hendi Bowoputro, ST, MT, selaku dosen pembimbing I dan sekretaris jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang yang selalu bersedia memberikan pengarahan dan kritik yang membangun bagi penulis.
3. Ibu Amelia K. Indriastuti, ST, MT, selaku dosen pembimbing II yang selalu bersedia dalam memberikan pengarahan dan kritik yang membangun bagi penulis.
4. Bapak Ir. Gagoek Soenar Prawito selaku dosen penguji, yang telah memberi masukan dan kritik dalam sidang.
5. Bapak Ir. As'ad Munawir, MT, selaku ketua jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
6. Ibu Retno Anggraini, ST, MT selaku dosen wali.
7. Bapak Eko Haryono, selaku teknisi Laboratorium Jalan Raya Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
8. Seluruh dosen pengajar dan staf karyawan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
9. Teman-teman angkatan 2004, baik yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu serta memberikan semangat dan dukungan pada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini..
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga segala bantuan dan dukungan baik yang bersifat moril maupun materi yang telah diberikan, mendapat balasan dari Allah SWT, amin.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mohon saran dan kritik yang membangun dari para pembaca demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca, khususnya mahasiswa Teknik Sipil Universitas Brawijaya.

Malang, 20 Februari 2009

Penulis



DAFTAR ISI

	halaman
PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
RINGKASAN	xi
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Pembatasan Masalah	5
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Hipotesis	6
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Perkerasan Lentur Jalan Raya	7
2.2 Split Mastik Aspal (SMA).....	9
2.2.1 Karakteristik Split Mastik Aspal (SMA)	11
2.2.2 Sifat-sifat Split Mastik Aspal (SMA)	11
2.2.3 Spesifikasi Split Mastik Aspal (SMA)	12
2.3 Agregat	14
2.3.1 Agregat Kasar	14
2.3.2 Agregat Halus	15
2.3.3 Bahan Pengisi (<i>filler</i>)	15
2.4 Aspal	16
2.5 Serat Selulosa (<i>Cellulose Fibres</i>).....	16
2.6 Abu Ampas Tebu Sebagai Serat Selulosa	18
2.7 Campuran Asam	20

2.8	Perencanaan Campuran Beraspal	22
2.9	Pengujian Marshall.....	24
2.9.1	Pengujian Marshall Standar	24
2.9.2	Pengujian Marshall <i>Immersion</i>	26
2.10	Ringkasan Penelitian Terdahulu	26
2.10.1	Perilaku Aspal Beton terhadap Pemakaian Abu Ampas Tebu, Tanan & Anggraini (2001)	26
2.10.2	Pengaruh Penambahan Dedak Padi terhadap Karakteristik Campuran SMA (Split Mastic Asphalt), Astika (2003).....	27
2.10.3	Hubungan Antara Penelitian yang dilakukan dan Penelitian Terdahulu	27

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	28
3.2	Diagram Alir Penelitian	28
3.3	Persiapan Material dan Alat Penelitian.....	30
3.3.1	Bahan.....	30
3.3.2	Alat yang digunakan.....	31
3.4	Pengujian Material	31
3.4.1	Agregat Kasar	31
3.4.2	Agregat Halus	32
3.4.3	Bahan Pengisi (<i>Filler</i>).....	32
3.4.4	Aspal.....	32
3.4.5	Bahan Tambah (<i>Zat aditif</i>).....	33
3.5	Campuran Asam	34
3.6	Perencanaan Campuran.....	35
3.7	Penentuan Kadar Aspal Rencana.....	35
3.8	Rancangan Percobaan.....	36
3.9	Proses Pembuatan Benda Uji.....	36
3.10	Pengujian Standar Marshall Test.....	37
3.11	Percobaan Marshall Imersion.....	38

3.12 Analisis data.....	38
3.12.1 Analisa Marshall.....	38
3.12.2 Analisa Marshall <i>Immersion</i>	40
3.13 Analisis Statistik	40
3.13.1 Normalitas	40
3.13.2 Pengujian Hipotesis Normalitas	40
3.13.3 Analisis Regresi dan Analisa Korelasi	42

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

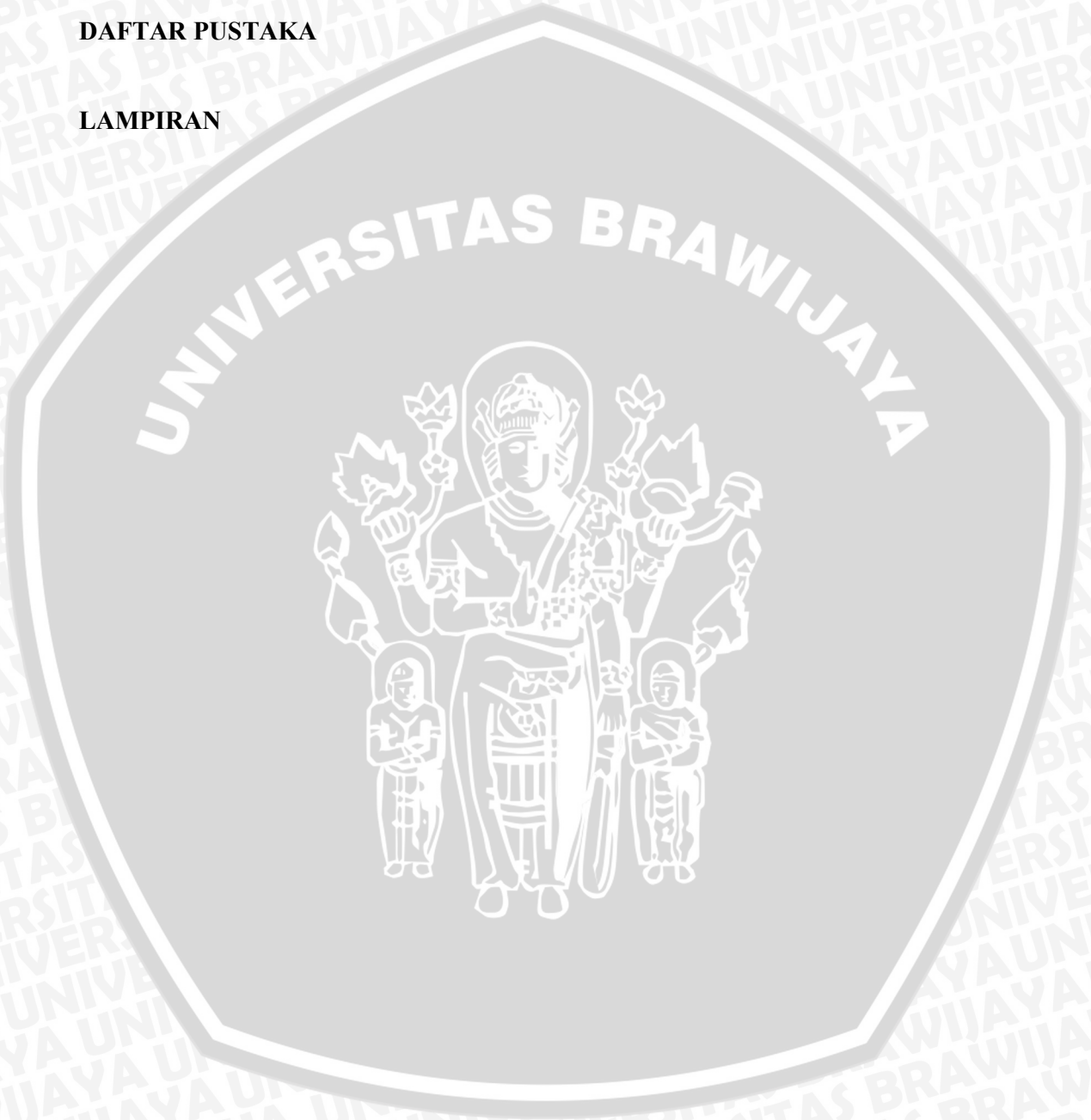
4.1 Data Hasil Pengujian.....	43
4.1.1 Pengujian Agregat.....	43
4.1.2 Pengujian Bahan Tambah	44
4.1.3 Pengujian Karakteristik Aspal	44
4.1.3.1 Pengujian Karakteristik Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu	45
4.1.4 Pengujian <i>Marshall Standard</i>	46
4.1.4.1 Pengaruh Kadar Aspal dan Variasi Abu Ampas Tebu Terhadap Karakteristik Campuran SMA	53
4.1.5 Pembahasan Grafik Hasil Pengujian Marshall.....	60
4.2 Pengujian Hipotesis Statistik	60
4.2.1 Uji Kenormalan Data	60
4.2.2 Analisis Varian.....	61
4.2.3 Analisa Regresi dan Korelasi.....	65
4.3 Pembahasan Hasil Penelitian	74
4.3.1 Karakteristik Material Campuran.....	74
4.3.2 Analisa Data Pengujian Marshall.....	74
4.3.3 Pengaruh Kadar Aspal dan Variasi Abu Ampas Tebu Terhadap Karakteristik Campuran SMA	75
4.4 Rangkuman Hasil Penelitian	78

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	80
5.2 Saran	81

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 1.1	Nilai Karakteristik Campuran HRS	2
Tabel 1.2	Nilai Karakteristik Campuran Laston	2
Tabel 2.1	Spesifikasi Bina Marga untuk SMA Gradasi 0/11	12
Tabel 2.2	Persyaratan Fisik Agregat Kasar	13
Tabel 2.3	Penyelidikan Sifat-Sifat dari Material dan Standar yang Digunakan Untuk Agregat Halus	14
Tabel 2.4	Penyelidikan Sifat-Sifat dari Material dan Standar yang Digunakan Untuk Aspal Penetrasi 60/70	15
Tabel 2.5	Sifat-sifat dari Roadcel-50, CF-31500 dan Arboce	17
Tabel 2.6	Komponen Penyusun Sabut Ampas Tebu	19
Tabel 2.7	Persyaratan Campuran SMA (<i>Split Mastic Asphalt</i>)	25
Tabel 3.1	Persyaratan Fisik Agregat Kasar	30
Tabel 3.2	Penyelidikan Sifat-sifat dari Material dan Standar yang Digunakan untuk Agregat Halus	31
Tabel 3.3	Penyelidikan Sifat-sifat dari Material dan Standar yang Digunakan untuk Aspal Penetrasi 60/70	32
Tabel 3.4	Perhitungan % Agregat untuk Campuran SMA	34
Tabel 3.5	Sifat Campuran Beton Aspal Jenis SMA	34
Tabel 3.6	Jumlah Benda Uji dengan Variasi Abu Ampas Tebu dan Kadar Aspal untuk Campuran SMA 0/11	36
Tabel 3.7	Jumlah Benda Uji untuk Campuran SMA 0/11 Sesuai Kadar Agregat dan Aspal Optimum dengan Variasi Waktu Perendaman Asam	37
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Agregat Kasar, Agregat Halus dan <i>Filler</i>	42
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Bahan Tambah Abu Ampas Tebu	43
Tabel 4.3	Hasil Uji Kenormalan <i>Kolmogorov-smirnov Test</i>	60
Tabel 4.4	Hasil Analisis Varian Terhadap Nilai VIM	61
Tabel 4.5	Hasil Analisis Varian Terhadap Nilai VMA	62

Tabel 4.6	Hasil Analisis Varian Terhadap Nilai Stabilitas	62
Tabel 4.7	Hasil Analisis Varian Terhadap Nilai Flow	62
Tabel 4.8	Hasil Analisis Varian Terhadap Nilai MQ	63
Tabel 4.9	Hasil Analisis Korelasi terhadap Nilai VIM	64
Tabel 4.10	Hasil Analisis Regresi dan Korelasi terhadap Nilai VIM	64
Tabel 4.11	Hasil Analisis Korelasi terhadap Nilai VMA	65
Tabel 4.12	Hasil Analisis Regresi dan Korelasi terhadap Nilai VMA	66
Tabel 4.13	Hasil Analisis Regresi dan Korelasi terhadap Nilai Stabilitas	67
Tabel 4.14	Hasil Analisis Regresi dan Korelasi terhadap Nilai Stabilitas	67
Tabel 4.15	Analisis Korelasi terhadap Nilai Flow	68
Tabel 4.16	Hasil Analisis Regresi dan Korelasi terhadap Nilai Flow	69
Tabel 4.17	Hasil Analisis Korelasi terhadap Nilai MQ	69
Tabel 4.18	Hasil Analisis Regresi dan Korelasi terhadap Nilai Flow	70
Tabel 4.19	Hasil Persamaan Regresi pada Masing masing Karakteristik SMA	71
Tabel 4.20	Nilai Korelasi Antara Kadar Aspal dan Kadar Abu Ampas Tebu (AAT) Terhadap Nilai Karakteristik Campuran	76



DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Susunan Lapis Konstruksi Perkerasan	7
Gambar 3.1	Diagram Alir tahapan penelitian campuran SMA 0/11	28
Gambar 3.2	Diagram Alir Penentuan Kosentrasi Asam & Waktu Reaksi	34
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Abu Ampas Tebu dengan Nilai Titik Lembek, Daktilitas, Penetrasi dan Berat Jenis	45
Gambar 4.2	Grafik Nilai VIM Berdasarkan Hasil Perhitungan Marshall	46
Gambar 4.3	Grafik Nilai VMA Berdasarkan Hasil Perhitungan Marshall	48
Gambar 4.4	Grafik Nilai Stabilitas Berdasarkan Hasil Perhitungan Marshall	49
Gambar 4.5	Grafik Nilai <i>Flow</i> Berdasarkan Hasil Perhitungan Marshall	50
Gambar 4.6	Grafik Nilai <i>Marshall Quotient</i> Berdasarkan Hasil Perhitungan Marshall	51
Gambar 4.7	Diagram Pita Berdasarkan Masing-masing Parameter Marshall	52
Gambar 4.8	Grafik Hasil Hubungan Antara Kadar Abu Ampas Tebu dengan VIM	53
Gambar 4.9	Grafik Hasil Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM	53
Gambar 4.10	Grafik Hasil Hubungan Antara Kadar Abu Ampas Tebu dengan VMA	54
Gambar 4.11	Grafik Hasil Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA	54
Gambar 4.12	Grafik Hasil Hubungan Antara Kadar Abu Ampas Tebu dengan Stabilitas	55
Gambar 4.13	Grafik Hasil Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas	56
Gambar 4.13	Grafik Hasil Hubungan Antara Kadar Abu Ampas Tebu dengan Flow	57
Gambar 4.14	Grafik Hasil Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow	57

Gambar 4.15 Grafik Hasil Hubungan Antara Kadar Abu Ampas Tebu dengan MQ

Gambar 4.16 Hasil Hubungan Antara Kadar Aspal dengan MQ



DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
Lampiran 1	Pengujian Karakteristik Bahan	L-1-1
Lampiran 2	Contoh Perhitungan Analisis Marshall	L-2-1
Lampiran 3	Angka Korelasi Beban	L-3-1
Lampiran 4	Grafik Angka Koreksi Benda Uji	L-4-1
Lampiran 5	Hasil Pengujian Marshall Standart Pada Campuran SMA	L-5-1
Lampiran 6	Grafik Hasil Pengujian Marshall Standart untuk Campuran SMA	L-6-1
Lampiran 7	Grafik Pita Penentuan Kadar Aspal Optimum	L-7-1
Lampiran 8	Hasil Uji Kenormalan Dengan Menggunakan Software SPSS	L-8-1
Lampiran 9	Perhitungan Anova Dua Arah Dengan Menggunakan Software SPSS	L-9-1
Lampiran 10	Hail Analisa Regreso dan Korelasi Menggunakan Software SPSS	L-10-1
Lampiran 11	Dokumentasi Penelitian	L-11-1

RINGKASAN

METHA ROSALIA PRATIWI, Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Januari 2009, *Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Nilai Karakteristik Split Mastic Asphalt (SMA)*, Dosen Pembimbing : Hendi Bowoputro ST, MT. dan Amelia Kusuma Indriastuti, ST, MT.

Abu ampas tebu merupakan sisa hasil pembakaran dari ampas tebu. Saat ini abu ampas tebu mulai banyak digunakan sebagai bahan bangunan, antara lain komponen penyusun dalam pembuatan keramik, bahan campuran semen, dan sebagainya. Penggunaan abu ampas tebu pada beton, menghasilkan beton dengan peningkatan kekuatan tekan dan kekuatan lentur yang lebih baik dibandingkan dengan beton normal. Dalam penelitian ini, abu ampas tebu digunakan sebagai bahan tambah pada campuran Split Mastic Asphalt (SMA) karena abu ampas tebu memiliki kandungan serat selulosa yang diharapkan dapat meningkatkan kinerja aspal. Menurut *Materials Handbook*, 1991, kandungan serat selulosa dalam ampas tebu cukup tinggi, yaitu 45%. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi abu ampas tebu sebagai bahan tambah aspal dan variasi kadar aspal terhadap karakteristik campuran SMA, prosentase abu ampas tebu yang optimum serta Kadar Aspal Optimum, serta untuk mengetahui Indeks Kekuatan Sisa (IKS) pada campuran SMA setelah perlakuan campuran asam.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental murni, dimana terdapat delapan variasi bahan tambah abu ampas tebu (0%, 0,75%, 1,5%, 2,25%, 3%, 3,75%, 4,5%, dan 5,25%) dan empat variasi kadar aspal (5%, 6%, 7%, dan 8%). Data hasil *Marshall Test* diolah dengan analisa statistik yang meliputi pengujian normalitas, uji varian, serta analisa regresi dan korelasi, dengan tujuan untuk mengetahui besar pengaruh kadar aspal dan abu ampas tebu dalam campuran.

Untuk karakteristik aspal, penambahan abu ampas tebu akan menurunkan nilai penetrasi dan daktilitas aspal, serta akan meningkatkan nilai titik lembek sehingga aspal menjadi lebih tahan terhadap temperatur yang tinggi. 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. Kadar Aspal Optimum (KAO) diperoleh dengan menggunakan metode diagram pita dan metode iterasi *Generalized Newton*. Pada diagram pita nilai MQ (*Marshall Qoutient*) tidak terpenuhi sesuai syarat Bina Marga. Dengan metode iterasi *Generalized Newton*, variabel X (kadar aspal) dan variabel Y (abu ampas tebu) tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai *flow*, sehingga persamaan regresi untuk *flow* tidak dapat dimasukkan ke dalam model persamaan regresi. akibatnya nilai KAO juga tidak didapatkan. Dari kedua metode tersebut tidak ditemukan KAO, maka campuran SMA dengan bahan tambah abu ampas tebu ini tidak mendapat perlakuan perendaman asam sehingga tidak didapatkan nilai IKS.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Abu ampas tebu merupakan sisa hasil pembakaran dari ampas tebu, yang merupakan hasil limbah buangan yang berlimpah dari proses pembuatan gula. Ampas tebu yang berlimpah tersebut dimanfaatkan sebagai bahan bakar ketel uap. Alat ini memproduksi uap pada suatu jumlah tertentu setiap jamnya dengan suatu tekanan dan suhu tertentu pula besarnya. Energi yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Uap. Pembakaran ampas tebu itu sendiri melewati empat proses, yakni proses pengeringan, proses pembentukan karbon, proses pembakaran, dan yang terakhir menjadi abu (abu ampas tebu).

Seiring dengan perkembangan teknologi, abu ampas tebu mulai banyak digunakan sebagai bahan bangunan. Beberapa pemanfaatan abu ampas tebu antara lain sebagai komponen penyusun dalam pembuatan keramik, bahan campuran semen, dan pembuatan panel gypsum. Pada pembuatan panel gypsum, diketahui bahwa penambahan abu ampas tebu akan meningkatkan kekuatan dari panel gypsum (Sri Murni, 1989).

Abu ampas tebu dalam pembuatan beton mempunyai kecenderungan untuk meningkatkan kepadatan beton. Hal ini dapat dilihat dengan lebih rendahnya nilai penyerapan air dari beton dengan abu ampas tebu dibandingkan dengan nilai penyerapan air dari beton normal. Beton dengan abu ampas tebu memiliki kuat tekan dan kuat lentur awal yang lebih rendah dibandingkan dengan beton normal, tetapi memiliki peningkatan kekuatan tekan dan kekuatan lentur yang lebih baik. (Suseno & Timang, 2002).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Tanan & Anggraini (2001), abu ampas tebu digunakan sebagai pengganti agregat (F3 dan F4) pada campuran aspal beton. Pada penggunaan abu ampas tebu sebagai pengganti F3 (agregat halus), stabilitas aspal beton cenderung mengalami penurunan sampai kadar abu ampas tebu 5% dan kembali meningkat pada persentase selanjutnya. Hal yang sama terjadi pada campuran aspal beton dengan abu ampas tebu sebagai pengganti F4 (pasir). Berdasarkan hasil Marshall Test, pemakaian abu ampas tebu dengan

persentase berat abu ampas tebu 3% terhadap berat total sebagai pengganti F3 akan menghasilkan campuran yang terbaik. Bila dibandingkan dengan campuran aspal beton tanpa menggunakan abu ampas tebu, stabilitasnya akan meningkat sebesar 10.24%, *flow* cenderung menurun, persentase *air voids* cenderung meningkat, persentase *voids filled* cenderung menurun, serta MQ cenderung lebih besar.

Pada penelitian pendahuluan, abu ampas tebu dicoba dipergunakan sebagai bahan tambah pada campuran Hot Rolled Sheet (HRS) dan Lapis Aspal Beton (Laston). Untuk HRS digunakan kadar aspal 7% dengan variasi bahan tambah abu ampas tebu 0% dan 4%. Sedangkan untuk laston digunakan kadar aspal 5%, dengan variasi kadar abu ampas tebu 0%, 4%, dan 6%. Hasil penelitian pendahuluan tersebut diperlihatkan dalam Tabel 1.1 dan Tabel 1.2.

Tabel 1.1. Nilai Karakteristik Campuran HRS :

No.	Sampel	KA 7%, abu 4%	KA 7%, abu 0%	Seharusnya		Ket.
				Min	Maks	
1.	Rongga dlm agregat (VMA) (%)	15,33	15,245	18	-	Tdk Memenuhi
2.	Rongga dlm campuran (VIM) (%)	1,40	1,16	1	4	Memenuhi
3.	Kelelehan (Flow) (mm)	2,60	2,20	2	-	Memenuhi
4.	Stabilitas (kg)	1802,59	1195,84	800	-	Memenuhi
5.	Marshall Quotient (MQ) (kg/mm)	693,31	448,003	200	-	Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 1.2. Nilai Karakteristik Campuran Laston:

No.	Sampel	KA 5%, abu 6%	KA 5%, abu 4%	KA 5%, abu 0%	Seharusnya		Ket.
					Min	Maks	
1.	Rongga dlm agregat (VMA) (%)	11,56	11,059	12,622	15	-	Tdk Memenuhi
2.	Rongga dlm campuran (VIM) (%)	1,44	0,82	1,89	3	5	Tdk Memenuhi
3.	Kelelehan (Flow) (mm)	2,30	3,50	2,50	2	4	Memenuhi
4.	Stabilitas (kg)	1923,09	1403,44	1396,73	550	-	Memenuhi
5.	Marshall Quotient (MQ) (kg/mm)	836,12	400,98	558,69	200	-	Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Tabel 1.1, dapat dilihat bahwa untuk HRS, VMA nya tidak memenuhi persyaratan. Untuk Laston, VIM dan VMA nya tidak memenuhi persyaratan, sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 1.2. Sehingga, untuk mengatasi masalah tersebut, dalam penelitian ini abu ampas tebu dipergunakan sebagai bahan tambah pada campuran Split Mastik Aspal (SMA).

Penelitian mengenai penggunaan bahan tambah pada campuran SMA sudah pernah dilakukan oleh Astika (2003). Dalam penelitian tersebut digunakan bahan tambah dedak padi pada campuran SMA. Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan dedak padi dapat meningkatkan titik lembek dan menurunkan nilai penetrasi aspal, sehingga terjadi pengikatan yang kuat terhadap agregat. Sementara, nilai daktilitas, titik nyala/bakar dan berat jenis aspal menurun. Berdasarkan analisis varian (uji F) diperoleh kesimpulan bahwa variasi kadar aspal dan kadar dedak, baik secara terpisah maupun secara bersama-sama (interaksi keduanya) memberikan pengaruh terhadap nilai-nilai karakteristik campuran SMA. Semakin tinggi kadar dedak dalam campuran, nilai stabilitas dan durabilitas (IKS) akan naik sampai pada titik tertentu dan kemudian akan turun lagi. Sementara, nilai fleksibilitas (MQ) semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kadar dedak dalam campuran.

Penelitian ini melanjutkan hasil yang diperoleh dalam penelitian yang dilakukan oleh Astika (2003). Campuran SMA diberi bahan tambah yang memiliki kandungan serat selulosa dan diharapkan dapat meningkatkan kinerja aspal, dimana bahan tambah yang digunakan adalah abu ampas tebu. Menurut Materials Handbook (1991), komponen penyusun dalam ampas tebu meliputi cellulose 45%, pentosan 32%, lignin 18%, dan lain-lain 5%. Dari komponen-komponen penyusun tersebut dapat dilihat bahwa komponen penyusun ampas tebu yang paling dominan adalah selulosa, dengan prosentase sebesar 45%.

Dari sisi ekonomi, penggunaan abu ampas tebu sebagai bahan tambah dalam campuran SMA jauh lebih murah dibandingkan dengan bahan tambah yang sering digunakan, contohnya arboce yang dijual dengan harga sekitar Rp 5000,00 per kg, dimana untuk 1 ton aspal membutuhkan \pm 60 kg bahan tambah. Apabila menggunakan abu ampas tebu sebagai bahan tambah, biaya yang diperlukan cukup murah karena hanya membutuhkan biaya pengangkutan saja, yaitu sekitar

Rp 275.000,00 untuk pengangkutan \pm 2 ton abu ampas tebu. Abu ampas tebu tersebut setelah melewati proses pengeringan dan proses penyaringan akan menghasilkan \pm 400 kg bahan tambah. Sehingga, harga per kg untuk abu ampas tebu \pm Rp 688,00. Dapat dikatakan bahwa penggunaan abu ampas tebu sebagai bahan tambah jauh lebih ekonomis daripada penggunaan arboceel.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka dapat diidentifikasi permasalahan sebagai berikut :

1. Abu ampas tebu merupakan limbah buangan dari pabrik gula yang jumlahnya cukup banyak, dan mulai banyak digunakan sebagai bahan bangunan.
2. Zat aditif atau bahan tambah yang sering digunakan harganya cukup mahal, maka akan dicoba menggunakan bahan tambah yang lebih ekonomis tetapi tidak mengurangi kekuatan dari campuran aspal.
3. Penggunaan bahan tambah, dalam hal ini abu ampas tebu diharapkan dapat meningkatkan kinerja aspal dalam campuran.
4. Dari hasil penelitian pendahuluan, diketahui bahwa nilai VMA untuk campuran HRS tidak memenuhi, dan nilai VIM dan VMA untuk campuran Laston juga tidak memenuhi. Sehingga, penelitian ini direncanakan untuk campuran SMA.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi abu ampas tebu sebagai bahan tambah aspal dan variasi kadar aspal terhadap karakteristik campuran SMA?
2. Berapakah presentase abu ampas tebu yang optimum serta Kadar Aspal Optimum?
3. Berapakah Indeks Kekuatan Sisa (IKS) pada campuran SMA setelah perlakuan campuran asam?

1.4 Pembatasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian hanya dilakukan pada Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, dan tidak dilakukan pengujian di lapangan.
2. Material yang digunakan berupa agregat kasar, halus, *filler* batu pecah dari daerah Purwosari – Pasuruan Jawa Timur, serta menggunakan bahan tambah abu ampas tebu dari Pabrik Gula Kebon Agung, Malang.
3. Penelitian ini tidak membahas masalah komposisi kimia secara lengkap dari bahan tambah abu ampas tebu.
4. Penelitian ini hanya melihat pengaruh konsentrasi campuran asam terhadap perubahan sifat-sifat mekanis campuran SMA, tanpa membahas masalah ikatan kimia yang terjadi dalam pengujian yang dilakukan.
5. Standard pengujian rancangan campuran Marshall menggunakan SK SNI M-58-1990-03.
6. Spesifikasi campuran menggunakan spesifikasi campuran beraspal panas Departemen Pekerjaan Umum Tahun 2000.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh variasi abu ampas tebu sebagai bahan tambah aspal dan variasi kadar aspal terhadap karakteristik campuran SMA.
2. Mengetahui prosentase abu ampas tebu yang optimum serta Kadar Aspal Optimum (KAO).
3. Mengetahui Indeks Kekuatan Sisa (IKS) pada campuran SMA setelah perlakuan campuran asam.

1.6 Hipotesis

Berdasarkan perumusan masalah dan tujuan penelitian yang telah diuraikan di atas, maka dapat disusun hipotesis penelitian sebagai berikut:

1. Penggunaan abu ampas tebu sebagai bahan tambah dengan variasi kadar aspal berpengaruh terhadap nilai karakteristik campuran SMA.
2. Penggunaan abu ampas tebu sebagai bahan tambah serta variasi kadar aspal dalam larutan asam berpengaruh terhadap nilai karakteristik campuran SMA.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



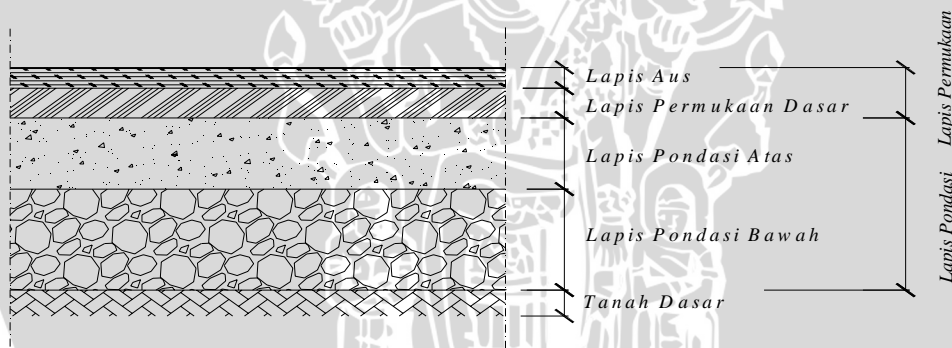
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Lentur Jalan Raya

Perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan jalan raya yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Adapun susunan konstruksi perkerasan terdiri dari:

1. Lapis permukaan (*surface course*)
2. Lapis pondasi atas (*base course*)
3. Lapis pondasi bawah (*subbase course*)
4. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)



Gambar 2.1. Susunan lapis konstruksi perkerasan

Sumber : Wignail Arthur, Dkk (2003)

Jenis perkerasan dapat dibedakan berdasarkan suhu pencampuran material dan fungsi perkerasan tersebut. Berdasarkan temperatur ketika mencampur dan memadatkan campuran, perkerasan dapat dibedakan atas:

1. Campuran aspal panas (*hotmix*).

Merupakan campuran aspal yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 140° C.

2. Campuran aspal sedang (*warm mix*).
Merupakan campuran aspal yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 60 ° C.
3. Campuran aspal dingin (*cold mix*).
Merupakan campuran aspal yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 25 ° C.

Saat ini di Indonesia terdapat berbagai jenis campuran aspal panas yang digunakan untuk lapisan perkerasan jalan. Perbedaannya terletak pada jenis gradasi agregat dan kadar aspal yang digunakan.

Jenis campuran aspal yang ada di Indonesia saat ini adalah :

1. Laston (Lapis Aspal Beton)

Laston adalah beton aspal dengan agregat bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston dikenal juga dengan nama AC (*Asphalt Concrete*). Karakteristik yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Tebal nominal minimum Laston 4-6 cm.

2. Lataston (Lapis Tipis Aspal Beton)

Lataston, atau biasa pula disebut HRS (*Hot Rolled Sheet*) adalah beton aspal yang menggunakan agregat bergradasi senjang, dan umumnya digunakan pada jalan dengan lalu lintas ringan sampai sedang. Karakteristik yang terpenting pada campuran ini adalah durabilitas, dan fleksibilitas

3. Latasir (Lapis Tipis Aspal Pasir)

Latasir, atau biasa pula disebut SS (*Sand Sheet*) atau juga HRSS (*Hot Rolled Sand Sheet*) adalah beton aspal untuk jalan-jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya dimana agregat kasar sulit diperoleh. Lapisan ini khususnya mempunyai ketahanan alur (*rutting*) rendah, sehingga tidak diperkenankan digunakan untuk daerah berlalu lintas berat atau daerah tanjakan.

4. Lapisan perata

Lapisan perata adalah beton aspal yang digunakan sebagai lapisan perata dan pembentuk penampang melintang pada permukaan jalan lama. Semua jenis campuran beton aspal dapat digunakan, tetapi untuk membedakan dengan campuran untuk lapisan perkerasan jalan baru, maka setiap jenis campuran

beton aspal tersebut ditambahkan huruf L (*Levelling*). Jadi ada jenis campuran AC-WC (L), AC-BC (L), AC-base (L), HRS-WC (L), dan seterusnya.

5. SMA (*Split Mastic Asphalt*)

SMA adalah beton aspal dengan agregat bergradasi terbuka dan selimut aspal yang tebal. Campuran ini mempergunakan bahan tambahan berupa fiber selulosa yang berfungsi untuk menstabilisasi kadar aspal yang tinggi. Lapisan ini terutama digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Ada 3 jenis SMA, yaitu:

- a. SMA 0/5 dengan tebal perkerasan 1,5-3 cm
- b. SMA 0/8 dengan tebal perkerasan 2-4 cm
- c. SMA 0/5 dengan tebal perkerasan 3-5 cm

6. HSMA (*High Stiffness Modulus Asphalt*)

HSMA adalah beton aspal yang mempergunakan aspal berpenetrasi rendah yaitu 30/45. Lapisan ini terutama digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Campuran jenis ini masih jarang digunakan di Indonesia, karena aspal yang diperlukan terpaksa diimpor.

2.2 Split Mastic Asphalt (SMA)

Split Mastic Asphalt adalah salah satu jenis campuran aspal beton panas dengan gradasi terbuka yang terdiri dari campuran:

- Split : Agregat kasar dengan gradasi terbuka dengan jumlah fraksi yang tinggi (70%-80% dari keseluruhan agregat dalam campuran).
- Mastik Aspal : Suatu campuran agregat halus, filler, dan bahan pengikat aspal dengan kadar relatif tinggi.
- Bahan tambahan berupa serat selulosa (*cellulose fibres*) yang berfungsi untuk menstabilkan aspal (memperbaiki sifat-sifat aspal minyak).

Menurut spesifikasi dari Direktorat Jendral Bina Marga untuk Proyek Peningkatan Jalan (1992), Split Mastik Aspal adalah suatu campuran aspal panas yang diformulasikan untuk meningkatkan daya tahan (durabilitas), kekesatan (*skid resistance*), fleksibilitas, kekuatan, ketahanan terhadap alur (*rutting*), ketahanan lapisan permukaan terhadap oksidasi, dan dipergunakan pada jalan-jalan dengan beban lalu lintas yang tinggi, kemiringan/tanjakan yang curam, persimpangan dan

daerah-daerah lain dimana permukaan jalan akan dilalui beban roda kendaraan berat.

Menurut Wonson (1996), SMA adalah suatu lapisan permukaan tipis (tebal 2,5-5cm), mempunyai ketahanan yang baik terhadap alur (*rutting*) dan mempunyai durabilitas yang tinggi. SMA terutama digunakan untuk lapisan permukaan jalan berlalu lintas berat, namun dapat juga digunakan untuk semua jenis permukaan jalan.

Menurut Collins (1996), SMA adalah suatu campuran aspal beton panas dengan gradasi senjang, mempunyai kandungan agregat kasar yang cukup tinggi (70%-80%), dengan demikian meningkatkan kontak antar butiran batu dengan batu di dalam campuran, sehingga dapat memberikan jaringan penyaluran beban roda dengan efisien. Partikel agregat kasar tersebut akan menyatu baik dengan filler, serat/polymer di dalam suatu ketebalan film aspal.

Menurut Khosla dan Edge (1995), suatu gradasi senjang menghasilkan presentase agregat kasar yang tinggi, dengan kadar agregat halus yang rendah dan persentase bahan pengisi (*filler*) relatif tinggi. Akibat dari prosentase agregat kasar yang tinggi, menyebabkan tingginya rongga dalam agregat (VMA). Hal ini dapat menampung kadar aspal yang relatif tinggi yang dapat memperlambat umur penuaan (*ageing*), mengurangi oksidasi dan mengurangi keretakan pada temperatur yang rendah.

SMA memiliki kandungan aspal yang tinggi pada suatu gradasi terbuka. Hal tersebut memberikan beberapa kelebihan dan kelemahan pada karakteristik SMA. Kelebihan pada karakteristik SMA antara lain:

1. Tebal film aspal yang lebih besar dimana dapat meningkatkan ketahanan terhadap oksidasi dan sinar ultraviolet, sehingga akan meningkatkan keawetan material/lapis perkerasan.
2. Meningkatkan kelekatan antara partikel agregat, terutama fraksi agregat kasar.

Kelemahan pada karakteristik SMA yaitu, karena ketebalan lapisan film aspal yang tinggi menyebabkan kemungkinan terjadinya *bleeding* (naiknya aspal ke permukaan) tinggi sehingga lama-kelamaan kandungan aspal dalam campuran

akan habis. Untuk itu diperlukan bahan tambah seperti serat selulosa untuk menstabilkan aspal dan meningkatkan viskositasnya.

Untuk mencegah supaya tidak terjadi kandungan aspal yang sangat tinggi pada campuran aspal beton maka diperlukan bahan pengisi yang relatif banyak untuk mengisi rongga- rongga udara di antara fraksi- fraksi agregat kasar.

2.2.1 Karakteristik Split Mastik Aspal (SMA)

Secara umum, karakteristik dari SMA adalah sebagai berikut :

1. Gradasi campuran terbuka (*open graded*) dengan persentase agregat kasar tinggi (ukuran agregat $> 2\text{mm}$) dan mempunyai kadar *chipping* yang tinggi.
2. Kadar aspal tinggi sehingga mempunyai tebal film aspal yang tinggi juga.
3. Memerlukan bahan pengisi (*filler*) yang cukup banyak.
4. Memerlukan bahan tambah serat selulosa untuk stabilisasi aspal.

2.3.2 Sifat-sifat Split Mastik Aspal (SMA)

Karakteristik agregat dalam SMA memberi pengaruh pada karakteristik SMA. Agregat bergradasi terbuka dengan prosentase agregat kasar yang tinggi akan memberikan sifat-sifat antara lain:

1. Tahan terhadap pengeluaran (*rutting resistance*) pada temperatur tinggi dan lalu-lintas berat (MST – 10 ton) yang terkonsentrasi pada satu jalur roda kendaraan.
2. Memungkinkan penggunaan kadar aspal yang tinggi karena banyak rongga-rongga dalam campuran.
3. Dapat dilaksanakan dengan lapis tipis (2,5-5 cm).
4. Tidak peka terhadap fluktuasi atau perubahan gradasi campuran.
5. Tahan terhadap pengausan dari ban roda, karena adanya kontak langsung antar ban/roda kendaraan dengan *chipping* yang kasar.
6. Lebih tahan terhadap deformasi.

Kadar aspal yang tinggi akan memberikan sifat :

1. Memiliki lapisan film aspal yang tebal, sehingga menyebabkan:
 - Tahan terhadap oksidasi
 - Tahan terhadap sinar ultraviolet

- Menjamin daya lekat yang kuat diantara mineral dan akan menambah umur dari perkerasan.
2. Tidak peka terhadap fluktuasi/perubahan kadar aspal dalam campuran.
 3. Mempunyai kelekatan yang lebih baik antara lapisan SMA dengan lapisan yang ada di bawahnya.
 4. Lebih fleksibel terhadap perubahan bentuk akibat kurang mantapnya lapisan bawah.

