

TUGAS AKHIR

**PENGARUH *FLY ASH* SEBAGAI BAHAN TAMBAH
TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL*
BETON ASPAL**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil**



**Denny
06 511 106**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
FEBRUARI 2011**

TUGAS AKHIR

**PENGARUH *FLY ASH* SEBAGAI BAHAN TAMBAH
TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL*
BETON ASPAL**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil**



**Denny
06 511 106**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
FEBRUARI 2011**

TUGAS AKHIR

**PENGARUH *FLY ASH* SEBAGAI BAHAN TAMBAH
TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL*
BETON ASPAL**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil**



**Denny
06 511 106**

Disahkan Oleh:

Pembimbing:

Ketua Jurusan:

(Dr. Ir. Sukarno, SU)
Tanggal:

(Ir. Suharyatmo, MT)
Tanggal:

TUGAS AKHIR

**PENGARUH *FLY ASH* SEBAGAI BAHAN TAMBAH
TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL*
BETON ASPAL**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil**



**Denny
06 511 106**

Disetujui Oleh:

Pembimbing/Penguji:
Dr. Ir. Sukarno, SU

Penguji:
Ir. Bachnas, M.Sc

Penguji:
Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah saya panjatkan kehadiran ALLAH SWT, atas segala bimbingan, limpahan berkah, rahmat dan hidayah-Nya sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Penyusunan laporan tugas akhir ini merupakan kewajiban bagi setiap mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, guna melengkapi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana. Laporan ini disusun berdasarkan penelitian di laboratorium serta menurut studi pustaka dari literatur yang berkaitan dengan tugas akhir ini. Sesuai dengan obyek penelitian, maka laporan tugas akhir ini diberi judul *Pengaruh Fly Ash Sebagai Bahan Tambah Terhadap Karakteristik Marshall Beton Aspal*.

Penulis dalam penyusunan tugas akhir ini sudah berusaha secara maksimal untuk menyempurnakan laporan, tetapi kemungkinan adanya kekurangan masih dijumpai. Oleh sebab itu segala saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan laporan tugas akhir ini.

Selama penelitian dan penyusunan tugas akhir penulis telah mendapatkan bantuan dan penjelasan serta petunjuk-petunjuk yang sangat bermanfaat dari berbagai pihak, karena itu dalam kesempatan yang baik ini penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Sukarno, SU, selaku Dosen Pembimbing dan Dosen Penguji Tugas Akhir.
2. Bapak Ir. Bachnas, M.Sc, selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
3. Ibu Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D, selaku Dosen Penguji Tugas Akhir dan Kepala Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Prof. Ir. Mochamad Teguh, MSCE, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Ir. Suharyatmo, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

6. Bapak Sukamto HM dan Bapak Pranoto, selaku Laboran Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
7. Kedua orang tua dan saudara-saudara tercinta, yang telah memberikan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Teman-teman yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini dapat memberi sumbangan yang berarti bagi disiplin ilmu teknik sipil serta digunakan sebagai bacaan bagi rekan-rekan yang memerlukannya.

Yogyakarta, Februari 2011

Denny
06 511 106

ABSTRAK

Penggunaan aspal minyak sebagai bahan pengikat pada campuran beton aspal mayoritas dijumpai di Indonesia. Campuran beton aspal ini terdiri dari agregat, aspal, dan filler. Fly ash merupakan limbah dari sisa hasil pembakaran batubara. Hal ini mendasari perlunya pemikiran bagaimana cara pemanfaatan fly ash tersebut sebagai upaya daur ulang dan langkah peduli terhadap lingkungan. Modifikasi penggunaan campuran beton aspal dengan fly ash sebagai bahan tambah pada campuran beton aspal bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dan perbandingan karakteristik Marshall Test pada beton aspal dengan dan tanpa bahan tambah fly ash.

Penelitian eksperimental kausal ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data dari serangkaian penelitian karakteristik Marshall di laboratorium, kemudian dilakukan analisis dan pembahasan. Penelitian ini dilakukan dengan tiga tahap. Tahap I untuk mencari kadar aspal optimum pada aspal 60/70, sehingga didapat kadar aspal optimum sebesar 5,5%. Tahap II untuk mencari kadar fly ash optimum dengan variasi kadar fly ash 2,0%, 3,0%, 4,0%, 5,0%, dan 6,0% terhadap kadar aspal optimum, sehingga didapat kadar fly ash optimum 3,0% terhadap kadar aspal optimum. Tahap III dibuat model campuran beton aspal dengan fly ash optimum pada kadar aspal optimum untuk pengujian durabilitas dengan uji perendaman Marshall.

Hasil penelitian berdasarkan nilai-nilai karakteristik Marshall (stabilitas, flow, VITM, VFWA, dan Marshall Quotient) menunjukkan bahwa campuran beton aspal tanpa menggunakan bahan tambah fly ash terlihat lebih baik dibandingkan dengan campuran beton aspal dengan bahan tambah fly ash. Fly ash bisa dimanfaatkan sebagai bahan tambah untuk campuran beton aspal karena penambahan fly ash pada campuran beton aspal mengakibatkan durabilitas/keawetan yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran tanpa menggunakan bahan tambah fly ash.

Kata kunci: Marshall Test, kadar aspal, dan fly ash

ABSTRACT

The use of oil asphalt as a binder in asphalt concrete, are quite common in Indonesia, asphalt concrete consists of aggregate, asphalt, and filler. Fly ash is a waste of the waste products of coal combustion. This underlies the need of thinking how to use fly ash such as recycling efforts and step care about the environment. Modification of the use of waste asphalt concrete with fly ash as additive in asphalt concrete mixtures aimed to know how big influence and comparison on the characteristics of Marshall Test on asphalt concrete with and without fly ash as additive.

Causal experimental research was conducted by collecting data from a series of characteristics of Marshall research in the laboratory, as well as analysis and discussion. This research was done in three stages. Phase I to find the optimum asphalt content in asphalt 60/70, in order to get optimum asphalt content of 5,5%. Phase II to look for levels of fly ash with a variation of optimum waste content of 2,0%, 3,0%, 4,0%, 5,0% and 6,0% concerning the optimum asphalt content, in order to get the fly ash levels optimum 3,0% concerning the optimum asphalt content. Phase III is made of asphalt concrete model with optimum fly ash at optimum asphalt content for durability testing in the Marshall immersion test.

The results based on values characteristics of Marshall (stability, flow, VFWA, VITM, and Marshall Quotient) indicates that the asphalt concrete mixture without use of fly ash added look better than asphalt concrete mixtures with fly ash additive. Fly ash can be used as additive for asphalt concrete mixtures because of the addition of fly ash in asphalt concrete cause durability/longevity is higher than the mixture without the use of fly ash added.

Keywords: *Marshall Test, asphalt content, and fly ash*

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR NOTASI	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
 BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
1.6 Keaslian Penelitian	4
 BAB II STUDI PUSTAKA	5
2.1 Beton Aspal	5
2.2 Aspal	5
2.3 Agregat	5
2.4 <i>Filler</i>	7
2.5 <i>Fly Ash</i>	8
2.6 Persyaratan Campuran	9
2.7 Suhu Campuran Aspal	12
2.8 Penelitian Terdahulu	12
2.9 Konstruksi Perkerasan Jalan	13

2.10	Karakteristik Campuran	14
2.10.1	Stabilitas (<i>Stability</i>)	14
2.10.2	Keawetan (<i>Durability</i>)	15
2.10.3	Kelenturan (<i>Flexibility</i>)	15
2.11	Syarat-syarat Kekuatan Struktural	16
2.12	Spesifikasi Campuran	16
2.13	Bahan Penyusun	17
2.13.1	Aspal	17
2.13.2	Agregat	17
2.13.3	Bahan Tambah	19
2.14	Pemeriksaan Campuran Aspal dengan Metode <i>Marshall</i>	19
2.14.1	Stabilitas	19
2.14.2	<i>Flow</i>	20
2.14.3	VITM (<i>Void In the Total Mix</i>)	20
2.14.4	VFWA (<i>Void Filled With Asphalt</i>)	20
2.14.3	<i>Marshall Quotient</i>	21
2.15	Uji Perendaman <i>Marshall (Immersion Test)</i>	22
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1	Metode Penelitian	23
3.2	Metode Pengambilan Sampel	23
3.3	Metode Pengambilan Data	24
3.3.1	Pemeriksaan Bahan	25
3.3.2	Persiapan Alat	27
3.3.3	Langkah-langkah Penelitian	28
3.3.4	Pengujian <i>Marshall Standart</i>	30
3.3.5	Pengujian Perendaman <i>Marshall (Immersion Test)</i>	31
3.4	Analisis Data	32
3.5	Bagan Alir Metodologi Penelitian	34

BAB IV	HASIL UJI LABORATORIUM.....	35
4.1	Hasil Pemeriksaan Fisik Bahan	35
4.1.1	Hasil Pengujian Agregat	35
4.1.2	Hasil Pengujian Aspal	36
4.2	Hasil Pengujian <i>Marshall</i>	36
4.2.1	Campuran Beton Aspal dengan Variasi Kadar Aspal.....	36
4.2.2	Campuran Beton Aspal dengan <i>Fly Ash</i> Pada KAO	38
4.3	Hasil Pengujian Perendaman <i>Marshall (Immersion Test)</i>	40
BAB V	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	41
5.1	Analisis Hasil Pemeriksaan Fisik Bahan	41
5.1.1	Agregat	41
5.1.2	Aspal	42
5.2	Analisis Karakteristik <i>Marshall</i> Campuran Beton Aspal	43
5.2.1	Pengaruh Kadar Aspal terhadap Nilai Stabilitas Campuran Beton Aspal	43
5.2.2	Pengaruh Kadar Aspal terhadap Nilai <i>Flow</i> Campuran Beton Aspal	45
5.2.3	Pengaruh Kadar Aspal terhadap Nilai VITM (<i>Void In the Total Mix</i>) Campuran Beton Aspal	46
5.2.4	Pengaruh Kadar Aspal terhadap Nilai VFWA (<i>Void Filled With Asphalt</i>) Campuran Beton Aspal	47
5.2.5	Pengaruh Kadar Aspal terhadap Nilai MQ (<i>Marshall Quotient</i>) Campuran Beton Aspal	48
5.2.6	Pengaruh Kadar Aspal terhadap Nilai <i>Density</i> Campuran Beton Aspal	49
5.3	Karakteristik <i>Marshall</i> Campuran Beton Aspal dengan <i>Fly Ash</i> pada KAO	50
5.3.1	Pengaruh <i>Fly Ash</i> terhadap Nilai Stabilitas Campuran Beton Aspal pada KAO	50
5.3.2	Pengaruh <i>Fly Ash</i> terhadap Nilai <i>Flow</i> (Kelelehan) Campuran Beton Aspal pada KAO	52

5.3.3	Pengaruh <i>Fly Ash</i> terhadap Nilai VITM (<i>Void In the Total Mix</i>) Campuran Beton Aspal pada KAO	52
5.3.4	Pengaruh <i>Fly Ash</i> terhadap Nilai VFWA (<i>Void Filled With Asphalt</i>) Campuran Beton Aspal pada KAO	53
5.3.5	Pengaruh <i>Fly Ash</i> terhadap Nilai MQ (<i>Marshall Quotient</i>) Campuran Beton Aspal pada KAO	54
5.3.6	Pengaruh <i>Fly Ash</i> terhadap Nilai <i>Density</i> Campuran Beton Aspal pada KAO	55
5.4	Durabilitas Campuran Beton Aspal Dengan dan Tanpa <i>Fly Ash</i> ..	56
BAB VI	SIMPULAN DAN SARAN	59
6.1	Simpulan	59
6.2	Saran	60
DAFTAR PUSTAKA		61
LAMPIRAN		62

DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH

AC	= <i>Asphalt Cement</i>
AASHTO	= <i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
ASTM	= <i>American Society for Testing and Materials</i>
C	= Celcius
cc	= <i>centimeter cubic</i>
cm	= centimeter
<i>Fly Ash</i>	= Bahan alami yang berbutir halus yang diperoleh dari sisa pembakaran batubara yang apabila bereaksi secara kimia dengan bahan lain dengan unsur-unsur tertentu akan menjadi zat yang memiliki kemampuan mengikat
gr	= gram
IP	= Indeks Perendaman
kg	= kilogram
LASTON	= Lapis Aspal Beton
L.L	= Lalu Lintas
mm	= milimeter
MQ	= <i>Marshall Quotient</i>
PLTU	= Pembangkit Listrik Tenaga Uap
SKBI	= Standar Konstruksi Bangunan Indonesia
VFWA	= <i>Void Filled With Asphalt</i>
VITM	= <i>Void In the Total Mix</i>
VMA	= <i>Void in Mineral Agregates</i>
%	= Persen
#	= Ukuran Saringan
“	= inch

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Batas-batas Gradasi Menerus Agregat Campuran	7
Tabel 2.2 Kandungan Mineral <i>Fly Ash</i>	8
Tabel 2.3 Batas-batas Gradasi Menerus Agregat Campuran	10
Tabel 2.4 Batas-batas Gradasi Menerus Agregat Campuran	10
Tabel 2.5 Persyaratan Campuran Lapis Aspal Beton	11
Tabel 2.6 Persyaratan Campuran Lapis Aspal Beton	12
Tabel 2.7 Spesifikasi Campuran Aspal Beton	16
Tabel 2.8 Persyaratan AC 60/70 Spesifikasi Bina Marga	17
Tabel 2.9 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Kasar	18
Tabel 2.10 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Halus	18
Tabel 2.11 Persyaratan Spesifikasi Gradasi Agregat Tipe IV Bina Marga	18
Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	35
Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	35
Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan AC 60/70	36
Tabel 4.4 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Benda Uji dengan Variasi Kadar Aspal	37
Tabel 4.5 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Benda Uji pada Kadar Aspal Optimum dengan Variasi Kadar <i>Fly Ash</i>	38
Tabel 4.6 Hasil Pengujian <i>Immersion Test</i> Beton Aspal Dengan dan Tanpa <i>Fly Ash</i>	40
Tabel 5.1 Hubungan antara Kadar <i>Fly Ash</i> dengan Nilai Stabilitas pada Perendaman Selama 24 Jam	56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1	Bagan Alir Metodologi Penelitian 34
Gambar 5.1	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dengan Nilai Stabilitas 44
Gambar 5.2	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dengan Nilai <i>Flow</i> 45
Gambar 5.3	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dengan Nilai VITM 47
Gambar 5.4	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dengan Nilai VFWA 48
Gambar 5.5	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dengan <i>Marshall Quotient</i> . 49
Gambar 5.6	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dengan Nilai <i>Density</i> 50
Gambar 5.7	Grafik Hubungan antara Kadar <i>Fly Ash</i> pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai Stabilitas 51
Gambar 5.8	Grafik Hubungan antara Kadar <i>Fly Ash</i> pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai <i>Flow</i> 52
Gambar 5.9	Grafik Hubungan antara Kadar <i>Fly Ash</i> pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai VITM 52
Gambar 5.10	Grafik Hubungan antara Kadar <i>Fly Ash</i> pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai VFWA 53
Gambar 5.11	Grafik Hubungan antara Kadar <i>Fly Ash</i> pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai <i>Marshall Quotient</i> 54
Gambar 5.12	Grafik Hubungan antara Kadar <i>Fly Ash</i> pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai <i>Density</i> 55
Gambar 5.13	Grafik Hubungan antara Kadar <i>Fly Ash</i> dengan Nilai IP 56

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A-1 Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	62
Lampiran A-2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	63
Lampiran A-3 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	64
Lampiran A-4 Pemeriksaan <i>Sand Equivalent</i>	65
Lampiran B-1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	66
Lampiran B-2 Pemeriksaan Daktilitas Aspal	67
Lampiran B-3 Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar	68
Lampiran B-4 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	69
Lampiran B-5 Pemeriksaan Kelarutan dalam CCL ₄	70
Lampiran B-6 Pemeriksaan Penetrasi Aspal	71
Lampiran B-7 Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	72
Lampiran C-1 Analisa Saringan Agregat (Kadar Aspal 4,0%)	73
Lampiran C-2 Analisa Saringan Agregat (Kadar Aspal 4,5%)	74
Lampiran C-3 Analisa Saringan Agregat (Kadar Aspal 5,0%)	75
Lampiran C-4 Analisa Saringan Agregat (Kadar Aspal 5,5%)	76
Lampiran C-5 Analisa Saringan Agregat (Kadar Aspal 6,0%)	77
Lampiran C-6 Analisa Saringan Agregat pada Kadar Aspal Optimum	78
Lampiran D-1 Hasil Pemeriksaan <i>Marshall Test</i> KAO (%)	79
Lampiran D-2 Hasil Pemeriksaan <i>Marshall Test</i> dengan Limbah Batubara	80
Lampiran D-3 Hasil Pemeriksaan <i>Immersion Test</i> Tanpa dan Dengan limbah Batubara	81

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Kebutuhan akan jalan raya yang baik, nyaman, dan ekonomis adalah syarat mutlak guna memenuhi peningkatan sarana dan prasarana transportasi. Laju pertumbuhan penduduk dan pembangunan infrastruktur menunjukkan peningkatan dari tahun ke tahun. Hal ini akan sangat berpengaruh terhadap mobilitas penduduk dalam berhubungan dari satu kawasan ke kawasan yang lain, sehingga untuk mendukung pertumbuhan dan mobilitas tersebut diperlukan peningkatan sarana dan prasarana transportasi.

Indonesia merupakan negara kawasan yang beriklim tropis dengan temperatur udara harian tahunan yang tinggi. Dalam pembangunan dan peningkatan jalan raya mayoritas masih menggunakan aspal minyak sebagai bahan pengikat. Penggunaan aspal minyak ini sebagai bahan campuran perkerasan jalan raya apabila telah memenuhi persyaratan-persyaratan spesifikasi.

Hasil dari proses pembakaran batubara adalah abu terbang (*fly ash*), *slag* (*bottom ash*), dan *flue gas desulfurization*. *Fly ash* merupakan salah satu bahan limbah yang berasal dari proses pembakaran batubara. *Fly ash* diharapkan dapat menjadi bahan tambah pada campuran beton aspal.

Penelitian ini dilakukan karena mengingat banyaknya industri di Indonesia yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar utama dalam menjalankan operasional produksi perusahaan, sehingga jumlah *fly ash* dapat dikatakan semakin lama makin banyak tersedia dengan harga yang murah. Pemanfaatan *fly ash* ini nantinya dapat mengefektifkan proses daur ulang dari *fly ash* itu sendiri.

Fly ash merupakan limbah industri yang berasal dari sisa pembakaran yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar. Dalam satu hari suatu industri atau pembangkit listrik dapat menghabiskan lebih dari 10 ton batubara, sedangkan *fly ash* yang dihasilkan adalah sebesar 10% dari sisa hasil pembakaran batubara

tersebut. Selama ini *fly ash* hanya dimanfaatkan oleh beberapa industri kecil saja sebagai campuran pembuatan genteng beton, itupun penggunaan *fly ash* tidak terlalu banyak persentasenya.

Hal diatas mendasari perlu adanya pemikiran bagaimana cara pemanfaatan *fly ash* ini sebagai upaya daur ulang dari limbah itu sendiri dan sebagai langkah peduli terhadap lingkungan. Karena *fly ash* merupakan partikel yang halus, maka dicoba untuk dimanfaatkan sebagai bahan tambah pada campuran beton aspal. Pemikiran penggunaan *fly ash* ini sebagai bahan tambah karena sifat dari *fly ash* yang apabila bercampur dengan aspal akan membentuk bahan berkonsistensi tinggi yang berpengaruh pada campuran beton aspal.

Penggunaan *fly ash* sebagai bahan tambah pada campuran panas dengan perbandingan tertentu diharapkan dapat sebagai bahan perekat, sehingga hal ini sangat menarik untuk diteliti. Bahan tambah dari *fly ash* ini terlebih dahulu dilakukan serangkaian pengujian di laboratorium. Pengujian di laboratorium berupa pengujian karakteristik *Marshall Test*, hal ini untuk mengetahui apakah bahan tersebut memenuhi persyaratan-persyaratan untuk dapat digunakan sebagai bahan tambah pada beton aspal.

Dalam penelitian ini, batubara yang dipakai berasal dari PT. Berau Coal yang berlokasi di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur. *Fly ash* yang dipakai pada penelitian ini didapatkan dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Indo Pusaka yang berlokasi di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Dari latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas maka dapat diambil suatu rumusan.

1. Apakah *fly ash* ini dapat digunakan sebagai bahan tambah dan berapa kadar optimumnya pada campuran beton aspal ?
2. Apakah ada perbedaan perilaku *Marshall* pada campuran beton aspal yang ditambah dengan dan tanpa *fly ash* berdasarkan spesifikasi Bina Marga ?
3. Apakah ada perbedaan nilai durabilitas pada campuran beton aspal yang ditambah dengan dan tanpa *fly ash* ?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut.

1. Mendapatkan kadar optimum penggunaan *fly ash* sebagai bahan tambah pada campuran beton aspal.
2. Mempelajari dan membandingkan perilaku *Marshall* pada campuran beton aspal yang ditambah *fly ash* dan tanpa *fly ash* berdasarkan spesifikasi Bina Marga.
3. Mengetahui dan membandingkan nilai durabilitas campuran beton aspal yang ditambah *fly ash* dengan campuran beton aspal tanpa *fly ash*.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat praktis :

1. Penggunaan *fly ash* dapat digunakan sebagai bahan tambah pada campuran beton aspal sehingga dapat lebih mengefektifkan proses daur ulang dari *fly ash*.
2. Penggunaan *fly ash* sebagai bahan tambah pada campuran perkerasan dapat meningkatkan nilai guna daripada *fly ash* itu sendiri.

Manfaat teoritis :

1. Menambah fakta empiris pada teori yang sudah ada hingga dapat memperluas tentang teori mengenai penggunaan bahan tambah pada campuran beton aspal.
2. Menambah variasi studi pustaka dan inovasi mengenai pemanfaatan limbah industri.

1.5 BATASAN PENELITIAN

Dalam penelitian pemanfaatan *fly ash* sebagai bahan tambah pada campuran beton aspal ini, maka permasalahan yang ditinjau dibatasi sebagai berikut.

1. Karakteristik campuran yang diuji adalah stabilitas, *flow*, VITM, VFWA, *Marshall Quotient* dan *Immersion Test* dari beton aspal dengan penambahan *fly ash*.
2. Bahan yang digunakan untuk pembuat campuran beton aspal adalah aspal minyak dengan penetrasi 60/70 yang diperoleh dari PT. Pertamina Cilacap.

Agregat yang digunakan berasal dari Celereng, Kulon Progo. *Fly ash* diperoleh dari PLTU Indo Pusaka, Kalimantan Timur.

3. Variasi persentase *fly ash* yang ditambahkan adalah 2,0%, 3,0%, 4,0%, 5,0%, dan 6,0% terhadap berat kadar aspal optimum.
4. Penelitian terhadap campuran beton aspal dengan dan tanpa *fly ash* menggunakan metode *Marshall* untuk lalu lintas berat (2 x 75 tumbukan) berdasarkan SKBI Laston 1987.
5. Penelitian ini hanya melaksanakan pengujian fisik saja tanpa membahas unsur-unsur kimia yang terdapat pada *fly ash* tersebut.

1.6 KEASLIAN PENELITIAN

Menurut sepengetahuan penulis, penelitian tentang Pengaruh *Fly Ash* Sebagai Bahan Tambah Terhadap Karakteristik *Marshall* Beton Aspal ini belum ada yang meneliti terutama di Universitas Islam Indonesia. Adapun penelitian-penelitian yang serupa yang pernah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Pemanfaatan *Fly Ash* Batubara Sebagai Mineral *Filler* Pada Campuran Aspal Beton (Legowo dan Sunaryo, 2003).
2. Pemanfaatan Limbah Batubara (*Fly Ash*) Untuk Bahan Pasta Dalam Campuran Beraspal Semi Lentur (*Semi Flexible Pavement*) (Sebayang, 2005).
3. Pemanfaatan Limbah Batubara (*Fly Ash*) Untuk Stabilisasi Tanah (Wardani, 2008).