Penggunaan bahan tambah serat selulosa sebagai bahan stabilisasi aspal akan memberikan sifat-sifat:

1. Kekentalan dari aspal akan meningkat, sehingga:
 - Mencegah *drain out* aspal.
 - Mencegah terjadinya segregasi di AMP, di atas truk atau sewaktu penghamparan di lapangan.
 - Menurunkan kelelahan (*flow*).
 - Mencegah terjadinya *bleeding* setelah SMA dihampar.
2. Meningkatkan daya lekat aspal terhadap agregat.
3. Meningkatkan kekesatan permukaan (*skid resistance*).
4. Memberikan penulangan secara mikro sehingga meningkatkan *reinforce* aspal.

2.2.3 Spesifikasi Split Mastik Aspal (SMA)

Berdasarkan gradasi agregatnya, split mastik aspal dibagi ke dalam tiga golongan, yaitu :

1. SMA gradasi 0/11 mm, umumnya digunakan untuk lapis aus (*wearing course*) pada jalan baru, dengan ukuran agregat maksimum 11 mm dan ketebalan pengaspalan 2,5-5 cm.
2. SMA gradasi 0/8 mm, umumnya digunakan untuk lapis ulang (*overlay*) pada perkerasan jalan lama, dengan ukuran agregat maksimum 8 mm dan ketebalan pengaspalan 2-4 cm.
3. SMA gradasi 0/5 mm, umumnya digunakan untuk lapis tipis permukaan untuk tujuan pemeliharaan dan perbaikan jalan. Ukuran agregat maksimum 5mm dan ketebalan pengaspalan 1,5-3 cm.

Pada penelitian ini digunakan SMA gradasi 0/11 dengan variasi bahan tambah abu ampas tebu 0% - 5,25% terhadap berat aspal. Spesifikasi SMA menurut Bina Marga dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi Bina Marga untuk SMA Gradasi 0/11

No	Uraian	Persyaratan
1	Gradasi Agregat (% lolos saringan) 12,5 mm 11,2 mm 8,00 mm 5,00 mm 2,00 mm 0,71 mm 0,25 mm 0,09 mm	100 90 - 100 50 - 75 30 - 50 20 - 30 13 - 25 20 - 10,0 8,0 - 13
2	Aspal (Bitumen) Jenis Aspal Kadar Aspal	60/70 6,5% - 7,5% dari berat total campuran
3	Stabilisasi Jenis Bahan tambah (additive)	serat selulosa 0,3% dari berat total campuran
4	Campuran Kepadatan laboratorium Rongga udara (VIM) Rongga terisi aspal (VFB) Rongga dalam agregat (VMA) Stabilitas Marshall Flow Marshall Quotient Penyerapan aspal Indeks perendaman (48 jam, suhu 60° C) Kehilangan stabilitas (24 jam perendaman, suhu 60° C)	2 x 75 pukulan 3,0 - 5,0 75 - 82 > 15 ≥ 750 2,0 - 4,0 190 - 300 maks. 1,5 > 75 < 25
5	Lapis Aspal Ketebalan Derajat kepadatan	3,0 - 5,0 > 97

Sumber : Bina Marga (1992)

2.3 Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90%-95% agregat berdasarkan prosentase berat, atau 75%-85% agregat berdasarkan prosentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

Pemilihan agregat yang akan digunakan harus memperhatikan ketersediaan bahan di lokasi, jenis konstruksi, gradasi, ukuran maksimum, kebersihan, daya tahan, bentuk, tekstur, daya lekat agregat terhadap aspal dan berat jenisnya.

2.3.1 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah material yang lolos saringan 1,5” (37,5 mm) dan tertahan di atas saringan No. 8 (2,36 mm). Agregat kasar harus memiliki sifat yang disyaratkan dalam spesifikasi dan harus bersih, kuat, awet, bebas dari lempung dan bahan lain yang tidak dikehendaki.

Fungsi agregat kasar adalah untuk membuat campuran lebih kuat dan ekonomis. Agregat kasar harus memiliki ketahanan terhadap keausan, terutama apabila digunakan pada campuran untuk lapis permukaan. Ketahanan terhadap keausan dapat diketahui dari hasil pengujian dengan mesin *Los Angeles*.

Standar Nasional Indonesia (SNI) menyarankan agar agregat kasar memiliki persyaratan fisik sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Persyaratan Fisik Agregat Kasar

Persyaratan	Nilai
Keausan dengan mesin LA, 500 putaran (SNI 03-2417-1991)	Maks 40%
Agregat pipih dan lonjong (ASTM D-4791)	Maks 10%
Pelekatan dan pengelupasan agregat terhadap aspal (SNI 03-2439-1991)	Min 95%

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum (2000)

2.3.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no.4 (4,75 mm) dan tertahan pada saringan no.200 (0,075 mm) menurut ASTM. Agregat halus terdiri dari bahan-bahan halus hasil dari pemecahan batu, abu batu (*crusher dust*) dan pasir alam dalam keadaan kering serta bersih dari kotoran-kotoran seperti lempung dan lanau atau bahan-bahan lain yang merugikan.

Fungsi agregat halus adalah untuk stabilitas dan mengurangi deformasi permanen pada campuran sebagai akibat adanya ikatan dan gesekan antar partikel. Standar Nasional Indonesia (SNI) menyarankan agar agregat halus memiliki persyaratan fisik sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Penyelidikan Sifat-Sifat dari Material dan Standar yang Digunakan Untuk Agregat Halus.

No.	Jenis Pengujian	Standar Pengujian	Unit	Spesifikasi	
				Minimum	Maksimum
1	Berat Jenis Bulk	SNI 10-1989-F		-	3
2	Berat Jenis SSD	SNI 10-1989-F	%	2,5	-
3	Berat Jenis Apparent	SNI 10-1989-F	%	-	-
4	Penyerapan Air	SNI 10-1989-F	%	-	-

Sumber : Standar Nasional Indonesia (1989)

2.3.3 Bahan Pengisi (*filler*)

Filler adalah material halus lolos saringan No. 200 (0,075 mm). *Filler* terdiri dari batu kapur, abu dolomite, semen portland, abu terbang (*fly ash*), batu cement klin atau bahan non plastis dari sumber mineral lainnya. Mineral *filler* ini harus bebas dari bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki, harus kering dan bebas dari gumpalan (Spesifikasi Bina Marga,1992).

Fungsi *filler* dalam campuran beraspal adalah untuk meningkatkan viskositas dari aspal dan untuk mengurangi kepekaan campuran terhadap temperatur. Manfaat yang lain adalah *filler* dapat melakukan penyerapan yang tinggi terhadap aspal.

2.4 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material perekat berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai :

- Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dengan agregat dan antara sesama aspal.
- Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada didalam butir agregat itu sendiri.

Untuk dapat memenuhi kedua fungsi aspal itu dengan baik, maka aspal haruslah memiliki sifat adhesi dan kohesi yang baik, serta pada saat dilaksanakan mempunyai tingkat kekentalan tertentu.

Aspal berasal dari residu pengilangan minyak bumi atau dari deposit alam atau komponen yang membentuk aspal secara alami, yang ditemukan bersama-sama dengan material lainnya. Variasi tingkat penetrasi dari aspal yang biasa digunakan untuk perkerasan lentur adalah penetrasi 40/50, 60/70, 85/100, 120/150, dan 200/300. Semakin tinggi penetrasi aspal maka aspal tersebut semakin tidak keras, oleh sebab itu aspal yang mempunyai penetrasi tinggi hanya cocok digunakan untuk daerah yang bercuaca dingin dan dengan volume lalu lintas rendah.

Tabel 2.4 Penyelidikan Sifat-Sifat dari Material dan Standar yang Digunakan Untuk Aspal Penetrasi 60/70.

No.	Pengujian	Standar Pengujian	Unit	Spesifikasi	
				Min	Maks
1	Penetrasi (25°C, 5 detik)	SNI 06-2456-1991	0,1 mm	60	79
2	Titik lembek (Ring & Ball)	SNI 06-2434-1991	°C	48	58
3	Titik Nyala	SNI 06-2433-1991	°C	200	-
4	Daktalitas	SNI 06-2432-1991	Cm	100	-
5	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	-	1	-

Sumber : Standar Nasional Indonesia (1991)

2.5 Serat Selulosa (*Cellulose Fibres*)

Selulosa adalah karbohidrat serat atau polimer glukosa yang dapat dijumpai pada semua tumbuhan dan merupakan komponen penunjang pada dinding sel. Pada tahap awal pengembangan SMA di Jerman tahun 1960, bahan

aditif yang digunakan adalah serat asbestos. Penggunaan serat asbestos dapat berhasil dengan baik dan berfungsi sesuai dengan hasil stabilisasi yang dikehendaki seperti viskositas bitumen meningkat, titik leleh meningkat dan gaya adhesi bitumen terhadap agregat juga meningkat. Sejak tahun 1974, penggunaan asbestos mulai dilarang oleh pemerintah Jerman Barat karena dapat mengganggu kesehatan dan lingkungan hidup. Bahan aditif yang lain yang ditemukan sebagai pengganti serat asbestos adalah serat selulosa, bubuk karet, butiran karet, asam silika dan kieselgur. Di antara bahan aditif tersebut, yang dapat menggantikan fungsi serat asbestos dengan baik secara teknis, ekonomis dan aman untuk lingkungan hidup hanya serat selulosa.

Secara umum serat selulosa dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Serat selulosa yang tersedia secara alami di alam (*natural cellulose fibres*), seperti:
 - Serat Nabati, berupa serat biji/buah, daun, kulit dan batang kayu.
 - Serat Hewani, berupa wool, sutera, dan lain-lainnya.
 - Serat Mineral, yaitu serat yang berasal dari bahan tambang seperti asbestos.
2. Serat selulosa hasil olahan pabrik (*synthetic cellulose fibres*) yang merupakan hasil pengolahan bahan kimia menjadi serat. Misalnya polyamide dan polyester. Bisa juga hasil olahan serat alami dengan bahan sintetik tertentu sehingga menghasilkan bahan serat yang kuat secara struktural dan bisa digunakan untuk tujuan tertentu, misalnya untuk stabilitas tanah, aspal atau yang lainnya.

Dalam konstruksi perkerasan, telah banyak diproduksi serat-serat selulosa untuk bahan stabilisasi aspal, di antaranya adalah:

- *Arbocel*, yang mengandung 75% - 80% kadar selulosa.
- *Cellulose Fibres*, yang mengandung 85% serat selulosa.
- *Roadcel-50* mengandung 90% serat selulosa.
- Dan lain sebagainya.

Spesifikasi masing-masing serat selulosa diatas dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5. Sifat-sifat dari Roadcel-50, CF-31500 dan Arbocel

No.	Sifat bahan	Satuan	Roadcel-50	CF-31500	Arbocel
1	Kadar Selulosa	%	90	85	75-80
2	Nilai PH	-	7,0 ± 1	7,5 ± 1	7,5 ± 1
3	Panjang maksimum serat	mm	5000	1500	5000
4	Panjang rata-rata serat	mm	1400	100 - 1500	1100
5	Diameter rata-rata serat	mm	40	51	45
6	Berat Isi (bulk)	gr/lt	30	27 - 37	25 - 30

Sumber : Brosur untuk Roadcel-50, CF-31500 dan Arbocel

Serat-serat selulosa sintetik di atas merupakan bahan aditif untuk stabilisasi aspal pada campuran Split Mastik Aspal (SMA) yang sudah sering digunakan di berbagai negara termasuk di Indonesia. Mekanisme stabilisasi selulosa terhadap aspal ke dalam pori-pori selulosa sehingga aspal terlindungi oleh selulosa dari proses oksidasi sinar ultraviolet.

Bahan-bahan tersebut umumnya relatif mahal sehingga pada penelitian ini dicoba menggunakan serat selulosa alami yaitu abu ampas tebu untuk menggantikan serat-serat sintetis di atas.

2.6 Abu Ampas Tebu Sebagai Serat Selulosa

Abu ampas tebu adalah sisa hasil pembakaran dari ampas tebu. Ampas tebu sendiri merupakan hasil limbah buangan yang berlimpah dari proses pembuatan gula ($\pm 30\%$ dari kapasitas giling). Ampas tebu yang berlimpah tersebut telah dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada ketel uap. Alat ini digunakan untuk memproduksi uap pada suatu jumlah tertentu setiap jamnya dengan suatu tekanan dari suhu tertentu pula besarnya. Energi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga uap. Proses pembakaran ampas tebu itu sendiri berlangsung pada *grate* (pengapian), dari *furnace* (ruang pembakaran) ampas tebu dijatuhkan dari corong ke *grate*. Di *grate* inilah akan terjadi timbunan ampas tebu yang menyerupai kerucut bahan bakar. Selanjutnya akan berlangsung empat proses, yakni proses pengeringan, proses pembentukan karbon, proses pembakaran dan yang terakhir menjadi abu (abu ampas tebu).

Seiring dengan perkembangan jaman dan kemajuan teknologi, abu ampas tebu yang dahulunya hanya digunakan sebagai abu gosok, sudah mulai dimanfaatkan dalam industri bahan bangunan, seperti:

1. Penggunaan abu ampas tebu pada pembuatan panel gypsum. Diketahui bahwa penambahan abu ampas tebu akan meningkatkan kuat lentur dari panel gypsum (Sri Murni, 1989).
2. Penggunaan abu ampas tebu dalam pembuatan beton. Abu ampas tebu dalam beton mempunyai kecenderungan untuk meningkatkan kepadatan beton. Hal ini dapat dilihat dari lebih rendahnya nilai penyerapan air dari beton dengan abu ampas tebu dibandingkan dengan nilai penyerapan air dari beton normal. Dibandingkan dengan beton normal, beton dengan abu ampas tebu memiliki kuat tekan dan kuat lentur awal yang lebih rendah, tetapi memiliki peningkatan kekuatan tekan dan kekuatan lentur yang lebih baik dibandingkan. (Suseno dan Timang, 2002).
3. Penggunaan abu ampas tebu sebagai pengganti agregat (F3 dan F4) pada campuran aspal beton. Penggunaan abu ampas tebu sebagai pengganti F3 (agregat halus) menunjukkan bahwa stabilitas aspal beton cenderung mengalami penurunan sampai kadar abu ampas tebu 5%, dan kembali meningkat pada persentase selanjutnya. Hal yang sama terjadi pada campuran aspal beton dengan abu ampas tebu sebagai pengganti F4 (pasir). Penelitian yang diuji dengan Marshall Test memberikan hasil bahwa pemakaian abu ampas tebu dengan persentase berat abu ampas tebu 3% terhadap berat total sebagai pengganti F3 akan menghasilkan campuran yang terbaik. Dibandingkan dengan campuran aspal beton tanpa menggunakan abu ampas tebu, stabilitas campuran aspal beton dengan abu ampas tebu akan meningkat, flownya cenderung menurun, prosentase *air voids* cenderung meningkat, prosentase *voids filled* cenderung menurun, serta MQ cenderung lebih besar. (Tanan dan Anggraini, 2001).

Sabut atau serat yang terkandung dalam ampas tebu tersusun dari beberapa komponen penyusun, yang dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Komponen Penyusun Sabut Ampas Tebu

No.	Nama Bahan	Jumlah (%)
1.	Cellulose	45
2.	Pentosan	32
3.	Lignin	18
4.	Lain-lain	5

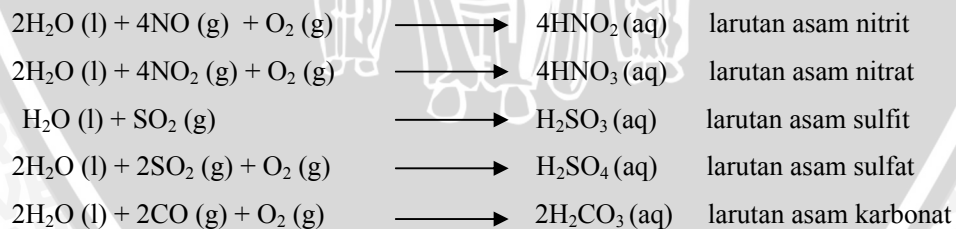
Sumber : Materials Handbook Thirteen Edition, 1991

Dari data di atas, dapat dilihat bahwa komponen penyusun yang dominan dalam abu ampas tebu adalah serat selulosa, yaitu sebesar 45%. Kandungan serat yang tinggi ini akan menguntungkan bila bahan ini digunakan sebagai bahan tambah pada campuran SMA. Penggunaan abu ampas tebu dalam campuran diharapkan dapat meningkatkan kinerja aspal.

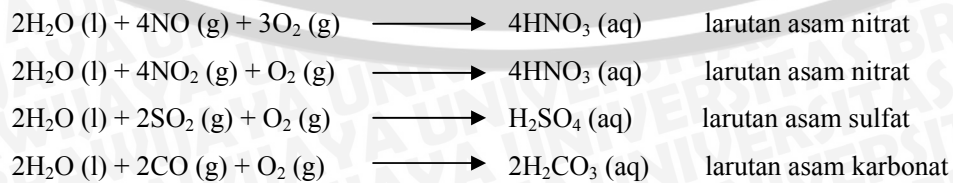
2.7 Campuran Asam

Pada musim hujan senyawa polutan akan larut dalam air hujan. Hal ini dikarenakan air memiliki sifat dapat melarutkan zat. Senyawa polutan SO_x , NO_x , dan CO_x yang larut dalam air akan menyebabkan pH air hujan < 7 . Air dengan angka pH < 7 menunjukkan bahwa air tersebut bersifat asam.

Air yang bereaksi dengan polutan NO , NO_2 , SO_2 , dan CO membentuk larutan asam nitrit, larutan asam nitrat, larutan asam sulfit, larutan asam sulfat, dan larutan asam karbonat. Reaksi antara air hujan dengan senyawa- senyawa polutan membentuk suatu campuran asam. Secara sederhana dapat dijelaskan reaksi kimia yang terjadi pada campuran asam yang terbentuk sebagai berikut :



Menjadi :



Larutan asam nitrat (HNO_3) dan larutan asam sulfat (H_2SO_4) sudah terdapat dengan konsentrasi 95% dan 37%. Sehingga untuk keperluan penelitian perlu diencerkan sampai konsentrasi yang direncanakan. Sedangkan untuk mendapatkan larutan asam karbonat (H_2CO_3) perlu direaksikan dulu antara larutan natrium karbonat (Na_2CO_3) dengan larutan asam klorida (HCl) sebagai berikut :



Untuk menghitung konsentrasi larutan hasil pengenceran, dapat digunakan rumus sebagai berikut ini (Charles W Keenan, 1984):

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

Dimana :

V_1 = volume larutan mula-mula

V_2 = volume larutan sesudah pengenceran

M_1 = kemolaran larutan mula-mula

M_2 = kemolaran larutan sesudah pengenceran

$$\text{Kemolaran}(M) = \frac{\text{Mol zat terlarut}}{\text{volume larutan}}$$

Sifat – sifat asam antara lain :

- Rasanya asam.
- Dapat merubah kertas lakmus biru menjadi merah.
- Korosif (dapat melapukkan logam dan beberapa non logam).
- Terurai menjadi ion positif hidrogen dan ion negatif sisa asam.

Untuk keperluan penelitian larutan HNO_3 , H_2SO_4 dan H_2CO_3 perlu diencerkan sampai konsentrasi yang direncanakan. Dalam penelitian ini digunakan campuran yang diambil dari skripsi terdahulu (Astuti & Utami, 2004) yang telah membahas tentang konsentrasi campuran asam sebagai berikut:

$$\text{HNO}_3 = 1,13 \times 10^3 \text{ Molar}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 = 4,5 \times 10^{-2} \text{ Molar}$$

$$\text{H}_2\text{CO}_3 = 3,38 \times 10^{-4} \text{ Molar}$$

$$\text{TOTAL} = 1,5489 \times 10^2 \text{ Molar}$$

2.8 Perencanaan Campuran Beraspal

Tujuan dari perencanaan campuran adalah untuk mendapatkan campuran agregat dan aspal yang optimal sehingga dihasilkan perkerasan dengan kualitas yang optimal. Adapun perencanaan campuran meliputi gradasi agregat (dengan memperhatikan mutu agregat) dan kadar aspal. Campuran beraspal harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

1. Kadar aspal cukup memberikan kelenturan.
2. Stabilitas cukup memberikan kemampuan memikul beban sehingga tak terjadi deformasi yang merusak.
3. Prosentase rongga yang cukup memberikan kesempatan untuk pemadatan tambahan akibat beban berulang dan *flow* dari aspal.
4. Dapat memberikan kemudahan kerja sehingga tak terjadi segregasi.
5. Dapat menghasilkan campuran yang akhirnya menghasilkan lapis perkerasan yang sesuai dengan persyaratan dalam pemilihan lapis perkerasan pada tahap perencanaan.

Tahap-tahap dalam prosedur pembuatan campuran adalah sebagai berikut :

1. Memilih jenis agregat yang akan dipakai di dalam campuran
2. Memilih gradasi agregat yang akan dipakai
3. Menentukan perbandingan dari tiap-tiap agregat sehingga mendapatkan campuran yang diinginkan.
4. Pengujian Marshall, untuk menentukan kadar aspal optimum dalam analisis stabilitas, kelelahan, kepadatan, rongga dalam agregat, rongga terisi aspal dan rongga dalam campuran.

Adapun persyaratan yang harus dimiliki oleh campuran beraspal yaitu :

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap. Stabilitas terbentuk akibat adanya gesekan internal dan gaya ikat aspal yang ada didalam campuran. Untuk memperoleh stabilitas yang tinggi sebaiknya digunakan agregat yang memiliki gradasi rapat, permukaan kasar dan bentuk seperti kubus, serta menggunakan aspal berpenetrasi rendah dalam jumlah yang cukup. Kestabilan yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan perkerasan menjadi kaku

dan cepat mengalami retak. Hal ini terjadi karena volume antar agregat kurang, sehingga menghasilkan film aspal yang tipis dan bisa menyebabkan ikatan aspal mudah lepas. Pada akhirnya, hal tersebut menyebabkan lapisan tidak kedap air, oksidasi mudah terjadi, dan lapis perkerasan menjadi rusak. Pengukuran stabilitas dilakukan melalui pengujian laboratorium yang dinamakan *Marshall Test*.

2. Durabilitas (keawetan)

Durabilitas adalah kemampuan lapisan permukaan menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas lapisan dipengaruhi oleh tebalnya *film* atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran. Selimut aspal yang cukup akan membungkus agregat secara baik, sehingga lapisan akan lebih kedap air, lebih mampu menahan keausan. Besarnya pori yang tersisa dalam campuran setelah pemadatan mengakibatkan durabilitas lapisan menurun.

3. Fleksibilitas (kelenturan)

Fleksibilitas adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Untuk menghasilkan fleksibilitas yang tinggi diperoleh dengan:

- Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh *VMA (Voids In Mineral Agregat)* yang tinggi.
- Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi tinggi)
- Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh *VIM (Voids In Mix)* yang rendah.

4. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan adalah kemampuan lapisan permukaan menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat diatasi dengan menggunakan kadar aspal yang tinggi.

5. Kekesatan/tahanan geser (*skid resistance*)

Kekesatan adalah kemampuan permukaan lapisan permukaan memberikan gaya gesek pada roda kendaraan terutama pada kondisi basah, sehingga kendaraan tidak tergelincir ataupun slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi.

6. Kedap air (*impermeabilitas*)

Yang dimaksud dengan kedap air adalah kemampuan lapisan permukaan untuk menahan masuknya air ataupun udara kedalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah lapisan permukaan dipadatkan dapat menjadi indikator kekedapan air campuran. Tingkat impermeabilitas lapisan permukaan berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

7. Kemudahan pelaksanaan (*workability*)

Yang dimaksud dengan kemudahan pelaksanaan adalah Kondisi campuran beraspal yang saat pelaksanaan pembangunan konstruksi perkerasan mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur, serta gradasi dan kondisi agregat. Revisi atau koreksi terhadap rancangan campuran dapat dilakukan jika ditemukan kesukaran dalam pelaksanaan

2.9 Pengujian Marshall

2.9.1 Pengujian Marshall Standar

Prosedur yang paling banyak digunakan untuk perencanaan campuran aspal adalah metode Marshall. Metode ini dikembangkan pertama kali oleh Bruce Marshall dan dilanjutkan oleh *U.S. Corps Engineer*. Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76.

Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 5000 pon (2268 kg). *Proving ring* dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Selain itu terdapat juga arloji kelelahan (*flow meter*) untuk mengukur kelelahan plastis (*flow*).

Pada metode Marshall, suatu benda uji dibentuk dalam cetakan silinder dengan diameter 4 inci (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm) kemudian dipadatkan dengan pemukul seberat 10 pon (4,536 kg) yang mempunyai tinggi jatuh 18 inci (45,7 cm). Pemadatan di kedua sisi dilakukan sebanyak 35, 50 atau 75 kali tergantung pada rencana beban lalu lintas yang akan digunakan. Setelah pemadatan, benda uji dibiarkan selama 24 jam, kemudian ditimbang berat keringnya. Benda uji kemudian direndam selama 24 jam dan dihitung berat SSD. Setelah itu benda uji direndam dalam bak perendaman pada suhu tetap 60° C selama 30 menit. Kemudian dilakukan pengujian dengan cara memberi pembebanan pada benda uji dengan kecepatan 50 mm/menit untuk menentukan stabilitas dan kelelahan.

Kinerja campuran ditentukan melalui pengujian benda uji yang meliputi :

1. Penentuan berat volume benda uji
2. Pengujian nilai stabilitas, yaitu kemampuan maksimum benda uji menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis.
3. Pengujian kelelahan (*flow*), yaitu besarnya perubahan bentuk plastis dari benda uji akibat adanya beban sampai batas keruntuhan.
4. Perhitungan Marshall *Quotient*, yaitu perbandingan antara nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*).
5. Perhitungan volume pori dalam agregat campuran (*VMA = Voids In the Mineral Agregate*), yaitu banyaknya pori di antara butir-butir agregat di dalam benda uji, dinyatakan dalam persentase.
6. Perhitungan banyaknya pori yang berada dalam campuran (*VIM = Void In Mix*), yaitu banyaknya pori di antara butir-butir agregat yang diselimuti aspal. *VIM* dinyatakan dalam persentase terhadap volume benda uji.

Persyaratan SMA mengikuti spesifikasi campuran beraspal panas yang dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Persyaratan Campuran SMA (*Split Mastic Asphalt*)

Sifat Campuran	Spesifikasi	
	Minimum	Maksimum
Kadar rongga dalam campuran (<i>VIM</i>)	3 %	5 %
Rongga di antara mineral agregat (<i>VMA</i>)	> 15 %	-
Stabilitas	> 670 kg	-
Kelelehan (<i>Flow</i>)	2 mm	4mm
Hasil Bagi Marshall (<i>MQ</i>)	190 kg/mm	300 kg/mm

Sumber : Spesifikasi Bina Marga untuk Proyek Peningkatan Jalan (1992)

2.9.2 Pengujian Marshall *Immersion*

Pengujian Marshall *Immersion* dimaksudkan untuk melihat kepekaan campuran SMA terhadap pengaruh air. Prosedur pembuatan benda uji Marshall *Immersion* sama dengan pembuatan benda uji Marshall standar. Nilai Marshall *Immersion* dinyatakan dalam suatu prosentase yang disebut *Index Of Retained Stability*, yaitu perbandingan antara stabilitas benda uji terendam (perendaman pada suhu 60°C selama 24 jam) dengan stabilitas benda uji standar (perendaman pada suhu 60°C selama 30 menit). Kehilangan stabilitas yang terjadi akibat perendaman merupakan ukuran ketahanan campuran beraspal terhadap pengaruh air.

2.10 Ringkasan Penelitian Terdahulu

2.10.1 Perilaku Aspal Beton terhadap Pemakaian Abu Ampas Tebu, Tanan & Anggraini (2001)

Dalam penelitian ini, abu ampas tebu digunakan sebagai pengganti agregat (F3 dan F4) pada campuran aspal beton. Pada penggunaan abu ampas tebu sebagai pengganti F3 (agregat halus), stabilitas aspal beton cenderung mengalami penurunan sampai kadar abu ampas tebu 5% dan kembali meningkat pada persentase selanjutnya. Hal yang sama terjadi pada campuran aspal beton dengan abu ampas tebu sebagai pengganti F4 (pasir). Berdasarkan hasil Marshall Test, pemakaian abu ampas tebu dengan persentase berat abu ampas tebu 3% terhadap berat total sebagai pengganti F3 akan menghasilkan campuran yang terbaik, dengan nilai stabilitas 1370,27 kg, nilai flow sebesar 2,92 mm, *air voids* sebesar 5,3%, *void filled* sebesar 69,7%, dan MQ sebesar 4,63 kN/mm. Bila dibandingkan

dengan campuran aspal beton tanpa menggunakan abu ampas tebu, stabilitasnya akan meningkat sebesar 10.24%, *flow* cenderung menurun, persentase *air voids* cenderung meningkat, persentase *voids filled* cenderung menurun, serta MQ cenderung lebih besar.

2.10.2 Pengaruh Penambahan Dedak Padi terhadap Karakteristik Campuran SMA (Split Mastic Asphalt), Astika (2003)

Penelitian ini membahas pengujian laboratorium campuran Split Mastik Aspal (SMA) dengan 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5% dan 6% dedak padi terhadap berat aspal. Kadar aspal yang digunakan adalah 5%, 6%, 7% dan 8% terhadap berat total agregat. Dari hasil penelitian diketahui pengaruh penambahan dedak padi terhadap karakteristik campuran SMA, terutama yang diukur yaitu stabilitas, fleksibilitas (MQ), dan durabilitas (IKS). Dalam penelitian ini didapatkan kadar aspal optimum (KAO) rekomendasi sebesar 7,398% terhadap berat total agregat dan kadar dedak padi optimum rekomendasi sebesar 3,303% terhadap berat aspal. Karakteristik campuran pada kadar aspal dan kadar dedak padi optimum rekomendasi adalah Stabilitas = 809,114 kg, Fleksibilitas (MQ) = 246,707 kg/mm, Durabilitas (IKS) = 91,647%, Kelelehan (*flow*) = 3,176 mm, VIM = 4,749%, VMA = 20,599% dan VFB = 78,433%. Semua nilai-nilai yang dihasilkan sudah sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga untuk campuran Split Mastik Aspal (SMA) 0/11 sehingga cocok untuk lalu-lintas berat.

2.10.3 Hubungan Antara Penelitian yang dilakukan dan Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ini, abu ampas tebu digunakan sebagai bahan tambah pada campuran SMA 0/11 karena abu ampas tebu dan dedak padi sama-sama memiliki kandungan serat selulosa yang diharapkan dapat meningkatkan kinerja aspal. Menurut *Materials Handbook* (1991), komponen penyusun ampas tebu yang paling dominan adalah 45%. Pada penelitian ini diambil kadar bahan tambah 0%, 0,75%, 1,5%, 2,25%, 3%, 3,75%, 4,5% dan 5,25% abu ampas tebu terhadap berat aspal. Kadar aspal yang digunakan adalah 5%, 6%, 7% dan 8% terhadap berat total agregat.

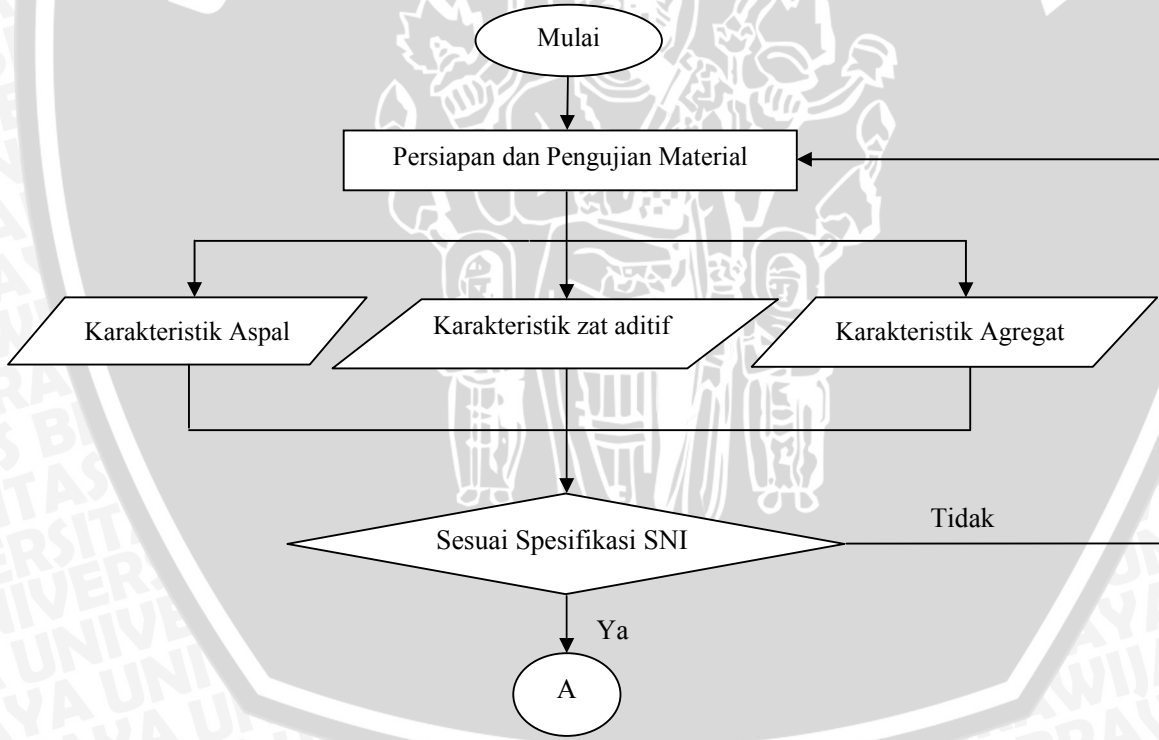
BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Sedangkan waktu pelaksanaan dimulai pada bulan Agustus 2008 sampai selesai.

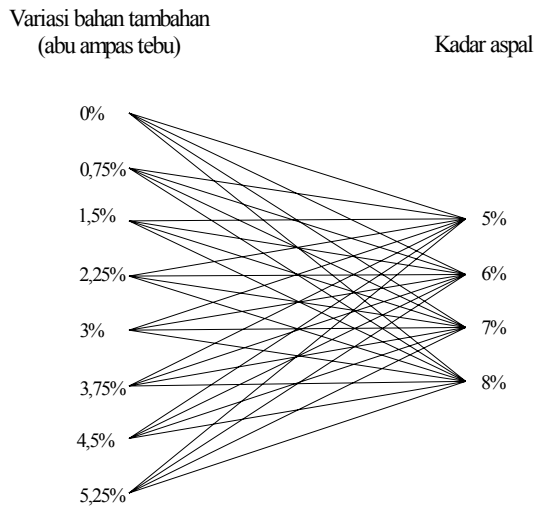
3.2 Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini, dibuat campuran SMA gradasi 0/11 yang umumnya digunakan sebagai lapis aus (*wearing course*) pada lapisan perkerasan. Untuk melihat lebih jelas, langkah-langkah penelitian untuk campuran SMA 0/11 ditunjukkan pada diagram alir sebagai berikut :





Perencanaan Campuran SMA 0/11
Dengan variasi kadar aspal & abu ampas tebu

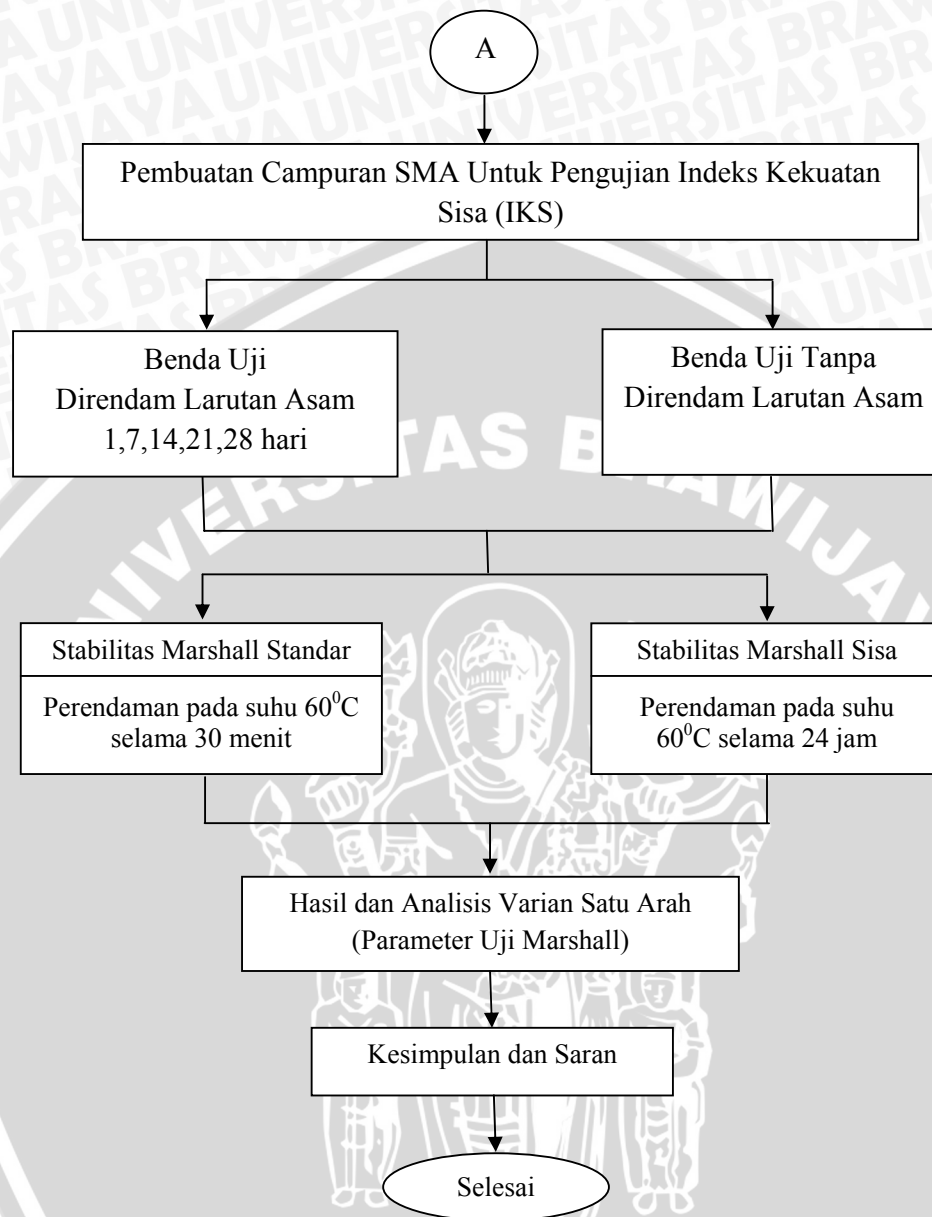


Marshall Test

Hasil dan Analisis Varian Dua Arah
(Parameter Uji Marshall)

Kadar Aspal Optimum & Kadar
Abu Ampas Tebu Optimum





Gambar 3.1 Diagram Alir tahapan penelitian campuran SMA 0/11

3.3 Persiapan Material dan Alat Penelitian

3.3.1 Bahan

Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan *filler*, dimana semua agregat yang digunakan berupa batu pecah dari daerah Purwosari, Pasuruan Jawa Timur. Material agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal pertamina pen 60/70 yang digunakan adalah material yang

tersedia di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Sedangkan bahan tambah yang digunakan adalah abu ampas tebu dari Pabrik Gula PT. Kebon Agung Kabupaten Malang.

3.3.2 Alat yang digunakan

Adapun alat yang digunakan selama penelitian adalah :

1. Seperangkat alat pengujian aspal
2. Seperangkat alat pengujian agregat
3. Seperangkat alat pengujian Marshall
4. Seperangkat alat pembuatan benda uji Marshall

3.4 Pengujian Material

Jenis material yang digunakan pada penelitian ini dipilih agar dapat memenuhi spesifikasi campuran SMA, kemudian diuji untuk memenuhi Standar Nasional Indonesia.

3.4.1 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah material yang lolos saringan 1,5” (37,5 mm) dan tertahan diatas saringan No. 8 (2,36 mm). Agregat kasar hendaknya memiliki sifat yang disyaratkan dalam spesifikasi dan hendaknya harus bersih, kuat, awet, bebas dari lempung dan bahan lain yang tidak dikehendaki.

Standar Nasional Indonesia (SNI) menyarankan agar agregat kasar memiliki persyaratan fisik sebagaimana diperlihatkan pada tabel berikut:

Tabel 3.1 Persyaratan Fisik Agregat Kasar

Persyaratan	Nilai
Keausan dengan mesin LA, 500 putaran (SNI 03-2417-1991)	Maks 40%
Agregat pipih dan lonjong (ASTM D-4791)	Maks 10%
Pelekatan dan pengelupasan agregat terhadap aspal (SNI 03-2439-1991)	Min 95%

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum (2000)

3.4.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah mineral yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm) dan tertahan diatas saringan No. 200 (0,075 mm). Agregat halus berupa pasir alam, misalnya dari sungai atau bahan galian, debu vulkanik atau pecahan batu kecil yang dihasilkan dari produksi mesin pemecah batu. Agregat halus harus mempunyai kekerasan yang tinggi, tidak mudah pecah (*crushed*), hancur (*disintegration*) dan mengalami penurunan mutu (*degradation*) dan memenuhi persyaratan seperti tertera pada tabel berikut :

Tabel 3.2 Penyelidikan Sifat-sifat dari Material dan Standar yang Digunakan untuk Agregat Halus.

No.	Pengujian	Standar Pengujian	Unit	Spesifikasi	
				Min.	Max.
1	Berat Jenis Bulk	SNI 10-1989-F		-	3
2	Berat Jenis SSD	SNI 10-1989-F	%	2.5	-
3	Berat Jenis Apparent	SNI 10-1989-F	%	-	-
4	Penyerapan Air	SNI 10-1989-F	%	-	-

Sumber : Standar Nasional Indonesia (1989)

3.4.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler adalah suatu material halus yang minimal 75% lolos saringan No. 200 (0,075 mm). *Filler* terdiri dari unsur non plastis yang memenuhi persyaratan, umumnya berupa semen, abu batu, kapur atau mineral organik lainnya. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan harus dilakukan pengujian dengan saringan basah, untuk mendapatkan minimal 75% berat partikel yang lolos saringan No.200 (0,075 mm).

3.4.4 Aspal

Dalam penggunaannya sebagai bahan pengikat pada campuran aspal beton, aspal dengan penetrasi rendah digunakan pada daerah bercuaca panas atau arus lalu lintas tinggi, sedangkan jenis aspal dengan penetrasi tinggi lebih cocok digunakan pada daerah bercuaca dingin atau lalu lintas rendah. Di Indonesia, umumnya digunakan aspal dengan penetrasi 60 – 70 dan 80 – 100.

Konstruksi jalan yang dibangun dengan perkerasan lentur (aspal) dapat digunakan untuk segala jenis lalu lintas baik ringan, sedang, berat ataupun untuk

perkerasan *runway*. Variasi tingkat penetrasi dari aspal yang biasa digunakan adalah pen 40/50, 60/70, 85/100, 120/150, dan 200/300. Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal pen 60/70.

Tabel 3.3 Penyelidikan Sifat-sifat dari Material dan Standar yang Digunakan untuk Aspal Penetrasi 60/70

No	Pengujian	Standar Pengujian	Unit	Spesifikasi	
				Min	Maks
1	Penetrasi (25°C, 5 detik)	SNI 06-2456-1991	0,1 mm	60	79
2	Titik lembek (Ring & Ball)	SNI 06-2434-1991	°C	48	58
3	Titik Nyala	SNI 06-2433-1991	°C	200	-
4	Daktalitas	SNI 06-2432-1991	Cm	100	-
5	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	-	1	-

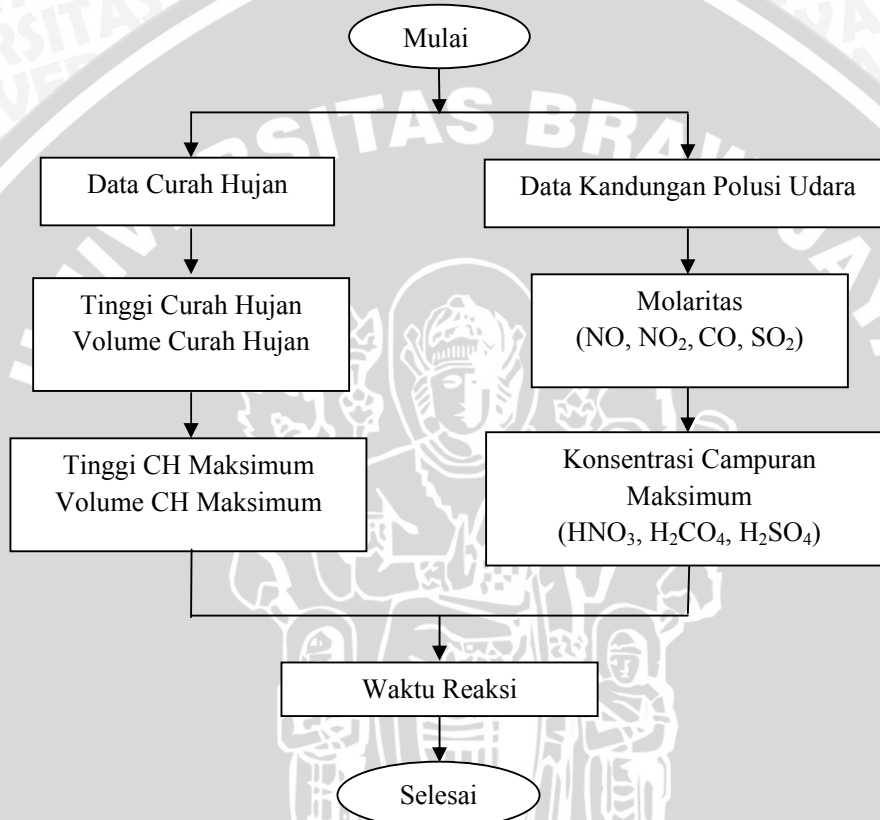
Sumber : Standar Nasional Indonesia (1991)

3.4.5 Bahan Tambah (Zat aditif)

Bahan tambah digunakan untuk meningkatkan kinerja dari campuran aspal. Dalam penelitian ini, bahan tambah yang digunakan adalah abu ampas tebu, yang merupakan sisa hasil pembakaran ampas tebu dari Pabrik Gula Kebon Agung, Malang. Abu ampas tebu merupakan sisa hasil pembakaran dari ampas tebu, dimana ampas tebu itu sendiri merupakan hasil limbah buangan yang berlimpah dari proses pembuatan gula ($\pm 30\%$ dari kapasitas giling). Ampas tebu yang berlimpah tersebut telah dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada ketel uap (alat untuk memproduksi uap pada suatu jumlah tertentu setiap jamnya dengan suatu tekanan dan suhu tertentu pula besarnya) dimana energi yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Uap. Pembakaran ampas tebu itu sendiri melewati empat proses, yakni proses pengeringan, proses pembentukan karbon, proses pembakaran, dan yang terakhir menjadi abu (abu ampas tebu). Abu ampas tebu mengandung serat selulosa alami, yang diharapkan dapat meningkatkan atau memperbaiki kinerja dari aspal. Dari penelitian pendahuluan, diketahui bahwa penambahan abu ampas tebu pada campuran HRS dan Laston dapat meningkatkan stabilitas campuran, akan tetapi karena nilai VIM dan VMA untuk Laston serta nilai VMA untuk HRS tidak memenuhi, maka abu ampas tebu dicoba digunakan sebagai bahan tambah pada campuran SMA.

3.5 Campuran Asam

Ketahanan lapisan perkerasan terhadap hujan diuji dengan pembuatan campuran dari data curah hujan maksimum dan kandungan asam yang terkandung kemudian dilakukan perendaman benda uji selama waktu reaksi terhadap campuran tersebut. Proses pengolahan data untuk mendapatkan waktu perendaman campuran asam ditampilkan pada gambar berikut :



Gambar 3.2 Diagram Alir Penentuan Kosentrasi Asam & Waktu Reaksi

3.6 Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran SMA dapat dilihat pada Tabel 3.4 dan Tabel 3.5.

Tabel 3.4 Perhitungan % Agregat untuk Campuran SMA

Ukuran Saringan	Persen Lolos		
	SMA 0/11	SMA 0/8	SMA 0/5
3/4"	100		
1/2"	90-100	100	
3/8"	50-65	90-100	100
No. 4"	30-45	30-50	90-100
No. 8"	20-30	20-30	30-40
No. 50"	10-22	10-22	10-22
No. 200"	8-12	8-12	8-13

Sumber : Sukirman, 2003

Tabel 3.5 Sifat Campuran Beton Aspal Jenis SMA

Sifat Campuran		SMA
VMA	%	> 15
VIM	%	3-5
Stabilitas	kg	≥ 670
Flow	mm	2-4
MQ	kg/mm	190-300

Sumber : Spesifikasi Bina Marga untuk Proyek Peningkatan Jalan (1992)

3.7 Penentuan Kadar Aspal Rencana

Berdasarkan spesifikasi Bina Marga, kadar aspal optimum untuk campuran SMA 0/11 adalah 6,5% - 7,5% dari berat total campuran. Maka kadar aspal pendekatan yang digunakan pada penelitian ini adalah 5%, 6%, 7%, dan 8% terhadap berat total agregat.

3.8 Rancangan Percobaan

Sebelum melakukan pencampuran, dilakukan pengujian bahan yang akan digunakan apakah memenuhi spesifikasi atau tidak. Setelah itu dilanjutkan dengan membuat benda uji untuk setiap campuran.

Menurut Suharto (2004), banyaknya benda uji yang dibuat dapat ditentukan dengan rumus pendekatan berikut:

$$(r - 1) \cdot (t - 1) \approx 15$$

Dimana : r = Replikasi atau perulangan

t = *Treatment* atau perlakuan

Dalam penelitian ini digunakan 8 jenis variasi bahan tambah dengan 4 variasi kadar aspal. Sehingga jumlah *treatment* adalah 32, maka :

$$(r - 1) \cdot (t - 1) \approx 15$$

$$(r - 1) \cdot (32 - 1) = 15$$

$$32r - 1r - 32 + 1 = 15$$

$$32r - 32 = 15$$

$$r = \frac{15 + 32}{32} = 1.47 \approx 2 \text{ buah}$$

Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan jumlah benda uji sebanyak 2 buah benda uji, namun untuk menghindari terjadinya hal yang tidak diinginkan sehingga mempengaruhi keakuratan data penelitian, serta untuk menghindari adanya pembiasan data maka dibuat 3 benda uji.

3.9 Proses Pembuatan Benda Uji

Secara singkat proses pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

- Menakar agregat, aspal, dan bahan tambah sesuai dengan komposisi campuran yang telah direncanakan.
- Memanaskan agregat dan aspal dengan bahan tambah sampai suhu tertentu, untuk aspal 140°C - 160°C sedangkan untuk pemanasan agregat maksimal 15° di atasnya. Sehingga ditentukan suhu pemanasan aspalnya adalah 140°C dan suhu pemanasan agregatnya adalah 155°C.
- Pada suhu yang telah ditentukan, agregat yang telah dipanaskan dicampur dengan aspal dengan komposisi tertentu sampai rata.

- d. Campuran dipadatkan dengan Marshall Compaction pada suhu 120°C, untuk jumlah pukulannya sebanyak 2x75 pukulan.
- e. Setelah didinginkan, benda uji dikeluarkan dengan alat ekstruder.
- f. Benda uji diperam (*curing*) selama 24 jam.

3.10 Pengujian Standar Marshall Test

Pengujian pada tahap ini untuk mendapatkan data yang akan dipakai untuk penentuan kadar aspal dan agregat optimum.

Tahapan pengujian Marshall Standar adalah sebagai berikut :

- Benda uji ditimbang dalam keadaan kering dan diukur tingginya.
- Benda uji direndam dalam air selama 24 jam.
- Setelah direndam ditimbang berat SSD dan berat dalam air.
- Benda uji dimasukkan dalam water bath pada suhu 60°C ± 5 selama 30 menit.
- Dilakukan Marshall Test untuk mendapatkan data Stabilitas dan Kelelehan.

Pada tahap pertama masing-masing kombinasi perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga menghasilkan 96 benda uji.

Tabel 3.6 Jumlah Benda Uji dengan Variasi Abu Ampas Tebu dan Kadar Aspal untuk Campuran SMA 0/11

Variasi Abu Ampas Tebu (%) (Bahan tambah)	Kadar Aspal (%)			
	5	6	7	8
0	3 bu	3 bu	3 bu	3 bu
0,75	3 bu	3 bu	3 bu	3 bu
1,5	3 bu	3 bu	3 bu	3 bu
2,25	3 bu	3 bu	3 bu	3 bu
3	3 bu	3 bu	3 bu	3 bu
3,75	3 bu	3 bu	3 bu	3 bu
4,25	3 bu	3 bu	3 bu	3 bu
5,25	3 bu	3 bu	3 bu	3 bu
jumlah	96 bu			

Keterangan : bu = benda uji

Setelah diperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) serta kadar optimum abu ampas tebu sebagai bahan tambah, penelitian dilanjutkan pada tahap pengujian Indeks Kekuatan Sisa (IKS) campuran SMA optimum dengan perendaman dalam larutan asam. Selain itu, dibuat juga benda uji yang tidak direndam larutan asam sebagai kontrol/pembanding.

3.11 Percobaan Marshall Imersion

Kadar aspal optimum yang diperoleh dari hasil penelitian pada tahap pertama digunakan untuk menguji Marshall *Immersion*. Pengujian Marshall Immersion dilakukan untuk mendapatkan Indeks Kekuatan Sisa pada campuran SMA, dimana benda uji sebelum di uji Marshall direndam dalam waterbath selama 24 jam. Jumlah benda uji yang dilakukan uji Marshall Immersion dapat dilihat pada tabel :

Tabel 3.7 Jumlah Benda Uji untuk Campuran SMA 0/11 Sesuai Kadar Agregat dan Aspal Optimum dengan Variasi Waktu Perendaman Asam

Jenis Perlakuan		Direndam pada suhu 60°C	
		30 menit	1440 menit (24 jam)
Tanpa bahan tambah abu ampas tebu		3 bu	3 bu
Dengan bahan tambah ampas tebu	0 hari	3 bu	3 bu
	7 hari	3 bu	3 bu
	14 hari	3 bu	3 bu
	21 hari	3 bu	3 bu
	28 hari	3 bu	3 bu
Jumlah		36 bu	

Keterangan : bu = benda uji

Sumber : Hasil Perhitungan

3.12 Analisis data

3.12.1 Analisis Marshall

Hasil pengujian Marshall menghasilkan *density void analysis* dan *stability-flow*. Stabilitas dan flow didapat dari hasil pengujian alat Marshall, sedangkan *density void analysis* akan menghasilkan parameter-parameter *density*, *void in mineral agregat* (VMA), *void in the mix* (VIM).

a. density void analysis

Berat volume benda uji dapat ditentukan dengan membagi berat kering benda uji dengan perbandingan antara berat benda uji kering permukaan jenuh dan berat benda uji di dalam air. Berat jenis agregat dan aspal dari setiap benda uji telah diketahui begitu juga proporsi campuran telah diketahui, maka dapat dihitung berat jenis maksimum teoritis. Selanjutnya dihitung kadar rongga dari setiap benda uji. Adapun perhitungannya menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

- Berat jenis maksimum teoritis (gram/cm^3)

$$BJ_{mm} = \frac{100}{\frac{\%agregat}{BJ_{agregat}} + \frac{\%aspal}{BJ_{aspal}}}$$

- Volume aspal terhadap benda uji

$$V_b = \frac{b \times g}{BJ_{aspal}}$$

Dimana : b = kadar aspal terhadap total campuran (%)

g = berat volume benda uji (%)

- Volume agregat terhadap benda uji (%)

$$V_s = \frac{(100 - b) \times g}{BJ_{agr\ eff}}$$

- Kadar rongga dalam campuran (%)

$$VIM = 100 - 100 (g / BJ_{mm})$$

- Kadar rongga dalam agregat (%)

$$VMA = 100 - V_s$$

- Kadar rongga terisi aspal (%)

$$VFA = 100 \times \frac{V_b}{VMA}$$

b. Nilai Stabilitas dan Kelelahan

Nilai Stabilitas diukur langsung dari alat Marshall Test. Beban maksimum yang diberikan terhadap benda uji pada kondisi ini menunjukkan nilai stabilitas dan deformasi yang terjadi pada beban maksimum menunjukkan nilai kelelahan (*flow*). Nilai Stabilitas diperoleh dari nilai pembacaan arloji Stabilitas dikalikan dengan kalibrasi proving ring dan koreksi benda uji.

3.12.2 Analisa Marshall *Immersion*

Rumus yang digunakan untuk mendapatkan Indeks Kekuatan Sisa Marshall (*Marshall Index Of Retained Stability*) dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$\text{Indeks} = \frac{S_2}{S_1} \times 100$$

Dimana : S_1 = Nilai Stabilitas Marshall untuk perendaman 30 menit (kg)

S_2 = Nilai Stabilitas Marshall untuk perendaman 24 jam (kg)

Indeks = Indeks Kekuatan Sisa Marshall (%)

3.13 Analisis Statistik

Setelah data-data parameter Marshall diperoleh, maka dilanjutkan dengan analisa secara statistik yang bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh komposisi agregat dan kadar aspal terhadap karakteristik campuran SMA. Adapun proses analisisnya adalah sebagai berikut :

3.13.1 Normalitas

Uji Normalitas dilakukan untuk mengetahui nilai variabel-variabel yang diperoleh dari data hasil pengamatan terdistribusi normal atau mendekati normal. Salah satu metode yang digunakan dalam menganalisis populasi yang terdistribusi normal yaitu uji kenormalan *Kolmogrov-Smirnov Goodness of Fit Test*. Proses pengujiannya menggunakan program SPSS. Indikator penentu diterima atau ditolaknya Hipotesis nol (H_0) adalah dengan melihat tingkat probabilitas. Jika P_{hitung} lebih besar dari 5%, maka dapat dikatakan bahwa H_0 diterima (populasi terdistribusi normal), begitu sebaliknya. Apabila data yang diperoleh sudah terdistribusi normal atau mendekati normal maka dilanjutkan dengan analisis variansi.

3.13.2 Pengujian Hipotesis

Merupakan bab yang penting, karena dari pengujian ini akan diketahui apakah suatu pernyataan mengenai populasi itu benar atau tidak. Salah satu teknik dalam mengestimasi hipotesa ini digunakan analisa varian (*ANOVA*), yaitu metode penganalisaan berdasarkan pada varian dari semua observasi, sehingga penyebab kesalahan akibat interaksi, masing-masing kelompok sampel dapat

diperhitungkan variabilitasnya. Analisa varian pada penelitian ini menggunakan analisis varian dua arah (*two way - ANOVA*). Uji *ANOVA* yang digunakan untuk menguji hipotesa nol lazim juga disebut dengan uji F. Harga F diperoleh dari rata-rata jumlah kuadrat antara kelompok yang dibagi dengan rata-rata jumlah kuadrat dalam kelompok.

Analisa data hasil pengujian dilakukan dengan model analisis varian dua arah dan analisa regresi. Pernyataan ada tidaknya pengaruh variasi kadar aspal dan kadar bahan tambah terhadap nilai-nilai campuran dinyatakan secara statistik sebagai berikut :

$$Y = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha,\beta)_{ij} + \xi_{ij}$$

- Dimana :
- α = Pengaruh faktor kadar aspal
 - β = Pengaruh faktor kadar bahan tambah
 - $(\alpha \beta)$ = Pengaruh interaksi kedua faktor
 - ξ_{ij} = Kesalahan

Ketiga hipotesis tersebut disusun menjadi :

1. $H_0^1 : \mu \alpha_1 = \mu \alpha_2 = \dots = \mu \alpha_i$
 $H_1^1 : \mu \alpha_1 \neq \mu \alpha_2 \neq \dots \neq \mu \alpha_i$
2. $H_0^2 : \mu \beta_1 = \mu \beta_2 = \dots = \mu \beta_i$
 $H_1^2 : \mu \beta_1 \neq \mu \beta_2 \neq \dots \neq \mu \beta_i$
3. $H_0^3 : (\mu \alpha \beta)_{11} = (\mu \alpha \beta)_{12} = \dots = (\mu \alpha \beta)_{ij}$
 $H_1^3 : (\mu \alpha \beta)_{11} \neq (\mu \alpha \beta)_{12} \neq \dots \neq (\mu \alpha \beta)_{ij}$

Dengan :

H_0 = Hipotesis yang menyatakan bahwa tidak terdapat pengaruh dari variasi kadar aspal (H_0^1), kadar bahan tambah (H_0^2) atau interaksi keduanya (H_0^3)

H_1 = Hipotesis yang menyatakan bahwa terdapat pengaruh dari variasi kadar aspal (H_1^1), kadar bahan tambah (H_1^2) atau interaksi keduanya (H_1^3)

μ = Rerata nilai yang diukur dalam suatu kelompok perlakuan

Dari analisa statistik tersebut didapat harga F_{hitung} yang akan dibandingkan dengan F_{tabel} . Apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$, berarti ada pengaruh variasi kadar aspal,

kadar bahan tambah, ataupun keduanya terhadap nilai stabilitas, VIM, VMA, VFB, dan nilai flow campuran SMA pada penelitian ini. Demikian juga apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka kesimpulan yang terjadi adalah sebaliknya.

3.13.3 Analisis Regresi dan Analisa Korelasi

Hubungan antara kadar bahan tambah dan kadar aspal terhadap karakteristik campuran SMA dinyatakan dengan persamaan regresi. Bentuk persamaan regresi yang dipilih adalah persamaan polinomial berganda, karena bertujuan untuk mengetahui peningkatan secara kuadratik. Sebagai langkah awal, data dianalisa dengan persamaan linier sederhana, kemudian model yang dipilih adalah persamaan dengan nilai R^2 terbesar.

Dengan memasukkan variabel-variabel yang diperlukan, didapatkan model persamaan regresi derajat dua (kuadratik). Untuk menguji apakah persamaan regresi tersebut dapat digunakan atau tidak, maka akan diuji menggunakan uji F (Anova). Jika signifikannya (probabilitas) $< 0,05$, maka persamaan regresi dapat digunakan, dan berlaku sebaliknya. Sedangkan koefisien determinasi (R^2) dipakai untuk mengetahui seberapa besar persentase dukungan variabel penjelas terhadap variabel respon.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Hasil Pengujian

4.1.1. Pengujian Agregat

Agregat kasar, agregat halus, dan filler yang digunakan pada penelitian ini adalah batu pecah yang diambil dari Purwosari, Pasuruan, Jawa Timur.

Hasil pengujian untuk agregat kasar, agregat halus, dan filler abu batu dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Agregat Kasar, Agregat Halus dan *Filler*

No	Uraian	Unit	Spesifikasi ^{*)}		Hasil ^{**)}	Keterangan
			Min	Maks		
AGREGAT KASAR						
1	Berat Jenis Bulk	-	2,5	-	2,614	Memenuhi
2	Berat Jenis Apparent	-	-	-	2,823	-
3	Berat Jenis Efektif	-	-	-	2,7185	-
4	Penyerapan air	%	-	3	2,586	Memenuhi
5	Kelekatan aspal terhadap agr.	%	95	-	98	Memenuhi
6	Pengujian Los Angeles	%	-	40	33,978	Memenuhi
7	Indeks kepipihan	%	-	25	24,742	Memenuhi
8	Indeks kelongongan	%	-	40	5,985	Memenuhi
9	Nilai tumbukan (<i>Impact</i>)	%	-	30	12,416	Memenuhi
AGREGAT HALUS						
1	Berat Jenis Bulk	-	2,5	-	2,696	Memenuhi
2	Berat Jenis Apparent	-	2,5	-	2,820	Memenuhi
3	Berat Jenis Efektif	-	-	-	2,758	-
4	Penyerapan Air	%	-	3	0,935	Memenuhi
FILLER						
1	Berat Jenis Bulk	-	-	-	2,688	-
2	Penyerapan air	-	-	-	0,167	-

Sumber : *) Departemen PU, SNI. No. 1737 – 1989 - F

***) Hasil Perhitungan

Tabel 4.1 memperlihatkan bahwa kualitas agregat yang digunakan memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh Bina Marga untuk bahan yang digunakan pada campuran panas.

4.1.2. Pengujian Bahan Tambah

Bahan tambah abu ampas tebu diambil dari Pabrik Gula PT. Kebon Agung, Malang. Proses pembuatan abu ampas tebu secara lebih lengkap dapat dilihat pada sub bab 2.6.

Hasil pengujian untuk bahan tambah abu ampas tebu (AAT) dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Bahan Tambah Abu Ampas Tebu

No.	Uraian	Unit	Hasil
1.	Berat Jenis Bulk	-	0,432
2.	Berat Jenis SSD	-	1,164
3.	Berat Jenis Semu	-	1,607
4.	Penyerapan	%	1,720
5.	Berat Jenis Efektif	-	1,019

Sumber : Hasil Perhitungan

4.1.3 Pengujian Karakteristik Aspal

Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal padat (*cement asphalt*) dengan penetrasi 60/70 yang diproduksi oleh Pertamina. Aspal tersebut harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan penelitian maupun bahan pengikat. Hasil pengujian aspal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Aspal Penetrasi 60/70

No.	Uraian	Unit	Spesifikasi ^{*)}		Hasil ^{**)}	Keterangan
			Min.	Maks.		
1	Penetrasi	0,1 mm	60	79	67,444	Memenuhi
2	Titik Lembek	°C	48	58	48,25	Memenuhi
3	Titik Nyala	°C	220	-	320	Memenuhi
4	Daktalitas	cm	100	-	>150	Memenuhi
5	Berat Jenis	-	1	-	1,016	Memenuhi

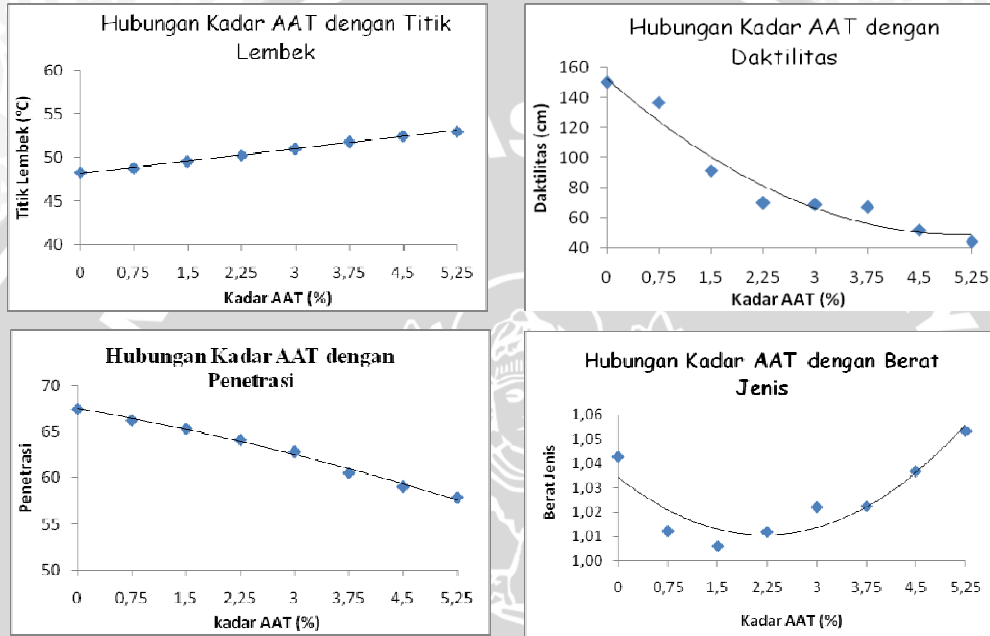
Sumber : ^{*)} Bina Marga, SKBI - 2.4.26 - 1997

^{**)} Hasil Perhitungan

Tabel 4.3 memperlihatkan bahwa kualitas aspal yang digunakan memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh Bina Marga untuk bahan yang digunakan pada campuran panas.

4.1.3.1 Pengujian Karakteristik Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu

Pengujian yang dilakukan terhadap aspal dengan bahan tambah abu ampas tebu ini adalah pengujian penetrasi, titik lembek, daktilitas, dan berat jenis. Hubungan antara variasi penambahan abu ampas tebu dengan karakteristik aspal yang diukur dapat dilihat dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Grafik Hubungan Antara Variasi Penambahan Abu Ampas Tebu dengan Nilai Titik Lembek, Daktilitas, Penetrasi dan Berat Jenis

Sumber : Hasil Perhitungan

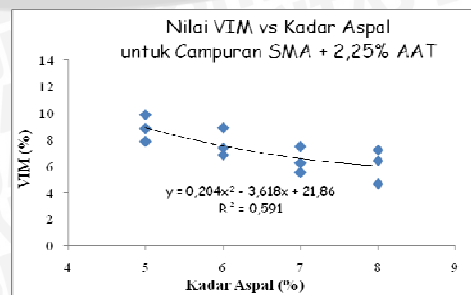
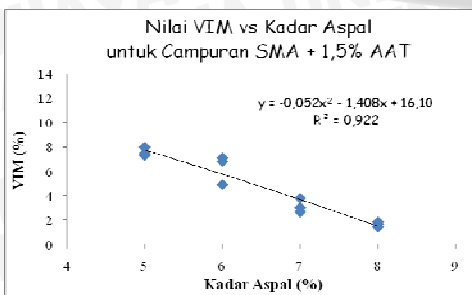
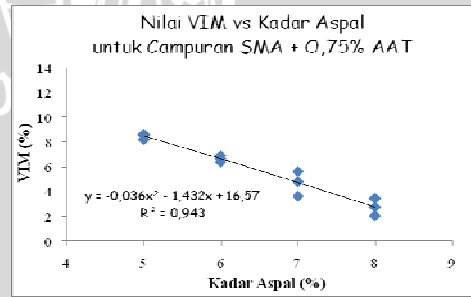
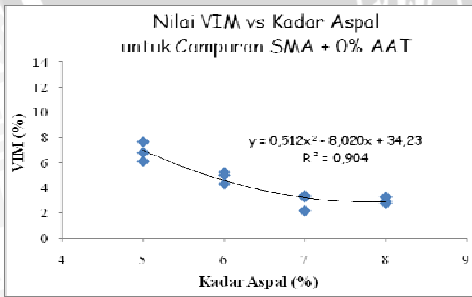
Gambar 4.1 memperlihatkan bahwa seiring dengan bertambahnya kadar abu ampas tebu pada aspal, nilai titik lembek aspal akan naik, sehingga aspal menjadi lebih tahan terhadap temperatur yang tinggi. Nilai penetrasi aspal akan menurun dengan bertambahnya kadar abu ampas tebu. Hal ini menunjukkan bahwa aspal menjadi semakin keras. Seiring dengan bertambahnya kadar abu ampas tebu, nilai daktilitas juga akan terus menurun, yang berarti bahwa semakin banyak kadar abu ampas tebu dalam aspal menyebabkan aspal akan menjadi getas atau keras sehingga kelenturannya berkurang. Sedangkan untuk berat jenis, dapat dilihat bahwa pada penambahan abu ampas tebu 0,75% sampai dengan 1,5%, nilai berat jenis akan menurun kemudian selanjutnya akan meningkat lagi.

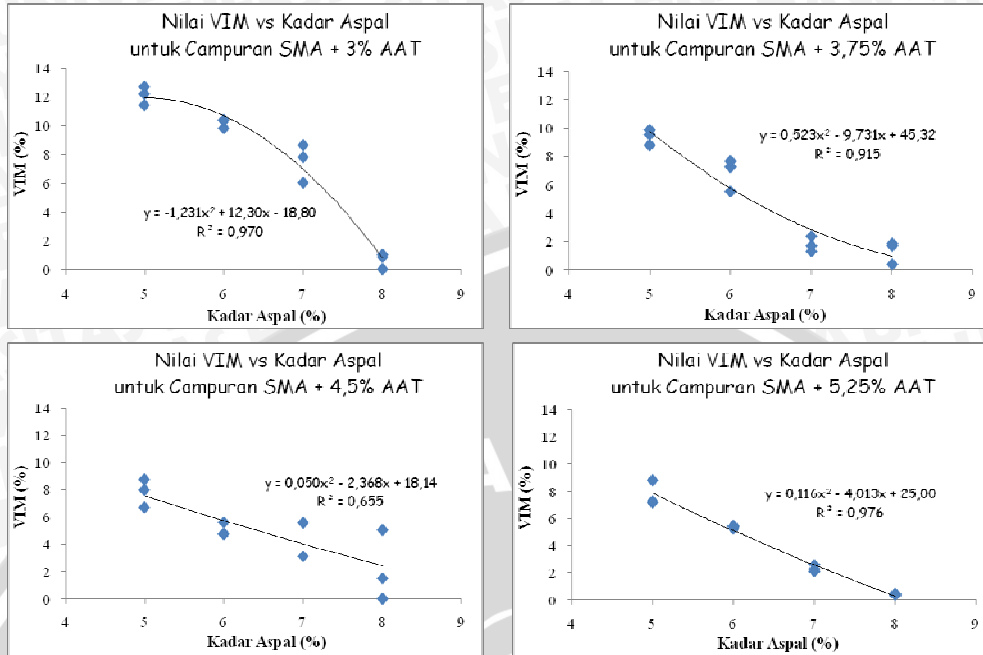
4.1.4 Pengujian Marshall Standard

Penentuan kadar aspal dan kadar abu ampas tebu optimum campuran SMA dalam penelitian ini menggunakan metode pengujian Marshall. Alat yang digunakan adalah *Marshall Testing Machine*, dimana nilai stabilitas dan *flow* dapat langsung ditaksir melalui pembacaan *proving ring*. Untuk mendapatkan nilai stabilitas yang sebenarnya, nilai pembacaan pada *proving ring* harus dikalibrasi sebesar 22,997 (faktor kalibrasi alat), kemudian dikoreksi dengan tinggi benda uji atau volume benda uji. Sedangkan untuk nilai *flow*, hasil pembacaan dikalikan dengan 0,01 mm.