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 BETON ASPAL

Menurut Bina Marga pada Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (1987), Lapis Aspal Beton (LASTON) merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar, dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

Bahan dari aspal beton terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler* (jika diperlukan), dan aspal keras. Bahan-bahan yang akan digunakan harus terlebih dahulu diteliti mutu dan gradasinya sesuai dengan persyaratan spesifikasi.

2.2 ASPAL

Aspal didefinisikan sebagai bahan hidrokarbon yang bersifat melekat, berwarna hitam kecoklatan, dan bersifat termoplastis. Aspal disebut juga bitumen yang merupakan bahan pengikat pada campuran beraspal yang dimanfaatkan sebagai lapis permukaan pada lapis perkerasan lentur (Agus, 1977).

Aspal merupakan residu hasil pengilangan minyak mentah yang dilakukan dengan memisahkan komponen minyak yang ringan dengan cara destilasi atau dengan cara *vacuum flashing*. Aspal tersusun dari beberapa macam molekul, dimana bahan dasar utama penyusun aspal adalah hidrokarbon dengan mengandung sedikit sulfur, nitrogen, dan atom oksigen (Agus, 1977).

2.3 AGREGAT

Agregat didefinisikan sebagai bahan utama untuk struktur perkerasan jalan yang keras dan kaku yang digunakan untuk campuran, dapat berupa butiran atau fragmen-fragmen. Agregat meliputi pasir, kerikil, batu pecah, dan debu batu (Hardiyatmo, 2009).

Agregat yang ideal adalah agregat yang memiliki bentuk dan gradasi yang baik, kuat, tahan, kasar, memiliki porositas yang kecil, permukaan agregat yang bersih dari kandungan tanah atau lumpur, dan tidak mudah menyerap air. Bentuk dari agregat, gradasi agregat, kekuatan agregat, ketahanan agregat, dan ukuran agregat sangat mempengaruhi tingkat kestabilan suatu perkerasan jalan sehingga layak dipakai sebagai material perkerasan. Porositas dan permukaan agregat akan sangat penting dalam interaksi antar agregat dan aspal.

Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan, yaitu mengandung 90% - 95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75% - 85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan, dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

Agregat berdasarkan proses pengolahannya yang digunakan sebagai campuran pada perkerasan lentur dibedakan sebagai berikut.

1. Agregat Alam

Agregat alam adalah agregat yang digunakan sebagaimana bentuknya di alam atau dengan sedikit pengolahan. Agregat alam terbentuk dari proses erosi dan degradasi. Dua bentuk agregat alam yang sering digunakan dalam campuran perkerasan jalan beton aspal adalah kerikil dan pasir.

2. Agregat Proses Pengolahan

Agregat jenis ini diperoleh melalui proses pemecahan, biasanya dengan menggunakan alat *stone crusher* dimana agregat alam yang berukuran lebih besar dipecah terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai agregat untuk konstruksi perkerasan jalan. Ciri dari agregat ini adalah sebagai berikut.

- a. Bentuk partikel bersudut.
- b. Permukaan partikel kasar yang mempunyai gesekan yang baik.
- c. Gradasi dapat disesuaikan dengan gradasi agregat yang direncanakan.

3. Agregat Buatan

Agregat ini merupakan hasil olahan atau hasil sampingan dari pabrik semen atau mesin pemecah batu (*stone crusher*) yang merupakan mineral *filler*, yaitu partikel dengan ukuran $< 0,074$ mm.

2.4 FILLER

Filler didefinisikan sebagai bahan yang berbutir halus berupa debu yang lolos saringan no.200 (0,074 mm) biasanya berupa debu batu kapur, debu dolomite atau semen. *Filler* merupakan bahan yang berbutir halus yang berfungsi sebagai bahan pengisi pada pembuatan campuran aspal (Atkins, 1997).

Manfaat penggunaan *filler* terhadap campuran perkerasan beton aspal adalah sebagai berikut.

1. Sebagai bahan pengisi pada campuran aspal, *filler* sebagai bagian dari agregat, *filler* akan mengisi rongga-rongga antar butir agregat.
2. Meningkatkan daya ikat (kohesi) beton aspal, *filler* akan menambah bidang kontak antar butir agregat sehingga akan meningkatkan mutu campuran beton aspal.
3. Memperbaiki stabilitas campuran.
4. Memperkecil penurunan/kelelahan plastis (*flow*), bila bercampur dengan aspal *filler* akan membentuk bahan pengikat yang berkonsistensi tinggi sehingga mengikat butiran lebih kuat dibandingkan tidak menggunakan *filler*.

Pemberian *filler* pada campuran aspal lapis keras akan memberikan kadar pori yang kecil karena partikel *filler* akan mengisi rongga-rongga pada campuran aspal. Butir pengisi bersama dengan aspal akan bekerja untuk mengikat agregat halus dengan mengubah nilai stabilitasnya (Bina Marga, 1987). Gradasi *filler* yang dipergunakan sebagai bahan pengisi dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Batas-batas Gradasi Menerus Agregat Campuran

Ukuran Saringan		% Berat yang Lolos
No.30	(0,590 mm)	100
No.50	(0,279 mm)	95 - 100
No.100	(0,149 mm)	90 - 100
No.200	(0,074 mm)	65 - 100

Sumber : Bina Marga, 1987

2.5 FLY ASH

Fly ash merupakan residu mineral berupa partikel halus yang dihasilkan dari pembakaran batubara yang pada umumnya banyak digunakan pada suatu pembangkit listrik. *Fly ash* akan memadat selama berada didalam gas-gas buangan pembakaran batubara dan ditangkap oleh alat berupa sistem elektrostatis presipitator (Waller, 1993).

Fly ash merupakan limbah yang belum dimanfaatkan secara optimal, sehingga tidak menutup kemungkinan akan menimbulkan masalah lingkungan karena *fly ash* mengandung limbah Bahan Buangan Beracun (B3). Secara fisik dan kimia, penjelasan mengenai karakteristik *fly ash* adalah sebagai berikut.

1. Dari segi gradasinya, jumlah persentase yang lolos saringan No.200 (0,074 mm) berkisar antara 60% - 90%, hal ini disebabkan karena ukuran partikel *fly ash* sangat halus.
2. Warna dari *fly ash* dapat bervariasi dari abu-abu sampai hitam tergantung dari jumlah kandungan karbonnya, semakin terang warnanya maka semakin rendah kandungan karbonnya.
3. *Fly ash* bersifat tahan air (*hydrophobic*).
4. Komponen utama dari *fly ash* adalah silikon (Si), aluminium (Al), besi (Fe), dan kalsium (Ca) dengan variasi kandungan karbon.

Fly ash berdasarkan komposisi kimia dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu Kelas F dan kelas C. Perbedaan antara dua macam kelas tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kandungan Mineral *Fly Ash*

Kandungan Mineral <i>Fly Ash</i>	Kelas F	Kelas C
Silikon Dioksida (SiO_2) + Aluminium Oksida (Al_2O_3) + Besi Oksida (Fe_2O_3)	70%	50%
Sulfur Trioksida (SO_3)	5%	5%
Kalsium Oksida (CaO)	1% - 12%	30% - 40%

Sumber : ASTM, 1994

Fly ash termasuk dalam kategori limbah industri yang mempunyai potensi untuk digunakan dalam konstruksi jalan raya karena *fly ash* memiliki ukuran kurang dari 0,074 mm, bahan padat yang tidak mudah larut dan tidak mudah menguap serta mengandung unsur bahan perekat sehingga dapat digunakan sebagai bahan tambah. *Fly ash* bersifat *pozzolan* (suatu sifat bahan yang memiliki sifat plastis dan mudah dibentuk, tetapi pada saat mengering bersifat keras sehingga sulit untuk deformasi) karena mengandung silika (SiO_2), besi oksida (Fe_2O_3), aluminium oksida (Al_2O_3), kalsium oksida (CaO), magnesium oksida (MgO) dan sulfat (SO_4) yang apabila ditambahkan pada aspal akan membentuk reaksi senyawa yang membuat campuran menjadi keras dan kaku (Legowo dan Sunaryo, 2003).

Pemberian bahan tambah *fly ash* ini akan terjadi peningkatan stabilitas, *density*, dan memperkecil rongga dalam campuran. Sifat *hydrophobic* dari *fly ash* memberikan daya tahan yang lebih baik untuk perkerasan terhadap terjadinya *stripping* dan *rutting*, meningkatkan *stiffness* aspal dan meningkatkan *durability* campuran (Legowo dan Sunaryo, 2003).

2.6 PERSYARATAN CAMPURAN

Suatu campuran untuk konstruksi perkerasan jalan mempunyai persyaratan untuk menghasilkan stabilitas, kenyamanan, dan keamanan yang tinggi. Persyaratan yang akan dibahas adalah mengenai Lapis Aspal Beton (LASTON) pada Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga.

Beton aspal mempunyai beberapa sifat yaitu tahan terhadap aus akibat gesekan pada lalu lintas, stabilitas tinggi, kedap terhadap air, mempunyai nilai struktural, dan peka terhadap penyimpangan. Kadar aspal dalam campuran berkisar 4,0% - 7,0%, kadar aspal yang tepat dan komposisi campuran yang optimum didasarkan pada hasil pengujian *Marshall*. Dari hasil pengujian tersebut dapat diperoleh data-data dari suatu komposisi campuran yang memenuhi persyaratan karakteristik campuran yang telah ditetapkan. Beton aspal merupakan campuran yang padat dan merata yang kekuatannya tergantung pada ikatan antar

mutu aspal, mutu agregat, dan ikatan antar agregat. Agregat yang digunakan harus mempunyai gradasi menerus dan asal yang sama.

Gradasi agregat untuk campuran harus memenuhi persyaratan, yang penjelasannya pada Tabel 2.3 sedangkan persyaratan karakteristik campuran untuk beton aspal pada Tabel 2.4 dan Tabel 2.5 pada halaman selanjutnya.

Tabel 2.3 Batas-batas Gradasi Menerus Agregat Campuran

No.Campuran	I	II	III	IV	IX
Gradasi	Kasar	Kasar	Rapat	Rapat	Rapat
Ukuran Saringan	% Berat yang Lolos Saringan				
1"	-	-	-		100
3/4"	-	100	-	100	85 - 100
1/2"	100	75 - 100	100	80 - 100	-
3/8"	75 - 100	60 - 85	80 - 100	70 - 90	65 - 85
No.4	35 - 55	35 - 55	55 - 75	50 - 70	45 - 65
No.8	20 - 35	20 - 35	35 - 50	35 - 50	34 - 54
No.30	10 - 22	10 - 22	18 - 29	18 - 29	20 - 35
No.50	6 - 16	6 - 16	13 - 23	13 - 23	16 - 26
No.100	4 - 12	4 - 12	8 - 16	8 - 16	10 - 18
No.200	2 - 8	2 - 8	4 - 10	4 - 10	5 - 10

Sumber : Bina Marga, 1987

Tabel 2.4 Batas-batas Gradasi Menerus Agregat Campuran

Jenis Pemeriksaan	Kepadatan L.L		
	Berat	Sedang	Ringan
Stabilitas (kg)	750	650	460
Flow (mm)	2 - 4	2 - 4,5	2 - 5
% Rongga Dalam Campuran (VITM)	3 - 5	3 - 5	3 - 5
% Rongga Terisi Aspal (VFWA)	75 - 82	75 - 85	75 - 85
Jumlah Tumbukan	2 x 75	2 x 50	2 x 35

Sumber : Bina Marga, 1987

Tabel 2.5 Persyaratan Campuran Lapis Aspal Beton

Sifat Campuran	L.L. Berat (2 x 75 tumbukan)		L.L. Sedang (2 x 50 tumbukan)		L.L. Ringan (2 x 35 tumbukan)	
	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
Stabilitas (kg)	550	-	450	-	350	-
<i>Flow</i> (mm)	2	4	2	4,5	2	5
Stabilitas / <i>Flow</i> (kg/mm)	200	350	200	350	200	350
Rongga dalam campuran (%)	3	5	3	5	3	5
Rongga dalam agregat (%)	LIHAT TABEL 2.6					
Indeks Perendaman (%)	75	-	75	-	75	-

Sumber : Bina Marga,1987

Persyaratan minimum untuk rongga dalam agregat pada campuran lapis aspal beton dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.6 Persyaratan Campuran Lapis Aspal Beton

Ukuran Maksimum Nominal Agregat		Persentase Minimum Rongga Dalam Agregat
No.16	1,18 mm	23,5
No. 8	2,36 mm	21,0
No. 4	4,75 mm	18,0
3/8 inch	9,50 mm	16,0
1/2 inch	12,50 mm	15,0
3/4 inch	19,00 mm	14,0
1 inch	25,00 mm	13,0
1 1/2 inch	37,50 mm	12,0
2 inch	50,00 mm	11,5
2 1/2 inch	63,00 mm	11,0

Sumber : Bina Marga, 1987

2.7 SUHU CAMPURAN ASPAL

Suhu campuran aspal yang dipakai sebagai acuan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia adalah sebagai berikut.