Pembuatan benda uji dengan menambahkan Abu Ampas Tebu (AAT) pada aspal. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga (1992), kadar bahan tambah maksimum untuk campuran SMA 0/11 adalah 0,3% dari berat total campuran, dan kadar aspal optimum untuk campuran adalah 6,5% - 7,5% dari berat total campuran. Pada penelitian ini, kadar abu ampas tebu yang digunakan adalah 0%, 0,75%, 1,5%, 2,25%, 3%, 3,75%, 4,5%, dan 5,25% terhadap aspal. Sedangkan kadar aspal pendekatan yang digunakan adalah 5%, 6%, 7%, dan 8% terhadap berat total agregat. Pada kondisi ekstrim, bila digunakan kadar aspal 8% dengan kadar abu ampas tebu 5,25%, akan diperoleh kadar abu ampas tebu sebesar 4,05% dari berat aspal. Kadar aspal 5% digunakan untuk melihat pengaruh penambahan abu ampas tebu pada kadar aspal yang rendah. Adapun hasil analisa *Marshall Standard* terhadap campuran dapat diamati pada grafik-grafik berikut:

a. Rongga dalam Campuran (VIM)



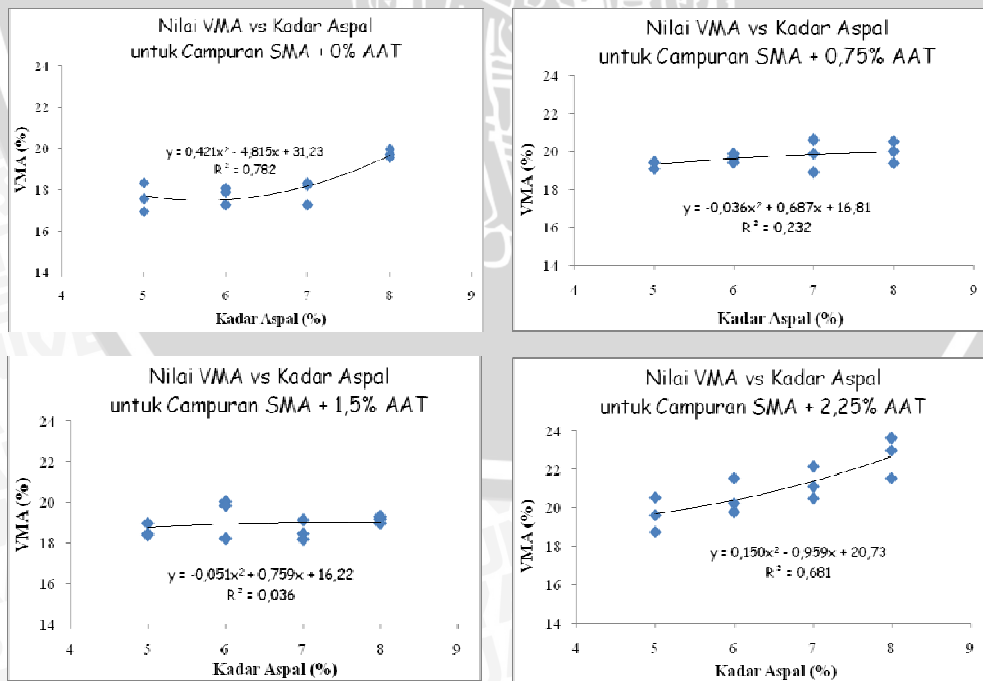


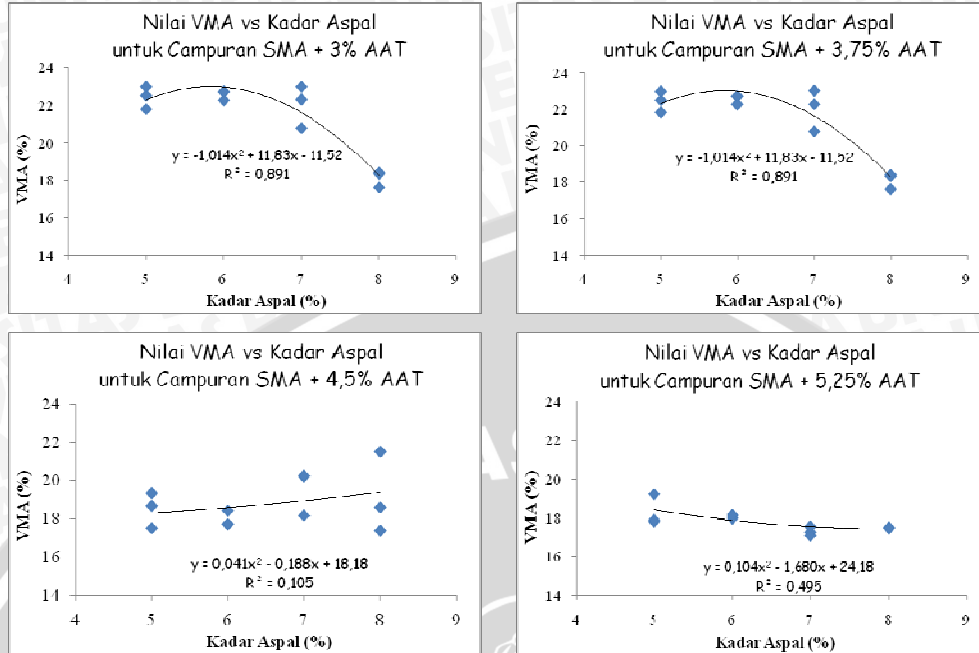
Gambar 4.2. Grafik Nilai VIM Berdasarkan Hasil Perhitungan Marshall

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Gambar 4.2, dapat dilihat bahwa seiring dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran, nilai VIM akan mengalami penurunan.

b. Rongga dalam Agregat (VMA)



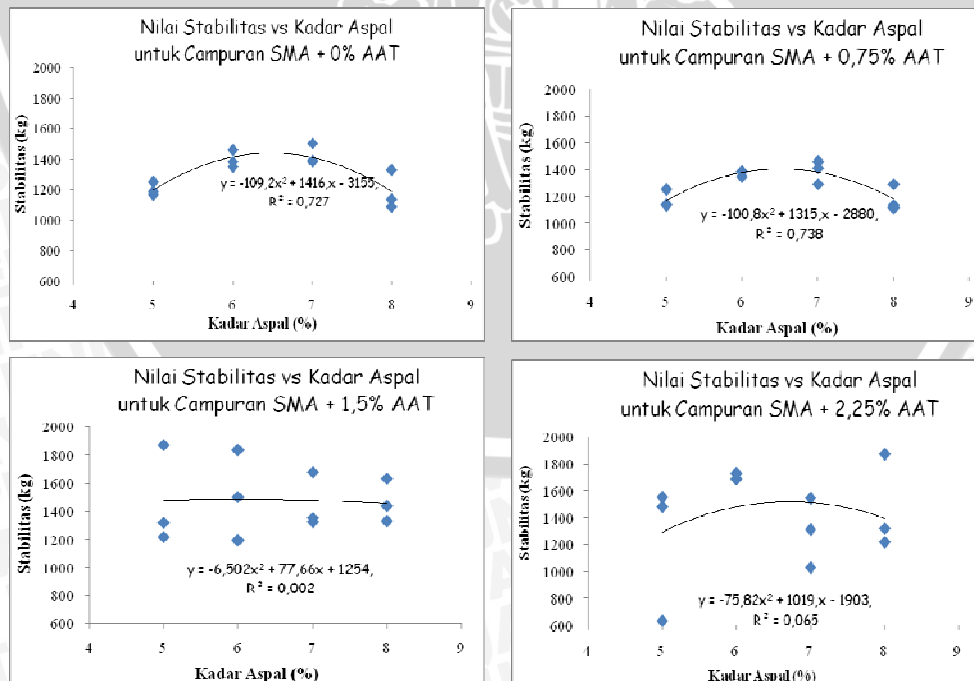


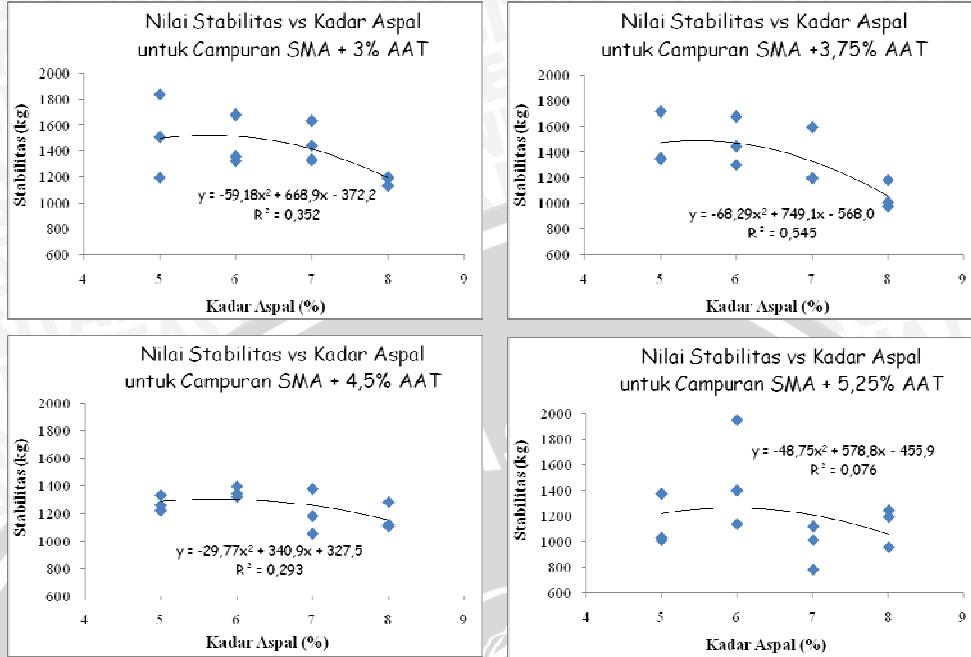
Gambar 4.3. Grafik Nilai VMA Berdasarkan Hasil Perhitungan Marshall

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Gambar 4.3, dapat dilihat bahwa seiring dengan bertambahnya kadar aspal, nilai VMA akan semakin meningkat.

c. Stabilitas



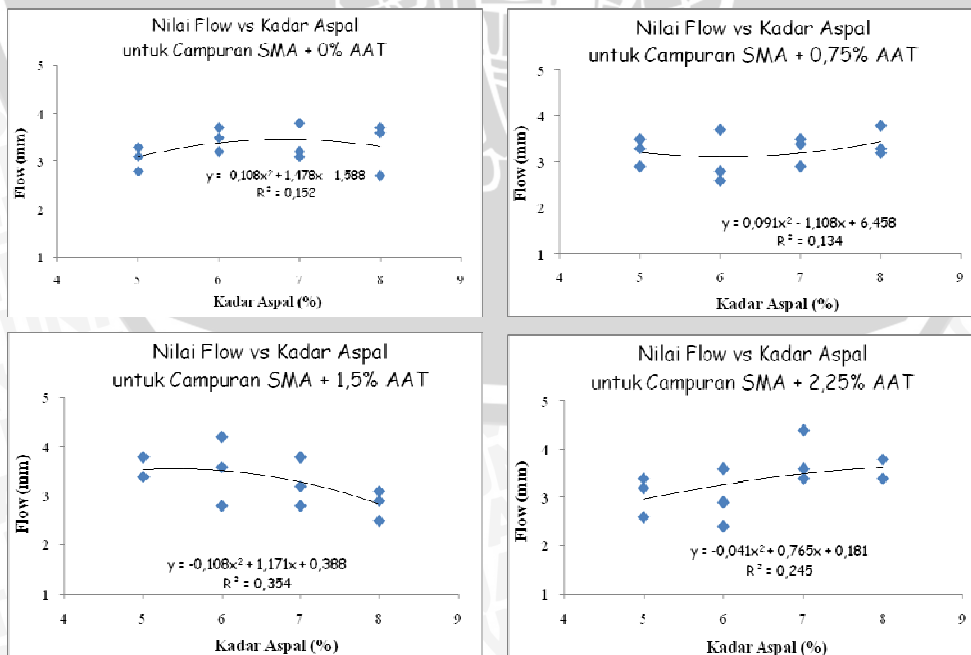


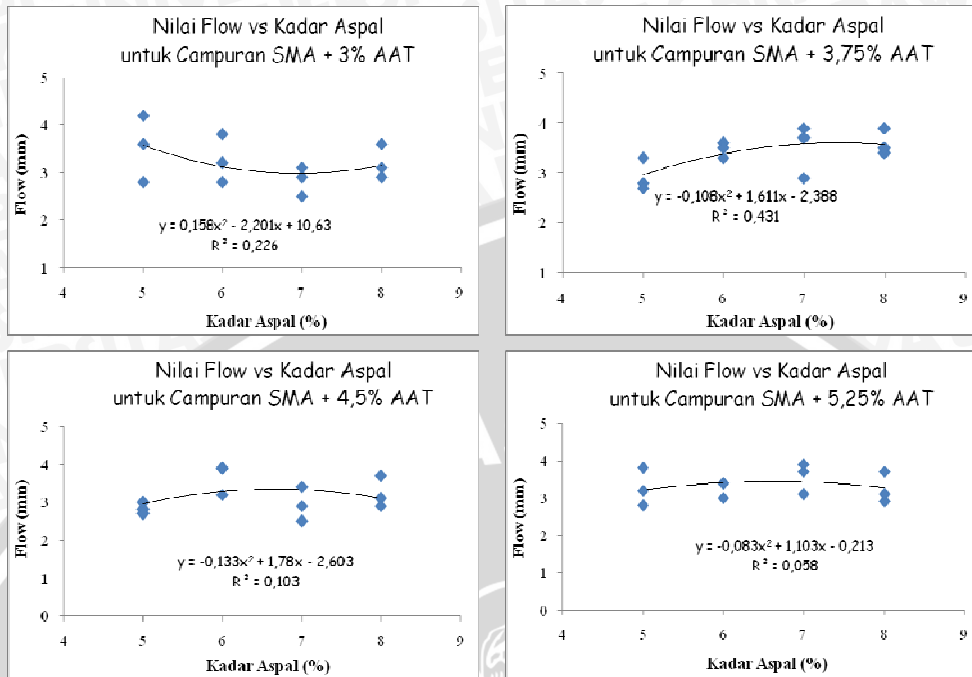
Gambar 4.4. Grafik Nilai Stabilitas Berdasarkan Hasil Perhitungan Marshall

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Gambar 4.4, dapat dilihat bahwa seiring dengan bertambahnya kadar aspal, nilai stabilitas akan semakin meningkat sampai mencapai titik optimum, kemudian akan kembali menurun.

d. Kelelahan (Flow)



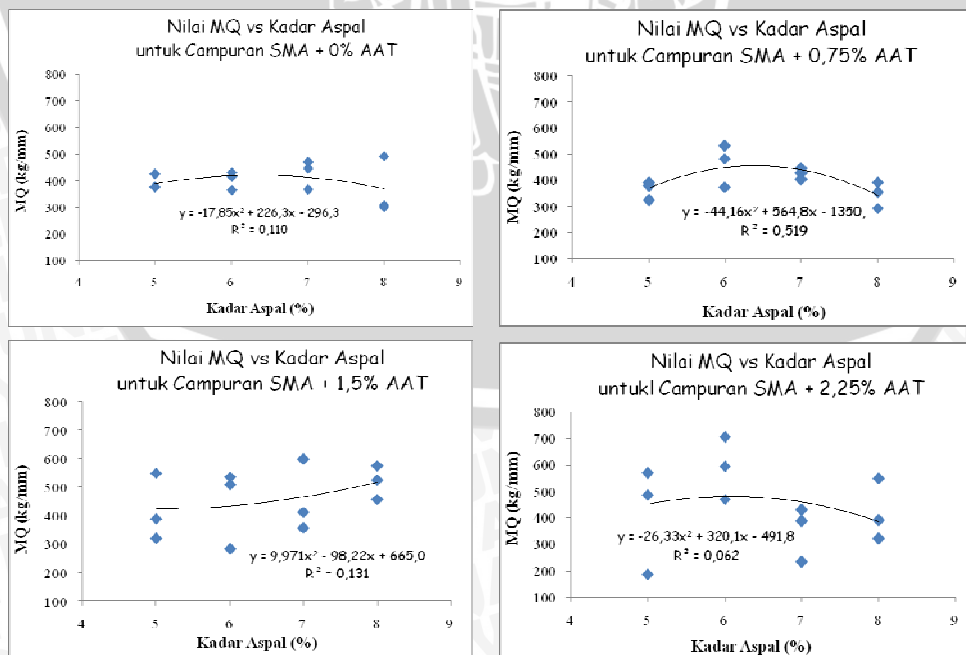


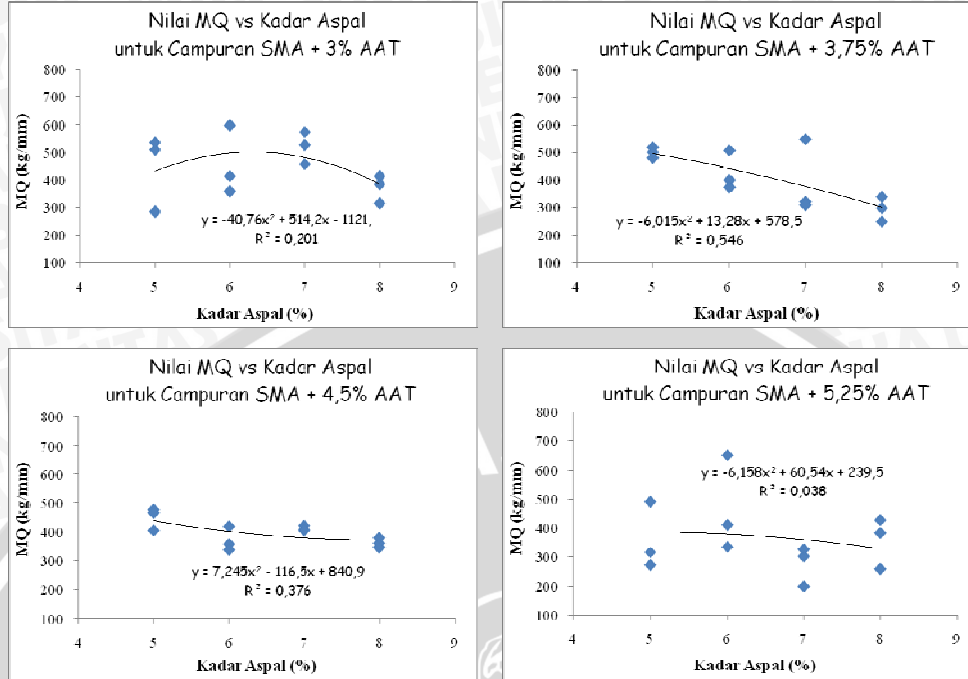
Gambar 4.5. Grafik Nilai Flow Berdasarkan Hasil Perhitungan Marshall

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Gambar 4.5, dapat dilihat bahwa seiring dengan bertambahnya kadar aspal, nilai flow cenderung akan semakin meningkat. Namun dengan penambahan abu ampas tebu, menyebabkan nilai flow juga cenderung turun.

e. Marshall Quotient



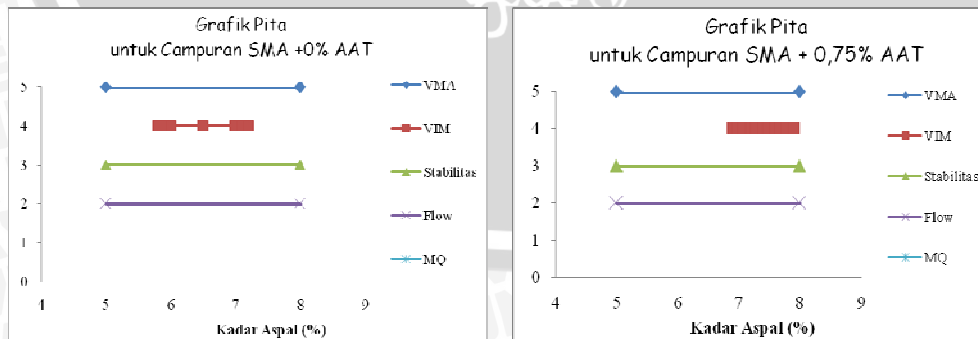


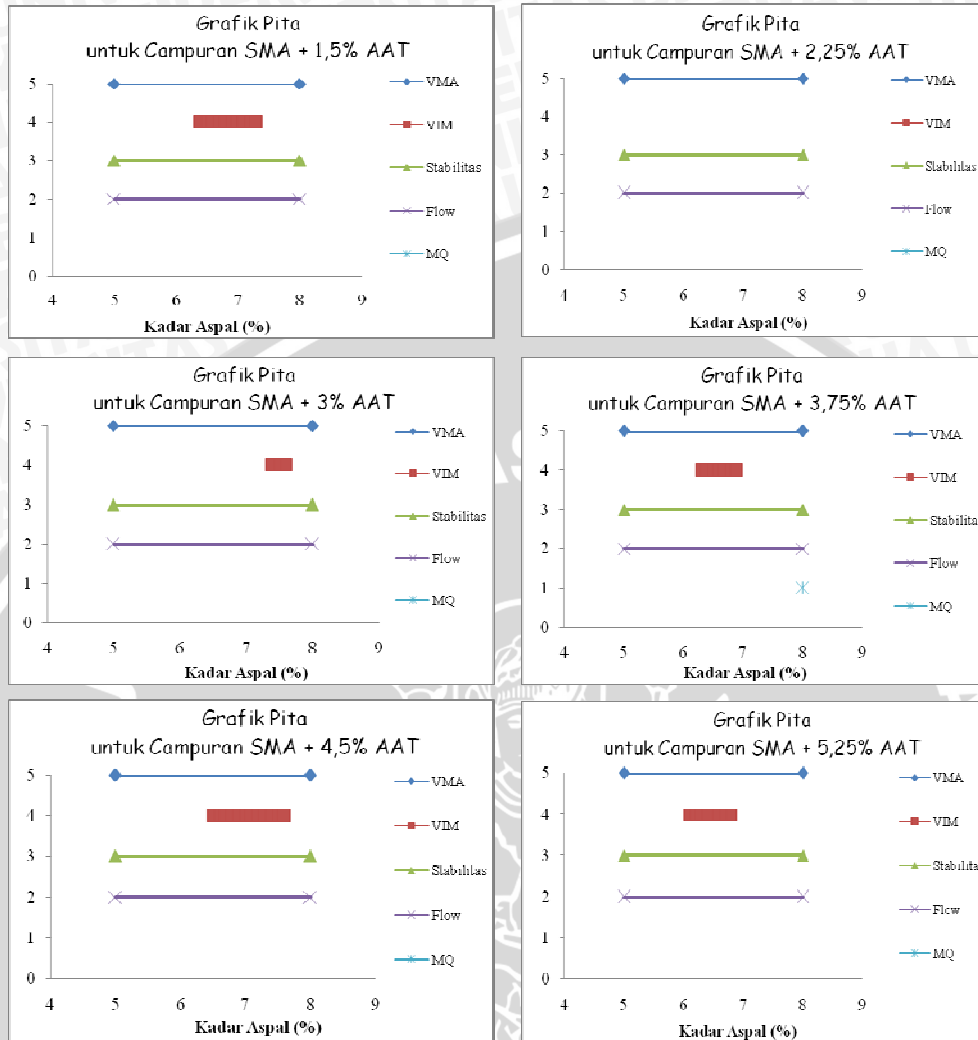
Gambar 4.6. Grafik Nilai *Marshall Quotient* Berdasarkan Hasil Perhitungan Marshall

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Gambar 4.6, dapat dilihat bahwa nilai MQ pada campuran terlalu tinggi. Hal ini disebabkan karena nilai stabilitas campuran juga sangat tinggi. Nilai MQ untuk semua perlakuan pada campuran ini sangat tinggi dan melebihi spesifikasi yang ditetapkan.

f. Kadar Aspal Optimum





Gambar 4.7. Diagram Pita Berdasarkan Masing-masing Parameter Marshall

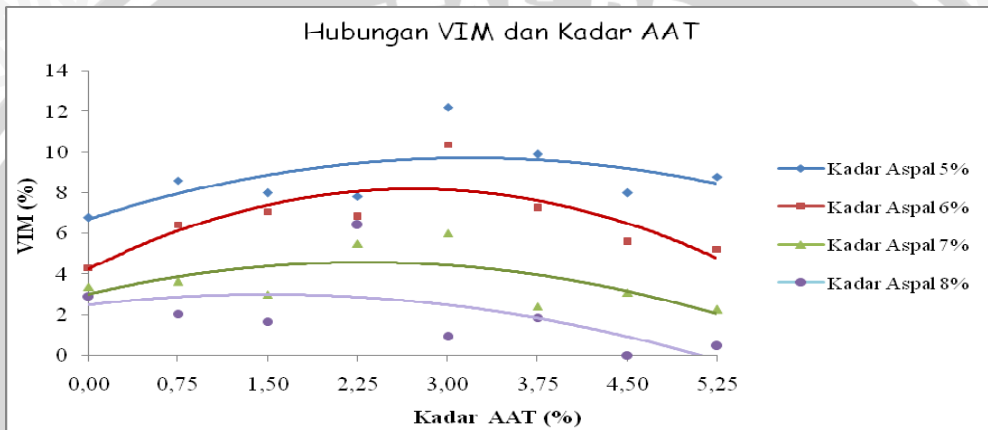
Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Gambar 4.7, dapat dilihat bahwa campuran SMA 0/11 dengan bahan tambah abu ampas tebu untuk semua perlakuan tidak memenuhi persyaratan Bina Marga. Hal ini terlihat dari nilai MQ yang terlalu besar dan melebihi spesifikasi yang ditetapkan. Dengan demikian Kadar Aspal Optimum (KAO) tidak dapat dicari, sehingga tidak dapat dilakukan penelitian lanjut.

4.1.4.1. Pengaruh Kadar Aspal dan Variasi Abu Ampas Tebu Terhadap Karakteristik Campuran SMA

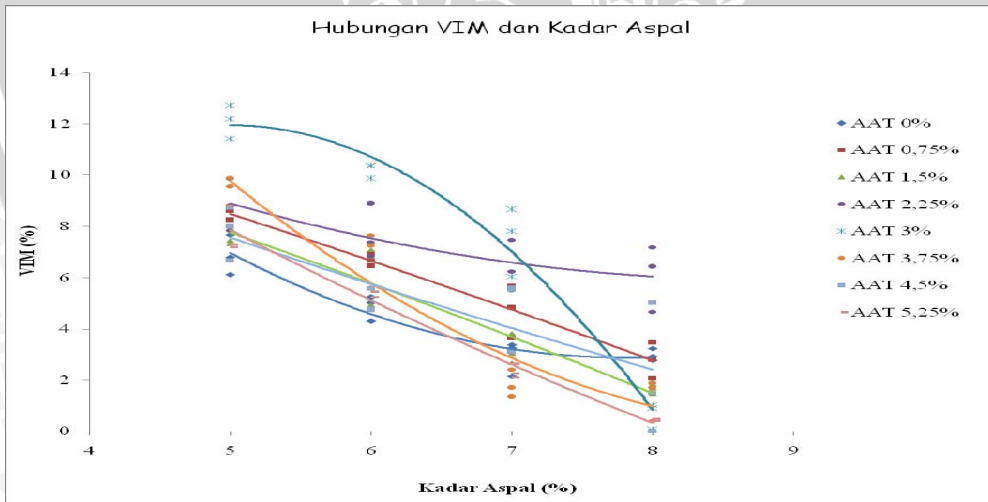
a. Hubungan antara kadar aspal dan kadar abu ampas tebu dengan nilai VIM

VIM (*Void In Mix*) merupakan volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. VIM dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat akibat pemadatan beban tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas, atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur.



Gambar 4.8. Grafik Hasil Hubungan Antara Kadar Abu Ampas Tebu dengan VIM

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.9. Grafik Hasil Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VIM

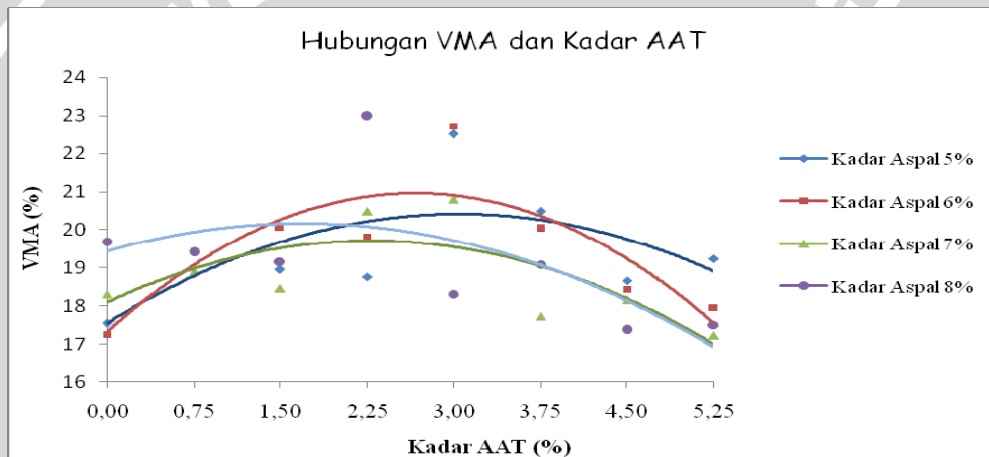
Sumber : Hasil Perhitungan

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa seiring dengan penambahan kadar aspal nilai VIM semakin menurun. Penurunan nilai VIM akibat bertambahnya kadar

aspal, terjadi karena sebagian rongga-rongga udara dalam campuran sudah terisi aspal. Kondisi ini akan menyebabkan kemungkinan terjadi *bleeding* cukup besar, karena jika ada beban berat yang bekerja di atasnya, maka aspal akan mengalami *drain out* (pengaliran keluar). Penambahan abu ampas tebu akan mengakibatkan nilai VIM semakin menurun. Hal ini terjadi karena abu ampas tebu akan mengisi rongga-rongga udara dalam campuran sehingga nilai VIM menjadi semakin kecil.

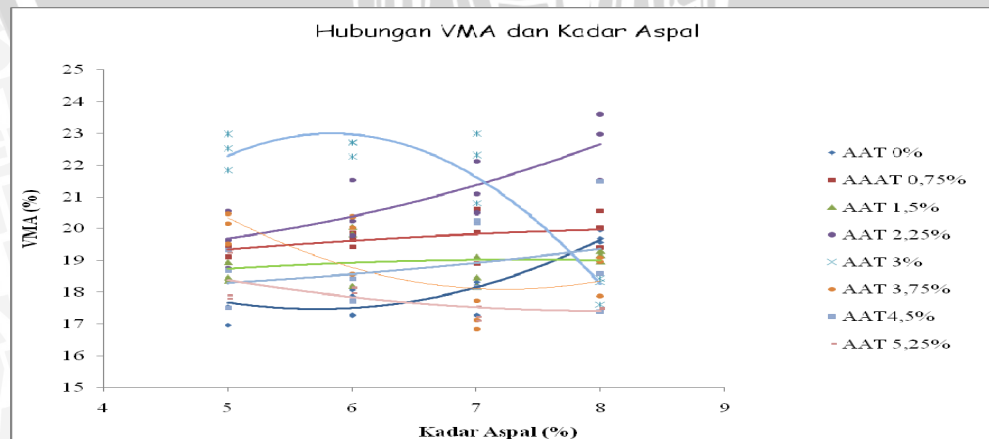
b. Hubungan antara kadar aspal dan kadar abu ampas tebu dengan nilai VMA

VMA (*Void In The Mineral Aggregate*) merupakan volume pori di dalam beton aspal padat jika seluruh selimut aspal diadukan. VMA akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka.



Gambar 4.10. Grafik Hasil Hubungan Antara Kadar Abu Ampas Tebu dengan VMA

Sumber : Hasil Perhitungan



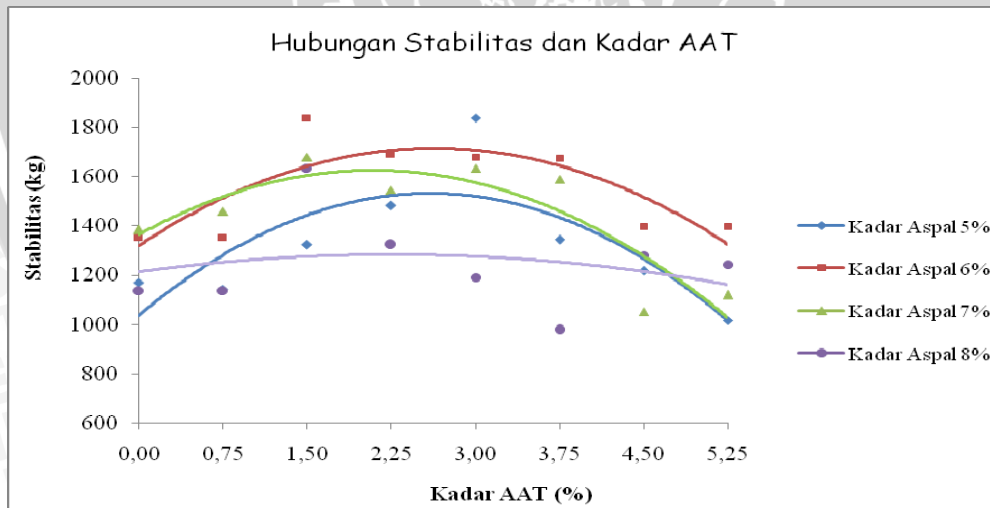
Gambar 4.11. Grafik Hasil Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VMA

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada campuran SMA, gradasi yang dipergunakan adalah gradasi terbuka (*open graded*), dengan persentase agregat kasar yang tinggi sehingga rongga antar agregat (VMA) juga akan tinggi. Seiring dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran, nilai VMA akan cenderung turun sampai pada titik minimum, kemudian meningkat lagi. Pada Gambar 4.11 dapat dilihat bahwa campuran SMA dengan kadar abu ampas tebu 0% memiliki pola seperti yang telah dijelaskan di atas, dimana nilai VMA cenderung menurun sampai dengan kadar aspal 6%, dan setelahnya akan naik lagi. Gambar 4.10 menunjukkan bahwa penambahan abu ampas tebu sebesar 0,75% sampai dengan 3%, akan meningkatkan nilai VMA dan pada penambahan 3,75% sampai 5,25% akan menurun. Penambahan abu ampas tebu dengan kadar yang cukup tinggi (3,75% sampai 5,25%) menyebabkan abu ampas tebu tidak bisa terselimuti aspal secara maksimal, sehingga abu akan mengisi rongga udara di antara butiran agregat dan nilai VMA pun menurun.

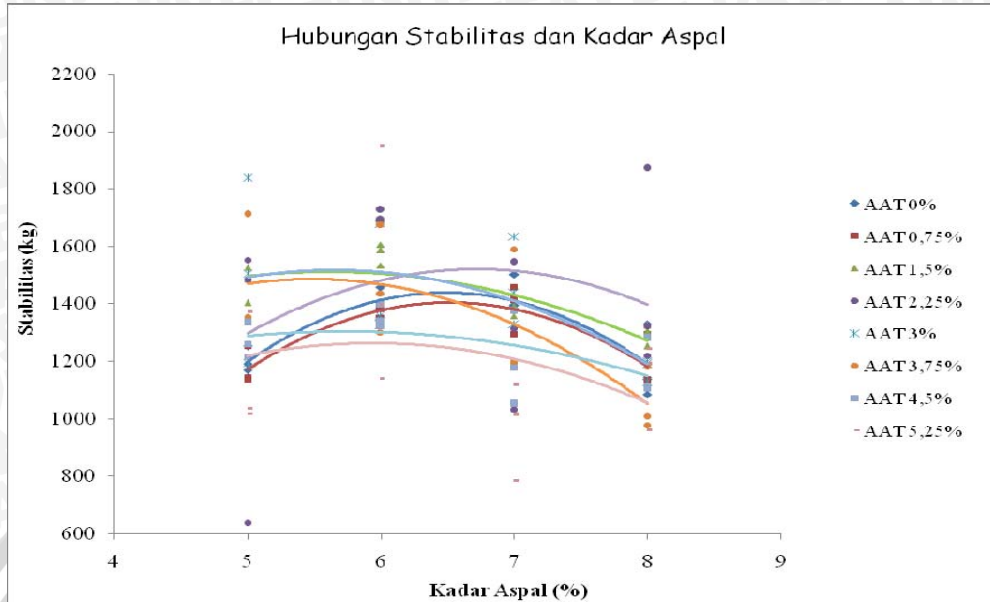
c. Hubungan antara kadar aspal dan kadar abu ampas tebu dengan nilai Stabilitas.

Stabilitas merupakan kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas, dimana stabilitas campuran tersebut berhubungan erat dengan kekuatan campuran.



Gambar 4.12. Grafik Hasil Hubungan Antara Kadar Abu Ampas Tebu dengan Stabilitas

Sumber : Hasil Perhitungan



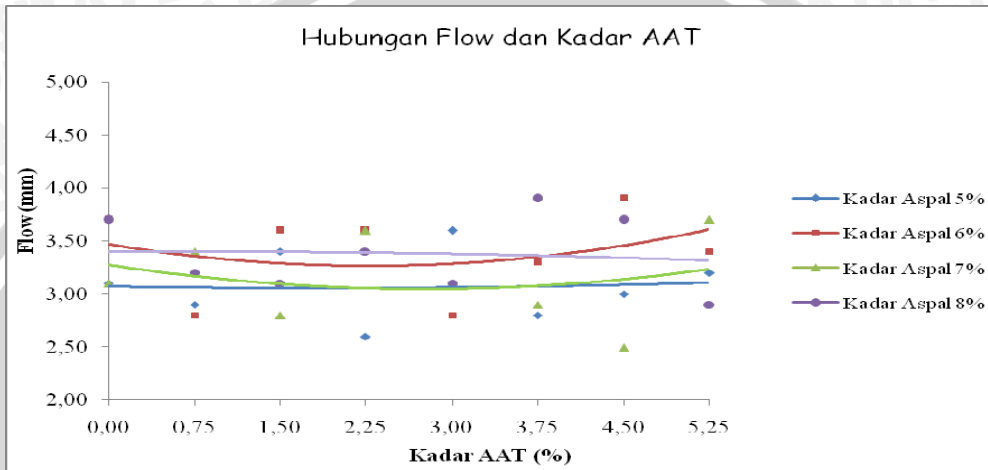
Gambar 4.13. Grafik Hasil Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada Gambar 4.12 dan 4.13 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas cenderung meningkat pada kadar aspal 6% dan 7%, sedangkan untuk kadar aspal 5% dan 8% nilai stabilitas cenderung lebih kecil. Pada penambahan 2,25% sampai 3,75% abu ampas tebu, nilai stabilitas cenderung meningkat, dan pada penambahan 0,75%, 1,5%, 4,5% serta 5,25% nilainya cenderung lebih kecil. Hal ini sesuai dengan pola ideal untuk stabilitas, dimana dengan bertambahnya kadar aspal stabilitas akan meningkat sampai mencapai titik maksimum, kemudian setelah itu stabilitas akan menurun. Apabila kadar aspal dalam campuran terus ditambah, maka VMA akan meningkat, dan tebal selimut aspal juga akan semakin tinggi, sehingga *interlocking* antar agregat kasar akan berkurang dan stabilitas campuran juga akan menurun. Begitu juga halnya bila kadar abu ampas tebu terus ditambah dalam aspal, maka aspal akan menjadi getas dan daya ikatnya berkurang sehingga akan mudah retak dan mengakibatkan stabilitas campuran menurun.

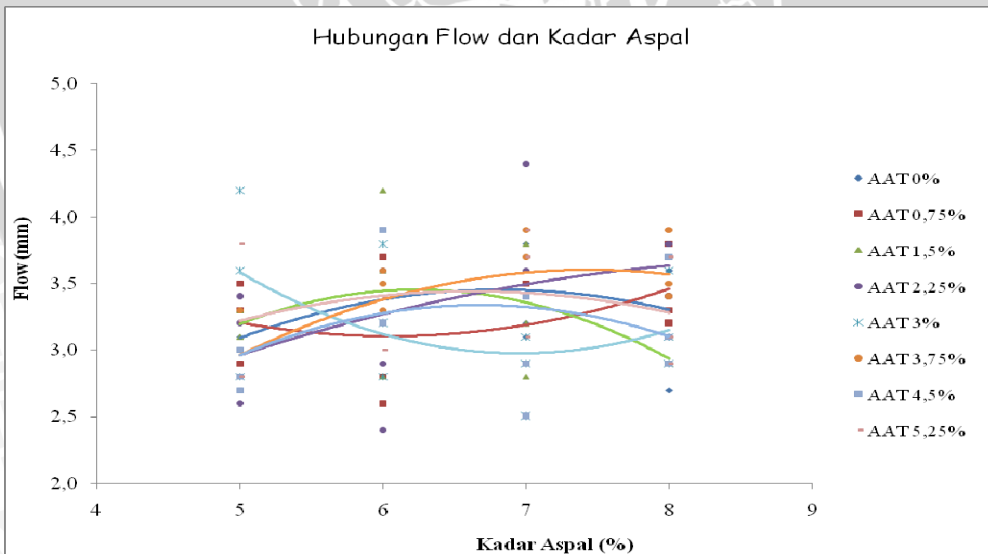
d. Hubungan antara kadar aspal dan kadar abu ampas tebu dengan nilai Flow (kelelehan).

Flow (kelelehan) menyatakan besarnya perubahan bentuk (deformasi) pada campuran saat terbebani maksimum tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Gambar 4.13 menunjukkan bahwa nilai kelelehan akibat penambahan abu ampas tebu cenderung menurun, dengan nilai penurunan yang sangat kecil.



Gambar 4.13. Grafik Hasil Hubungan Antara Kadar Abu Ampas Tebu dengan Flow

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.14. Grafik Hasil Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Flow

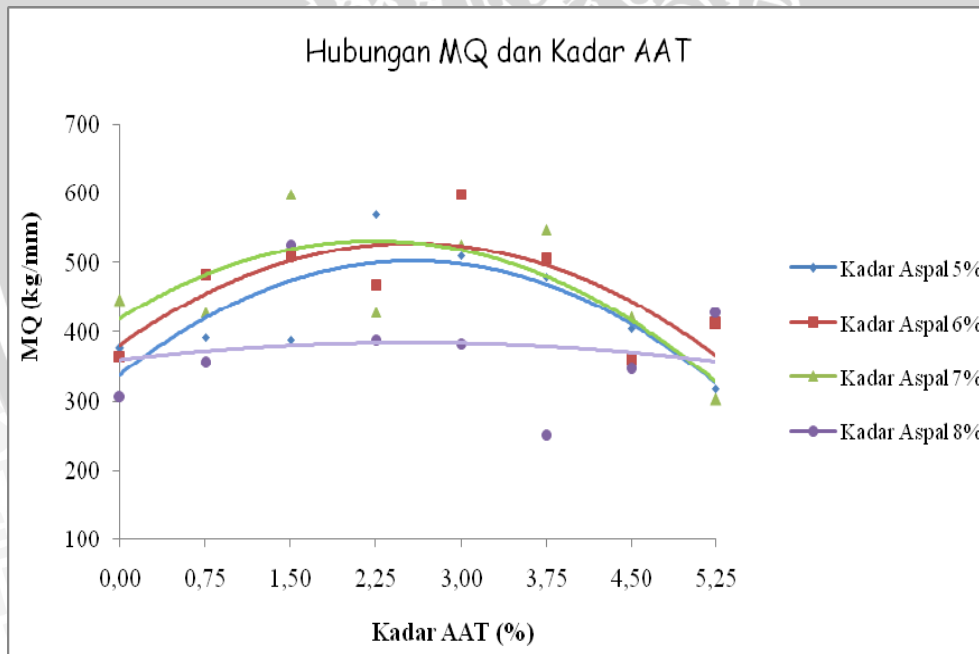
Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Gambar 4.14 dapat dilihat bahwa pada kadar abu ampas tebu 0%, pola yang ada sesuai dengan pola ideal untuk flow, dimana seiring dengan bertambahnya kadar aspal maka nilai kelelahan juga akan meningkat sehingga membuat campuran menjadi lebih lentur.

Penambahan abu ampas tebu pada aspal akan berpengaruh terhadap flow, dimana flow akan menurun dan membuat aspal menjadi getas sehingga campuran menjadi semakin kaku.

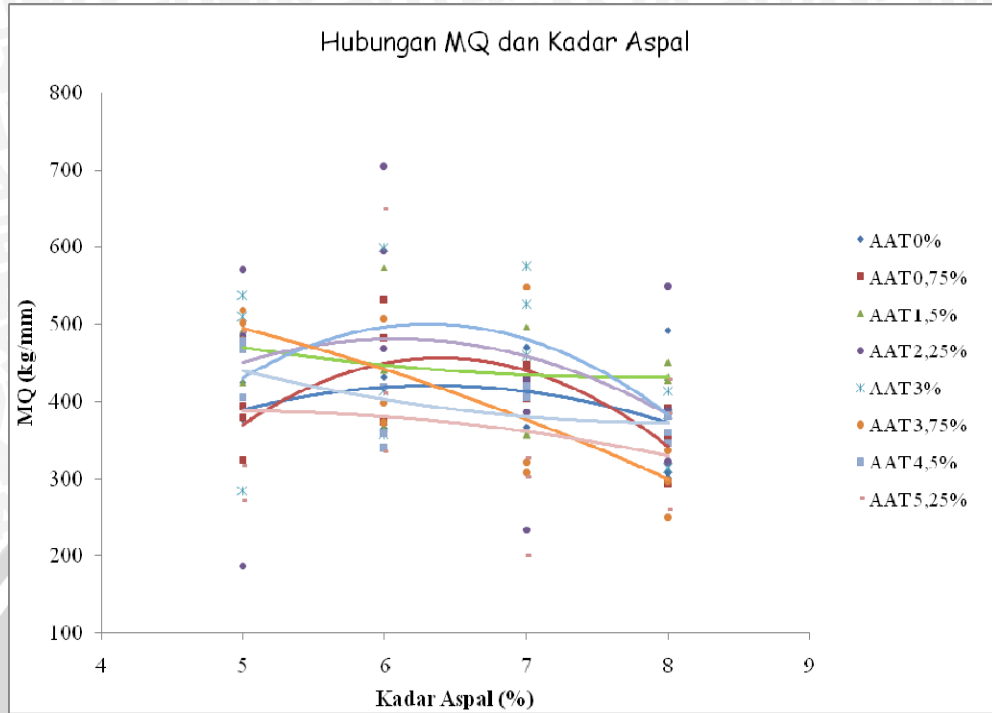
d. Hubungan antara kadar aspal dan kadar abu ampas tebu dengan nilai MQ.

Mashall Quotient (MQ) adalah perbandingan antara stabilitas dan flow yang digunakan untuk mengukur tingkat fleksibilitas (kelenturan) suatu campuran aspal. Bila nilai MQ terlalu rendah, maka campuran akan menjadi terlalu lentur dan kurang stabil sehingga memiliki kerentanan yang tinggi terhadap deformasi. Sebaliknya, bila MQ terlalu tinggi maka campuran akan menjadi kaku dan mudah retak.



Gambar 4.15. Grafik Hasil Hubungan Antara Kadar Abu Ampas Tebu dengan MQ

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.16. Grafik Hasil Hubungan Antara Kadar Aspal dengan MQ

Sumber : Hasil Perhitungan

Nilai MQ sangat tergantung dari nilai stabilitas dan flow dari campuran. Gambar 4.15 menunjukkan bahwa pola grafik untuk MQ hampir mirip dengan pola untuk stabilitas, dimana seiring dengan bertambahnya kadar aspal nilai MQ akan meningkat sampai mencapai titik maksimum, kemudian akan menurun kembali. Pada penambahan abu ampas tebu 0,75% sampai dengan 2,25%, nilai stabilitas akan meningkat dan setelah itu menurun. Dari Gambar 4.15 dan 4.16 dapat dilihat bahwa nilai MQ dalam campuran sangat tinggi dan melebihi spesifikasi yang ditetapkan, dimana menurut spesifikasi Bina Marga (1992), nilai MQ yang diizinkan adalah 190-300 kg/mm. Tingginya nilai MQ ini disebabkan oleh tingginya nilai stabilitas dari campuran.

4.1.5 Pembahasan Grafik Hasil Pengujian Marshall

Data hasil pengujian marshall untuk VIM, VMA, stabilitas, dan flow yang telah diplot dalam grafik menunjukkan bahwa pola untuk masing-masing parameter marshall tersebut sesuai dengan pola yang ideal. Nilai stabilitas cenderung tinggi pada kadar abu ampas tebu 2,25% sampai 3,75%. Untuk VMA, pada penambahan abu ampas tebu sebesar 0,75% sampai dengan 3%, nilainya meningkat. Sehingga dapat dilihat bahwa pada kadar abu ampas tebu sekitar 2,25% sampai 3%, nilai VMA dan stabilitas cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan abu ampas tebu dengan kadar yang lain. Akan tetapi, tidak bisa dikatakan bahwa kadar abu ampas tebu 2,25% sampai 3% merupakan kadar abu ampas tebu optimum dalam campuran, karena untuk parameter MQ pada kadar abu ampas tebu tersebut, nilai MQ cenderung maksimum dan jauh lebih tinggi dari nilai spesifikasi Bina Marga (1992) dimana nilai MQ yang diizinkan adalah 190-300 kg/mm. Tingginya nilai MQ tersebut disebabkan oleh tingginya nilai stabilitas dalam campuran, dimana dalam penelitian ini nilai stabilitas yang dihasilkan jauh melebihi nilai yang disyaratkan.

4.2. Pengujian Hipotesis Statistik

4.2.1. Uji Kenormalan Data

Pengujian dilakukan dengan memasukkan data dari hasil percobaan yaitu data dari hasil pengujian Marshall pada kadar aspal 5% sampai dengan 8%, dan variasi kadar abu ampas tebu 0%, 0,75%, 1,5%, 2,25%, 3%, 3,75%, 4,5%, dan 5,25%, (Stabilitas, Flow, VMA, VIM dan MQ) harus terdistribusi normal. Perhitungan uji kenormalan data menggunakan cara uji kenormalan *Kolmogorov-smirnov test*, dimana dalam proses perhitungan memakai bantuan software SPSS. Proses perhitungan uji kenormalan *Kolmogorov-smirnov Test* untuk mendapatkan nilai signifikansi, dimana nilai signifikansi harus lebih besar 0,05. Penggunaan Signifikansi untuk mengetahui kenormalan data. Indikator penentu diterima atau ditolaknya Hipotesis nol (H_0) adalah dengan melihat tingkat probabilitas. Jika P_{hitung} lebih besar dari 5%, maka dapat dikatakan bahwa H_0 diterima (populasi terdistribusi normal), begitu sebaliknya, dimana H_0 adalah hipotesis yang

menyatakan bahwa tidak ada pengaruh dari variasi kadar aspal, kadar bahan tambah, dan interaksi antara keduanya.

Hasil perhitungan kenormalan data dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Uji Kenormalan *Kolmogorov-smirnov Test*

Nilai Marshall yang Diuji	Signifikansi	Resiko Kesalahan (α)	Keterangan
VIM	0,671	0,05	Terima Ho
VMA	0,342	0,05	Terima Ho
Stabilitas	0,222	0,05	Terima Ho
Flow	0,242	0,05	Terima Ho
MQ	0,589	0,05	Terima Ho

Sumber : Hasil Perhitungan

Kesimpulan yang didapat adalah bahwa dari semua nilai marshall, hipotesis yang ada ternyata menerima Ho. Hal ini berarti data dari hasil pengujian marshall dapat didekati dengan distribusi normal. Selanjutnya dapat dilakukan pengujian hipotesis dengan Analisis Varian (uji F).

4.2.2. Analisis Varian

Pengujian hipotesis dilakukan dengan analisa varian, dengan cara uji F dimana kriteria pengujian dengan resiko kesalahan 5% ($\alpha = 0,05$), dan proses perhitungannya menggunakan bantuan software SPSS. Dengan menggunakan kadar aspal 5% sampai dengan 8% (X), dan kadar abu ampas tebu 0%, 0,75%, 1,5%, 2,25%, 3%, 3,75%, 4,5%, dan 5,25% (Y) dan pengaruh interaksi keduanya terhadap karakteristik campuran SMA. Analisa varian dilakukan untuk mengetahui pengaruh dua variabel bebas berupa variasi kadar abu ampas tebu dan kadar aspal terhadap masing-masing variabel tidak bebas berupa VIM, VMA, stabilitas, *flow* dan MQ.

Keputusan diambil dengan membandingkan nilai signifikansi kedua variabel bebas dengan taraf signifikansi atau $\alpha = 5\%$, dengan pedoman:

- Nilai F hitung > F tabel, maka H_0 ditolak
- Nilai F hitung < F tabel, maka H_0 diterima

Dimana :

- H_0 = Hipotesis yang menyatakan bahwa tidak terdapat pengaruh dari variasi kadar aspal, kadar abu ampas tebu, atau interaksi keduanya terhadap parameter uji Marshall.
- H_1 = Hipotesis yang menyatakan bahwa terdapat pengaruh dari variasi kadar aspal, kadar abu ampas tebu, atau interaksi keduanya terhadap parameter uji Marshall.

Pengaruh kadar aspal, kadar abu ampas tebu, dan interaksi keduanya terhadap karakteristik campuran SMA dapat dilihat dari nilai Signifikansi atau dengan nilai F . Jika nilai Signifikansi $< 0,05$ maka tolak H_0 dan terima H_1 , atau dengan nilai F_{hitung} dan F_{tabel} . Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka tolak H_0 dan terima H_1 . Berikut ini adalah hasil analisa terhadap uji F pada masing-masing nilai karakteristik:

a. Pengaruh Kadar Aspal dan Kadar Abu Ampas Tebu terhadap Nilai VIM

Hasil analisis varian untuk mengetahui pengaruh kadar aspal dan kadar abu ampas tebu terhadap nilai VIM dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil Analisis Varian Terhadap Nilai VIM

Pengaruh Variasi	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Bebas (df)	Rataan Kuadrat (KT)	F	Sig.
Abu Ampas Tebu	150,494	7	21,499	26,943	0,000
Aspal	552,817	3	184,272	230,932	0,000
Abu Ampas Tebu * Aspal	121,371	21	5,780	7,243	0,000
Galat	51,069	64	0,798		
Total	875,751	95			

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada Tabel 4.4 terlihat bahwa hipotesis kadar aspal, abu ampas tebu, dan interaksi keduanya menolak H_0 . Hal ini menunjukkan kadar aspal, abu ampas tebu, dan interaksi keduanya yang secara nyata berpengaruh terhadap nilai rongga di dalam campuran (VIM).

b. Pengaruh Kadar Aspal dan Kadar Abu Ampas Tebu terhadap Nilai VMA

Hasil analisis varian untuk mengetahui pengaruh kadar aspal dan kadar abu ampas tebu terhadap nilai VMA dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Hasil Analisis Varian Terhadap Nilai VMA

Pengaruh Variasi	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Bebas (df)	Rataan Kuadrat (KT)	F	Sig.
Abu Ampas Tebu	132,584	7	18,941	33,095	0,000
Aspal	0,710	3	0,237	0,414	0,744
Abu Ampas Tebu * Aspal	87,047	21	4,145	7,243	0,000
Galat	36,628	64	0,572		
Total	256,969	95			

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada Tabel 4.5 terlihat bahwa hipotesis abu ampas tebu dan interaksi antara kadar aspal dan abu ampas tebu menolak H_0 . Sedangkan hipotesis kadar aspal menerima H_0 . Hal ini menunjukkan, abu ampas tebu dan interaksi keduanya yang secara nyata berpengaruh terhadap nilai rongga di dalam mineral agregat (VMA). Sedangkan kadar aspal tidak berpengaruh.

c. Pengaruh Kadar Aspal dan Kadar Abu Ampas Tebu terhadap Nilai Stabilitas

Hasil analisis varian untuk mengetahui pengaruh kadar aspal dan kadar abu ampas tebu terhadap nilai stabilitas dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Hasil Analisis Varian Terhadap Nilai Stabilitas

Pengaruh Variasi	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Bebas (df)	Rataan Kuadrat (KT)	F	Sig.
Abu Ampas Tebu	789098,429	7	112728,347	2,575	0,021
Aspal	729435,832	3	243145,277	5,555	0,002
Abu Ampas Tebu * Aspal	1013436,670	21	48258,889	1,103	0,369
Galat	2801329,738	64	43770,777		
Total	5333300,669	95			

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada Tabel 4.6 terlihat bahwa hipotesis abu ampas tebu dan kadar aspal menolak H_0 . Sedangkan interaksi antara keduanya menerima H_0 . Hal ini menunjukkan, abu ampas tebu dan kadar aspal yang secara nyata berpengaruh terhadap nilai stabilitas. Sedangkan interaksi keduanya tidak berpengaruh.

d. Pengaruh Kadar Aspal dan Kadar Abu Ampas Tebu terhadap Nilai Flow

Hasil analisis varian untuk mengetahui pengaruh kadar aspal dan kadar abu ampas tebu terhadap nilai flow dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Hasil Analisis Varian Terhadap Nilai Flow

Pengaruh Variasi	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Bebas (df)	Rataan Kuadrat (KT)	F	Sig.
Abu Ampas Tebu	0,432	7	0,062	0,350	0,928
Aspal	0,333	3	0,111	0,630	0,598
Abu Ampas Tebu * Aspal	5,582	21	0,266	1,507	0,107
Galat	11,287	64	0,176		
Total	17,633	95			

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada Tabel 4.7 terlihat bahwa hipotesis kadar aspal, abu ampas tebu, dan interaksi keduanya menerima H_0 . Hal ini menunjukkan kadar aspal, abu ampas tebu dan interaksi keduanya tidak berpengaruh terhadap flow.

e. Pengaruh Kadar Aspal dan Kadar Abu Ampas Tebu terhadap Nilai MQ

Hasil analisis varian untuk mengetahui pengaruh kadar aspal dan kadar abu ampas tebu terhadap nilai MQ dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Hasil Analisis Varian Terhadap Nilai MQ

Pengaruh Variasi	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Bebas (df)	Rataan Kuadrat (KT)	F	Sig.
Abu Ampas Tebu	87891,676	7	12555,954	1,424	0,211
Aspal	65205,613	3	21735,204	2,465	0,070
Abu Ampas Tebu * Aspal	245290,637	21	11680,507	1,325	0,194
Galat	564398,781	64	8818,731		
Total	962786,707	95			

Sumber : Hasil Perhitungan

Pada Tabel 4.8 terlihat bahwa hipotesis kadar aspal, abu ampas tebu, dan interaksi keduanya menerima H_0 . Hal ini menunjukkan kadar aspal, abu ampas tebu dan interaksi keduanya tidak berpengaruh terhadap MQ.

4.2.3. Analisis Regresi dan Korelasi

Analisis Regresi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kadar aspal dan abu ampas tebu terhadap karakteristik SMA. Sedangkan analisis Korelasi dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat hubungan diantara kedua variabel tersebut. Bentuk persamaan regresi yang dipilih adalah persamaan regresi kuadratik ganda, karena nilai-nilai karakteristik campuran yang dicari berupa kurva lengkung dan variabel-variabel penyusunnya terdiri dari satu variabel terikat (*dependent*) dan lebih dari satu variabel bebas (*independent*). Proses perhitungannya menggunakan bantuan program SPSS.

Dengan memasukkan variabel-variabel (VMA, VIM, Stabilitas, Flow, MQ), akan diperoleh persamaan regresi derajat dua (kuadratik). Untuk mengetahui apakah persamaan regresi ini dapat dipergunakan atau tidak digunakan uji Anova. Dalam uji Anova, akan ditinjau nilai signifikansinya. Signifikansi $< 0,05$ atau $F_{hitung} > F_{tabel}$ (dipilih Signifikansi) berarti persamaan regresi tersebut dapat digunakan, dan berlaku sebaliknya. Sedangkan koefisien determinasi (R^2) dipakai untuk mengetahui seberapa besar persentase kesesuaian model regresi. Kesimpulan hasil analisisnya terhadap masing-masing karakteristik, adalah sebagai berikut :

a. Hubungan Kadar Aspal dan Kadar Abu Ampas Tebu terhadap Nilai VIM

Persamaan yang menunjukkan hubungan antara kadar aspal dan abu ampas tebu terhadap nilai VIM adalah :

$$Z = 14,921 - 1,630X + 3,045Y - 0,194XY - 0,001X^2 - 0,357Y^2 \dots (4.1)$$

Dimana : X = kadar aspal

Y = abu ampas tebu

Z = VIM

Tabel 4.9. Hasil Analisis Korelasi terhadap Nilai VIM

		X	Y	XY	X ²	Y ²	VIM
X	Pearson Correlation	1	,000	,246	,998	,000	-,794
	Sig. (2-tailed)		1,000	,016	,000	1,000	,000
	N	96	96	96	96	96	96
Y	Pearson Correlation	,000	1	,955	,000	,962	-,523
	Sig. (2-tailed)	1,000		,000	1,000	,000	,613
	N	96	96	96	96	96	96
XY	Pearson Correlation	,246	,955	1	,245	,918	-,265
	Sig. (2-tailed)	,016	,000		,016	,000	,009
	N	96	96	96	96	96	96
X ²	Pearson Correlation	,998	,000	,245	1	,000	-,792
	Sig. (2-tailed)	,000	1,000	,016		1,000	,000
	N	96	96	96	96	96	96
Y ²	Pearson Correlation	,000	,962	,918	,000	1	-,134
	Sig. (2-tailed)	1,000	,000	,000	1,000		,194
	N	96	96	96	96	96	96
VIM	Pearson Correlation	-,794	-,523	-,265	-,792	-,134	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,613	,009	,000	,194	
	N	96	96	96	96	96	96

Sumber : Hasil Perhitungan

Korelasi antara kadar aspal (X) dengan nilai VIM = -0,794. Ini menunjukkan hubungan yang sangat kuat diantara keduanya. Tanda negatif menunjukkan semakin besar kadar aspal maka nilai VIM akan semakin menurun. Sedangkan korelasi antara abu ampas tebu (Y) dengan nilai VIM = -0,52. Ini menunjukkan hubungan yang kuat diantara keduanya. Tanda negatif menunjukkan semakin besar kadar abu ampas tebu maka nilai VIM akan semakin menurun. Secara keseluruhan kedua variabel (X dan Y) berpengaruh secara signifikan terhadap nilai VIM, sehingga kedua variabel masuk ke dalam persamaan regresi.

Tabel 4.10. Hasil Analisis Regresi terhadap Nilai VIM

R	R Square	Adjust R Square	Anova (Sig.)
0,861	0,741	0,727	0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil analisis diatas, dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Koefisien korelasi (R) = 0,861 (diatas 0,5) yang berarti hubungan antara variasi variabel bebas (X, Y, XY, X², Y²) dengan variabel terikat (VIM) sangat kuat.
- Koefisien determinasi (R²) = 0,741. Ini berarti 74,1% nilai VIM dapat dijelaskan oleh variasi variabel bebas yang ada. Sedangkan sisanya 25,9 % dipengaruhi atau dijelaskan oleh variabel lain yang tidak dimasukkan dalam model penelitian ini.

- Uji Anova menunjukkan signifikansi = 0,0000 (< 0,05). Ini berarti model regresi dapat dipakai untuk memprediksi nilai VIM dalam studi ini.

b. Hubungan Kadar Aspal dan Kadar Abu Ampas Tebu terhadap Nilai VMA

Persamaan yang menunjukkan hubungan antara kadar aspal dan abu ampas tebu terhadap nilai VMA adalah :

$$Z = 15,340 + 0,460X + 2,886Y - 0,169XY - 0,002X^2 - 0,363Y^2 \dots (4.2)$$

Dimana : X = kadar aspal

Y = abu ampas tebu

Z = VMA

Tabel 4.11. Hasil Analisis Korelasi terhadap Nilai VMA

		X	Y	XY	X2	Y2	VMA
X	Pearson Correlation	1	,000	,246	,998	,000	-,003
	Sig. (2-tailed)		1,000	,016	,000	1,000	,979
	N	96	96	96	96	96	96
Y	Pearson Correlation	,000	1	,955	,000	,962	-,127
	Sig. (2-tailed)	1,000		,000	1,000	,000	,217
	N	96	96	96	96	96	96
XY	Pearson Correlation	,246	,955	1	,245	,918	-,155
	Sig. (2-tailed)	,016	,000		,016	,000	,132
	N	96	96	96	96	96	96
X2	Pearson Correlation	,998	,000	,245	1	,000	-,002
	Sig. (2-tailed)	,000	1,000	,016		1,000	,982
	N	96	96	96	96	96	96
Y2	Pearson Correlation	,000	,962	,918	,000	1	-,279
	Sig. (2-tailed)	1,000	,000	,000	1,000		,006
	N	96	96	96	96	96	96
VMA	Pearson Correlation	-,003	-,127	-,155	-,002	-,279	1
	Sig. (2-tailed)	,979	,217	,132	,982	,006	
	N	96	96	96	96	96	96

Sumber : Hasil Perhitungan

Korelasi antara kadar aspal (X) dengan nilai VMA = -0,03. Ini menunjukkan hubungan yang sangat lemah diantara keduanya. Tanda negatif menunjukkan semakin besar kadar aspal maka nilai VMA akan menurun dengan nilai penurunan yang sangat kecil. Sedangkan korelasi antara abu ampas tebu (Y) dengan nilai VMA = -0,127. Ini juga menunjukkan hubungan yang sangat lemah diantara keduanya. Tanda negatif menunjukkan, dengan penambahan kadar abu ampas tebu menyebabkan nilai VMA menurun dengan nilai penurunan yang juga sangat kecil. Walaupun demikian secara keseluruhan kedua variabel (X dan Y) berpengaruh secara signifikan terhadap nilai VIM, sehingga kedua variabel masuk ke dalam persamaan regresi.

Tabel 4.12. Hasil Analisis Regresi terhadap Nilai VMA

R	R Square	Adjust R Square	Anova (Sig.)
0,619	0,383	0,348	0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil analisis diatas, dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Koefisien korelasi (R) = 0,619 (diatas 0,5) yang berarti hubungan antara variasi variabel bebas (X , Y , XY , X^2 , Y^2) dengan variabel terikat (VMA) kuat.
- Koefisien determinasi (R^2) = 0,383. Ini berarti 38,3% nilai VMA dapat dijelaskan oleh variasi variabel bebas yang ada. Sedangkan sisanya 61,7 % dipengaruhi atau dijelaskan oleh variabel lain yang tidak dimasukkan dalam model penelitian ini.
- Uji Anova menunjukkan signifikansi = 0,0000 ($< 0,05$). Ini berarti model regresi dapat dipakai untuk memprediksi nilai VMA dalam studi ini.

c. Hubungan Kadar Aspal dan Kadar Abu Ampas Tebu terhadap Nilai Stabilitas

Persamaan yang menunjukkan hubungan antara kadar aspal dan abu ampas tebu terhadap nilai Stabilitas adalah :

$$Z = -1332,409 + 826,304X + 228,348Y - 16,371XY - 63,327X^2 - 27,510Y^2 \dots (4.3)$$

Dimana : X = kadar aspal

Y = abu ampas tebu

Z = nilai Stabilitas

Tabel 4.13 Hasil Analisis Regresi dan Korelasi terhadap Nilai Stabilitas

		X	Y	XY	X ²	Y ²	Stabilitas
X	Pearson Correlation	1	,000	,246	,998	,000	-,185
	Sig. (2-tailed)		1,000	,016	,000	1,000	,070
	N	96	96	96	96	96	96
Y	Pearson Correlation	,000	1	,955	,000	,962	-,166
	Sig. (2-tailed)	1,000		,000	1,000	,000	,106
	N	96	96	96	96	96	96
XY	Pearson Correlation	,246	,955	1	,245	,918	-,225
	Sig. (2-tailed)	,016	,000		,016	,000	,028
	N	96	96	96	96	96	96
X ²	Pearson Correlation	,998	,000	,245	1	,000	-,203
	Sig. (2-tailed)	,000	1,000	,016		1,000	,047
	N	96	96	96	96	96	96
Y ²	Pearson Correlation	,000	,962	,918	,000	1	-,242
	Sig. (2-tailed)	1,000	,000	,000	1,000		,018
	N	96	96	96	96	96	96
Stabilitas	Pearson Correlation	-,185	-,166	-,225	-,203	-,242	1
	Sig. (2-tailed)	,070	,106	,028	,047	,018	
	N	96	96	96	96	96	96

Sumber : Hasil Perhitungan

Korelasi antara kadar aspal (X) dengan nilai Stabilitas = -0,185. Ini menunjukkan hubungan yang sangat lemah diantara keduanya. Tanda negatif menunjukkan semakin besar kadar aspal maka nilai Stabilitas akan menurun dengan nilai penurunan yang sangat kecil. Sedangkan korelasi antara abu ampas tebu (Y) dengan nilai Stabilitas = -0,166. Ini juga menunjukkan hubungan yang sangat lemah diantara keduanya. Tanda negatif menunjukkan, dengan penambahan kadar abu ampas tebu menyebabkan nilai Stabilitas menurun dengan nilai penurunan yang juga sangat kecil. Walaupun demikian secara keseluruhan kedua variabel (X dan Y) berpengaruh secara signifikan terhadap nilai VIM, sehingga kedua variabel masuk ke dalam persamaan regresi.

Tabel 4.14 Hasil Analisis Regresi terhadap Nilai Stabilitas

R	R Square	Adjust R Square	Anova (Sig.)
0,490	0,240	0,198	0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil analisis diatas, dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Koefisien korelasi (R) = 0,490 (dibawah 0,5) yang berarti hubungan berarti hubungan antara variasi variabel bebas (X, Y, XY, X², Y²) dengan variabel terikat (Stabilitas) tidak begitu kuat.
- Koefisien determinasi (R²) = 0,240. Ini berarti 24% nilai Stabilitas dapat dijelaskan oleh variasi variabel bebas yang ada. Sedangkan sisanya 76 %

dipengaruhi atau dijelaskan oleh variabel lain yang tidak dimasukkan dalam model penelitian ini.

- Uji Anova menunjukkan signifikansi = 0,0000 (< 0,05). Ini berarti model regresi dapat dipakai untuk memprediksi nilai Stabilitas dalam studi ini.

d. Hubungan Kadar Aspal dan Kadar Abu Ampas Tebu terhadap nilai Flow

Persamaan yang menunjukkan hubungan antara kadar aspal dan abu ampas tebu terhadap nilai Flow adalah :

$$Z = 1,431 + 0,564X - 0,031Y + 0,003XY - 0,041X^2 + 0,002 Y^2 \dots (4.4)$$

Dimana : X = kadar aspal

Y = abu ampas tebu

Z = nilai Flow

Tabel 4.15. Hasil Analisis Korelasi terhadap Nilai Flow

		X	Y	XY	X2	Y2	FLOW
X	Pearson Correlation	1	,000	,246	,998	,000	,087
	Sig. (2-tailed)		1,000	,016	,000	1,000	,400
	N	96	96	96	96	96	96
Y	Pearson Correlation	,000	1	,955	,000	,962	-,005
	Sig. (2-tailed)	1,000		,000	1,000	,000	,959
	N	96	96	96	96	96	96
XY	Pearson Correlation	,246	,955	1	,245	,918	,019
	Sig. (2-tailed)	,016	,000		,016	,000	,852
	N	96	96	96	96	96	96
X2	Pearson Correlation	,998	,000	,245	1	,000	,080
	Sig. (2-tailed)	,000	1,000	,016		1,000	,438
	N	96	96	96	96	96	96
Y2	Pearson Correlation	,000	,962	,918	,000	1	-,002
	Sig. (2-tailed)	1,000	,000	,000	1,000		,981
	N	96	96	96	96	96	96
FLOW	Pearson Correlation	,087	-,005	,019	,080	-,002	1
	Sig. (2-tailed)	,400	,959	,852	,438	,981	
	N	96	96	96	96	96	96

Sumber : Hasil Perhitungan

Korelasi antara kadar aspal (X) dengan nilai Flow = 0,087. Ini menunjukkan hubungan yang sangat lemah diantara keduanya. Tanda positif menunjukkan semakin besar kadar aspal maka nilai flow akan meningkat dengan nilai peningkatan yang sangat kecil. Sedangkan korelasi antara abu ampas tebu (Y) dengan nilai Flow = -0,005. Ini menunjukkan hubungan yang sangat lemah diantara keduanya. Tanda negatif menunjukkan, dengan penambahan kadar abu ampas tebu menyebabkan nilai Flow menurun dengan nilai penurunan yang juga sangat kecil. Dan secara keseluruhan kedua variabel (X dan Y) tidak berpengaruh

secara signifikan terhadap nilai Flow, sehingga kedua variabel tidak dapat dimasukkan ke dalam persamaan regresi.

Tabel 4.16. Hasil Analisis Regresi terhadap Nilai Flow

R	R Square	Adjust R Square	Anova (Sig.)
0,132	0,017	0,037	0,901

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil analisis diatas, dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Koefisien korelasi (R) = 0,132 (dibawah 0,5) yang berarti hubungan berarti hubungan antara variasi variabel bebas (X, Y, XY, X², Y²) dengan variabel terikat (Flow) tidak begitu kuat.
- Koefisien determinasi (R²) = 0,017. Ini berarti 1,7 % nilai Flow dapat dijelaskan oleh variasi variabel bebas yang ada. Sedangkan sisanya 98,3 % dipengaruhi atau dijelaskan oleh variabel lain yang tidak dimasukkan dalam model penelitian ini.
- Uji Anova menunjukkan signifikansi = 0,901 (> 0,05). Ini berarti model regresi tidak dapat dipakai untuk memprediksi nilai Flow dalam studi ini.

e. Hubungan Kadar Aspal dan Kadar Abu Ampas Tebu terhadap nilai MQ

Persamaan yang menunjukkan hubungan antara kadar aspal dan abu ampas tebu terhadap nilai MQ adalah :

$$Z = -255,128 + 206,265X + 83,725Y - 6,106XY - 15,890X^2 - 9,599 Y^2$$

Dimana : X = kadar aspal

Y = abu ampas tebu

Z = nilai MQ

Tabel 4.17. Hasil Analisis Korelasi terhadap Nilai MQ

		X	Y	XY	X ²	Y ²	MQ
X	Pearson Correlation	1	,000	,246	,998	,000	-,179
	Sig. (2-tailed)		1,000	,016	,000	1,000	,081
	N	96	96	96	96	96	96
Y	Pearson Correlation	,000	1	,955	,000	,962	-,111
	Sig. (2-tailed)	1,000		,000	1,000	,000	,283
	N	96	96	96	96	96	96
XY	Pearson Correlation	,246	,955	1	,245	,918	-,168
	Sig. (2-tailed)	,016	,000		,016	,000	,101
	N	96	96	96	96	96	96
X ²	Pearson Correlation	,998	,000	,245	1	,000	-,189
	Sig. (2-tailed)	,000	1,000	,016		1,000	,065
	N	96	96	96	96	96	96
Y ²	Pearson Correlation	,000	,962	,918	,000	1	-,174
	Sig. (2-tailed)	1,000	,000	,000	1,000		,090
	N	96	96	96	96	96	96
MQ	Pearson Correlation	-,179	-,111	-,168	-,189	-,174	1
	Sig. (2-tailed)	,081	,283	,101	,065	,090	
	N	96	96	96	96	96	96

Sumber : Hasil Perhitungan

Korelasi antara kadar aspal (X) dengan nilai MQ = -0,179. Ini menunjukkan hubungan yang sangat lemah diantara keduanya. Tanda negatif menunjukkan semakin besar kadar aspal maka nilai MQ akan semakin menurun dengan nilai penurunan yang sangat kecil. Sedangkan korelasi antara abu ampas tebu (Y) dengan nilai MQ = -0,111. Ini menunjukkan hubungan yang juga sangat lemah diantara keduanya. Tanda positif menunjukkan, dengan penambahan kadar abu ampas tebu menyebabkan nilai MQ meningkat dengan nilai peningkatan yang juga sangat kecil. Dan secara keseluruhan kedua variabel (X dan Y) berpengaruh secara signifikan terhadap nilai MQ, sehingga kedua variabel dapat dimasukkan ke dalam persamaan regresi.

Tabel 4.18. Hasil Analisis Regresi terhadap Nilai Flow

R	R Square	Adjust R Square	Anova (Sig.)
0,378	0,143	0,095	0,015

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil analisis diatas, dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Koefisien korelasi (R) = 0,378 (dibawah 0,5) yang berarti hubungan berarti hubungan antara variasi variabel bebas (X, Y, XY, X², Y²) dengan variabel terikat (MQ) tidak begitu kuat.
- Koefisien determinasi (R²) = 0,143. Ini berarti 14,3% nilai MQ dapat dijelaskan oleh variasi variabel bebas yang ada. Sedangkan sisanya 85,7 %

dipengaruhi atau dijelaskan oleh variabel lain yang tidak dimasukkan dalam model penelitian ini.

- Uji Anova menunjukkan signifikansi = 0,015 (< 0,05). Ini berarti model regresi dapat dipakai untuk memprediksi nilai MQ.

Secara keseluruhan, semua persamaan yang dihasilkan dari analisa regresi dan korelasi ini kecuali Flow dapat dimasukkan dalam model persamaan regresi, dengan rangkuman hasil persamaan regresi adalah sebagai berikut :

Tabel 4.19. Hasil Persamaan Regresi pada Masing masing Karakteristik SMA

Karakteristik SMA	Persamaan Regresi	Nilai R ²
VIM	$Z = 14,921 - 1,630X + 3,045Y - 0,194XY - 0,001X^2 - 0,357Y^2$	0,741
VMA	$Z = 15,340 + 0,460X + 2,886Y - 0,169XY - 0,002X^2 - 0,363Y^2$	0,383
Stabilitas	$Z = -1332,409 + 826,304X + 228,348Y - 16,371XY - 63,327X^2 - 27,510Y^2$	0,240
MQ	$Z = -255,128 + 206,265X + 83,725Y - 6,106XY - 15,890X^2 - 9,599 Y^2$	0,143

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan persamaan yang diperoleh dari analisa regresi, penentuan nilai kadar aspal optimum dan kadar abu ampas tebu optimum dilakukan dengan cara iterasi Newton (*Generalized Newton's Method*). Persamaan regresi akan diiterasi sampai menemukan nilai X dan Y yang konstan. Nilai-nilai tersebut berturut-turut merupakan kadar aspal dan kadar abu ampas tebu optimum Metode ini merupakan metode iterasi untuk mendapatkan nilai variabel X dan Y pada persamaan ordo n, dengan rumus sebagai berikut:

$$X^{(n+1)} = X^n - w \frac{f_1(X^n, Y^n)}{\frac{\partial f_1(X^n, Y^n)}{\partial X}}$$

$$Y^{(n+1)} = Y^n - w \frac{f_2(X^{n+1}, Y^n)}{\frac{\partial f_2(X^{n+1}, Y^n)}{\partial Y}}$$

Dipakai w = 0,5 untuk mempercepat proses iterasi variabel X dan Y.

Karena persamaan regresi untuk Flow tidak dapat dimasukkan ke dalam model persamaan regresi, maka dengan demikian, kadar aspal dan abu ampas tebu optimum juga tidak bisa didapatkan.

4.3. Pembahasan Hasil Penelitian

4.3.1. Karakteristik Material Campuran

a. Aspal

Hasil pengujian karakteristik Aspal Penetrasi 60/70 dapat dilihat pada Tabel 4.3. dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat bahwa nilai-nilai karakteristik aspal sudah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, sehingga dapat dipergunakan pada campuran aspal panas.

b. Agregat

Hasil dari pengujian sifat-sifat fisik agregat kasar, agregat halus, dan filler dapat dilihat pada Tabel 4.1, yang menunjukkan bahwa kualitas agregat memenuhi persyaratan Bina Marga untuk dipakai sebagai material campuran aspal panas.

c. Abu Ampas Tebu

Pengujian yang dilakukan terhadap abu ampas tebu hanya pengujian berat jenis, dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.2. Didapatkan bahwa berat jenis abu ampas tebu adalah 1,019, yang lebih kecil daripada berat jenis aspal (1,0426). Pada penambahan kadar abu ampas tebu 0,75%, dan 1,5%, nilai berat jenis aspal mengalami penurunan, dan kemudian meningkat lagi pada penambahan abu ampas tebu 2,25%, 3%, 3,75%, 4,5%, dan 5,25%.

4.3.2. Analisa Data Pengujian Marshall

Rangkuman hasil pengujian Marshall dapat dilihat pada Gambar 4.1 sampai Gambar 4.6. Dari rangkuman hasil analisa marshall tersebut dapat dilihat bahwa campuran SMA untuk semua variasi kadar aspal dan abu ampas tebu, tidak didapatkan Kadar Aspal Optimum, sehingga tidak dapat dilalukan penelitian lanjutan.

4.3.3. Pengaruh Kadar Aspal dan Variasi Abu Ampas Tebu Terhadap Karakteristik Campuran SMA

a. Hubungan antara kadar aspal dan kadar abu ampas tebu dengan nilai VIM

VIM (*Void In Mix*) merupakan volume total dari rongga udara di antara partikel agregat yang terselimuti aspal, dinyatakan dalam persentase. Hasil uji regresi dan korelasi menunjukkan adanya pengaruh sangat kuat antara kadar aspal dan nilai VIM. Semakin besar kadar aspal maka nilai VIM akan semakin menurun. Untuk abu ampas tebu, hasil uji regresi dan korelasi menunjukkan adanya pengaruh yang kuat antara abu ampas tebu dengan nilai VIM. Makin besar kadar abu ampas tebu, maka nilai VIM juga akan mengalami penurunan.

Seiring dengan penambahan kadar aspal nilai VIM akan semakin menurun. Penurunan nilai VIM akibat bertambahnya kadar aspal, terjadi karena sebagian rongga-rongga udara dalam campuran sudah terisi aspal. Menurut Astika, 2003, kondisi ini akan menyebabkan kemungkinan terjadi *bleeding* cukup besar, karena jika ada beban berat yang bekerja di atasnya, maka aspal akan mengalami *drain out* (pengaliran keluar).

Penurunan nilai VIM akibat bertambahnya kadar abu ampas tebu, terjadi karena abu ampas tebu akan mengisi rongga-rongga dalam campuran, yang menyebabkan nilai VIM menurun. Pada dasarnya, ampas tebu mengandung serat selulosa yang diharapkan dapat meningkatkan kekentalan aspal (viskositas) sehingga akan mencegah terjadinya *drain out*, menurunkan kelelehan, mencegah terjadinya *bleeding*, serta dapat meningkatkan daya lekat aspal. Akan tetapi, setelah mengalami proses pembakaran dengan suhu yang tinggi, ampas tebu akan terbakar dan sebagian hasil pembakaran tersebut berupa abu yang didominasi oleh senyawa karbon, dan sebagian sisanya berupa serat.

Berikut ini adalah hasil penelitian kandungan kimia abu ampas tebu :

Komposisi	Prosentase (%)
SiO ₂	1,52 – 1,54 %
Ca	5,27 – 5,35 %

Sumber : Laboratorium Kimia MIPA Unibraw (2008)

Karena sebagian serat selulosa terurai menjadi karbon, maka abu ampas tebu tidak dapat menyerap aspal secara maksimal, dan akan mengisi rongga-rongga dalam

campuran. Karena hal tersebut, maka pengaruh abu ampas tebu terhadap VIM lebih cenderung berfungsi sebagai *filler*.