1. Suhu pemanasan aspal : 135 – 150 °C
2. Suhu pemanasan agregat : 150 – 170 °C
3. Suhu pencampuran : 140 – 160 °C

2.8 PENELITIAN TERDAHULU

Sebayang (2005) dalam penelitiannya yang berjudul Pemanfaatan Limbah Batubara (*Fly Ash*) Untuk Bahan Pasta Dalam Campuran Beraspal Semi Lentur menjelaskan bahwa stabilitas campuran beraspal sangat tergantung dari kuat tekan

pasta. Kecenderungan semakin menurunnya kuat tekan pasta tersebut seiring dengan penambahan kadar *fly ash* dalam pasta tersebut. Berdasarkan hasil penelitian terhadap *fly ash* sebagai bahan pasta menunjukkan semakin tinggi kadar *fly ash* dalam pasta, maka nilai stabilitas *Marshall* dan modulus kekakuan akan menurun, sedangkan laju deformasi akan semakin tinggi.

Utama (2006) dalam penelitiannya yang berjudul Pengaruh Penggunaan Belerang Pada Campuran Aspal Beton Panas Lapis Permukaan Perkerasan Lentur menjelaskan bahwa penambahan belerang pada campuran beton aspal bisa meningkatkan kualitas campuran beton aspal dibandingkan dengan tanpa menggunakan bahan tambah belerang. Penggunaan belerang tersebut dapat meningkatkan nilai VFWA, *Marshall Quotient*, dan indeks perendaman serta dapat mengurangi nilai VITM, *flow*, dan VMA. Penambahan belerang pada campuran beton aspal ternyata memperkecil nilai kepadatan sehingga lebih efektif dalam penggunaan jumlah aspal.

2.9 KONSTRUKSI PERKERASAN JALAN

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang terletak diatas tanah asli (*sub grade*) yang telah dipadatkan dan berfungsi untuk memikul beban dan meneruskannya ke lapisan tanah dasar, sehingga tanah tidak menerima tekanan yang lebih besar dari daya dukungnya. Pada umumnya untuk konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) tersusun atas tiga bagian, dengan kualitas bahan semakin keatas semakin baik dan memiliki fungsi yang lebih jelasnya adalah sebagai berikut.

1. Lapisan pondasi bawah (*sub base course*), merupakan lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Lapisan ini berfungsi sebagai berikut.
 - a. Menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
 - b. Mencegah partikel halus tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.
 - c. Sebagai lapis peresapan agar air tidak berkumpul di pondasi.

- d. Efisiensi penggunaan material karena material pondasi bawah relatif lebih murah dibandingkan dengan lapis perkerasan di atasnya dan mengurangi tebal lapis di atasnya yang lebih mahal.
- 2. Lapis pondasi atas (*base course*), merupakan lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Lapis ini berfungsi sebagai berikut.
 - a. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan dibawahnya.
 - b. Lapis peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
 - c. Bantalan terhadap lapisan permukaan.
- 3. Lapis permukaan (*surface course*), merupakan lapis perkerasan yang terletak paling atas. Lapis ini berfungsi sebagai berikut.
 - a. Lapis perkerasan yang memiliki stabilitas tinggi untuk menahan beban roda.
 - b. Sebagai lapis kedap air sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan dibawahnya.
 - c. Sebagai lapis aus (*wearing course*) akibat gaya gesekan roda kendaraan dan pengaruh cuaca.
 - d. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawahnya.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap campuran aspal, agregat, dan bahan tambah *fly ash* untuk lapisan permukaan (*surface course*).

2.10 KARAKTERISTIK CAMPURAN

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran beton aspal diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Stabilitas (*Stability*).
2. Keawetan (*Durability*).
3. Kelenturan (*Flexibility*).

2.10.1 Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas lapisan perkerasan jalan mempunyai pengertian sebagai kemampuan dari suatu jenis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk permanen. Perubahan tersebut dapat berupa alur,

bergelombang ataupun *bleeding*. Stabilitas terjadi dari hasil gesekan antar butir, penguncian antar partikel, dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal.

Stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan bahan-bahan konstruksi perkerasan yang memenuhi persyaratan Bina Marga, seperti dibawah ini.

1. Agregat dengan gradasi yang rapat (*dense graded*).
2. Agregat dengan permukaan yang kasar (*rough*).
3. Agregat berbentuk kubus (kubikal).
4. Aspal dengan penetrasi rendah.
5. Pemakaian aspal pada kadar aspal optimum untuk ikatan antar butir agregat.

2.10.2 Keawetan (*Durability*)

Durabilitas merupakan kemampuan lapisan permukaan untuk menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air, perubahan temperatur, akibat beban kendaraan, dan gesekan roda kendaraan. Lapis perkerasan dapat berubah karena oksidasi dan pelapukan yang disebabkan terutama oleh pengaruh air dan cuaca.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis beton aspal, yaitu sebagai berikut.

1. VITM (*Void In the Total Mix*).
2. VFWA (*Void filled With Asphalt*).

2.10.3 Kelenturan (*Flexibility*)

Fleksibilitas pada lapis perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Faktor-faktor yang mempengaruhi fleksibilitas adalah sebagai berikut.

1. Gradasi campuran.
2. Jenis penetrasi aspal.
3. Jumlah aspal yang digunakan.

2.11 SYARAT-SYARAT KEKUATAN STRUKTURAL

Konstruksi perkerasan jalan dipandang dari segi kemampuan mendukung dan menyebarkan beban, konstruksi perkerasan jalan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut.

1. Ketebalan yang cukup, sehingga mampu menyebarkan beban atau muatan lalu lintas.
2. Kedap air, sehingga air tidak meresap ke lapisan dibawahnya.
3. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh diatasnya dapat dengan mudah mengalir.
4. Memiliki stabilitas yang cukup dan dapat mendukung beban lalu lintas tanpa terjadi deformasi atau bergelombang.
5. Tidak terjadi keretakan akibat beban lalu lintas.
6. Campuran aspal harus memiliki keawetan yang cukup tinggi dan tidak mudah lapuk akibat beban lalu lintas maupun cuaca.

2.12 SPESIFIKASI CAMPURAN

Campuran aspal pada penelitian ini adalah campuran untuk lapis atas AC dengan agregat gradasi menerus. Spesifikasi berdasarkan pada peraturan Bina Marga, seperti pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Spesifikasi Campuran Aspal Beton

No.	Jenis Pemeriksaan	Lalu Lintas Berat
1	Stabilitas (kg)	550
2	<i>Flow</i> (mm)	2 - 4
3	VITM (%)	3 - 5
4	VFWA(%)	-
5	<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	200 - 350
6	Jumlah tumbukan	2 x 75

Sumber : Bina Marga, 1987

2.13 BAHAN PENYUSUN

Bahan penyusun utama dari suatu perkerasan campuran beton aspal terdiri dari beberapa hal, yaitu aspal keras, agregat halus, agregat kasar dan *filler* (jika diperlukan).

2.13.1 Aspal

Pada penelitian ini digunakan aspal AC penetrasi 60/70, persyaratan AC 60/70 ditunjukkan pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Persyaratan AC 60/70, Spesifikasi Bina Marga

No.	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Syarat		Satuan
			Min	Maks	
1	Penetrasi (25°C, 5 detik)	PA. 0301-76	60	79	0,1 mm
2	Titik Lembek	PA. 0302-76	48	58	°C
3	Titik Nyala	PA. 0303-76	200	-	°C
4	Kelarutan CCL ₄	PA. 0305-76	99	-	% berat
5	Daktilitas (25°C, 5 cm/menit)	PA. 0306-76	100	-	cm
6	Berat Jenis	PA. 0307-76	1	-	-

Sumber : Bina Marga, 1987

2.13.2 Agregat

Sifat-sifat dari agregat harus diketahui lebih dahulu sebelum agregat tersebut digunakan sebagai bahan dasar konstruksi perkerasan. Hal ini dilakukan karena sifat material berpengaruh terhadap kekuatan konstruksi perkerasan. Sifat-sifat agregat pada umumnya ditinjau dari ukuran butiran, gradasi, kebersihan, kekerasan, bentuk butiran, kemampuan penyerapan, dan permukaan butiran agregat.

Agregat dan gradasi agregat hasil analisa saringan yang dipakai harus memenuhi persyaratan spesifikasi gradasi, yang selengkapnya terdapat pada Tabel 2.9, Tabel 2.10, dan Tabel 2.11.

Tabel 2.9 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Kasar

No.	Jenis Pemeriksaan	Syarat
1	Keausan dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	$\leq 40 \%$
2	Kelekatan terhadap aspal	$\geq 95 \%$
3	Peresapan agregat terhadap air	$\leq 3,0 \%$
4	Berat jenis agregat kasar	$\geq 2,5$

Sumber : Bina Marga, 1987

Tabel 2.10 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Halus

No.	Jenis Pemeriksaan	Syarat
1	Nilai <i>Sand Equivalent</i>	$\geq 50 \%$
2	Peresapan agregat terhadap air	$\leq 3,0 \%$
3	Berat jenis agregat halus	$\geq 2,5$

Sumber : Bina Marga, 1987

Tabel 2.11 Persyaratan Spesifikasi Gradasi Agregat Tipe IV Bina Marga

Ukuran Saringan		Persentase Lolos
Inch	mm	(%)
# 3/4	19,10	100
# 1/2	12,70	10-100
# 3/8	9,250	70-90
# 4	4,760	50-70
# 8	2,380	35-50
# 30	0,590	18-29
# 50	0,279	13-23
# 100	0,148	8-16
# 200	0,075	4-10

Sumber : Bina Marga, 1987

2.13.3 Bahan Tambah

Sebagai bahan tambah dalam campuran perkerasan, digunakan *fly ash* dengan kadar 2,0%, 3,0%, 4,0%, 5,0%, dan 6,0% terhadap berat kadar aspal optimum. *Fly ash* ini dianggap mempunyai daya ikat yang kuat yang diharapkan dapat memperkuat campuran aspal.

2.14 PEMERIKSAAN CAMPURAN ASPAL DENGAN METODE MARSHALL

Pemeriksaan campuran dengan metode *Marshall* bertujuan untuk menentukan nilai-nilai sebagai berikut.

2.14.1 Stabilitas

Stabilitas adalah beban yang dapat ditahan oleh campuran beton aspal sampai terjadi kelelahan plastis. Naiknya stabilitas bersamaan dengan bertambahnya kadar aspal pada batas tertentu (optimum) dan akan turun setelah melampaui batas optimum tersebut, hal ini karena aspal sebagai bahan ikat antara agregat yang dapat menjadi pelicin setelah melebihi batas optimum. Stabilitas dapat dihitung dengan persamaan (2.1) berikut.

$$S = O \times K_m \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan :

S = nilai stabilitas

O = nilai pembacaan arloji stabilitas pada alat uji *Marshall*

K_m = angka kalibrasi pada alat uji *Marshall*

Agar didapat konstruksi yang ekonomis maka kestabilan harus disesuaikan dengan kebutuhan. Nilai kestabilan untuk lalu lintas yang tinggi maka diperlukan kestabilan yang tinggi pula, sehingga bahan pendukungnya dari bahan yang bermutu dan berkelas tinggi pula.

Stabilitas terjadi akibat adanya tahanan geser antar butir, saling mengunci antar agregat (*interlocked*), dan daya ikat yang baik dari lapis aspal. Stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan penggunaan agregat gradasi menerus, agregat

dengan permukaan yang kasar, dan aspal dengan penetrasi rendah serta jumlah aspal yang cukup.

2.14.2 *Flow*

Flow menyatakan besarnya penurunan (deformasi benda uji) campuran dengan kelelahan tinggi serta stabilitas yang rendah diatas batas maksimum akan cenderung bersifat plastis. Tetapi bila campuran dengan angka kelelahan rendah dan stabilitas yang tinggi dibawah batas optimum maka akan cenderung bersifat getas dan mudah retak bila adanya pembebanan. Nilai *flow* diperoleh dari pembacaan pada alat uji *Marshall*.

2.14.3 VITM (*Void In the Total Mix*)

VITM adalah persentase dari rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan. VITM dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.2) dan (2.3) berikut.

$$VITM = 100 - \left(100 \times \frac{g}{h} \right) \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

$$h = \frac{100}{\left[\frac{\%Agregat}{BJ.Agregat} + \frac{\%Aspal}{BJ.Asfal} \right]} \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan :

g = *density*

h = berat jenis maksimum

Nilai VITM akan semakin kecil apabila kadar aspal semakin besar, VITM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan semakin cepat, berupa alur retak (Sukirman, 1993).

2.14.4 VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

VFWA adalah persentase rongga dalam campuran yang terisi aspal, yang nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, dimana rongga telah penuh. Hal ini berarti bila rongga dalam campuran telah terisi penuh oleh aspal, maka nilai persentase kadar aspal yang mengisi rongga adalah

persentase kadar maksimum. Nilai VFWA dapat dihitung dengan persamaan-persamaan berikut.

1. Persentase aspal terhadap campuran

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan :

a = persentase aspal terhadap batuan

b = persentase aspal terhadap campuran

2. Persentase rongga terhadap agregat

$$i = \frac{b \times g}{BJ.Aspal} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{BJ.Agregat} \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

$$l = 100 - j \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

dengan :

b = persentase aspal terhadap campuran

g = *density*

l = rongga terhadap agregat

Dari rumus-rumus pada halaman sebelumnya, dapat dihitung nilai VFWA sebagai berikut :

$$VFWA = \left[100 \times \frac{i}{l} \right] \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

2.14.5 Marshall Quotient

Marshall Quotient adalah perbandingan antara stabilitas dengan nilai *flow*, seperti tercantum pada persamaan (2.9) berikut.

$$S = \frac{q}{r} \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

dengan :

S = *Marshall Quotient* (kg/mm)

q = stabilitas (kg)

r = *flow* (mm)

Nilai *Marshall Quotient* (MQ) pada perencanaan perkerasan dengan nilai metode *Marshall* digunakan sebagai nilai pendekatan fleksibilitas perkerasan. Fleksibilitas akan naik akibat penambahan kadar aspal dan akan turun setelah sampai pada batas optimum yang disebabkan oleh berubahnya fungsi aspal dari pengikat menjadi pelicin. Spesifikasi didapat berdasarkan spesifikasi stabilitas dan *flow*.

2.15 UJI PERENDAMAN MARSHALL (*IMMERSION TEST*)

Hasil perhitungan indeks tahanan campuran aspal adalah persentase nilai stabilitas campuran yang direndam selama 24 jam dengan pengujian *Immersion Test* (S_1) yang dibandingkan dengan stabilitas campuran biasa (S_2), seperti tercantum pada persamaan (2.10).

$$\text{Index of Retained Strength} = \frac{S_1}{S_2} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

dengan :

S_1 = stabilitas setelah direndam selama 24 jam

S_2 = stabilitas sebelum rendaman

Apabila indeks tahanan campuran lebih atau sama dengan 75%, maka campuran tersebut dapat dikatakan memiliki tahanan yang cukup memuaskan dari kerusakan akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 METODE PENELITIAN

Metode Penelitian merupakan bagian penting guna memperoleh hasil dari upaya penelitian secara keseluruhan. Kualitas penelitian yang dihasilkan tergantung pada metode penelitian yang dipilih. Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental kausal baik saat pengambilan data ataupun penganalisisan data. Jenis penelitian eksperimental kausal adalah metode penelitian yang bersifat sebab akibat yaitu mempersoalkan adanya variabel bebas dan tidak bebas. Variabel bebas yang dimaksud adalah persentase volume *fly ash* sedangkan variabel tidak bebas adalah karakteristik *Marshall* terutama stabilitas, durabilitas, dan kelenturan.

3.2 METODE PENGAMBILAN SAMPEL

Dalam penelitian ini, sampel *fly ash* yang dipakai pada penelitian ini didapatkan dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Indo Pusaka yang berlokasi di Kalimantan Timur. Pengambilan sampel *fly ash* dengan menggunakan alat elektrostatis presipitator yang dikumpulkan dalam suatu wadah untuk selanjutnya dibawa dan diteliti di laboratorium. Agregat yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari daerah Celereng, Kulon Progo dan aspal yang digunakan diperoleh dari PT. Pertamina, Cilacap.

Pada penelitian ini pengambilan sampel dilakukan secara *nonprobability sampling*. Hal ini dilakukan karena keterbatasan penyusun, baik waktu, tenaga, dan biaya penyusun. Oleh karenanya sampel yang diambil tidak dapat dikatakan sebagai sampel yang mewakili, sehingga sulit apabila dipergunakan untuk melakukan generalisasi diluar sampel yang diteliti. Maka dari itu, untuk mendapatkan perkiraan yang baik harus mempunyai sampel yang dapat mewakili populasi (*representative*).

Dalam penelitian ini pengambilan sampel termasuk dalam kelompok *purposive sampling*, sedangkan untuk arti dari *purposive sampling* adalah pengambilan sampel yang berdasarkan tujuan. Pada cara ini, siapa yang akan diambil sebagai anggota sampel diserahkan pada pertimbangan penyusun selaku pengumpul data yang berdasarkan atas pertimbangannya sesuai dengan maksud dan tujuan penelitian (Sukandarumidi, 2006).

3.3 METODE PENGAMBILAN DATA

Metode dan pengambilan data dilakukan melalui beberapa prosedur untuk mendapatkan suatu kesimpulan dari hasil pengolahan atau analisis data-data yang diperoleh. Pada penelitian ini, data diperoleh dengan cara melakukan pengujian-pengujian di laboratorium.

Urutan penelitian yang dilakukan di laboratorium terdiri dari tiga tahap, penjelasannya adalah sebagai berikut.

1. Tahap pertama untuk mencari Kadar Aspal Optimum (KAO).
2. Tahap kedua untuk mencari kadar *fly ash* optimum pada KAO.
3. Tahap ketiga adalah pembuatan sampel campuran beton aspal dengan *fly ash* optimum pada KAO untuk pengujian terhadap durabilitas dengan uji perendaman *Marshall*.

Pengujian sampel dilakukan di laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Pemeriksaan bahan.
2. Persiapan alat.
3. Langkah-langkah penelitian.
4. Pengujian *Marshall Standart*.
5. Pengujian Perendaman *Marshall (Immersion Test)*.

3.3.1 Pemeriksaan Bahan

Persyaratan teknis bahan menggunakan spesifikasi Bina Marga, 1987. Adapun pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pemeriksaan Agregat.

Agregat merupakan salah satu komponen utama dari lapis perkerasan jalan karena akan berpengaruh terhadap daya dukung, keawetan, dan mutu dari suatu perkerasan jalan. Adapun untuk mengetahui kualitas agregat dilakukan dengan cara pemeriksaan-pemeriksaan sebagai berikut.

a. Pemeriksaan Keausan Agregat.

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Keausan tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus yang lolos saringan No.12 terhadap berat semula dalam bentuk persen. Prosedur pemeriksaan mengikuti PB-0206-76.

b. Pemeriksaan Berat Jenis.

Pemeriksaan ini adalah perbandingan antara berat agregat dengan berat air. Pemeriksaan bertujuan untuk menentukan berat jenis (*bulk specific gravity*), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*), berat jenis semu (*apparent specific gravity*), dan penyerapan agregat. Besarnya berat jenis sangat penting dalam perencanaan campuran karena pada umumnya lapis perkerasan direncanakan berdasarkan perbandingan berat dalam menentukan banyaknya pori. Prosedur pemeriksaan mengikuti PB-0202-76 untuk agregat kasar dan PB-0203-76 untuk agregat halus.

c. Pemeriksaan Agregat Terhadap Air.

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui besarnya penyerapan agregat terhadap air. Air yang sudah diserap oleh agregat sukar untuk dihilangkan seluruhnya walaupun melalui proses pengeringan, sehingga hal ini akan mempengaruhi daya lekat aspal dengan agregat. Prosedur pemeriksaan mengikuti PB-0205-76.

d. Pemeriksaan Kelekatan Terhadap Aspal.

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal adalah persentase luas permukaan batuan yang terselimuti aspal terhadap keseluruhan luas permukaan. Prosedur pemeriksaan mengikuti PB-0205-76.

e. Pemeriksaan *Sand Equivalent*.

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kadar debu, lumpur atau bahan yang menyerupai lempung pada agregat halus. Lempung dapat mempengaruhi mutu campuran agregat dengan aspal, karena lempung akan membungkus partikel agregat sehingga menyebabkan ikatan antara agregat dengan aspal menjadi berkurang dan berpengaruh terhadap kekuatan perkerasan. Prosedur pemeriksaan mengikuti AASHTO T-176.

2. Pemeriksaan Aspal.

Sifat-sifat aspal harus selalu diperiksa agar memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan agar dapat digunakan sebagai bahan pengikat perkerasan jalan. Pemeriksaan yang dilakukan terhadap aspal yang dipakai adalah sebagai berikut.

a. Pemeriksaan Penetrasi.

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan tingkat kekerasan aspal keras atau lembek, dengan cara menusuk jarum dengan pembebanan tertentu pada waktu tertentu kedalam bitumen pada suhu tertentu. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0301-76.

b. Pemeriksaan Titik Lembek.

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan temperatur aspal pada saat mulai mengalami kelembekan atau mencapai tingkat viskositas yang rendah, hal ini dapat diketahui dengan melihat suhu pada saat bola baja dengan berat tertentu mendesak turun suatu lapisan aspal yang tertekan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak dibawah cincin pada ketinggian tertentu sebagai akibat dari kecepatan pemanasan tertentu. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0302-76.

c. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar.

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan suhu pada saat terjadi nyala singkat pada suatu titik diatas permukaan aspal dan menentukan suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu permukaan aspal. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0303-76.

d. Pemeriksaan Daktilitas.

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui nilai elastisitas aspal dengan cara mengukur jarak terpanjang aspal apabila aspal yang diletakkan pada dua cetakan pada suhu 25°C ditarik dengan kecepatan 25^{mm}/detik sampai aspal tersebut putus. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0306-76.

e. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal.

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis bitumen keras dengan menggunakan vicnometer dengan cara perbandingan antara bitumen dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0307-76.

f. Pemeriksaan Kelarutan Aspal dalam CCL₄.

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan jumlah bitumen yang dapat larut dalam *carbon tetra chloride*. Jumlah bitumen yang larut pada CCL₄ menyatakan nilai kemurnian aspal. Prosedur pemeriksaan mengikuti PA-0305-76.

3.3.2 Persiapan Alat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Alat tekan *Marshall* yang terdiri sebagai berikut.