Menurut Juliasti dan Susanto (2003), penambahan kadar *filler* dalam campuran mengakibatkan berkurangnya nilai VIM, yang berarti campuran tersebut semakin rapat karena rongga-rongga antar agregat semakin banyak terisi oleh *filler*. Pada penelitian ini, nilai VIM akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya kadar abu ampas tebu dalam campuran. Hasil analisis regresi dan korelasi menunjukkan bahwa variasi kadar aspal dan kadar abu ampas tebu memiliki pengaruh yang tinggi terhadap penurunan nilai VIM. Makin tinggi kadar aspal dan abu ampas tebu dalam campuran, maka nilai VIM juga akan semakin menurun.

b. Hubungan antara kadar aspal dan kadar abu ampas tebu dengan nilai VMA

VMA (*Void In The Mineral Aggregate*) merupakan rongga udara di antara butiran agregat pada suatu campuran aspal yang sudah dipadatkan dinyatakan dalam persentase. Nilai VMA banyak dipengaruhi oleh bentuk partikel, tekstur, ukuran dari material agregat dan metode pemadatan yang digunakan.

Pada campuran SMA, gradasi yang dipergunakan adalah gradasi terbuka (*open graded*), dengan persentase agregat kasar yang tinggi sehingga rongga antar agregat (VMA) juga akan tinggi. Hasil uji korelasi dan regresi menunjukkan adanya pengaruh yang sangat lemah antara kadar aspal dan abu ampas tebu dengan nilai VMA. Bertambahnya kadar aspal akan menyebabkan rongga yang terisi aspal semakin meningkat. Dengan penambahan abu ampas tebu, nilai VMA akan menurun karena abu ampas tebu akan mengisi rongga di antara butiran agregat pada campuran. Akan tetapi, penurunan VMA akibat penambahan kadar aspal dan penambahan abu ampas tebu yang nilainya sangat kecil, sehingga tidak akan terlalu berpengaruh pada nilai VMA.

c. Hubungan antara kadar aspal dan kadar abu ampas tebu dengan nilai Stabilitas.

Stabilitas merupakan kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas, dimana stabilitas campuran tersebut berhubungan erat dengan kekuatan campuran. Hasil uji regresi dan korelasi menunjukkan adanya pengaruh yang sangat lemah antara kadar aspal dan abu ampas tebu dengan nilai stabilitas.

Apabila kadar aspal dalam campuran terus ditambah, maka VMA akan meningkat, dan tebal selimut aspal juga akan semakin tinggi, sehingga *interlocking* antar agregat kasar akan berkurang dan stabilitas campuran juga akan menurun. Begitu juga halnya bila kadar abu ampas tebu terus ditambah dalam aspal, maka aspal akan menjadi getas dan daya ikatnya berkurang sehingga akan mudah retak dan mengakibatkan stabilitas campuran menurun. Akan tetapi, berdasarkan hasil analisa regresi dan korelasi, karena pengaruhnya sangat lemah, maka penurunan stabilitas yang terjadi juga sangat kecil.

d. Hubungan antara kadar aspal dan kadar abu ampas tebu dengan nilai Flow (kelelehan).

Flow (kelelehan) menyatakan besarnya perubahan bentuk (deformasi) pada campuran saat terbebani maksimum tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Hasil uji regresi dan korelasi menunjukkan adanya pengaruh yang sangat lemah antara kadar aspal dan abu ampas tebu dengan nilai flow. Seiring dengan penambahan kadar aspal, nilai flow juga akan bertambah sehingga membuat campuran menjadi lebih lentur, dan seiring dengan penambahan abu ampas tebu nilai flow akan menurun. Akan tetapi karena pengaruh antara kedua variabel tersebut sangat lemah terhadap nilai flow, maka perubahan nilai flow yang terjadi juga sangat kecil.

e. Hubungan antara kadar aspal dan kadar abu ampas tebu dengan nilai MQ

Mashall Quotient (MQ) adalah perbandingan antara stabilitas dan flow yang digunakan untuk mengukur tingkat fleksibilitas (kelenturan) suatu campuran aspal. Bila nilai MQ terlalu rendah, maka campuran akan menjadi terlalu lentur dan kurang stabil sehingga memiliki kerentanan yang tinggi terhadap deformasi.

Sebaliknya, bila MQ terlalu tinggi maka campuran akan menjadi kaku dan mudah retak. Hasil uji regresi dan korelasi menunjukkan adanya pengaruh yang sangat lemah antara kadar aspal dan abu ampas tebu dengan nilai MQ. Akibat penambahan kadar aspal dan abu ampas tebu, nilai MQ akan mengalami penurunan. Akan tetapi, karena pengaruhnya sangat lemah, maka nilai penurunan yang terjadi juga sangat kecil.

4.4 Rangkuman Hasil Penelitian

Penggunaan abu ampas tebu sebagai bahan tambah terhadap karakteristik campuran SMA paling berpengaruh terhadap nilai VIM dari campuran. Sedangkan untuk karakteristik yang lain, pengaruh yang terjadi sangat kecil. Hal ini dapat dilihat dari nilai korelasi antara kadar aspal dan abu ampas tebu terhadap masing-masing karakteristik campuran. Rekapitulasi nilai korelasi antara kadar aspal dan abu ampas tebu terhadap masing-masing karakteristik campuran dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20. Nilai Korelasi Antara Kadar Aspal dan Kadar Abu Ampas Tebu (AAT) Terhadap Nilai Karakteristik Campuran

Karakteristik SMA	Korelasi	
	Terhadap Kadar Aspal	Terhadap Kadar AAT
VIM	-0,794	-0,52
VMA	-0,03	-0,127
Stabilitas	-0,185	-0,166
Flow	0,087	-0,005
MQ	-0,179	-0,111

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.20 menunjukkan bahwa korelasi antara kadar aspal dan nilai VIM adalah -0,794, yang berarti bahwa hubungan antara keduanya sangat kuat. Korelasi antara abu ampas tebu dengan nilai VIM adalah -0,52, yang menunjukkan hubungan yang kuat antara keduanya. Untuk nilai karakteristik yang lain (VMA, stabilitas, flow, dan MQ), korelasinya sangat kecil, yang berarti bahwa hubungan antara kadar aspal dan kadar abu ampas tebu terhadap masing-masing karakteristik tersebut juga sangat kecil. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa nilai VIM sangat dipengaruhi oleh kadar aspal dan abu ampas tebu dalam campuran. Makin tinggi kadar aspal dan abu ampas tebu, nilai VIM juga semakin

menurun. Penurunan nilai VIM akibat bertambahnya kadar abu ampas tebu terjadi karena abu ampas tebu akan mengisi rongga-rongga dalam campuran. Proses pembakaran dengan suhu yang tinggi, akan mengakibatkan serat dalam ampas tebu terbakar dan sebagian hasil pembakaran tersebut berupa abu yang didominasi oleh senyawa karbon, dan sebagian sisanya berupa serat. Sehingga dalam penelitian ini, abu ampas tebu lebih cenderung berfungsi sebagai *filler*. Hasil penelitian ini mendukung penelitian terdahulu oleh Juliasti dan Susanto (2003), yang menyatakan bahwa penambahan kadar *filler* dalam campuran mengakibatkan berkurangnya nilai VIM, yang berarti campuran tersebut semakin rapat karena rongga-rongga antar agregat semakin banyak terisi oleh *filler*.

Pada penelitian ini, nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dicari dengan menggunakan dua metode, yaitu metode diagram pita dan metode iterasi *Generalized Newton*. Dari kedua metode tersebut, nilai KAO dalam campuran SMA tidak didapatkan. Dengan metode diagram pita, KAO tidak didapatkan karena nilai *Marshall Quotient* (MQ) untuk semua perlakuan melebihi spesifikasi yang ditetapkan, dimana menurut spesifikasi Bina Marga (1992), nilai MQ yang diizinkan adalah 190-300 kg/mm. Dan dengan metode iterasi *Generalized Newton*, KAO tidak didapatkan karena persamaan regresi untuk *flow* yang diperoleh dari analisis regresi tidak dapat dimasukkan ke dalam model persamaan regresi. Hasil uji Anova untuk *flow* menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,901 dimana nilai signifikansi yang dapat digunakan dalam persamaan harus lebih kecil dari 0,05.

Karena KAO tidak didapatkan, maka untuk penelitian ini tidak dapat dilakukan penelitian lanjutan. Pembuatan benda uji untuk perendaman asam tidak dapat dilakukan, sehingga Indeks Kekuatan Sisa (IKS) pada campuran SMA tidak didapatkan.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian yang telah dilaksanakan, mendapatkan hasil yang dapat diambil kesimpulannya sebagai berikut :

1. Hasil analisis regresi dan korelasi menunjukkan bahwa penggunaan abu ampas tebu sebagai bahan tambah terhadap karakteristik campuran SMA paling berpengaruh terhadap nilai VIM dari campuran, dimana korelasi aspal dengan nilai VIM adalah $-0,794$, yang menunjukkan hubungan yang sangat kuat diantara keduanya, dan korelasi antara abu ampas tebu dengan nilai VIM adalah $-0,52$, yang menunjukkan hubungan yang kuat antara keduanya. Semakin besar kadar aspal dan kadar abu ampas tebu, nilai VIM juga akan semakin turun. Hal ini terjadi karena abu ampas tebu akan mengisi rongga-rongga dalam campuran, yang menyebabkan nilai VIM menurun. Sehingga dalam penelitian ini, abu ampas tebu lebih cenderung berfungsi sebagai *filler*. Sedangkan untuk nilai karakteristik yang lainnya, variasi kadar aspal dan abu ampas tebu tidak terlalu berpengaruh.
2. Hasil analisis penentuan komposisi SMA optimum dengan menggunakan metode diagram pita, tidak mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) karena nilai *Marshall Quotient* (MQ) melebihi spesifikasi yang ditetapkan.
3. Indeks Kekuatan Sisa (IKS) pada campuran SMA dengan diberi perlakuan perendaman asam tidak didapatkan, karena kadar aspal optimum tidak ditemukan, sehingga tidak dilakukan pembuatan benda uji untuk perendaman asam.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil-hasil yang diperoleh selama penelitian, maka disarankan :

1. Melihat tingginya nilainya stabilitas dan MQ yang diperoleh, maka perlu penelitian lanjutan mengenai masalah kelenturan campuran dengan material yang sama dengan cara menggunakan nomor gradasi SMA Bina Marga yang lain.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan mencoba penggunaan abu ampas tebu sebagai campuran *filler* dalam campuran SMA karena dari hasil penelitian ini, abu ampas tebu lebih cenderung bekerja sebagai *filler*.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1989. Standar Nasional Indonesia.
- Anonim, 1991. *Materials Handbook Thirteenth Edition*.
- Anonim, 1992. *Spesifikasi Bina Marga untuk Proyek Perbaikan Jalan*. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Anonim, 2000. *Spesifikasi Campuran Beraspal Panas*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. *Brosur untuk Roadcel-50, CF-31500 dan Arbocel*.
- Astika, I Putu, 2003. *Pengaruh Penambahan Dedak Padi terhadap Karakteristik SMA (Split Mastic Asphalt)*. Fakultas Teknik Jurusan Sipil, Universitas Brawijaya. Malang.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983. *Petunjuk Pelaksanaan Laston*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987. *Petunjuk Pelaksanaan Laston untuk Jalan Raya*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2006. *Modul Bahan Untuk Campuran Beraspal Panas*. Bandung.
- Dewi, Sri Murni, 1989. *Pemakaian Limbah Abu Ampas Tebu Untuk Bahan Panil Gypsum*. Jurnal Teknik, Volume V.
- Juliasti, Luh Eka dan Susanto, Benidiktus, 2003. *Karakteristik Marshall Hot Rolled Sheet Dengan Filler Limbah Karbit*. Jurnal Teknik Sipil, Volume IV.
- Keenan, Charles W, 1984. *Ilmu Kimia untuk Universitas*. Edisi ke-2, Yogyakarta. Liberty.
- Priyandana, Ardian dan Mahendra, I Wayan Surya, 2008. *Skripsi Pengaruh Kandungan Asam Pada Hujan Berpolutan Terhadap Nilai Stabilitas dan Durabilitas Campuran HRS (Hot Rolled Sheet) yang Menggunakan Variasi Kadar Aspal dan Piropilit Sebagai Agregat Halus*. Fakultas Teknik Jurusan Sipil, Universitas Brawijaya. Malang.
- Sarwono, Jonathan, 2006. *Analisis Data Penelitian Menggunakan SPSS*. Andi Offset. Yogyakarta.

- Suharto, I.G.N., 2004. *Perekayasa Metodologi Penelitian*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Sukirman, Silvia, 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova. Bandung.
- Sukirman, Silvia, 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Granit. Bandung.
- Suryadharma, Hendra dan Susanto, Benidiktus, 1999. *Rekayasa Jalan Raya*. Universitas Atmajaya Yogyakarta.
- Suseno, Rudi, dan Timang, Wira Disurya, 2002. *Skripsi Penggunaan Abu Ampas Tebu Untuk Pembuatan Beton dengan Analisa Faktorial Desain*. Fakultas Teknik Jurusan Sipil, Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- Tanan, Natalia dan Anggraini, Fitri, 2001. *Skripsi Perilaku Aspal Beton Terhadap Pemakaian Abu Ampas Tebu*. Fakultas Teknik Jurusan Sipil, Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- Wignail, A, dkk, 2003. *Proyek Jalan (Teori dan Praktek)*. Erlangga. Jakarta.



Lampiran 1. Pengujian Karakteristik Bahan

1.1 Pemeriksaan Agregat

a. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar Batu Pecah

Uraian	Unit	Batu Pecah	
		I	
Berat jenis permukaan jenuh (SSD)	BJ	gram	5078
Berat keranjang		gram	
Berat dalam air + keranjang		gram	
Berat dalam air + keranjang	BA	gram	3197
Berat kering (oven)	BK	gram	4950
Isi volume	BJ-BA	Cc	1893
Berat air yang terserap	BJ-BK	gram	128
BJ kering (Bulk)	BK/(BJ-BA)		2,614
BJ kering (SSD)	BJ/(BJ-BA)		2,6825
BJ semu (Apparent)	BK/BK-BA)		2,823
Penyerapan air (Absorbion)	(BJ-BK)/BK*100	%	2,586

b. Keausan Agregat Batu Pecah dengan Mesin Los Angeles

Ukuran Saringan		Berat Sampel (Gram)	
Lewat (mm)	Tertahan (mm)	I	II
37,5	25,0		
25,0	19,0		
19,0	12,5	2500	2500
12,5	9,5	2500	2500
9,5	6,3		
6,3	4,75		
4,75	2,36		
Berat benda uji mula-mula (W1)		5000	5000
Berat benda uji tertahan saringan No. 12		4019	3974
Berat nampan		274	255
Berat setelah ditest (W2)		3745	3719
LAAV = $(W1 - W2) / W2 \times 100\%$		33.511	34.445
Rata - rata		33.978	

c. Pengujian Indeks Kepipihan dan Kelonjongan Batu Pecah

Berat Kering Oven = 5000 Gram

Saringan (mm)	Berat Tetahan (gram)	Prosentase Tertahan (%)	Lolos Uji Kepipihan (gr)	Tertahan Uji Kelonjongan (gr)
63,0				
50,0				
37,5				
28,0				
20,0				
14,0	590.2	15.754	82.2	21.9
10,0	1829.9	48.846	346.4	65.1
6,3	1326.2	35.400	498.3	137.2
M1 =	3746.3	M2 =	3746.3	
		M3F =	926.9	
		M3E =	224.2	
Indeks Kepipihan (%)		M3F/M2 =	24.742	
Indeks Kelonjongan (%)		M3E/M2 =	5.985	

d. Kelekatan Aspal Terhadap Agregat Batu Pecah

Gradasi pemeriksaan		Berat (gram)	Kelekatan Benda Uji	
Lolos	Tertahan		I	II
9,5 (3/8")	6,3 (1/4")	100	97%	99%
Rata - rata			98%	

e. Pengujian Kekuatan Agregat Batu Pecah Terhadap Tumbukan (*Impact Value*)

Uraian	Unit	Sampel		
		I	II	
Berat tabung penakar (mold)	W1	gram	650.5	650.5
Berat mold + benda uji SSD	W2	gram	979.8	985.4
Berat benda uji SSD (Wa)	= W2 - W1	gram	329.3	334.9
Berat saringan		gram	396.8	396.8
Berat benda uji tertahan No. 8 + saringan		gram	687.3	688
Berat benda uji tertahan No. 8	Wb	gram	290.5	291.2
Berat benda uji lolos No. 8		gram	38.8	43.7
AIV = (Wa - Wb) / Wa x 100%		%	11.783	13.049
Rata - rata		%	12.416	

f. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus Batu Pecah

Uraian	Unit	Benda Uji		Rata-rata
		I	II	
Berat kering permukaan jenuh (SSD) (BJ)	gram	500	500	
Berat piknometer + SSD + air (Bt)	gram	948,5	950	
Berat piknometer + air (B)	gram	633	633	
Berat kering oven (BK)	gram	499,3	491,5	
BJ kering (Bulk) $BK / (B + BJ - Bt)$		2,706	2,686	2,696
BJ kering (SSD) $BJ / (B + BJ - Bt)$		2,710	2,732	2,721
BJ semu (Apparent) $BK / (B + BK - Bt)$		2,812	2,825	2,820
Penyerapan air (Absorbsion) $(BJ - BK) / BK * 100$	%	0,140	1,729	0,935

g. Pengujian Berat Jenis *Filler* Abu Batu

Uraian	Unit	Benda Uji		Rata-rata
		I	II	
Berat piknometer (W1)	gram	184	184	
Berat piknometer + sampel (W2)	gram	484	484	
Berat sampel (SSD) (Wa)	gram	300	300	
Berat piknometer + sampel + air (W3)	gram	880.8	880	
Berat piknometer + air (W4)	gram	692	692	
Isi Volume $Wb = (W2 - W1 + W4) - W3$	Cc	111.2	112	
Berat kering oven (Wc)	gram	299.5	299.5	
Berat jenis $Wd = Wa / Wb$	-	2.698	2.679	2.688
Penyerapan Air $(Wa - Wc) / Wc * 100\%$	%	0.167	0.167	0.167

1.2 Pemeriksaan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu

a. Pemeriksaan Berat Jenis Bahan Tambah Abu Ampas Tebu

Uraian	Unit	Benda Uji		Rata-rata
		1	2	
Berat piknometer	gram	172	172	
Berat piknometer + Benda uji SSD	gram	390,7	319,6	
Berat piknometer + Benda uji SSD + air	gram	745,5	728,5	
Berat piknometer + air	gram	666,9	666,9	
Berat Talam	gram	265,2	112	
Berat Talam + Benda Uji kering oven	gram	465,9	281,6	
Berat Benda Uji kering oven	gram	200,7	169,6	
Berat Jenis Bulk		0,476	0,387	0,432
Berat Jenis SSD		1,187	1,141	1,164
Berat Jenis Semu		1,644	1,570	1,607
Penyerapan		1,491	1,948	1,720



1.3 Pemeriksaan Aspal

1.3.1 Pemeriksaan Aspal Tanpa Bahan Tambah Abu Ampas Tebu

a. Pengujian Penetrasi Aspal

No.	Penetrasi Pada Suhu 25°C, 100 gr, 5 detik	Benda Uji		
		I	II	III
1	Pengamatan I	66	65	65
2	Pengamatan II	69	68	68
3	Pengamatan III	70	68	68
Rata - Rata		68,33	67,00	67,00
Rata – Rata Total		67,44		

b. Pengujian Titik Lembek Aspal

No.	Waktu (Menit)	Suhu yang diamati (°C)	Titik Lembek
1	0	5	
2	1	6	
3	2	8.5	
4	3	9.5	
5	4	11.5	
6	5	13.5	
7	6	16	
8	7	19	
9	8	21	
10	9	24	
11	10	26	
12	11	28	
13	12	30	
14	13	33	
15	14	36	
16	15	38	
17	16	40	
18	17	42	
19	18	45	
20	18,5	48	Titik lembek I
21	19	48,5	Titik lembek II
Rata - rata			48,25° C

c. Pengujian Titik Nyala Dan Titik Bakar Aspal

No.	Waktu (Menit)	Suhu yang diamati (°C)	Pengamatan (°C)	
			Titik nyala	Titik bakar
1	0	26		
2	1	26		
3	2	26		
4	3	26		
5	4	26		
6	5	26		
7	6	28		
8	7	29		
9	8	31		
10	9	34		
11	10	38		
12	11	42		
13	12	50		
14	13	62		
15	14	88		
16	15	110		
17	16	170		
18	17	182		
19	18	196		
20	19	210		
21	20	226		
22	21	236		
23	22	248		
24	23	258		
25	24	270		
26	25	278		
27	26	290		
28	27	298		
29	28	308		
30	29	320		
31	29,5	320	320°C	
32	30	324		
33	31	340		
34	31,33	346		346°C

d. Pengujian Daktilitas Aspal

Uraian	Pembacaan pengukuran pada alat (mm)
Pengamatan 1	> 1500
Pengamatan 2	> 1500
Pengamatan 3	> 1500
Rata - rata	> 1500

e. Pengujian Berat Jenis aspal

Uraian	Unit	Benda Uji	
		I	II
Berat piknometer (W1)	gram	37,8	39,5
Berat piknometer + air (W2)	gram	61	62,3
Volume air $W_a = (W_2 - W_1)$	Cc	23,2	22,8
Berat piknometer + aspal (W3)	gram	52,6	54,5
Berat aspal $W_b = (W_3 - W_1)$	gram	14,8	15
Berat piknometer + air + aspal (W4)	gram	61,9	62,6
Volume aspal $W_c = (W_b + W_2) - W_4$	Cc	13,9	14,7
Berat jenis $W_d = W_b / W_c$		1,065	1,020
Rata-rata		1,043	

1.3.2 Pemeriksaan Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 0,75%

a. Pengujian Penetrasi Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 0,75%

No.	Penetrasi Pada Suhu 25°C, 100 gr, 5 detik	Benda Uji		
		I	II	III
1.	I	65	65	66
2.	II	64	68	69
3.	III	66	66	67
Rata-rata		65	66,33	67,33
Rata-rata Total		66,22		

b. Pengujian Titik Lembek Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 0,75%

No.	Waktu (menit)	Suhu yang diamati (°C)	Titik Lembek
1.	60	8	Titik Lembek I Titik Lembek II
2.	120	11	
3.	180	14	
4.	240	18	
5.	300	23	
6.	360	34	
7.	420	36	
8.	480	39	
9.	540	42	
10.	600	45,5	
11.	655	48,5	
12.	720	49	
Rata - rata			48,75

c. Pengujian Daktilitas Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 0,75%

Uraian	Pembacaan pengukuran pada alat (mm)
Pengamatan I	1453
Pengamatan II	1155
Pengamatan III	1500
Rata-rata bacaan	1369,3333

d. Pengujian Berat Jenis aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 0,75%

Uraian	Unit	Benda Uji	
		I	II
Berat piknometer (W1)	gram	37,8	39,5
Berat piknometer + air (W2)	gram	61	62,3
Volume air $W_a = (W_2 - W_1)$	Cc	23,2	22,8
Berat piknometer + aspal (W3)	gram	56,3	55,5
Berat aspal $W_b = (W_3 - W_1)$	gram	18,5	16
Berat piknometer + air + aspal (W4)	gram	61,1	62,6
Volume aspal $W_c = (W_b + W_2) - W_4$	Cc	18,4	15,7
Berat jenis $W_d = W_b / W_c$		1,005	1,019
Rata-rata		1,0123	



1.3.3 Pemeriksaan Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 1,5%

a. Pengujian Penetrasi Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 1,5%

No	Penetrasi Pada Suhu 25°C, 100 gr, 5 detik	Benda Uji		
		I	II	III
1.	I	64	63	67
2.	II	65	63	69
3.	III	63	62	70
Rata-rata		64	62,66	68,66
Rata-rata Total		65,111		

b. Pengujian Titik Lembek Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 1,5%

No.	Waktu (menit)	Suhu yang diamati (°C)	Titik Lembek
1.	1	7	Titik Lembek I
2.	2	8	
3.	3	10	
4.	4	11	
5.	5	12	
6.	6	14,4	
7.	7	18	
8.	8	21,5	
9.	9	25	
10.	10	34	
11.	11	39	
12.	12	44,5	
13.	13	47,5	
14.	13,98	49	
15.	15,15	50	
Rata - rata			49,5

c. Pengujian Daktilitas Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 1,5%

Uraian	Pembacaan pengukuran pada alat (mm)
Pengamatan I	815
Pengamatan II	889
Pengamatan III	1040
Rata-rata bacaan	914,667

d. Pengujian Berat Jenis Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 1,5%

Uraian	Unit	Benda Uji	
		I	II
Berat piknometer (W1)	gram	37,8	39,5
Berat piknometer + air (W2)	gram	61	62,3
Volume air $W_a = (W_2 - W_1)$	Cc	23,2	22,8
Berat piknometer + aspal (W3)	gram	53,6	56,1
Berat aspal $W_b = (W_3 - W_1)$	gram	15,8	16,6
Berat piknometer + air + aspal (W4)	gram	61	62,5
Volume aspal $W_c = (W_b + W_2) - W_4$	Cc	15,8	16,4
Berat jenis $W_d = W_b / W_c$		1,000	1,012
Rata-rata		1,006	



1.3.4 Pemeriksaan Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 2,25%

a. Pengujian Penetrasi Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 2,25%

No.	Penetrasi Pada Suhu 25°C, 100 gr, 5 detik	Benda Uji		
		I	II	III
1.	I	65	61	64
2.	II	66	61	64
3.	III	69	64	63
Rata-rata		66,667	62	63,667
Rata-rata Total		64,111		

b. Pengujian Titik Lembek Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 2,25%

No.	Waktu (menit)	Suhu yang diamati (°C)	Titik Lembek
1.	1	7,7	Titik Lembek I Titik Lembek II
2.	2	8,5	
3.	3	10	
4.	4	12	
5.	5	14,5	
6.	6	17	
7.	7	20	
8.	8	23	
9.	9	26	
10.	10	30	
11.	11	34,5	
12.	12	38,5	
13.	13	42	
14.	14	46	
15.	15,25	49,5	
16.	16,25	51	
Rata - rata			50,25

c. Pengujian Daktilitas Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 2,25%

Uraian	Pembacaan pengukuran pada alat (mm)
Pengamatan I	622
Pengamatan II	729
Pengamatan III	755
Rata-rata bacaan	702

d. Pengujian Berat Jenis Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 2,25%

Uraian	Unit	Benda Uji	
		I	II
Berat piknometer (W1)	gram	37,8	39,5
Berat piknometer + air (W2)	gram	61	62,3
Volume air $W_a = (W_2 - W_1)$	Cc	23,2	22,8
Berat piknometer + aspal (W3)	gram	55,1	55,9
Berat aspal $W_b = (W_3 - W_1)$	gram	17,3	16,4
Berat piknometer + air + aspal (W4)	gram	61,2	62,5
Volume aspal $W_c = (W_b + W_2) - W_4$	Cc	17,1	16,2
Berat jenis $W_d = W_b / W_c$		1,012	1,012
Rata-rata		1,012	



1.3.4 Pemeriksaan Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 3%

a. Pengujian Penetrasi Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 3%

No	Penetrasi Pada Suhu 25°C, 100 gr, 5 detik	Benda Uji		
		I	II	III
1.	I	60	63	64
2.	II	61	64	63
3.	III	64	64	60
Rata-rata		61,66	63,66	62,33
Rata-rata Total		7	7	3
		62,556		

b. Pengujian Titik Lembek Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 3%

No.	Waktu (menit)	Suhu yang diamati (°C)	Titik Lembek
1.	1	7	Titik Lembek I Titik Lembek II
2.	2	9	
3.	3	12	
4.	4	14,5	
5.	5	17	
6.	6	21	
7.	7	23,5	
8.	8	27,5	
9.	9	31	
10.	10	34,5	
11.	11	38	
12.	12	42	
13.	13	46,5	
14.	14	51	
15.	14,42	51	
Rata - rata			51

c. Pengujian Daktilitas Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 3%

Uraian	Pembacaan pengukuran pada alat (mm)
Pengamatan I	615
Pengamatan II	706
Pengamatan III	748
Rata-rata bacaan	689,667

d. Pengujian Berat Jenis Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 3%

Uraian	Unit	Benda Uji	
		I	II
Berat piknometer (W1)	gram	37,8	39,5
Berat piknometer + air (W2)	gram	61	62,3
Volume air $W_a = (W2-W1)$	Cc	23,2	22,8
Berat piknometer + aspal (W3)	gram	54,5	56,5
Berat aspal $W_b = (W3-W1)$	gram	16,7	17
Berat piknometer + air + aspal (W4)	gram	60,8	63,2
Volume aspal $W_c = (W_b+W2)-W4$	Cc	16,9	16,1
Berat jenis $W_d = W_b/W_c$		0,988	1,056
Rata-rata		1,022	



1.3.5 Pemeriksaan Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 3,75%

a. Pengujian Penetrasi Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 3,75%

No	Penetrasi Pada Suhu 25°C, 100 gr, 5 detik	Benda Uji		
		I	II	III
1.	I	61	62	60
2.	II	58	60	61
3.	III	59	63	63
Rata-rata		59,33	61,66	61,33
		3	7	3
Rata-rata Total		60,778		

b. Pengujian Titik Lembek Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 3,75%

No.	Waktu (menit)	Suhu yang diamati (°C)	Titik Lembek
1.	1	8,8	Titik Lembek I Titik Lembek II
2.	2	11	
3.	3	13	
4.	4	18	
5.	5	22	
6.	6	28	
7.	7	33	
8.	8	37	
9.	9	42	
10.	10	46	
11.	11	50	
12.	12,3	51	
13.	13,47	52,5	
Rata - rata			51,75

c. Pengujian Daktilitas Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 3,75%

Uraian	Pembacaan pengukuran pada alat (mm)
Pengamatan I	684
Pengamatan II	782
Pengamatan III	545
Rata-rata bacaan	670,333

d. Pengujian Berat Jenis Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 3,75%

Uraian	Unit	Benda Uji	
		I	II
Berat piknometer (W1)	gram	37,8	39,5
Berat piknometer + air (W2)	gram	61	62,3
Volume air $W_a = (W_2 - W_1)$	Cc	23,2	22,8
Berat piknometer + aspal (W3)	gram	56,5	56,5
Berat aspal $W_b = (W_3 - W_1)$	gram	18,7	17
Berat piknometer + air + aspal (W4)	gram	60,8	63,2
Volume aspal $W_c = (W_b + W_2) - W_4$	Cc	18,9	16,1
Berat jenis $W_d = W_b / W_c$		0,989	1,056
Rata-rata		1,023	



1.3.5 Pemeriksaan Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 4,5%

a. Pengujian Penetrasi Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 4,5%

No.	Penetrasi Pada Suhu 25°C, 100 gr, 5 detik	Benda Uji		
		I	II	III
1.	I	50	60	62
2.	II	52	63	64
3.	III	53	63	64
Rata-rata		51,667	62	63,333
Rata-rata Total		59		

b. Pengujian Titik Lembek Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 4,5%

No.	Waktu (menit)	Suhu yang diamati (°C)	Titik Lembek
1	1	8,1	
2	2	12	
3	3	15,5	
4	4	19,5	
5	5	24,5	
6	6	29,5	
7	7	34,5	
8	8	39,5	
9	9	44,5	
10	10	49,5	
11	10,5	52	Titik Lembek I
12	10,72	53	Titik Lembek II
Rata - rata			52,5

c. Pengujian Daktilitas Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 4,5%

Uraian	Pembacaan pengukuran pada alat (mm)
Pengamatan I	536
Pengamatan II	510
Pengamatan III	514
Rata-rata bacaan	520

d. Pengujian Berat Jenis Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 4,5%

Uraian	Unit	Benda Uji	
		I	II
Berat piknometer (W1)	gram	37,8	39,5
Berat piknometer + air (W2)	gram	61	62,3
Volume air $W_a = (W_2 - W_1)$	Cc	23,2	22,8
Berat piknometer + aspal (W3)	gram	55,1	56,3
Berat aspal $W_b = (W_3 - W_1)$	gram	17,3	16,8
Berat piknometer + air + aspal (W4)	gram	61,4	63,1
Volume aspal $W_c = (W_b + W_2) - W_4$	Cc	16,9	16
Berat jenis $W_d = W_b / W_c$		1,024	1,050
Rata-rata		1,037	



1.3.5 Pemeriksaan Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 5,25%

a. Pengujian Penetrasi Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 5,25%

No.	Penetrasi Pada Suhu 25°C, 100 gr, 5 detik	Benda Uji		
		I	II	III
1.	I	56	56	58
2.	II	58	60	60
3.	III	56	59	57
Rata-rata		56,667	58,333	58,333
Rata-rata Total		57,778		

b. Pengujian Titik Lembek Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 5,25%

No.	Waktu (menit)	Suhu yang diamati (°C)	Titik Lembek
1.	1	7	Titik Lembek I&II
2.	2	9	
3.	3	11	
4.	4	14,5	
5.	5	17,5	
6.	6	20,5	
7.	7	24,5	
8.	8	29	
9.	9	34	
10.	10	38	
11.	11	43	
12.	12	47	
13.	13	51,5	
14.	13,3	53	
Rata - rata			53

c. Pengujian Daktilitas Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 5,25%

Uraian	Pembacaan pengukuran pada alat (mm)
Pengamatan I	684
Pengamatan II	782
Pengamatan III	545
Rata-rata bacaan	670,333

d. Pengujian Berat Jenis Aspal dengan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu 5,25%

Uraian	Unit	Benda Uji	
		I	II
Berat piknometer (W1)	gram	37,8	39,5
Berat piknometer + air (W2)	gram	61	62,3
Volume air $W_a = (W_2 - W_1)$	Cc	23,2	22,8
Berat piknometer + aspal (W3)	gram	56,5	56,5
Berat aspal $W_b = (W_3 - W_1)$	gram	18,7	17
Berat piknometer + air + aspal (W4)	gram	60,8	63,2
Volume aspal $W_c = (W_b + W_2) - W_4$	Cc	18,9	16,1
Berat jenis $W_d = W_b / W_c$		0,989	1,056
Rata-rata		1,023	



Lampiran 2. Contoh Perhitungan Analisis Marshall

CONTOH PERHITUNGAN ANALISIS MARSHALL

a : Kadar aspal terhadap agregat = 7 %

b : Kadar aspal terhadap campuran (%)

$$b = \frac{7}{100 + 7} \times 100\% = 6,542 \%$$

e : Berat benda uji kering = 1292,6 gram

f : Berat benda uji SSD = 1297 gram

g : Berat benda uji dalam air = 753,6 gram

h : Volume benda Uji

$$h = f - g \\ = 1297 - 753,6 = 543,4 \text{ gram}$$

i : Berat volume Benda Uji

$$i = \frac{e}{h} = \frac{1292,6}{543,4} = 2,379 \text{ gram/ml}$$

j : Berat jenis maksimum teoritis

: BJ bulk agregat kasar = 2,614

: BJ bulk agregat halus = 2,696

: BJ filler abu batu = 2,688

: BJ efektif agregat kasar = 2,7185

: BJ efektif agregat halus = 2,758

: % agregat kasar terhadap total agregat = 75 %

: % agregat halus terhadap total agregat = 15 %

: % filler terhadap total agregat = 10 %

$$\text{: BJ Agregat} = \frac{100}{\frac{75}{2,719} + \frac{15}{2,758} + \frac{10}{2,688}} = 2,721$$

: BJ Aspal = 1,043

$$= \frac{100}{\frac{93,458}{2,721} + \frac{6,542}{1,043}} = 2,462$$

k : Volume aspal terhadap benda uji

$$\begin{aligned} &= \frac{b \times i}{BJ \text{ Aspal}} = \frac{6,542 \times 2,379}{1,043} \\ &= 14,926\% \end{aligned}$$

l : Volume agregat dalam benda uji

$$\begin{aligned} &= \frac{(100 - b) \times i}{BJ \text{ Agregat}} = \frac{93,458 \times 2,379}{2,721} \\ &= 81,688\% \end{aligned}$$

n : Jumlah rongga dalam campuran (VIM)

$$\begin{aligned} &= 100 - \left(\frac{i}{j} \times 100\% \right) = 100 - \left(\frac{2,379}{2,462} \times 100\% \right) \\ &= 3,386\% \end{aligned}$$

o : Jumlah rongga dalam agregat (VMA)

$$\begin{aligned} &= 100 - l = 100 - 81,688 \\ &= 18,312\% \end{aligned}$$

p : Jumlah rongga terisi aspal (VFA)

$$\begin{aligned} r = \frac{k}{o} \times 100\% &= \frac{14,926}{18,312} \times 100\% \\ &= 81,509\% \end{aligned}$$

q : Tinggi benda uji : 67 mm

r : Angka koreksi : 0,8844

s : Pembacaan arloji untuk nilai stabilitas : 68

t : Nilai stabilitas

: Kalibrasi alat : 22,999

$$\begin{aligned} t &= s \times r \times 22,999 = 0,8844 \times 68 \times 22,999 \\ &= 1383,078 \text{ kg} \end{aligned}$$

u : Pembacaan arloji untuk nilai flow

$$u = 310 \times 0,01 = 3,1 \text{ mm}$$

v : Nilai Marshall Quotient (MQ)

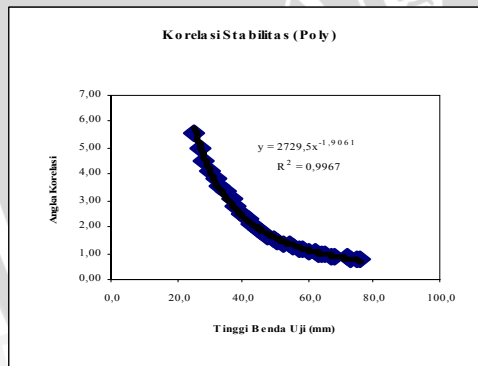
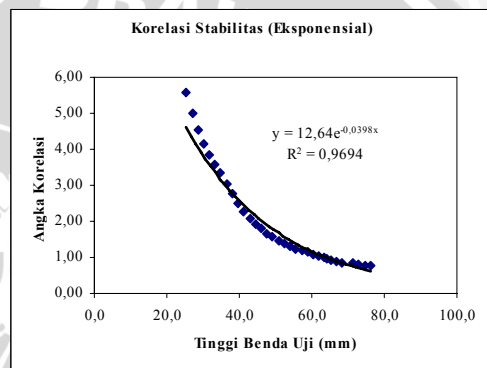
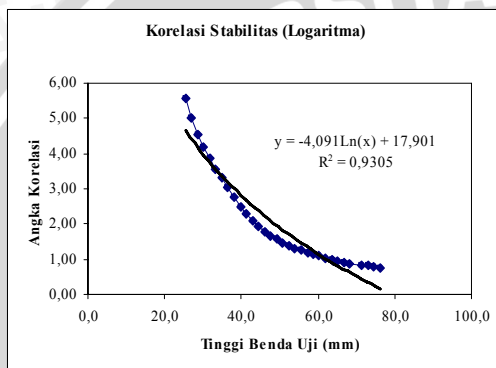
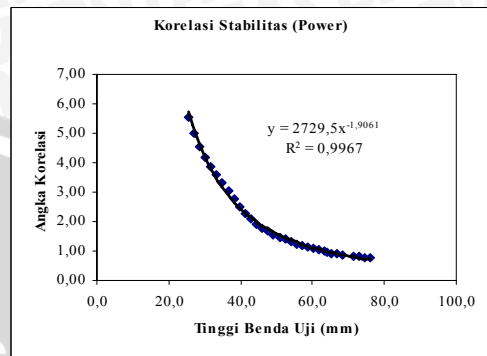
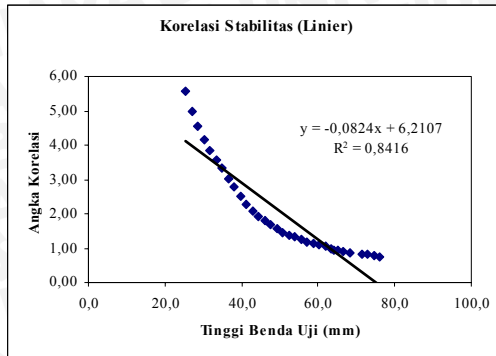
$$\begin{aligned} v &= \frac{t}{u} = \frac{1383,078}{3,1} \\ &= 446,154 \text{ kg / mm} \end{aligned}$$