- a. Kepala penekan yang berbentuk lengkung (*breaking head*).
- b. Cincin penguji yang berkapasitas 2500 kg (5000 pound) dengan ketelitian 12,5 kg (25 pound) dilengkapi arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 cm.

- c. Arloji penunjuk kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm (0,01”) dengan perlengkapannya.
- 2. Cetakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm (4”) dan tinggi 7,5 cm (3”) dilengkapi dengan pelat atas dan leher sambung.
- 3. *Ejector*, alat untuk mengeluarkan benda uji yang telah dipadatkan dari cetakan.
- 4. *Oven*, alat untuk memanaskan bahan yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai 200°C.
- 5. *Compactor*, alat penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg (10 pound) dan tinggi jatuh beban 45,7 cm (18”).
- 6. Bak perendam (*waterbath*), dilengkapi dengan pengatur suhu minimum 20°C.
- 7. Perlengkapan-perengkapan lainnya, seperti :
 - a. panci-panci untuk memanasi agregat, aspal, dan campuran aspal,
 - b. pengukur suhu dari logam (*metal thermometer*) berkapasitas 250°C dan 100°C,
 - c. timbangan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 0,1 gram,
 - d. spatula,
 - e. sarung tangan karet,
 - f. sendok pengaduk,
 - g. kompor,
 - h. perlengkapan lainnya.

3.3.3 Langkah-langkah Penelitian

Bahan-bahan untuk penelitian ini terdiri dari kombinasi agregat halus, agregat kasar, dan aspal. Bahan tersebut diuji terlebih dahulu sebelum digunakan untuk pembuatan campuran aspal. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat bahan, apakah telah memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan ataukah tidak. Pengujian ini berpedoman pada metode AASHTO dan Bina Marga.

Setelah pengujian awal selesai, dilanjutkan proses penyaringan terhadap berbagai jenis agregat dengan saringan sebanyak sembilan buah dan pan. Spesifikasi saringan yang dipakai dapat dilihat pada Tabel 2.9 sampai dengan

Tabel 2.11, setelah dilakukan penyaringan kemudian dilanjutkan dengan penimbangan dengan berat tertentu untuk masing-masing ukuran saringan dan jenis agregat sesuai dengan gradasi yang telah ditentukan dalam spesifikasi.

Pada penelitian ini dibuat 42 benda uji, dimana tiap-tiap benda uji (*triplo*) dan variasi komposisi diberi penandaan/tanda pengenal. Adapun perinciannya adalah sebagai berikut.

1. Untuk mencari Kadar Aspal Optimum (KAO), dibuat 5 variasi aspal (4,0% ; 4,5 % ; 5,0% ; 5,5% ; 6,0%). Total benda uji adalah 15 buah benda uji.
2. Untuk mencari kadar *fly ash* optimum pada KAO, dibuat 5 variasi (2,0% ; 3,0% ; 4,0% ; 5,0% ; 6,0%). Total benda uji adalah 15 buah benda uji.
3. Untuk mencari nilai *Immersion* pada KAO dengan dan tanpa *fly ash*. Total benda uji adalah 12 buah benda uji.

Sehingga total benda uji pada penelitian ini adalah 42 benda uji. Jumlah berat campuran untuk masing-masing benda uji sebesar 1200 gram, sedangkan untuk masing-masing agregat dan aspal tergantung dari variasi kadar aspal yang dipakai pada penelitian.

1. Campuran Aspal Biasa

Pada penelitian ini metode pencampuran dilakukan untuk mencari nilai kadar aspal optimum. Agregat yang telah disiapkan kemudian dipanaskan pada suhu 140°C dan sebisa mungkin dilakukan pemanasan yang merata. Setelah agregat panas, kemudian dicampurkan dengan aspal panas pada suhu 140°C yang beratnya sesuai dengan variasi yang telah ditentukan. Setelah agregat dan aspal bercampur, kemudian dilakukan pengadukan sampai campuran tersebut merata. Hal lain, disiapkan cetakan benda uji yang sebelumnya telah dibersihkan dari kotoran dan diberi sedikit vaselin kemudian cetakan benda uji dipanaskan didalam oven dengan maksud agar penurunan suhu campuran tidak terlalu cepat.

Setelah suhu campuran telah mencapai 140°C serta agregat dan aspal telah bercampur merata, masukkan campuran tersebut kedalam cetakan benda uji. Setiap sepertiga bagian campuran yang masuk kedalam cetakan, ditusuk-tusuk menggunakan spatula sebanyak 15 kali dibagian tepi dan 10 kali dibagian tengah

dengan maksud agar benda uji tidak terlalu berongga. Selanjutnya benda uji dipadatkan dengan menggunakan alat penumbuk sebanyak 75 kali (bolak-balik), sehingga satu buah benda uji dilakukan penumbukan sebanyak 150 kali.

Setelah pemadatan selesai, benda uji didinginkan, dan kemudian dikeluarkan dari cetakan dengan menggunakan alat bantu *ejector*. Benda uji tersebut kemudian dilakukan serangkaian pengujian untuk mendapatkan data-data hasil penelitian.

2. Campuran Aspal dengan *Fly Ash*

Aspal dipanaskan pada suhu 140°C, kemudian ditimbang sesuai dengan kadar aspal optimum yang telah ditentukan. Setelah itu *fly ash* yang telah bersih dicampurkan kedalam aspal yang beratnya sesuai dengan variasi yang telah ditentukan. Aspal dan *fly ash* kemudian dipanaskan sampai tercampur merata pada suhu 140°C, setelah itu campuran tersebut dimasukkan kedalam cetakan benda uji.

Setiap sepertiga bagian campuran yang masuk kedalam cetakan, ditusuk-tusuk menggunakan spatula sebanyak 15 kali dibagian tepi dan 10 kali dibagian tengah dengan maksud agar benda uji tidak terlalu berongga. Selanjutnya benda uji dipadatkan dengan menggunakan alat penumbuk sebanyak 75 kali (bolak-balik), sehingga satu buah benda uji dilakukan penumbukan sebanyak 150 kali.

Setelah pemadatan selesai, benda uji didinginkan, dan kemudian dikeluarkan dari cetakan dengan menggunakan alat bantu *ejector*. Benda uji tersebut kemudian dilakukan serangkaian pengujian untuk mendapatkan data-data hasil penelitian.

3.3.4 Pengujian *Marshall Standart*

Pengujian terhadap campuran dilakukan menggunakan metode *Marshall*, penjelasannya adalah sebagai berikut.

1. Benda uji dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel.
2. Pada masing-masing benda uji diberi tanda pengenal.

3. Mengukur ketinggian benda uji tiga kali pada tempat yang berbeda, lalu dirata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm.
4. Benda uji ditimbang untuk mengetahui berat keringnya.
5. Direndam didalam air selama 20-24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air.
6. Setelah benda uji menjadi jenuh kemudian ditimbang dalam air.
7. Benda uji dilap permukaannya kemudian ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*).
8. Benda uji direndam kedalam *waterbath* dengan suhu 60°C selama 0,5 jam.
9. Kepala penekan benda uji dibersihkan terlebih dahulu dan permukaan diberi vaselin untuk memudahkan melepas benda uji.
10. Arloji kelelahan (*flow meter*) dipasang pada posisi diatas salah satu batang penuntun (*guide rod*).
11. Kepala penekan (*test head*) benda uji dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur pada kedudukan arloji tekan pada angka nol.
12. Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit, sehingga pembebanan maksimum tercapai. Pada saat arloji pembebanan berhenti maka dimulai kembali berputar menurun, maka dibaca arloji kelelehannya.
13. Setelah pembebanan selesai, benda uji dikeluarkan dari alat uji.
14. Hasil dapat diketahui dari proses perhitungan selanjutnya.

3.3.5 Pengujian Perendaman *Marshall* (*Immersion Test*)

Pengujian ini dilakukan hampir sama dengan uji *Marshall Standart*, hal yang membedakan hanya terletak pada lama perendaman yang dilakukan dalam *waterbath*. Pada uji perendaman *Marshall* ini lama perendaman selama 24 jam dengan suhu 60°C. Adapun cara pengujian adalah sebagai berikut.

1. Benda uji dibersihkan dari bahan-bahan lain.
2. Pada masing-masing benda uji diberi tanda pengenal.
3. Mengukur ketinggian benda uji tiga kali pada tempat yang berbeda, lalu dirata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm.
4. Benda uji ditimbang untuk mengetahui berat keringnya.

5. Direndam didalam air selama 20-24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air.
6. Setelah benda uji menjadi jenuh kemudian ditimbang dalam air.
7. Benda uji dilap permukaannya kemudian ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*).
8. Benda uji direndam kedalam *waterbath* dengan suhu 60°C selama 24 jam.
9. Kepala penekan benda uji dibersihkan terlebih dahulu dan permukaan diberi vaselin untuk memudahkan melepas benda uji.
10. Arloji kelelahan (*flow meter*) dipasang pada posisi diatas salah satu batang penuntun (*guide rod*).
11. Kepala penekan (*test head*) benda uji dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur pada kedudukan arloji tekan pada angka nol.
12. Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit, sehingga pembebanan maksimum tercapai. Pada saat arloji pembebanan berhenti maka dimulai kembali berputar menurun, maka dibaca arloji kelelehannya.
13. Setelah pembebanan selesai, benda uji dikeluarkan dari alat uji.
14. Hasil dapat diketahui dari proses perhitungan selanjutnya.

3.4 ANALISIS DATA

Analisis data merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan penelitian. Analisis data yang benar, dengan menggunakan suatu cara perhitungan data yang benar, akan menghasilkan suatu hasil yang dapat dipertanggungjawabkan. Pengumpulan data dilakukan di laboratorium. Pada pelaksanaannya, karena sulitnya pengolahan data secara manual dan tersedianya perangkat lunak komputer untuk memudahkan pengolahan data, maka penyusun menggunakan bantuan program Microsoft Excel sebagai pengolah data. Penggunaan suatu analisis pengolahan data harus disesuaikan dengan data yang didapatkan, karena itu pada penelitian ini data pengujian di laboratorium disesuaikan dengan metode analisis yang digunakan. Setelah itu dilakukan pengolahan data dengan cara menginput data ke dalam program Microsoft Excel, sehingga diperoleh suatu kesimpulan penelitian.

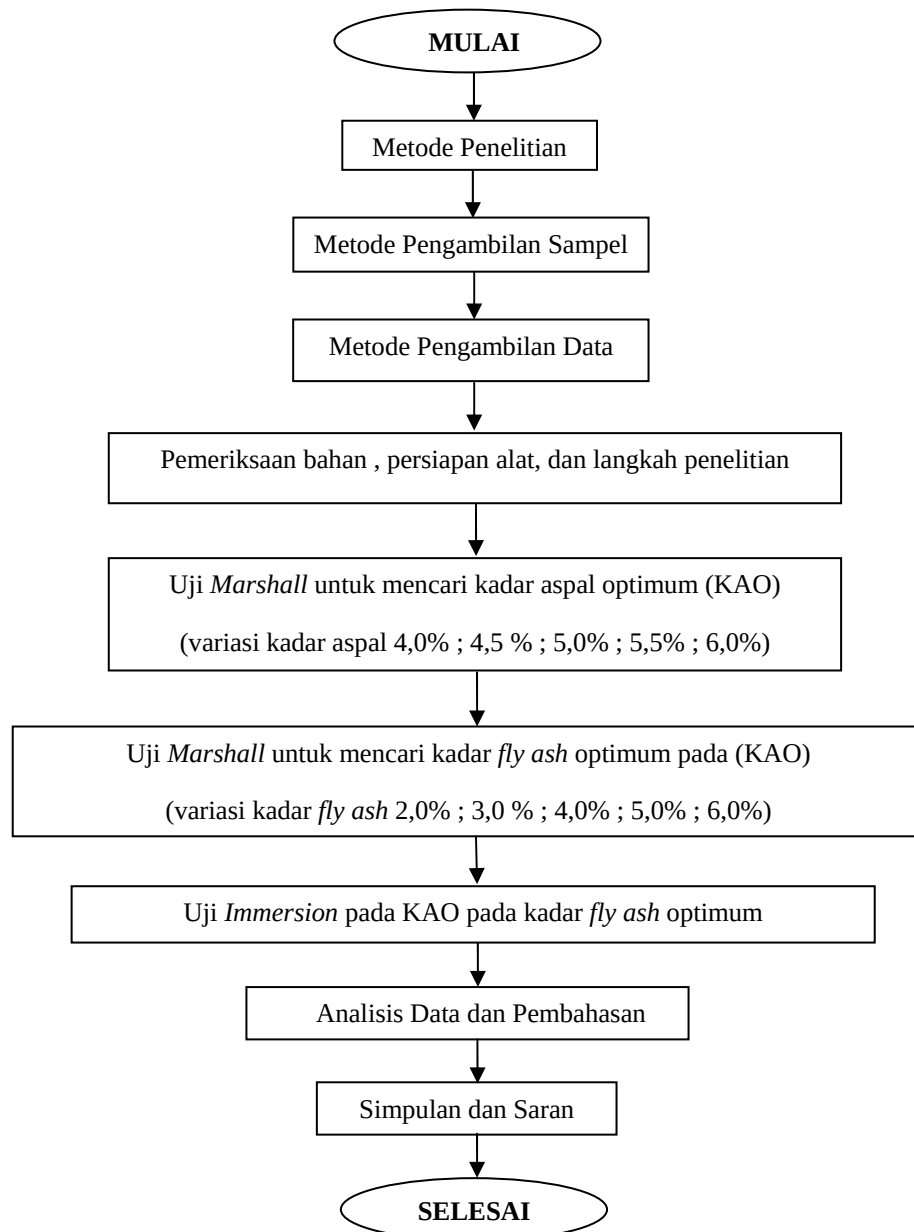
Diharapkan dari hasil penelitian ini, *fly ash* dapat digunakan sebagai bahan tambah untuk campuran beton aspal. Berdasarkan karakteristik *Marshall* (stabilitas, *flow*, VITM, VFWA, *Marshall Quotient*, dan *Immersion Test*) penambahan *fly ash* dapat memenuhi persyaratan Bina Marga, dimana dengan bertambahnya persentase pemakaian kadar *fly ash* pada campuran beton aspal maka bertambah tinggi nilai-nilai karakteristik *Marshall*.

Secara umum analisis data dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Melakukan analisis terhadap sifat-sifat fisik bahan sampel uji penelitian.
2. Apabila telah memenuhi spesifikasi Bina Marga, dilanjutkan sampel uji dengan dan tanpa *fly ash* dengan persentase kadar aspal yang bervariasi.
3. Melakukan pengujian terhadap sampel uji berdasarkan karakteristik *Marshall*.
4. Melakukan analisis pengaruh hubungan antara kadar aspal dengan nilai karakteristik *Marshall*.
5. Melakukan analisis mencari Kadar Aspal Optimum (KAO).
6. Analisis mencari kadar *fly ash* optimum pada KAO.
7. Menyimpulkan hasil penelitian.

3.5 BAGAN ALIR METODOLOGI PENELITIAN

Bagan alir penelitian merupakan penjelasan secara singkat mengenai tahapan-tahapan dalam menjalankan serangkaian penelitian. Penjelasan secara singkat metodologi penelitian ini terdapat pada Gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 3.1 Bagan Alir Metodologi Penelitian

BAB IV

HASIL UJI LABORATORIUM

4.1 HASIL PEMERIKSAAN FISIK BAHAN

4.1.1 Hasil Pengujian Agregat

Agregat yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Celereng, Kulon Progo. Dari hasil pemeriksaan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia diperoleh data-data pemeriksaan terhadap agregat kasar dan agregat halus yang telah memenuhi persyaratan yang dikeluarkan oleh Bina Marga 1987.

Hasil data-data pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus seperti tercantum pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2, hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran A-1, A-2, A-3, A-4, dan B-7.

Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Syarat
1	Keausan dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	21,80 %	$\leq 40 \%$
2	Kelekatan terhadap Aspal	100 %	$\geq 95 \%$
3	Penyerapan Air	1,76 %	$\leq 3 \%$
4	Berat Jenis	2,73	$\geq 2,50$

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2010

Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Syarat
1	Penyerapan Air	0,26 %	$\leq 3 \%$
2	Berat Jenis	2,62	$\geq 2,50$
3	<i>Sand Equivalent</i>	90,62 %	$\geq 50 \%$

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2010

4.1.2 Hasil Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal keras AC 60/70 yang diproduksi oleh PT. Pertamina, Cilacap. Dari hasil pemeriksaan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia diperoleh data-data pemeriksaan yang telah memenuhi persyaratan Bina Marga 1987 seperti tercantum pada Tabel 4.3, hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran B-1, B-2, B-3, B-4, B-5, dan B-6.

Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan AC 60/70

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Syarat		Satuan
			Min	Maks	
1	Penetrasi (25°C, 5 detik)	61,8 mm	60	79	0,1 mm
2	Titik Lembek	50 °C	48	58	°C
3	Titik Nyala	320 °C	200	-	°C
4	Kelarutan CCL ₄	100 %	95	-	% berat
5	Daktilitas (25°C, 5 cm/menit)	165 cm	100	-	cm
6	Berat Jenis Aspal	1,02	1	-	-

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2010

4.2 HASIL PENGUJIAN MARSHALL

Dari hasil pemeriksaan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia diperoleh data-data pemeriksaan berupa nilai stabilitas, *flow*, VITM, VFWA, MQ, *density*, dan VMA. Penjelasan hasil pengujian ini selengkapnya terdapat pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5.

4.2.1 Campuran Beton Aspal dengan Variasi Kadar Aspal

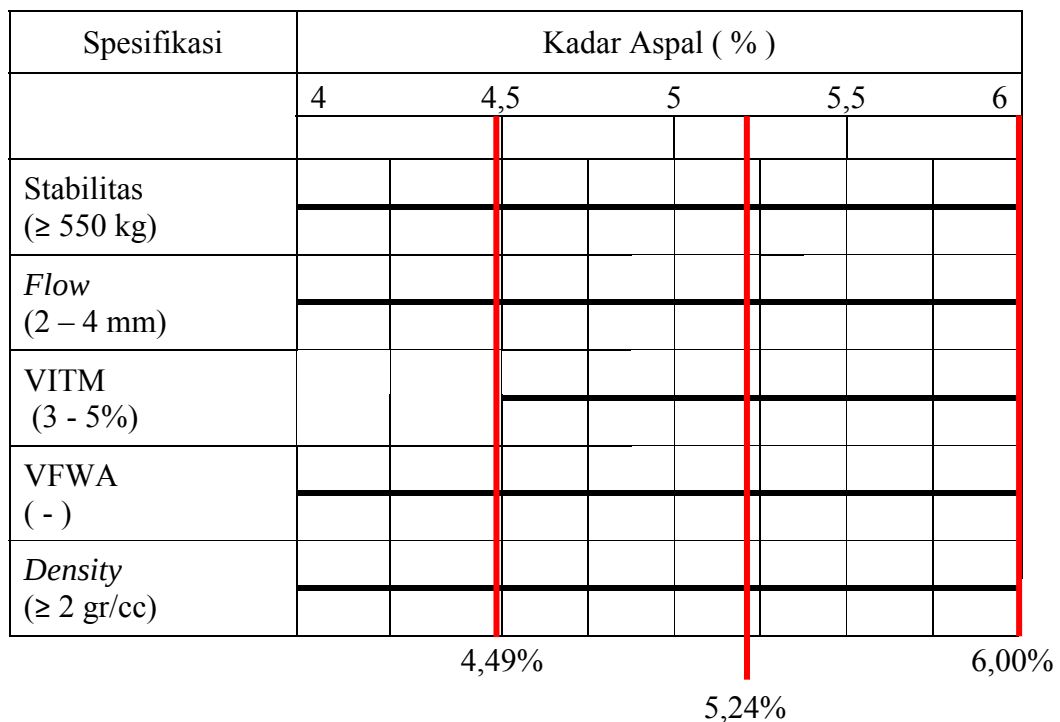
Hasil pengujian *Marshall* pada beton aspal dengan menggunakan aspal AC 60/70 untuk berbagai variasi kadar aspal, secara ringkas tercantum pada Tabel 4.4 dan hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran D-1.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian *Marshall* pada Benda Uji dengan Variasi Kadar Aspal

Karakteristik	Syarat*)	Kadar Aspal (%)				
		4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Stabilitas (kg)	≥ 550	2253	2427	2485	2613	2583
Flow (mm)	2 – 4	2,32	3,25	3,53	3,87	3,92
VITM (%)	3 – 5	5,92	5,01	4,21	3,77	3,29
VFWA (%)	-	61,15	67,69	73,67	77,64	80,88
MQ (kg/mm)	200-350	972,70	746,30	703,40	675,25	659,50
Density (gr/cc)	≥ 2	2,37	2,37	2,38	2,37	2,36
VMA (%)	> 15	15,21	15,49	15,85	16,54	17,19

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2010

Dari data pada Tabel 4.4 diatas dan Lampiran D-1 maka didapat kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,24 % dan untuk kemudahan pelaksanaan, persentase berat aspal yang dipakai pada pelaksanaan pembuatan benda uji digunakan KAO sebesar 5,5% .



Gambar 4.1 Kadar Aspal Optimum Campuran Beton Aspal

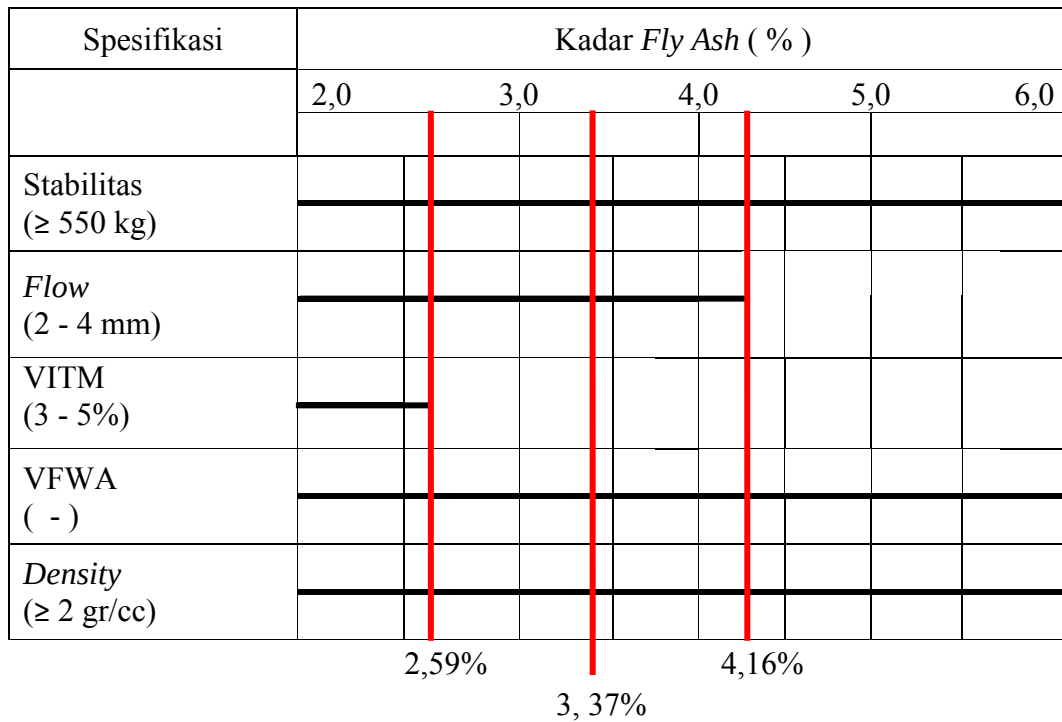
4.2.2 Campuran Beton Aspal dengan *Fly Ash* pada KAO

Dari hasil pengujian dan analisis data, diperoleh nilai-nilai berupa stabilitas, *flow*, VITM, VFWA, MQ, *density*, dan VMA. Dari nilai-nilai tersebut maka diperoleh KAO sebesar 5,5%. Selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji pada tiap variasi kadar *fly ash*. Tabel 4.5 menjelaskan secara singkat hasil perhitungan tes *Marshall* pada kadar aspal optimum untuk masing-masing variasi *fly ash* dan perhitungan selengkapannya terdapat pada Lampiran D-2.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian *Marshall* Benda Uji pada Kadar Aspal Optimum dengan Variasi Kadar *Fly Ash*

Karakteristik	Syarat*)	Kadar <i>Fly Ash</i> (%)				
		2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
Stabilitas (kg)	≥ 550	1858	2059	2257	2270	2480
<i>Flow</i> (mm)	2 - 4	2,78	2,35	2,19	1,05	0,67
VITM (%)	3 - 5	4,03	5,66	7,34	8,02	9,17
VFWA (%)	-	76,03	68,87	63,26	60,52	56,87
MQ (kg/mm)	200-350	668,44	876,32	1030,74	2162,19	3701,70
<i>Density</i> (gr/cc)	≥ 2	2,36	2,32	2,28	2,26	2,24
VMA (%)	> 15	16,77	18,18	19,64	20,23	21,23

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2010



Gambar 4.2 Kadar *Fly Ash* pada Kadar Aspal Optimum Campuran Beton Aspal

Dari data pada Tabel 4.5 diatas dan Lampiran D-2 maka didapat kadar *fly ash* optimum (KAO) sebesar 3,37% dan untuk kemudahan pelaksanaan, persentase berat *fly ash* yang dipakai pada pelaksanaan pembuatan benda uji digunakan kadar *fly ash* sebesar 3,0%.