Lampiran 3. Angka Korelasi Beban

Tebal Benda Uji		Angka Korelasi					
Inchi	mm		Linier	Log	Poly	Power	Eksp
1	25,4	5,56	4,12	4,67	5,14	5,73	4,60
1 1/16	27,0	5,00	3,99	4,42	4,81	5,10	4,32
1 1/8	28,6	4,55	3,85	4,18	4,49	4,57	4,05
1 3/16	30,2	4,17	3,72	3,96	4,18	4,12	3,80
1 1/4	31,8	3,85	3,59	3,75	3,89	3,74	3,57
1 5/16	33,3	3,57	3,47	3,56	3,62	3,42	3,36
1 3/8	34,9	3,33	3,33	3,37	3,35	3,13	3,15
1 7/16	36,5	3,03	3,20	3,18	3,10	2,87	2,96
1 1/2	38,1	2,78	3,07	3,01	2,85	2,65	2,77
1 9/16	39,7	2,50	2,94	2,84	2,62	2,45	2,60
1 5/8	41,3	2,27	2,81	2,68	2,41	2,27	2,44
1 11/16	42,9	2,08	2,68	2,52	2,20	2,11	2,29
1 3/4	44,4	1,92	2,55	2,38	2,02	1,98	2,16
1 13/16	46,0	1,79	2,42	2,24	1,84	1,85	2,03
1 7/8	47,6	1,67	2,29	2,10	1,67	1,73	1,90
1 15/16	49,2	1,56	2,16	1,96	1,52	1,63	1,78
2	50,8	1,47	2,02	1,83	1,38	1,53	1,67
2 1/16	52,4	1,39	1,89	1,71	1,25	1,44	1,57
2 1/8	54,0	1,32	1,76	1,58	1,13	1,36	1,47
2 3/16	55,6	1,25	1,63	1,46	1,03	1,29	1,38
2 1/4	57,2	1,19	1,50	1,35	0,94	1,22	1,30
2 5/16	58,7	1,14	1,37	1,24	0,86	1,16	1,22
2 3/8	60,3	1,09	1,24	1,13	0,80	1,10	1,15
2 7/16	61,9	1,04	1,11	1,02	0,75	1,05	1,08
2 1/2	63,5	1,00	0,98	0,92	0,71	1,00	1,01
2 9/16	64,0	0,96	0,94	0,89	0,70	0,98	0,99
2 5/8	65,1	0,93	0,85	0,82	0,68	0,95	0,95
2 11/16	66,7	0,89	0,71	0,72	0,66	0,91	0,89
2 3/4	68,3	0,86	0,58	0,62	0,66	0,87	0,83
2 13/16	71,4	0,83	0,33	0,44	0,69	0,80	0,74
2 7/8	73,0	0,81	0,20	0,35	0,73	0,77	0,69
2 15/16	74,6	0,78	0,06	0,26	0,78	0,74	0,65
3	76,2	0,76	-0,07	0,17	0,84	0,71	0,61
	77,0		-0,13	0,13	0,88	0,69	0,59
	78,0		-0,22	0,08	0,93	0,68	0,57
	79,0		-0,30	0,03	0,98	0,66	0,54
	80,0		-0,38	-0,03	1,04	0,64	0,52
	81,0		-0,46	-0,08	1,10	0,63	0,50
	82,0		-0,55	-0,13	1,17	0,61	0,48
R²			0,8416	0,9305	0,9882	0,9967	0,9694

Sumber : SK SNI M 58-1990-03

Lampiran 4 : Grafik Angka Korelasi Beban



Lampiran 5. Hasil pengujian Marshall Standart Pada Campuran SMA

Hasil pengujian Marshall Standart Untuk Campuran SMA + AAT 0%

Berat jenis Aspal 1.043
 BJ Agregat Kasar 2.719
 BJ Agr Halus 2.758

BJ Filler 2.690
 Kalibrasi cincin 22.999

No	Sample	Kadar Aspal		Berat Benda Uji			Volume Benda Uji (ml)	Berat Volume Benda Uji (gr/ml)	Bj. Efektif Agregat	Bj. Maks Teoritis (gr/ml)	Volume Aspal (%)	Volume Agregat (%)	Σ Kand. Rongga (%)	Rongga dlm Camp. VIM (%)	Rongga dlm Agregat VMA (%)	Rongga Terisi Aspal VFA (%)	Tinggi Benda Uji (mm)	Angka Koreksi	Stabilitas		Flow (mm)	Marshall Quotient
		Thd Agr (%)	Thd Camp (%)	Kering (gr)	SSD (gr)	Dalam Air (gr)													Bacaan Arloji	Terhadap Benda Uji (kg)		
		a	b	e	f	g													s	t		
																			u	v		
1	al 1	5	4.762	1278.9	1284.8	742.0	542.8	2.356	2.721	2.528	10.761	82.453	6.786	6.786	17.547	61.327	66	0.9075	56	1168.7889	3.1	377.029
2	al 2	5	4.762	1284.3	1288.2	747.0	541.2	2.373	2.721	2.528	10.839	83.046	6.116	6.116	16.954	63.928	66	0.9075	60	1252.2738	3.3	379.477
3	al 3	5	4.762	1285.5	1292.7	741.9	550.8	2.334	2.721	2.528	10.660	81.674	7.666	7.666	18.326	58.168	66	0.9075	57	1189.6601	2.8	424.879
4	bl 1	6	5.660	1290.3	1295.4	754.8	540.6	2.387	2.721	2.494	12.958	82.738	4.304	4.304	17.262	75.068	65	0.9327	63	1351.4396	3.7	365.254
5	bl 2	6	5.660	1283.2	1291.9	749.0	542.9	2.364	2.721	2.494	12.832	81.934	5.233	5.233	18.066	71.031	67	0.8844	68	1383.0783	3.2	432.212
6	bl 3	6	5.660	1284.3	1287.9	745.8	542.1	2.369	2.721	2.494	12.862	82.126	5.012	5.012	17.874	71.959	65	0.9327	68	1458.6967	3.5	416.770
7	cl 1	7	6.542	1292.6	1297.0	753.6	543.4	2.379	2.721	2.462	14.926	81.688	3.386	3.386	18.312	81.509	67	0.8844	68	1383.0783	3.1	446.154
8	cl 2	7	6.542	1296.4	1299.1	754.8	544.3	2.382	2.721	2.462	14.945	81.793	3.262	3.262	18.207	82.083	66	0.9075	72	1502.7285	3.2	469.603
9	cl 3	7	6.542	1297.8	1291.0	752.3	538.7	2.409	2.721	2.462	15.117	82.732	2.151	2.151	17.268	87.543	65	0.9327	65	1394.3424	3.8	366.932
10	dl 1	8	7.407	1301.1	1310.0	758.8	551.2	2.360	2.721	2.431	16.771	80.311	2.918	2.918	19.689	85.178	65	0.9327	53	1136.9253	3.7	307.277
11	dl 2	8	7.407	1299.5	1302.7	753.0	549.7	2.364	2.721	2.431	16.796	80.431	2.773	2.773	19.569	85.829	65	0.9327	62	1329.9881	2.7	492.588
12	dl 3	8	7.407	1293.0	1299.5	749.9	549.6	2.353	2.721	2.431	16.715	80.043	3.242	3.242	19.957	83.756	66	0.9075	52	1085.3039	3.6	301.473

Hasil pengujian Marshall Standart Untuk Campuran SMA + AAT 0,75%

Berat jenis Aspal 1.0123
 BJ Agregat Kasar 2.7185
 BJ Agr Halus 2.758

BJ Filler 2.69
 Kalibrasi cincin 22.999

No	Sample	Kadar Aspal		Berat Benda Uji			Volume Benda Uji (ml)	Berat Volume Benda Uji (gr/ml)	Bj. Efektif Agregat	Bj. Maks Teoritis (gr/ml)	Volume Aspal (%)	Volume Agregat (%)	Σ Kand. Rongga (%)	Rongga dlm Camp. VIM (%)	Rongga dlm Agregat VMA (%)	Rongga Terisi Aspal VFA (%)	Tinggi Benda Uji (mm)	Angka Koreksi	Stabilitas		Flow (mm)	Marshall Quotient
		Thd Agr (%)	Thd Camp (%)	Kering (gr)	SSD (gr)	Dalam Air (gr)													Bacaan Arloji	Terhadap Benda (kg)		
		a	b	e	f	g													s	t		
		h	i	j	k	l													m	n		
1	a2 1	5	4.762	1263.1	1300.0	751.3	548.7	2.302	2.721	2.519	10.829	80.558	8.613	8.613	19.442	55.698	67	0.8844	56	1139.01	2.9	392.761
2	a2 2	5	4.762	1259.1	1291.6	746.9	544.7	2.312	2.721	2.519	10.874	80.893	8.233	8.233	19.107	56.909	66	0.9075	60	1252.27	3.3	379.477
3	a2 3	5	4.762	1265.8	1298.9	749.1	549.8	2.302	2.721	2.519	10.830	80.569	8.601	8.601	19.431	55.736	68	0.8656	57	1134.77	3.5	324.219
4	b2 1	6	5.660	1273.4	1300.6	752.7	547.9	2.324	2.721	2.484	12.996	80.567	6.438	6.438	19.433	66.873	65	0.9327	63	1351.44	2.8	482.657
5	b2 2	6	5.660	1275.2	1299.9	749.7	550.2	2.318	2.721	2.484	12.960	80.343	6.697	6.697	19.657	65.930	67	0.8844	68	1383.08	2.6	531.953
6	b2 3	6	5.660	1269.5	1298.0	748.8	549.2	2.312	2.721	2.484	12.925	80.130	6.945	6.945	19.870	65.048	67	0.8844	68	1383.08	3.7	373.805
7	c2 1	7	6.542	1273.0	1276.6	737.5	539.1	2.361	2.721	2.451	15.260	81.091	3.649	3.649	18.909	80.704	65	0.9327	68	1458.7	3.4	429.028
8	c2 2	7	6.542	1278.3	1300.5	752.5	548.0	2.333	2.721	2.451	15.075	80.106	4.819	4.819	19.894	75.777	69	0.8532	72	1412.86	3.5	403.673
9	c2 3	7	6.542	1274.7	1298.3	746.9	551.4	2.312	2.721	2.451	14.940	79.388	5.672	5.672	20.612	72.481	68	0.8656	65	1294.03	2.9	446.217
10	d2 1	8	7.407	1304.6	1303.8	753.1	550.7	2.369	2.721	2.419	17.335	80.600	2.065	2.065	19.400	89.356	65	0.9327	53	1136.93	3.2	355.289
11	d2 2	8	7.407	1314.6	1316.0	753.0	563.0	2.335	2.721	2.419	17.086	79.444	3.470	3.470	20.556	83.118	66	0.9075	62	1294.02	3.3	392.126
12	d2 3	8	7.407	1283.1	1289.2	743.5	545.7	2.351	2.721	2.419	17.205	79.998	2.796	2.796	20.002	86.019	65	0.9327	52	1115.47	3.8	293.546

Hasil pengujian Marshall Standart Untuk Campuran SMA + AAT 1,5%

Berat jenis Aspal 1.0061
 BJ Agregat Kasar 2.7185
 BJ Agr Halus 2.758

BJ Filler 2.69
 Kalibrasi cincin 22.999

No	Sample	Kadar Aspal		Berat Benda Uji			Volume Benda Uji	Berat Volume Benda Uji	Bj. Efektif Agregat	Bj. Maks Teoritis	Volume Aspal	Volume Agregat	Σ Kand. Rongga	Rongga dlm Camp.	Rongga dlm Agregat	Rongga Terisi Aspal	Tinggi Benda Uji	Angka Koreksi	Stabilitas		Flow	Marshall Quotient
		Thd Agr	Thd Camp	Kering	SSD	Dalam Air													Bacaan Arloji	Terhadap Benda Uji		
		(%)	(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(ml)	(gr/ml)	(%)	(%)	(%)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)	(mm)	-	(kg)	(mm)	-			
		a	b	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	
1	a3 1	5	4.762	1258.5	1270.5	727.1	543.4	2.316	2.721	2.517	10.962	81.048	7.990	7.990	18.952	57.839	67	0.8844	75	1525.454	3.1	492.082
2	a3 2	5	4.762	1273.1	1283.8	737.4	546.4	2.330	2.721	2.517	11.028	81.538	7.434	7.434	18.462	59.733	67	0.8844	73	1484.775	3.1	478.960
3	a3 3	5	4.762	1283.4	1291.6	741.5	550.1	2.333	2.721	2.517	11.042	81.645	7.313	7.313	18.355	60.159	67	0.8844	69	1403.418	3.3	425.278
4	b3 1	6	5.660	1266.4	1279.1	730.0	549.1	2.306	2.721	2.482	12.976	79.949	7.076	7.076	20.051	64.711	66	0.9075	76	1586.213	3.6	440.615
5	b3 2	6	5.660	1280.4	1294.1	740.5	553.6	2.313	2.721	2.482	13.012	80.175	6.812	6.812	19.825	65.637	68	0.8656	77	1532.929	4.2	364.983
6	b3 3	6	5.660	1285.0	1290.3	745.8	544.5	2.360	2.721	2.482	13.277	81.808	4.914	4.914	18.192	72.985	67	0.8844	79	1606.812	2.8	573.861
7	c3 1	7	6.542	1286.1	1290.2	748.5	541.7	2.374	2.721	2.448	15.438	81.532	3.030	3.030	18.468	83.594	64	0.9600	63	1390.955	2.8	496.770
8	c3 2	7	6.542	1288.0	1290.0	749.5	540.5	2.383	2.721	2.448	15.495	81.834	2.671	2.671	18.166	85.297	64	0.9600	60	1324.719	3.2	413.975
9	c3 3	7	6.542	1292.6	1298.3	749.5	548.8	2.355	2.721	2.448	15.315	80.884	3.801	3.801	19.116	80.118	66	0.9075	65	1356.63	3.8	357.008
10	d3 1	8	7.407	1294.6	1296.4	751.5	544.9	2.376	2.721	2.416	17.492	80.834	1.674	1.674	19.166	91.266	64	0.9600	60	1324.719	3.1	427.329
11	d3 2	8	7.407	1291.9	1295.1	750.5	544.6	2.372	2.721	2.416	17.465	80.710	1.825	1.825	19.290	90.539	65	0.9327	61	1308.537	2.9	451.220
12	d3 3	8	7.407	1300.8	1303.5	757.3	546.2	2.382	2.721	2.416	17.534	81.028	1.438	1.438	18.972	92.419	66	0.9075	60	1252.274	2.9	431.819

Hasil pengujian Marshall Standart Untuk Campuran SMA + AAT 2,25%

Berat jenis Aspal 1.0120
 BJ Agregat Kasar 2.7185
 BJ Agr Halus 2.758

BJ Filler 2.69
 Kalibrasi cincin 22.999

No	Sample	Kadar Aspal		Berat Benda Uji			Volume Benda Uji	Berat Volume Benda Uji	Bj. Efektif Agregat	Bj. Maks Teoritis	Volume Aspal	Volume Agregat	Σ Kand. Rongga	Rongga dlm Camp.	Rongga dlm Agregat	Rongga Terisi Aspal	Tinggi Benda Uji	Angka Koreksi	Stabilitas		Flow	Marshall Quotient
		Thd Agr	Thd Camp	Kering	SSD	Dalam Air													Bacaan Arloji	Terhadap Benda Uji		
		(%)	(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(ml)	(gr/ml)	(gr/ml)	(%)	(%)	(%)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)	(mm)	-	-	(kg)	(mm)	-	
		a	b	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	
1	a4 1	5	4.762	1262.2	1275.5	731.8	543.7	2.322	2.721	2.519	10.923	81.241	7.835	7.835	18.759	58.232	66	0.9075	71	1481.857	2.6	569.945
2	a4 2	5	4.762	1264.1	1275.9	719.1	556.8	2.270	2.721	2.519	10.683	79.449	9.868	9.868	20.551	51.981	68	0.8656	78	1552.837	3.2	485.261
3	a4 3	5	4.762	1316.3	1316.8	743.7	573.1	2.297	2.721	2.519	10.807	80.377	8.816	8.816	19.623	55.075	68	0.8656	32	637.0612	3.4	187.371
4	b4 1	6	5.660	1284.6	1299.8	744.7	555.1	2.314	2.721	2.484	12.944	80.221	6.835	6.835	19.779	65.441	67	0.8844	83	1688.169	3.6	468.936
5	b4 2	6	5.660	1281.9	1296.2	729.8	566.4	2.263	2.721	2.484	12.659	78.455	8.886	8.886	21.545	58.755	68	0.8656	85	1692.194	2.4	705.081
6	b4 3	6	5.660	1280.5	1297.5	741.0	556.5	2.301	2.721	2.484	12.870	79.764	7.366	7.366	20.236	63.598	69	0.8532	88	1726.824	2.9	595.457
7	c4 1	7	6.542	1280.0	1291.0	738.2	552.8	2.315	2.721	2.451	14.968	79.516	5.516	5.516	20.484	73.073	66	0.9075	74	1544.471	3.6	429.020
8	c4 2	7	6.542	1290.6	1294.0	732.3	561.7	2.298	2.721	2.451	14.853	78.904	6.243	6.243	21.096	70.408	65	0.9327	48	1029.668	4.4	234.016
9	c4 3	7	6.542	1284.8	1302.9	736.3	566.6	2.268	2.721	2.451	14.658	77.870	7.471	7.471	22.130	66.239	68	0.8656	66	1313.939	3.4	386.453
10	d4 1	8	7.407	1258.6	1270.0	714.0	556.0	2.264	2.721	2.419	16.569	77.017	6.414	6.414	22.983	72.091	67	0.8844	65	1322.06	3.4	388.841
11	d4 2	8	7.407	1293.9	1293.1	716.8	576.3	2.245	2.721	2.419	16.433	76.388	7.178	7.178	23.612	69.598	67	0.8844	92	1871.224	3.4	550.360
12	d4 3	8	7.407	1269.9	1271.5	720.8	550.7	2.306	2.721	2.419	16.878	78.456	4.665	4.665	21.544	78.345	67	0.8844	60	1220.363	3.8	321.148

Hasil pengujian Marshall Standart Untuk Campuran SMA + AAT 3%

Berat jenis Aspal 1.0220
 BJ Agregat Kasar 2.7185
 BJ Agr Halus 2.758

BJ Filler 2.69
 Kalibrasi cincin 22.999

No	Sample	Kadar Aspal		Berat Benda Uji			Volume Benda Uji (ml)	Berat Volume Benda Uji (gr/ml)	Bj. Efektif Agregat	Bj. Maks Teoritis (gr/ml)	Volume Aspal (%)	Volume Agregat (%)	Σ Kand. Rongga (%)	Rongga dlm Camp. VIM (%)	Rongga dlm Agregat VMA (%)	Rongga Terisi Aspal VFA (%)	Tinggi Benda Uji (mm)	Angka Koreksi	Stabilitas		Flow (mm)	Marshall Quotient
		Thd Agr	Thd Camp	Kering (gr)	SSD (gr)	Dalam Air (gr)													Bacaan Arloji	Terhadap Benda Uji (kg)		
		(%)	(%)	(gr)	(gr)	(gr)													-	(kg)		
		a	b	e	f	g													h	i		
1	a5 1	5	4.762	1256.4	1266.1	698.7	567.4	2.214	2.721	2.522	10.317	77.490	12.193	12.193	22.510	45.833	66	0.9075	88	1836.6682	3.6	510.186
2	a5 2	5	4.762	1261.5	1271.5	706.8	564.7	2.234	2.721	2.522	10.408	78.177	11.415	11.415	21.823	47.694	68	0.8656	60	1194.4898	4.2	284.402
3	a5 3	5	4.762	1249.8	1260.0	692.2	567.8	2.201	2.721	2.522	10.256	77.029	12.716	12.716	22.971	44.646	67	0.8844	74	1505.1146	2.8	537.541
4	b5 1	6	5.660	1261.0	1277.6	712.0	565.6	2.229	2.721	2.487	12.348	77.285	10.367	10.367	22.715	54.360	64	0.9600	76	1677.9779	2.8	599.278
5	b5 2	6	5.660	1264.2	1279.8	716.0	563.8	2.242	2.721	2.487	12.419	77.729	9.853	9.853	22.271	55.761	64	0.9600	60	1324.7194	3.2	413.975
6	b5 3	6	5.660	1276.0	1293.4	721.0	572.4	2.229	2.721	2.487	12.346	77.276	10.378	10.378	22.724	54.330	66	0.9075	65	1356.6299	3.8	357.008
7	c5 1	7	6.542	1275.1	1280.0	727.1	552.9	2.306	2.721	2.454	14.762	79.197	6.040	6.040	20.803	70.963	64	0.9600	74	1633.8205	3.1	527.039
8	c5 2	7	6.542	1275.0	1286.1	722.6	563.5	2.263	2.721	2.454	14.483	77.702	7.815	7.815	22.298	64.952	65	0.9327	62	1329.9881	2.9	458.617
9	c5 3	7	6.542	1267.3	1281.2	716.0	565.2	2.242	2.721	2.454	14.352	77.000	8.647	8.647	23.000	62.402	66	0.9075	69	1440.1148	2.5	576.046
10	d5 1	8	7.407	1258.3	1260.2	736.1	524.1	2.401	2.721	2.423	17.401	81.685	0.914	0.914	18.315	95.010	66	0.9075	57	1189.6601	3.1	383.761
11	d5 2	8	7.407	1268.3	1275.5	746.6	528.9	2.398	2.721	2.423	17.380	81.587	1.033	1.033	18.413	94.391	67	0.8844	59	1200.0238	2.9	413.801
12	d5 3	8	7.407	1266.3	1265.8	742.9	522.9	2.422	2.721	2.423	17.552	82.393	0.055	0.055	17.607	99.687	66	0.9075	54	1127.0464	3.6	313.068

Hasil pengujian Marshall Standart Untuk Campuran SMA + AAT 3,75%

Berat jenis Aspal 1.0227
 BJ Agregat Kasar 2.7185
 BJ Agr Halus 2.758

BJ Filler 2.69
 Kalibrasi cincin 22.999

No	Sample	Kadar Aspal		Berat Benda Uji			Volume Benda Uji (ml)	Berat Volume Benda Uji (gr/ml)	Bj. Efektif Agregat	Bj. Maks Teoritis (gr/ml)	Volume Aspal (%)	Volume Agregat (%)	Σ Kand. Rongga (%)	Rongga dlm Camp. VIM (%)	Rongga dlm Agregat VMA (%)	Rongga Terisi Aspal VFA (%)	Tinggi Benda Uji (mm)	Angka Koreksi	Stabilitas		Flow (mm)	Marshall Quotient
		Thd Agr (%)	Thd Camp (%)	Kering (gr)	SSD (gr)	Dalam Air (gr)													Bacaan Arloji	Terhadap Benda Uji (kg)		
		a	b	e	f	g													s	t		
																			u	v		
1	a6 1	5	4.762	1262.1	1300.2	744.8	555.4	2.272	2.721	2.522	10.581	79.524	9.895	9.895	20.476	51.675	67	0.8844	66	1342.3995	2.8	479.428
2	a6 2	5	4.762	1263.3	1280.0	730.8	549.2	2.300	2.721	2.522	10.711	80.498	8.791	8.791	19.502	54.922	66	0.9075	82	1711.4408	3.3	518.618
3	a6 3	5	4.762	1255.5	1290.0	739.7	550.3	2.281	2.721	2.522	10.623	79.841	9.536	9.536	20.159	52.698	68	0.8656	68	1353.7551	2.7	501.391
4	b6 1	6	5.660	1253.9	1283.7	740.2	543.5	2.307	2.721	2.488	12.770	79.975	7.255	7.255	20.025	63.769	65	0.9327	78	1673.2109	3.3	507.034
5	b6 2	6	5.660	1265.4	1292.5	753.8	538.7	2.349	2.721	2.488	13.002	81.428	5.571	5.571	18.572	70.005	65	0.9327	67	1437.2452	3.6	399.235
6	b6 3	6	5.660	1264.1	1300.0	749.8	550.2	2.298	2.721	2.488	12.717	79.644	7.639	7.639	20.356	62.471	67	0.8844	64	1301.7208	3.5	371.920
7	c6 1	7	6.542	1273.4	1278.4	746.8	531.6	2.395	2.721	2.455	15.324	82.261	2.415	2.415	17.739	86.384	64	0.9600	72	1589.6632	2.9	548.160
8	c6 2	7	6.542	1282.9	1290.0	760.3	529.7	2.422	2.721	2.455	15.493	83.172	1.335	1.335	16.828	92.068	66	0.9075	57	1189.6601	3.7	321.530
9	c6 3	7	6.542	1274.1	1284.1	756.1	528.0	2.413	2.721	2.455	15.437	82.867	1.696	1.696	17.133	90.101	67	0.8844	59	1200.0238	3.9	307.698
10	d6 1	8	7.407	1266.1	1279.0	746.6	532.4	2.378	2.721	2.423	17.225	80.910	1.864	1.864	19.090	90.233	67	0.8844	48	976.29057	3.9	250.331
11	d6 2	8	7.407	1262.9	1271.1	740.9	530.2	2.382	2.721	2.423	17.253	81.041	1.706	1.706	18.959	91.000	65	0.9327	47	1008.2168	3.4	296.534
12	d6 3	8	7.407	1273.4	1281.0	753.4	527.6	2.414	2.721	2.423	17.482	82.117	0.401	0.401	17.883	97.759	65	0.9327	55	1179.8282	3.5	337.094

Hasil pengujian Marshall Standart Untuk Campuran SMA + AAT 4,5%

Berat jenis Aspal 1.0368
 BJ Agregat Kasar 2.7185
 BJ Agr Halus 2.7580

BJ Filler 2.69
 Kalibrasi cincin 22.999

No	Sample	Kadar Aspal		Berat Benda Uji			Volume Benda Uji (ml)	Berat Volume Benda Uji (gr/ml)	Bj. Efektif Agregata (gr/ml)	Bj. Maks Teoritis (gr/ml)	Volume Aspal (%)	Volume Agregat (%)	Σ Kand. Rongga (%)	Rongga dlm Camp. VIM (%)	Rongga Agregat VMA (%)	Rongga Terisi Aspal VFA (%)	Tinggi Benda Uji (mm)	Angka Koreksi - r	Stabilitas		Flow (mm)	Marshall Quotient - v												
		Thd Agr (%)	Thd Camp (%)	Kering (gr)	SSD (gr)	Dalam Air (gr)													Bacaan Arloji - s	Terhadap Benda Uji (kg) t														
		a	b	e	f	g													h	i			j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
1	a7 1	5	4.762	1229.3	1255.3	726.4	528.9	2.324	2.721	2.526	10.675	81.338	7.987	7.987	18.662	57.200	69	0.8532	62	1216.6259	3	405.542												
2	a7 2	5	4.762	1266.9	1288.0	750.6	537.4	2.357	2.721	2.526	10.827	82.500	6.673	6.673	17.500	61.869	68	0.8656	67	1333.8469	2.8	476.374												
3	a7 3	5	4.762	1202.1	1224.0	702.6	521.4	2.306	2.721	2.526	10.589	80.682	8.729	8.729	19.318	54.813	70	0.8435	65	1261.0281	2.7	467.047												
4	b7 1	6	5.660	1289.5	1295.8	747.8	548.0	2.353	2.721	2.492	12.846	81.570	5.583	5.583	18.430	69.704	66	0.9075	67	1398.3724	3.9	358.557												
5	b7 2	6	5.660	1274.2	1280.6	743.9	536.7	2.374	2.721	2.492	12.961	82.300	4.739	4.739	17.700	73.225	67	0.8844	65	1322.0601	3.9	338.990												
6	b7 3	6	5.660	1296.2	1298.4	752.4	546.0	2.374	2.721	2.492	12.960	82.295	4.745	4.745	17.705	73.200	67	0.8844	66	1342.3995	3.2	419.500												
7	c7 1	7	6.542	1305.8	1307.6	759.7	547.9	2.383	2.721	2.460	15.038	81.844	3.118	3.118	18.156	82.827	65	0.9327	49	1051.1197	2.5	420.448												
8	c7 2	7	6.542	1278.1	1287.7	737.8	549.9	2.324	2.721	2.460	14.665	79.817	5.518	5.518	20.183	72.660	67	0.8844	58	1179.6844	2.9	406.788												
9	c7 3	7	6.542	1272.5	1285.1	737.1	548.0	2.322	2.721	2.460	14.652	79.743	5.606	5.606	20.257	72.327	66	0.9075	66	1377.5011	3.4	405.147												
10	d7 1	8	7.407	1287.4	1281.6	751.5	530.1	2.429	2.721	2.429	17.351	82.628	0.021	0.021	17.372	99.879	63	1.0125	55	1280.7345	3.7	346.144												
11	d7 2	8	7.407	1297.4	1301.3	759.1	542.2	2.393	2.721	2.429	17.095	81.412	1.493	1.493	18.588	91.968	65	0.9327	52	1115.4739	3.1	359.830												
12	d7 3	8	7.407	1267.0	1287.4	738.3	549.1	2.307	2.721	2.429	16.485	78.505	5.010	5.010	21.495	76.692	66	0.9075	53	1106.1752	2.9	381.440												

Hasil pengujian Marshall Standart Untuk Campuran SMA + AAT 5,25%

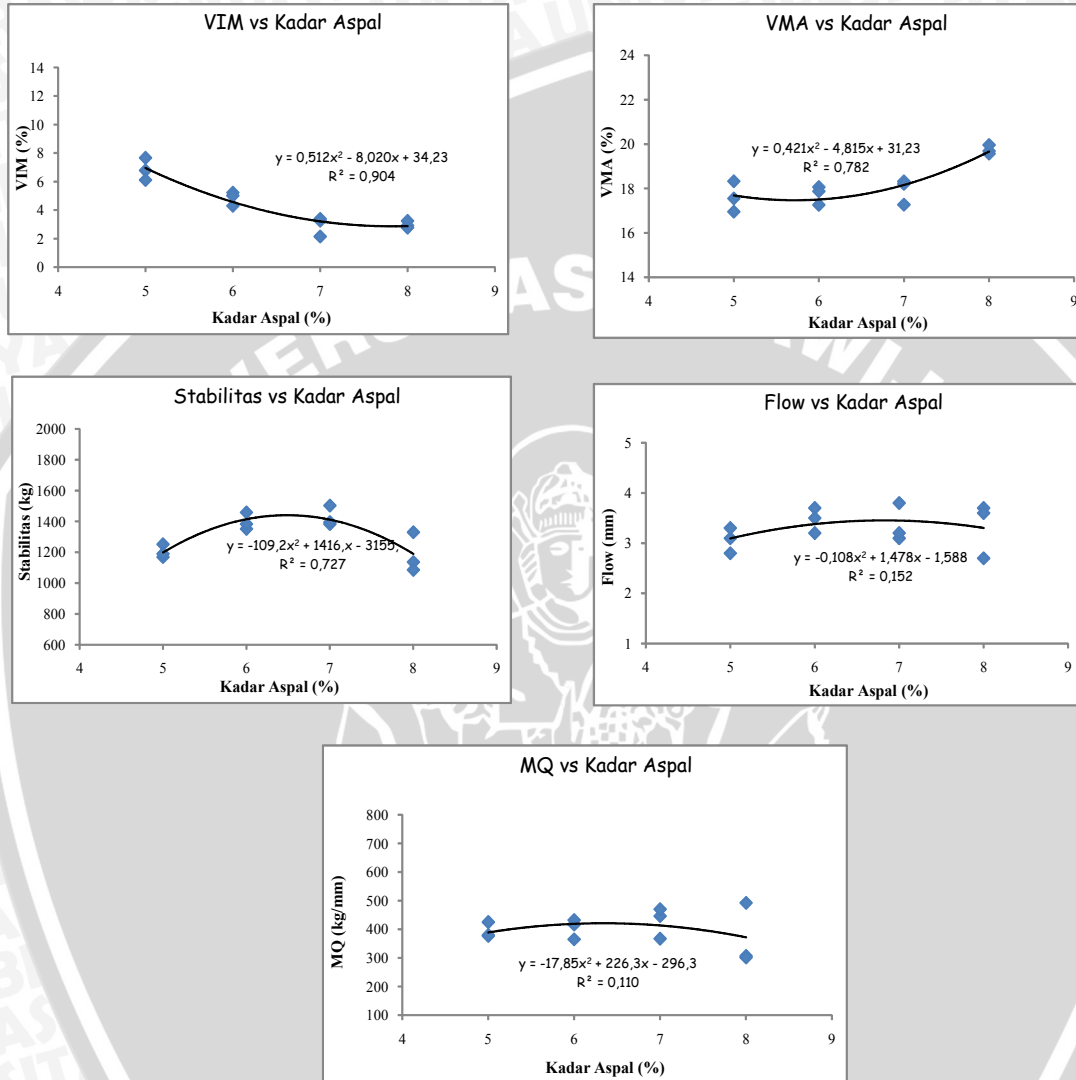
Berat jenis Aspal 1.053
 BJ Agregat Kasar 2.719
 BJ Agr Halus 2.758

BJ Filler 2.69
 Kalibrasi cincin 22.999

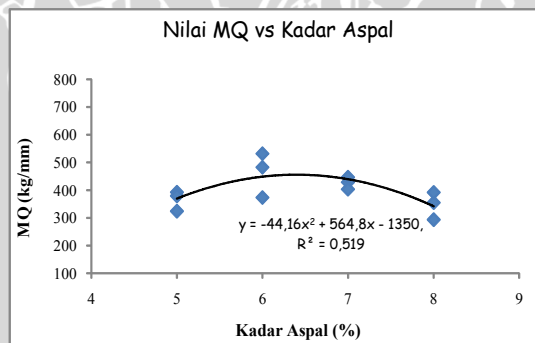
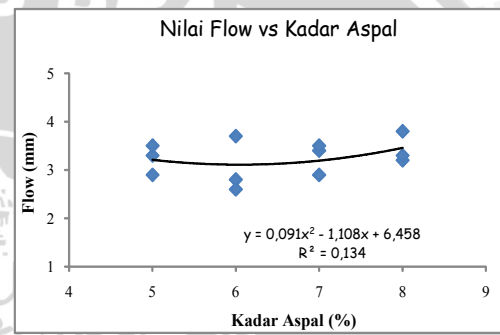
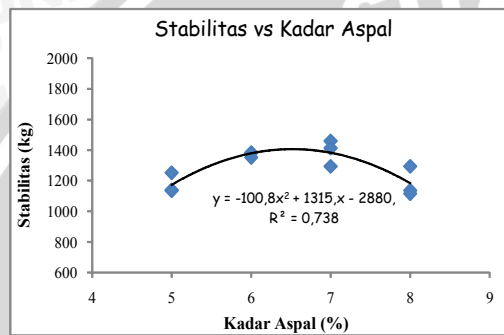
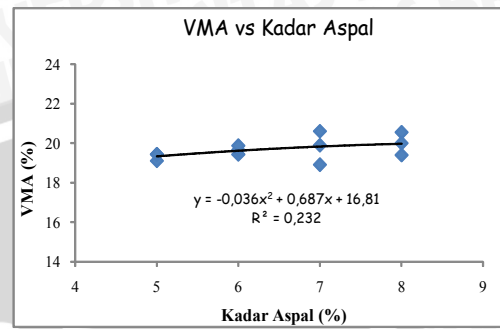
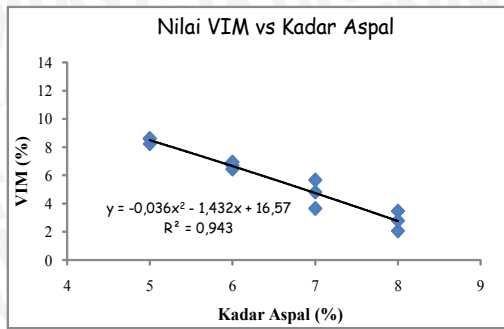
No	Sample	Kadar Aspal		Berat Benda Uji			Volume Benda Uji (ml)	Berat Volume Benda Uji (gr/ml)	Bj. Efektif Agregat	Bj. Maks Teoritis (gr/ml)	Volume Aspal (%)	Volume Agregat (%)	Σ Kand. Rongga (%)	Rongga dlm Camp. VIM (%)	Rongga dlm Agregat VMA (%)	Rongga Terisi Aspal VFA (%)	Tinggi Benda Uji (mm)	Angka Koreksi	Stabilitas		Flow (mm)	Marshall Quotient
		Thd Agr (%)	Thd Camp (%)	Kering (gr)	SSD (gr)	Dalam Air (gr)													Bacaan Arloji	Terhadap Benda Uji (kg)		
		a	b	e	f	g													s	t		
		u	v																			
1	a8 1	5	4.762	1283.0	1296.5	740.6	555.9	2.308	2.721	2.531	10.433	80.768	8.799	8.799	19.232	54.248	71	0.8339	53	1016.4268	3.2	317.633
2	a8 2	5	4.762	1267.5	1280.0	740.4	539.6	2.349	2.721	2.531	10.618	82.202	7.179	7.179	17.798	59.662	68	0.8656	52	1035.2245	3.8	272.427
3	a8 3	5	4.762	1260.7	1265.9	728.6	537.3	2.346	2.721	2.531	10.607	82.111	7.282	7.282	17.889	59.293	65	0.9327	64	1372.891	2.8	490.318
4	b8 1	6	5.660	1280.1	1291.2	750.3	540.9	2.367	2.721	2.498	12.717	82.039	5.245	5.245	17.961	70.801	66	0.9075	67	1398.3724	3.4	411.286
5	b8 2	6	5.660	1285.6	1294.4	750.1	544.3	2.362	2.721	2.498	12.692	81.876	5.432	5.432	18.124	70.029	67	0.8844	56	1139.0057	3.4	335.002
6	b8 3	6	5.660	1249.7	1253.6	724.3	529.3	2.361	2.721	2.498	12.687	81.846	5.467	5.467	18.154	69.883	65	0.9327	91	1952.0794	3	650.693
7	c8 1	7	6.542	1268.2	1276.3	750.1	526.2	2.410	2.721	2.466	14.968	82.766	2.266	2.266	17.234	86.849	67	0.8844	55	1118.6663	3.7	302.342
8	c8 2	7	6.542	1286.0	1288.6	755.9	532.7	2.414	2.721	2.466	14.993	82.903	2.104	2.104	17.097	87.693	68	0.8656	51	1015.3163	3.1	327.521
9	c8 3	7	6.542	1267.2	1270.2	742.5	527.7	2.401	2.721	2.466	14.913	82.465	2.621	2.621	17.535	85.052	69	0.8532	40	784.91996	3.9	201.262
10	d8 1	8	7.407	1274.1	1278.7	753.2	525.5	2.425	2.721	2.436	17.049	82.491	0.460	0.460	17.509	97.372	65	0.9327	58	1244.1824	2.9	429.028
11	d8 2	8	7.407	1263.5	1267.0	746.2	520.8	2.426	2.721	2.436	17.060	82.543	0.398	0.398	17.457	97.723	68	0.8656	60	1194.4898	3.1	385.319
12	d8 3	8	7.407	1280.8	1285.3	757.3	528.0	2.426	2.721	2.436	17.058	82.532	0.411	0.411	17.468	97.650	66	0.9075	46	960.07656	3.7	259.480

Lampiran 6. Grafik Hasil Pengujian Marshall Untuk Campuran SMA

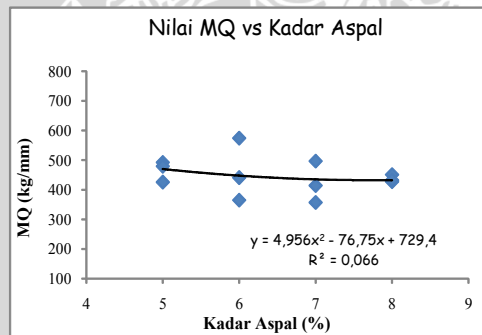
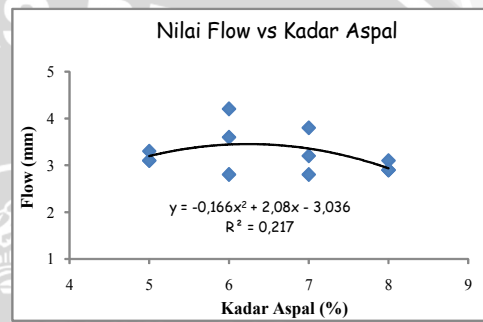
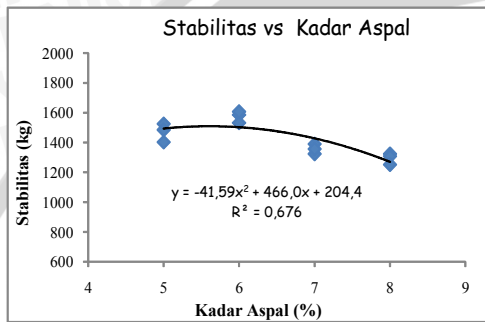
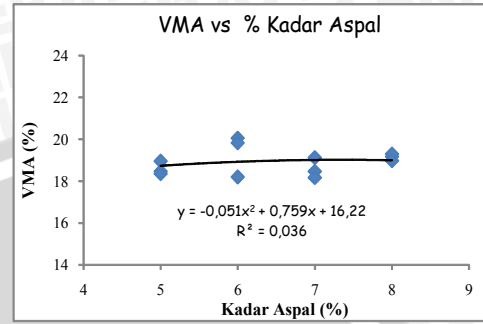
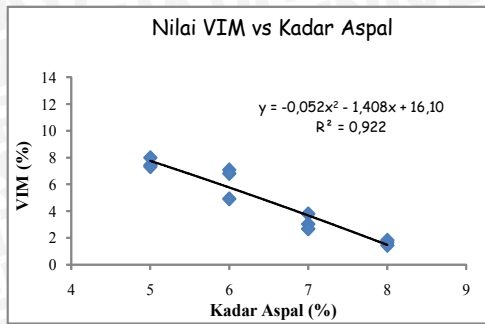
Grafik Hasil Pengujian Marshall Untuk Campuran SMA + AAT 0%



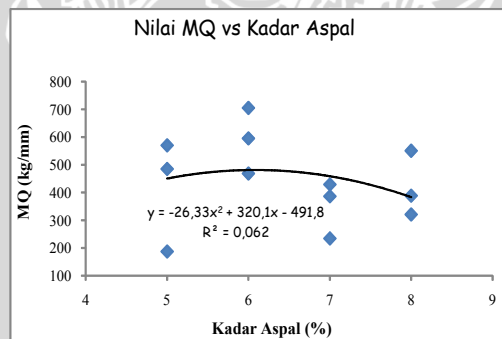
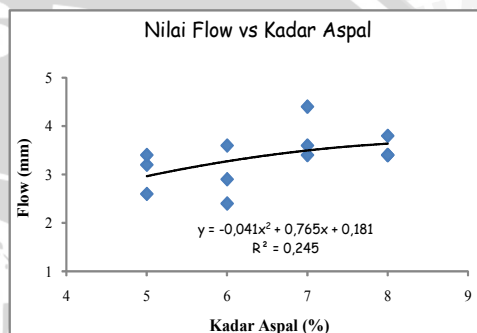
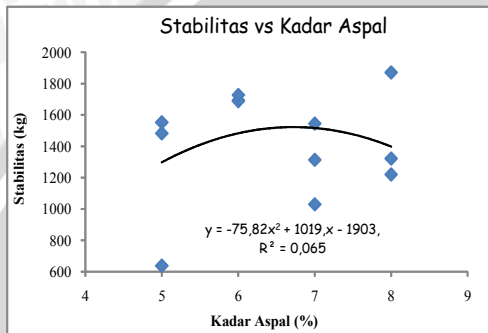
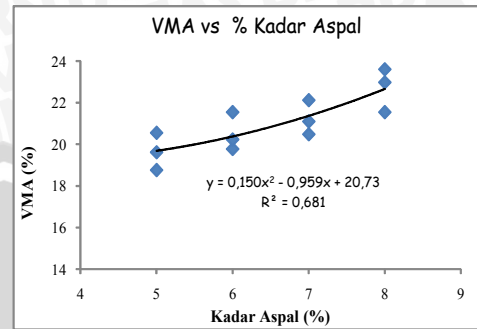
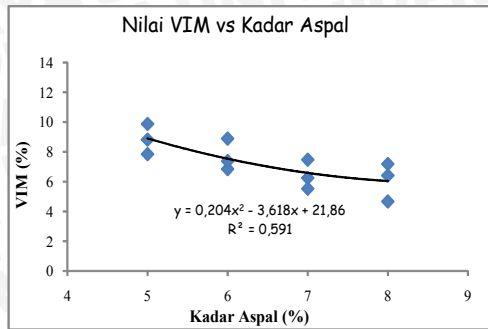
Grafik Hasil Pengujian Marshall Untuk Campuran SMA + AAT 0,75%



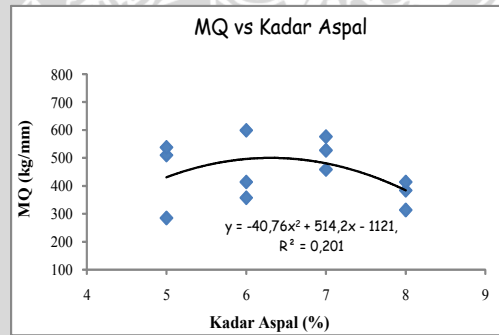
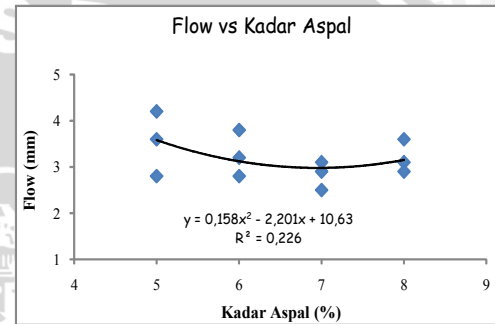
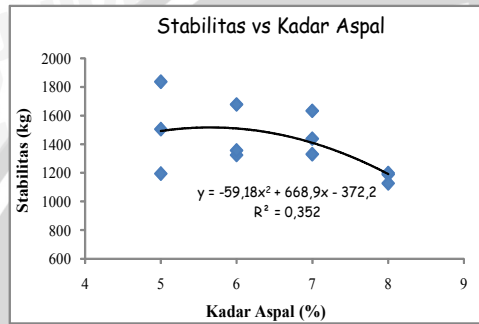
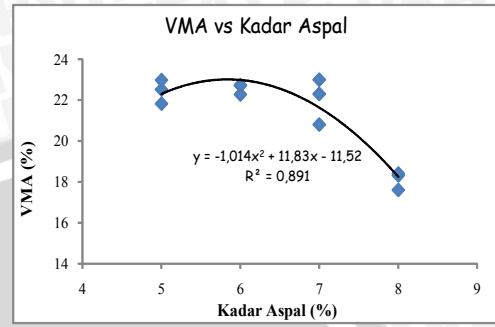
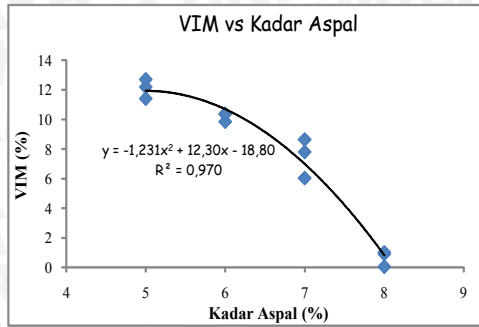
Grafik Hasil Pengujian Marshall Untuk Campuran SMA + AAT 1,5%



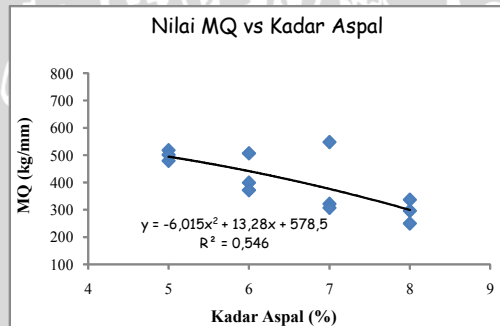
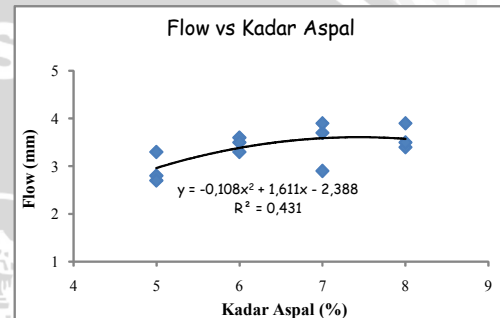
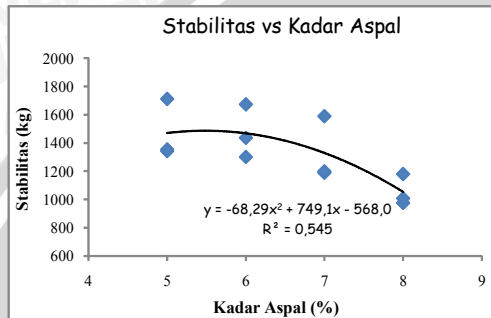
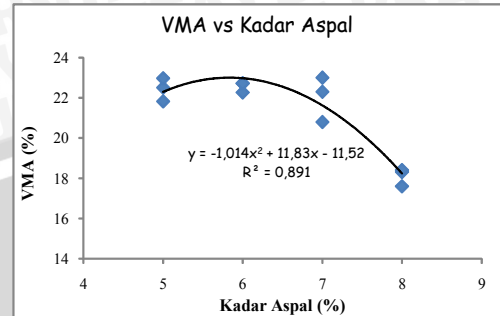
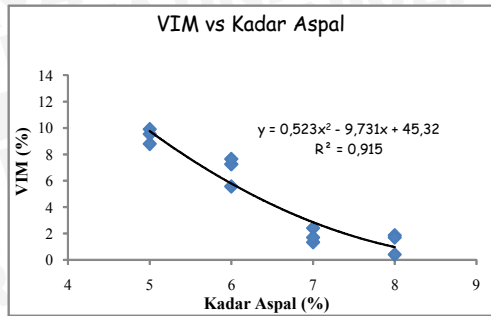
Grafik Hasil Pengujian Marshall Untuk Campuran SMA + AAT 2,25%



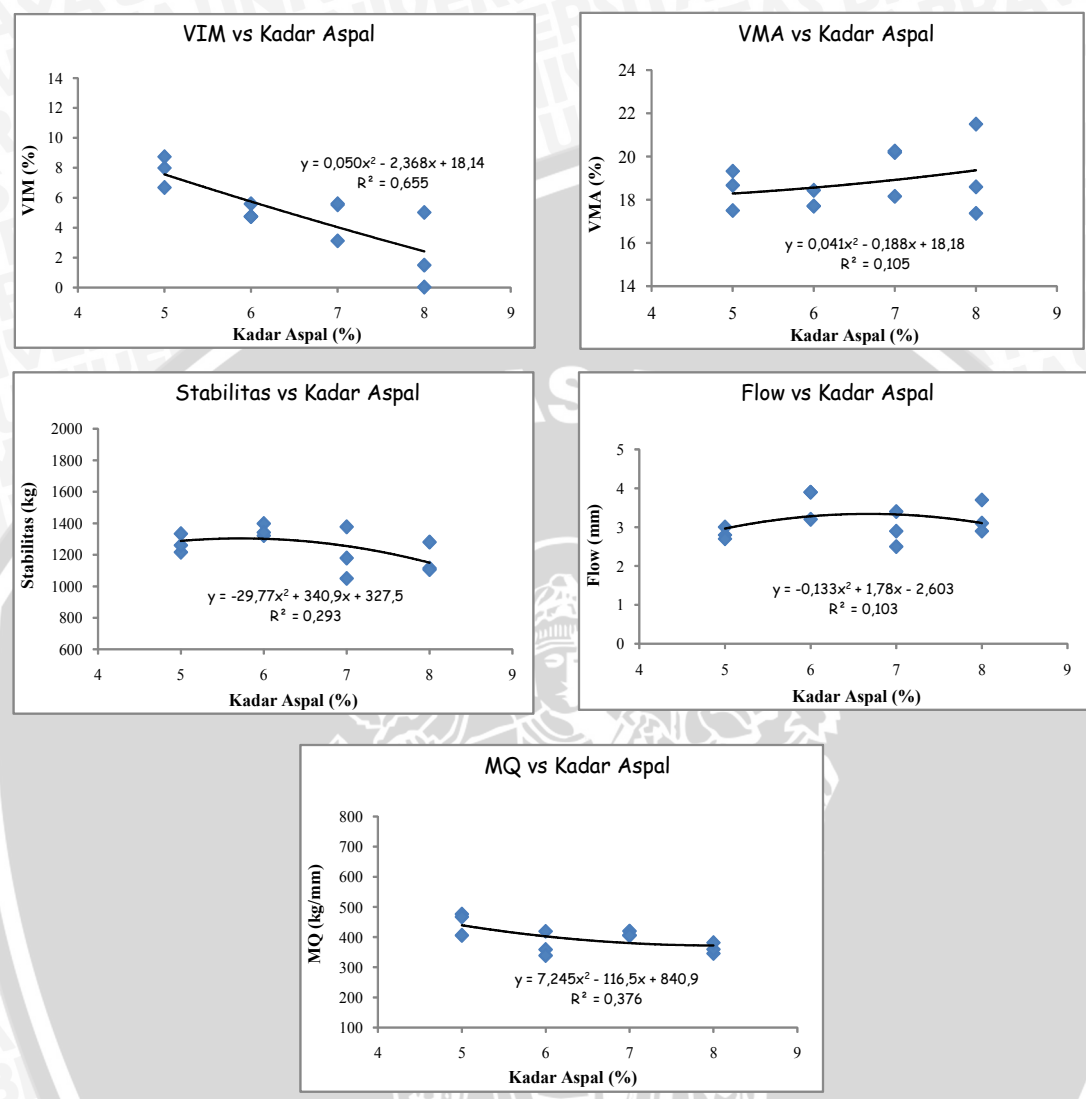
Grafik Hasil Pengujian Marshall Untuk Campuran SMA + AAT 3%



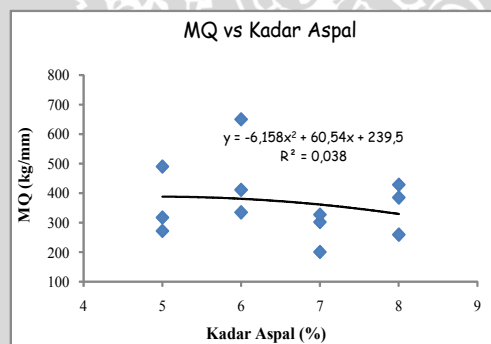
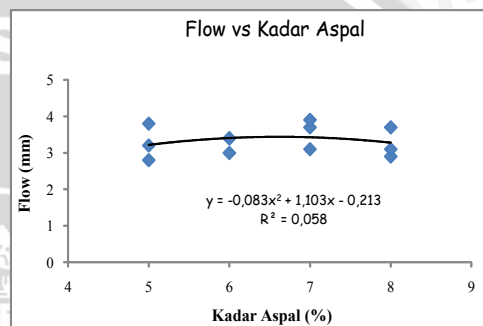
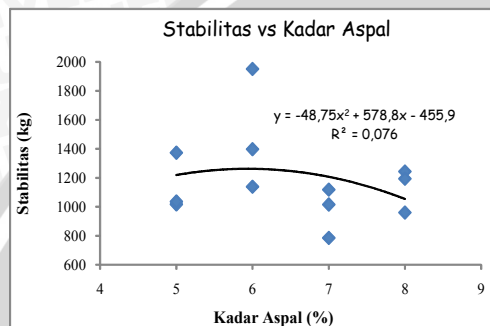
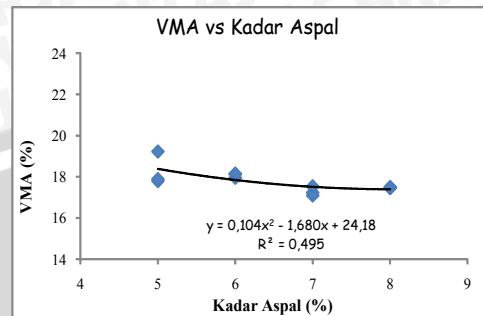
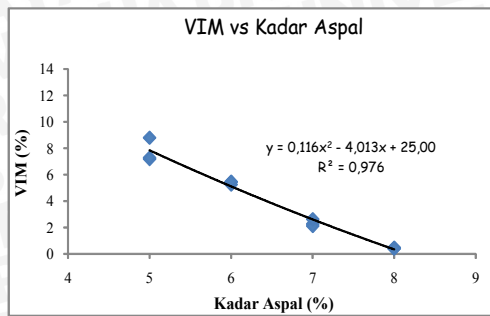
Grafik Hasil Pengujian Marshall Untuk Campuran SMA + AAT 3,75%



Grafik Hasil Pengujian Marshall Untuk Campuran SMA + AAT 4,5%

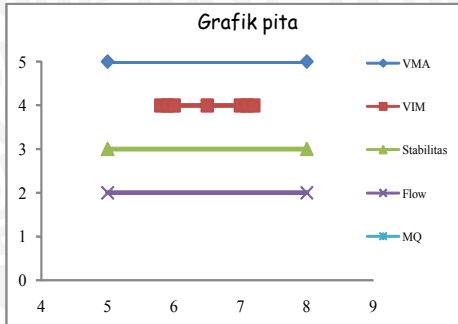


Grafik Hasil Pengujian Marshall Untuk Campuran SMA + AAT 5,25%

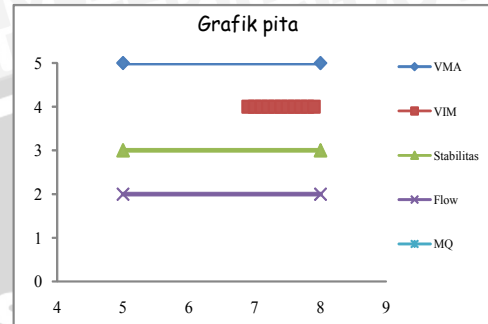


Lampiran 7. Grafik Pita Campuran SMA + Abu Ampas Tebu

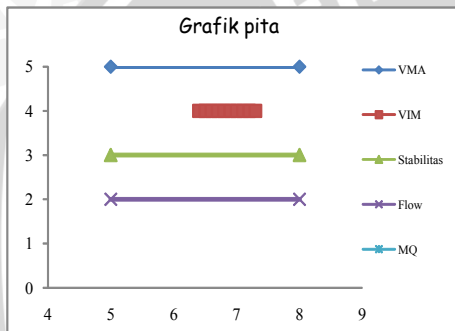
Grafik pita Camp.SMA + 0% Abu Ampas Tebu



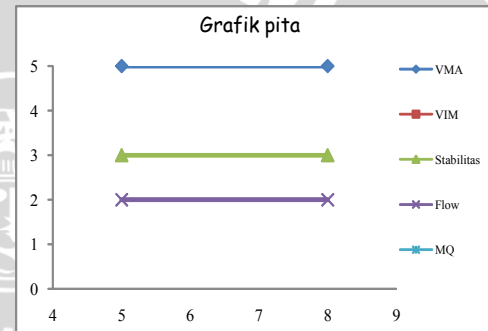
Grafik pita Camp.SMA + 0,75% Abu Ampas Tebu



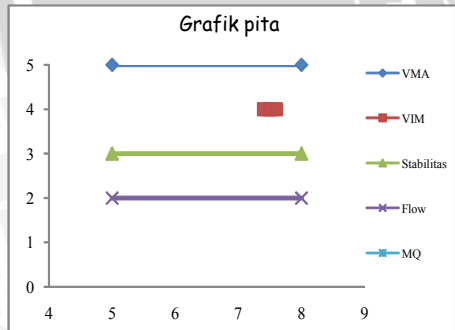
Grafik pita Camp.SMA + 1,5% Abu Ampas Tebu



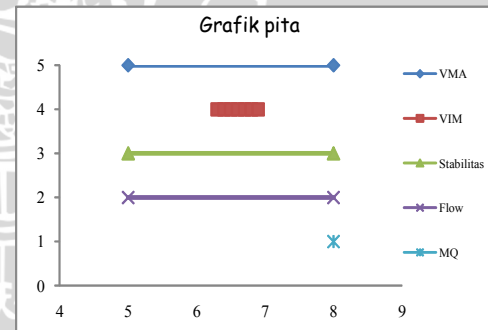
Grafik pita Camp.SMA + 2,25% Abu Ampas Tebu



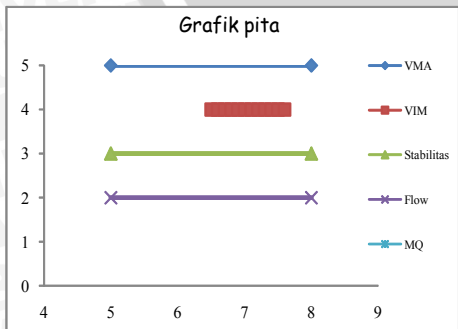
Grafik pita Camp.SMA + 3% Abu Ampas Tebu



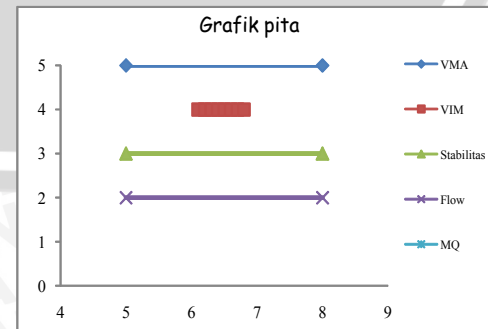
Grafik pita Camp.SMA + 3,75% Abu Ampas Tebu



Grafik pita Camp.SMA + 4,5% Abu Ampas Tebu



Grafik pita Camp.SMA + 5,25% Abu Ampas Tebu



Lampiran 8. Hasil Uji Kenormalan Dengan Menggunakan Software SPSS

NPar Tests

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		VIM	VMA	Stabilitas	FLOW	MQ
N		96	96	96	96	96
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	5,4201	19,3302	1331,0642	3,2833	414,7140
	Std. Deviation	3,03619	1,64467	236,93883	,43083	100,67074
Most Extreme Differences	Absolute	,074	,096	,107	,105	,079
	Positive	,074	,096	,107	,105	,079
	Negative	-,066	-,066	-,057	-,075	-,035
Kolmogorov-Smirnov Z		,724	,938	1,048	1,027	,773
Asymp. Sig. (2-tailed)		,671	,342	,222	,242	,589

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.



Lampiran 9. Perhitungan Anova Dua Arah Menggunakan Software SPSS

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		N
ASPAL	5,00	24
	6,00	24
	7,00	24
	8,00	24
AAT	,00	12
	,75	12
	1,50	12
	2,25	12
	3,00	12
	3,75	12
	4,50	12
	5,25	12

9.1 VIM

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: VIM

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	824,683 ^a	31	26,603	33,339	,000
Intercept	2820,286	1	2820,286	3534,419	,000
ASPAL	552,817	3	184,272	230,932	,000
AAT	150,494	7	21,499	26,943	,000
ASPAL * AAT	121,371	21	5,780	7,243	,000
Error	51,069	64	,798		
Total	3696,037	96			
Corrected Total	875,751	95			

a. R Squared = ,942 (Adjusted R Squared = ,913)

9.2 VMA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: VMA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	220,341 ^a	31	7,108	12,419	,000
Intercept	35870,952	1	35870,952	62676,661	,000
ASPAL	,710	3	,237	,414	,744
AAT	132,584	7	18,941	33,095	,000
ASPAL * AAT	87,047	21	4,145	7,243	,000
Error	36,628	64	,572		
Total	36127,921	96			
Corrected Total	256,969	95			

a. R Squared = ,857 (Adjusted R Squared = ,788)

9.3 Stabilitas

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Stabilitas

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2531970,931 ^a	31	81676,482	1,866	,018
Intercept	170086260	1	170086260,1	3885,841	,000
ASPAL	729435,832	3	243145,277	5,555	,002
AAT	789098,429	7	112728,347	2,575	,021
ASPAL * AAT	1013436,670	21	48258,889	1,103	,369
Error	2801329,738	64	43770,777		
Total	175419561	96			
Corrected Total	5333300,669	95			

a. R Squared = ,475 (Adjusted R Squared = ,220)

9.4 Flow

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FLOW

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6,347 ^a	31	,205	1,161	,302
Intercept	1034,907	1	1034,907	5868,343	,000
ASPAL	,333	3	,111	,630	,598
AAT	,432	7	,062	,350	,928
ASPAL * AAT	5,582	21	,266	1,507	,107
Error	11,287	64	,176		
Total	1052,540	96			
Corrected Total	17,633	95			

a. R Squared = ,360 (Adjusted R Squared = ,050)

9.5 MQ

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: MQ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	398387,926 ^a	31	12851,223	1,457	,102
Intercept	16510817,7	1	16510817,71	1872,244	,000
ASPAL	65205,613	3	21735,204	2,465	,070
AAT	87891,676	7	12555,954	1,424	,211
ASPAL * AAT	245290,637	21	11680,507	1,325	,194
Error	564398,781	64	8818,731		
Total	17473604,4	96			
Corrected Total	962786,707	95			

a. R Squared = ,414 (Adjusted R Squared = ,130)



Lampiran 10. Hasil Analisa Regresi dan Korelasi Menggunakan Software SPSS

10.1 VIM Regression

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Y2, X2, XY, Y, X	.	Enter

- a. All requested variables entered.
- b. Dependent Variable: VIM

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,861 ^a	,741	,727	1,58779

- a. Predictors: (Constant), Y2, X2, XY, Y, X

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	648,854	5	129,771	51,474	,000 ^a
	Residual	226,897	90	2,521		
	Total	875,751	95			

- a. Predictors: (Constant), Y2, X2, XY, Y, X
- b. Dependent Variable: VIM

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	14,921	6,910		2,159	,033
	X	-1,630	2,130	-,604	-,765	,446
	Y	3,045	,644	1,733	4,731	,000
	XY	-,194	,083	-,751	-2,326	,022
	X2	-,001	,162	-,006	-,007	,994
	Y2	-,357	,063	-1,110	-5,683	,000

- a. Dependent Variable: VIM

Persamaan Regresi :

$$Z = 14,921 - 1,630X + 3,045Y - 0,194XY - 0,001X^2 - 0,357Y^2$$

Correlations

Correlations

		X	Y	XY	X2	Y2	VIM
X	Pearson Correlation	1	,000	,246*	,998**	,000	-,794**
	Sig. (2-tailed)		1,000	,016	,000	1,000	,000
	N	96	96	96	96	96	96
Y	Pearson Correlation	,000	1	,955**	,000	,962**	-,523
	Sig. (2-tailed)	1,000		,000	1,000	,000	,613
	N	96	96	96	96	96	96
XY	Pearson Correlation	,246*	,955**	1	,245*	,918**	-,265**
	Sig. (2-tailed)	,016	,000		,016	,000	,009
	N	96	96	96	96	96	96
X2	Pearson Correlation	,998**	,000	,245*	1	,000	-,792**
	Sig. (2-tailed)	,000	1,000	,016		1,000	,000
	N	96	96	96	96	96	96
Y2	Pearson Correlation	,000	,962**	,918**	,000	1	-,134
	Sig. (2-tailed)	1,000	,000	,000	1,000		,194
	N	96	96	96	96	96	96
VIM	Pearson Correlation	-,794**	-,523	-,265**	-,792**	-,134	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,613	,009	,000	,194	
	N	96	96	96	96	96	96

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



10.2 VMA Regression

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Y2, X2, XY, Y, X	.	Enter

- a. All requested variables entered.
b. Dependent Variable: VMA

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,619 ^a	,383	,348	1,32760

- a. Predictors: (Constant), Y2, X2, XY, Y, X

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	98,342	5	19,668	11,159	,000 ^a
	Residual	158,627	90	1,763		
	Total	256,969	95			

- a. Predictors: (Constant), Y2, X2, XY, Y, X
b. Dependent Variable: VMA

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	15,340	5,777		2,655	,009
	X	,460	1,781	,314	,258	,797
	Y	2,886	,538	3,031	5,362	,000
	XY	-,169	,070	-1,209	-2,425	,017
	X2	-,002	,136	-,020	-,017	,987
	Y2	-,363	,053	-2,084	-6,913	,000

- a. Dependent Variable: VMA

Persamaan Regresi :

$$Z = 15,340 + 0,460X + 2,886Y - 0,169XY - 0,002X^2 - 0,363Y^2$$

Correlations

Correlations

		X	Y	XY	X2	Y2	VMA
X	Pearson Correlation	1	,000	,246*	,998**	,000	-,003
	Sig. (2-tailed)		1,000	,016	,000	1,000	,979
	N	96	96	96	96	96	96
Y	Pearson Correlation	,000	1	,955**	,000	,962**	-,127
	Sig. (2-tailed)	1,000		,000	1,000	,000	,217
	N	96	96	96	96	96	96
XY	Pearson Correlation	,246*	,955**	1	,245*	,918**	-,155
	Sig. (2-tailed)	,016	,000		,016	,000	,132
	N	96	96	96	96	96	96
X2	Pearson Correlation	,998**	,000	,245*	1	,000	-,002
	Sig. (2-tailed)	,000	1,000	,016		1,000	,982
	N	96	96	96	96	96	96
Y2	Pearson Correlation	,000	,962**	,918**	,000	1	-,279**
	Sig. (2-tailed)	1,000	,000	,000	1,000		,006
	N	96	96	96	96	96	96
VMA	Pearson Correlation	-,003	-,127	-,155	-,002	-,279**	1
	Sig. (2-tailed)	,979	,217	,132	,982	,006	
	N	96	96	96	96	96	96

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



10.3 STABILITAS Regression

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Y2, X2, XY, Y, X	.	Enter

- a. All requested variables entered.
b. Dependent Variable: Stabilitas

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,490 ^a	,240	,198	212,21339

- a. Predictors: (Constant), Y2, X2, XY, Y, X

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1280194	5	256038,756	5,685	,000 ^a
	Residual	4053107	90	45034,521		
	Total	5333301	95			

- a. Predictors: (Constant), Y2, X2, XY, Y, X
b. Dependent Variable: Stabilitas

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-1332,409	923,504		-1,443	,153
	X	826,304	284,735	3,920	2,902	,005
	Y	228,348	86,028	1,665	2,654	,009
	XY	-16,371	11,121	-,814	-1,472	,145
	X2	-63,327	21,670	-3,914	-2,922	,004
	Y2	-27,510	8,403	-1,095	-3,274	,002

- a. Dependent Variable: Stabilitas

Persamaan Regresi :

$$Z = -1332,409 + 826,304X + 228,348Y - 16,371XY - 63,327X^2 - 27,510Y^2$$

Correlations

Correlations

		X	Y	XY	X2	Y2	Stabilitas
X	Pearson Correlation	1	,000	,246*	,998**	,000	-,185
	Sig. (2-tailed)		1,000	,016	,000	1,000	,070
	N	96	96	96	96	96	96
Y	Pearson Correlation	,000	1	,955**	,000	,962**	-,166
	Sig. (2-tailed)	1,000		,000	1,000	,000	,106
	N	96	96	96	96	96	96
XY	Pearson Correlation	,246*	,955**	1	,245*	,918**	-,225*
	Sig. (2-tailed)	,016	,000		,016	,000	,028
	N	96	96	96	96	96	96
X2	Pearson Correlation	,998**	,000	,245*	1	,000	-,203*
	Sig. (2-tailed)	,000	1,000	,016		1,000	,047
	N	96	96	96	96	96	96
Y2	Pearson Correlation	,000	,962**	,918**	,000	1	-,242*
	Sig. (2-tailed)	1,000	,000	,000	1,000		,018
	N	96	96	96	96	96	96
Stabilitas	Pearson Correlation	-,185	-,166	-,225*	-,203*	-,242*	1
	Sig. (2-tailed)	,070	,106	,028	,047	,018	
	N	96	96	96	96	96	96

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



10.4 FLOW Regression

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Y2, X2, XY, Y, X	.	Enter

- a. All requested variables entered.
b. Dependent Variable: FLOW

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,132 ^a	,017	-,037	,43878

- a. Predictors: (Constant), Y2, X2, XY, Y, X

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,306	5	,061	,318	,901 ^a
	Residual	17,327	90	,193		
	Total	17,633	95			

- a. Predictors: (Constant), Y2, X2, XY, Y, X
b. Dependent Variable: FLOW

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,431	1,909		,750	,455
	X	,564	,589	1,471	,958	,341
	Y	-,031	,178	-,125	-,175	,861
	XY	,003	,023	,090	,143	,886
	X2	-,041	,045	-1,409	-,925	,357
	Y2	,002	,017	,035	,092	,927

- a. Dependent Variable: FLOW

Persamaan Regresi :

$$Z = 1,431 + 0,564X - 0,031Y + 0,003XY - 0,041X^2 + 0,002Y^2$$

Correlations

Correlations

		X	Y	XY	X2	Y2	FLOW
X	Pearson Correlation	1	,000	,246*	,998**	,000	,087
	Sig. (2-tailed)		1,000	,016	,000	1,000	,400
	N	96	96	96	96	96	96
Y	Pearson Correlation	,000	1	,955**	,000	,962**	-,005
	Sig. (2-tailed)	1,000		,000	1,000	,000	,959
	N	96	96	96	96	96	96
XY	Pearson Correlation	,246*	,955**	1	,245*	,918**	,019
	Sig. (2-tailed)	,016	,000		,016	,000	,852
	N	96	96	96	96	96	96
X2	Pearson Correlation	,998**	,000	,245*	1	,000	,080
	Sig. (2-tailed)	,000	1,000	,016		1,000	,438
	N	96	96	96	96	96	96
Y2	Pearson Correlation	,000	,962**	,918**	,000	1	-,002
	Sig. (2-tailed)	1,000	,000	,000	1,000		,981
	N	96	96	96	96	96	96
FLOW	Pearson Correlation	,087	-,005	,019	,080	-,002	1
	Sig. (2-tailed)	,400	,959	,852	,438	,981	
	N	96	96	96	96	96	96

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



10.5 MQ Regression

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Y2, X2, XY, Y, X	.	Enter

- a. All requested variables entered.
b. Dependent Variable: MQ

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,378 ^a	,143	,095	95,74808

- a. Predictors: (Constant), Y2, X2, XY, Y, X

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	137694,1	5	27538,818	3,004	,015 ^a
	Residual	825092,6	90	9167,696		
	Total	962786,7	95			

- a. Predictors: (Constant), Y2, X2, XY, Y, X
b. Dependent Variable: MQ

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-255,128	416,674		-,612	,542
	X	206,265	128,469	2,303	1,606	,112
	Y	83,725	38,815	1,437	2,157	,034
	XY	-6,106	5,018	-,715	-1,217	,227
	X2	-15,890	9,777	-2,312	-1,625	,108
	Y2	-9,599	3,791	-,899	-2,532	,013

- a. Dependent Variable: MQ

Persamaan Regresi :

$$Z = -255,128 + 206,265X + 83,725Y - 6,106XY - 15,890X^2 - 9,599Y^2$$

Correlations

Correlations

		X	Y	XY	X2	Y2	MQ
X	Pearson Correlation	1	,000	,246*	,998**	,000	-,179
	Sig. (2-tailed)		1,000	,016	,000	1,000	,081
	N	96	96	96	96	96	96
Y	Pearson Correlation	,000	1	,955**	,000	,962**	-,111
	Sig. (2-tailed)	1,000		,000	1,000	,000	,283
	N	96	96	96	96	96	96
XY	Pearson Correlation	,246*	,955**	1	,245*	,918**	-,168
	Sig. (2-tailed)	,016	,000		,016	,000	,101
	N	96	96	96	96	96	96
X2	Pearson Correlation	,998**	,000	,245*	1	,000	-,189
	Sig. (2-tailed)	,000	1,000	,016		1,000	,065
	N	96	96	96	96	96	96
Y2	Pearson Correlation	,000	,962**	,918**	,000	1	-,174
	Sig. (2-tailed)	1,000	,000	,000	1,000		,090
	N	96	96	96	96	96	96
MQ	Pearson Correlation	-,179	-,111	-,168	-,189	-,174	1
	Sig. (2-tailed)	,081	,283	,101	,065	,090	
	N	96	96	96	96	96	96

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



Lampiran 11. Dokumentasi Penelitian



Gambar 1. Abu Ampas Tebu



Gambar 2. Abu Ampas Tebu Setelah Pengovenan



Gambar 3. Abu Ampas Tebu Setelah Lolos Saringan 100



Gambar 4. Agregat Batu Pecah



Gambar 5. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar



Gambar 6. Uji Kepipihan & Kelonjongan



Gambar 7. Uji Keausan Los Angeles



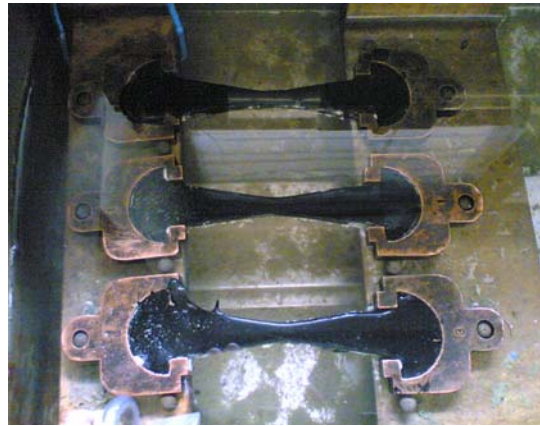
Gambar 8. Uji Impact/Tumbukan



Gambar 9. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus



Gambar 10. Uji Berat Jenis Aspal



Gambar 11. Pengujian Daktilitas Aspal



Gambar 12. Pengujian Titik Nyala & Titik Bakar Aspal



Gambar 13. Uji Penetrasi Aspal



Gambar 14. Pengujian Titik Lembek Aspal



Gambar 15. Penimbangan Agregat



Gambar 16. Pengovenan Agregat



Gambar 17. Pencampuran Agregat dengan Aspal



Gambar 18. Pemeriksaan Temperatur Sebelum Pemadatan dan Penusukan Adonan Campuran Aspal



Gambar 19. Benda Uji Campuran SMA



Gambar 20. Penimbangan Berat Dalam Air & Perendaman Benda Uji Dalam Waterbath



Gambar 21. Pengujian Marshall



Gambar 22. Keadaan Benda Uji Setelah Test Marshall