4.3 HASIL PENGUJIAN PERENDAMAN MARSHALL (*IMMERSION TEST*)

Hasil pengujian *Marshall* dengan rendaman 24 jam pada kadar aspal optimum menggunakan aspal AC 60/70 dengan dan tanpa *fly ash* tercantum pada Tabel 4.6 dan hasil perhitungan selengkapnya terdapat pada lampiran D-3.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian *Immersion Test* Beton Aspal Dengan dan Tanpa *Fly Ash*

Karakteristik	Syarat*)	Rendam 0,5 Jam		Rendam 24 Jam	
		0	3,0	0	3,0
Stabilitas (kg)	≥ 550	2387,62	2038,99	2170,22	1997,49
<i>Flow</i> (mm)	2 - 4	2,57	1,75	2,68	2,28
VITM (%)	3 - 5	4,38	5,73	4,02	6,27
VFWA (%)	-	74,36	68,63	76,07	66,67
MQ (kg/mm)	200 - 350	927,83	1165,14	810,79	874,81
<i>Density</i> (gr/cc)	≥ 2	2,35	2,32	2,36	2,31
VMA (%)	> 15	17,07	18,24	16,76	18,71
IP (%)	$\geq 75\%$	90,89		97,96	

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2010

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 ANALISIS HASIL PEMERIKSAAN FISIK BAHAN

5.1.1 Agregat

Agregat yang digunakan dalam campuran beton aspal berasal dari Celereng Kulon Progo, Yogyakarta. Hasil pemeriksaan laboratorium untuk agregat kasar dan agregat halus menunjukkan bahwa karakteristik agregat telah memenuhi persyaratan sebagai bahan penyusun campuran beton aspal. Hasil pemeriksaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 pada bab sebelumnya.

Pengujian terhadap tingkat keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles* dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat terhadap keausan. Agregat yang digunakan dalam campuran merupakan komponen yang mendukung beban sehingga diperlukan agregat yang tahan terhadap keausan oleh gesekan dari roda kendaraan di jalan. Hasil pemeriksaan menunjukkan nilai keausan sebesar 21,8%, jauh lebih rendah dibandingkan dengan persyaratan $\leq 40\%$.

Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal bertujuan untuk mengetahui besarnya kemampuan agregat untuk dapat dilekati oleh aspal. Daya lekat ini akan mempengaruhi *internal friction* campuran. Semakin besar daya lekat agregat terhadap aspal maka *internal friction* akan semakin meningkat, sehingga stabilitas campuran akan semakin baik. Hasil pemeriksaan daya lekat agregat terhadap aspal menunjukkan nilai kelekatan sebesar 100%, lebih besar dari yang disyaratkan yakni $\geq 95\%$.

Pengujian penyerapan terhadap air bertujuan untuk mengetahui besarnya porositas dari agregat. Semakin besar nilai penyerapan mengindikasikan bahwa agregat semakin *porous*. Hasil pemeriksaan menunjukkan nilai penyerapan agregat terhadap air sebesar 1,76% untuk agregat kasar dan sebesar 0,26% untuk agregat halus. Nilai ini lebih rendah dari spesifikasi yang disyaratkan $\leq 3\%$.

Berat jenis dan penyerapan adalah parameter yang saling berkaitan erat, berat jenis yang tinggi menunjukkan batuan yang padat dan kuat serta menunjukkan porositas yang rendah. Pemeriksaan menunjukkan nilai berat jenis agregat kasar sebesar 2,73 dan 2,61 untuk nilai berat jenis agregat halus. Nilai ini lebih besar dari spesifikasi yang disyaratkan $> 2,5$.

Nilai *Sand Equivalent* agregat halus menunjukkan tingkat kebersihan agregat dari debu, lumpur atau kotoran lainnya. Hasil pemeriksaan diperoleh nilai *Sand Equivalent* agregat halus sebesar 90,62%. Nilai ini lebih besar daripada spesifikasi yang disyaratkan $> 50\%$, ini mengindikasikan bahwa agregat dalam keadaan bersih dan terbebas dari kandungan lumpur, debu maupun kotoran lain yang dapat mengurangi kelekatan agregat terhadap aspal.

5.1.2 Aspal

Pemeriksaan penetrasi aspal bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal. Semakin keras aspal ditunjukkan oleh semakin kecilnya angka penetrasi aspal. Semakin keras aspal menunjukkan semakin pekatnya aspal dan semakin besar kohesinya. Hasil pemeriksaan menunjukkan nilai penetrasi aspal sebesar 61,8 mm. Nilai ini sesuai untuk aspal AC 60/70 yang harus memiliki angka penetrasi antara 60 mm - 70 mm.

Pemeriksaan titik lembek aspal bertujuan untuk mengetahui kepekaan aspal terhadap temperatur dimana aspal akan lembek apabila mendapat temperatur tinggi. Hasil pemeriksaan menunjukkan nilai titik lembek aspal sebesar 50°C , nilai ini masih sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan $48^{\circ}\text{C} - 58^{\circ}\text{C}$.

Aspal merupakan bahan yang bersifat termoplastik, yaitu kekentalan aspal dipengaruhi oleh temperatur. Semakin tinggi temperatur aspal semakin lunak atau cair. Apabila pemanasan aspal terlalu besar maka aspal akan rusak. Pemeriksaan titik nyala aspal bertujuan untuk mengetahui batas temperatur dimana aspal masih cukup aman untuk dipanaskan. Hasil pemeriksaan menunjukkan titik nyala aspal pada temperatur 320°C , nilai ini jauh lebih besar dari spesifikasi yang disyaratkan.

Pemeriksaan kelarutan dalam CCL_4 bertujuan untuk menentukan jumlah aspal yang larut dalam CCL_4 . Jumlah aspal yang larut menunjukkan tingkat kemurnian aspal. Makin besar aspal yang larut maka kemurnian aspal makin tinggi, artinya makin kecil kandungan bahan lain yang dapat mengganggu ikatan aspal dan agregat. Hasil pemeriksaan menunjukkan kelarutan aspal dalam CCL_4 sebesar 100%, nilai ini sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan $\geq 99\%$.

Pengujian daktilitas bertujuan untuk mengetahui keliatan atau kohesi dalam aspal itu sendiri yang dapat menggambarkan fleksibilitas campuran. Fleksibilitas campuran menunjukkan kemampuan campuran untuk menahan lendutan tanpa mengalami kerusakan. Hasil pemeriksaan daktilitas menunjukkan nilai 165 cm, lebih besar dari spesifikasi yang disyaratkan >100 cm.

Berat jenis aspal perlu diketahui untuk merancang campuran antara agregat dan aspal. Hasil pengujian berat jenis menunjukkan nilai sebesar 1,02, sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan $>1,00$.

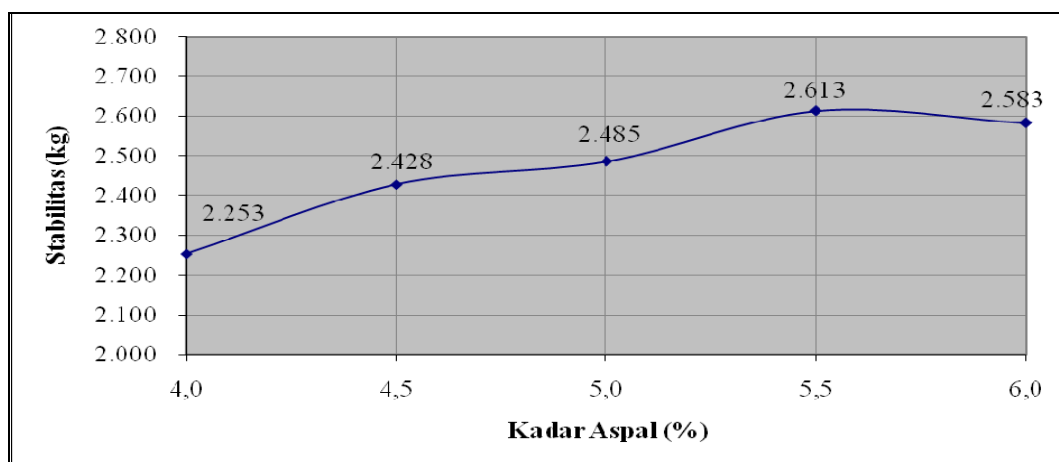
5.2 ANALISIS KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN BETON ASPAL

5.2.1 Pengaruh Kadar Aspal terhadap Nilai Stabilitas Campuran Beton Aspal

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa terjadinya deformasi. Perkerasan yang memiliki stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas yang besar. Stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan campuran terlalu kaku sehingga mudah terjadi retak-retak pada waktu menerima beban. Sebaliknya perkerasan dengan stabilitas yang rendah maka akan mudah mengalami *rutting* oleh beban lalu lintas. Besarnya nilai stabilitas dipengaruhi oleh *frictional resistance* dan *interlocking* yang terjadi antar partikel agregat dan kohesi campurannya. Kekuatan kohesi akan bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah aspal yang menyelimuti agregat, akan tetapi bila telah tercapai nilai optimum maka pertambahan kadar aspal akan menyebabkan penurunan stabilitas karena perubahan fungsi dari aspal. Campuran pada kadar aspal 4,0% - 5,5% masih dalam posisi sebagai bahan ikat. Namun,

pada kadar aspal 6,0% fungsi dari aspal yang pada awalnya sebagai bahan ikat menjadi pelicin setelah batas optimum tercapai.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai stabilitas dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan Tabel 4.4. Dapat dilihat bahwa nilai stabilitas akan naik pada kadar aspal 4,0% - 5,5%. Stabilitas optimum terjadi pada kadar aspal antar 5,0% sampai dengan 5,5%, dengan stabilitas optimum sebesar 2613 kg.



Gambar 5.1 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dengan Nilai Stabilitas

Naiknya nilai stabilitas disebabkan oleh bertambahnya jumlah aspal yang menyelimuti agregat sehingga kohesi campuran bertambah, kerapatan campuran meningkatkan bidang kontak antar agregat dan meningkatkan *interlocking* antar agregat yang selanjutnya akan meningkatkan nilai stabilitas campuran. Penurunan nilai stabilitas disebabkan karena aspal yang awalnya berfungsi sebagai pengikat agregat berubah fungsi menjadi pelicin setelah melewati nilai optimum sehingga mengakibatkan turunnya lekatan dan gesekan antar agregat, pada akhirnya turunnya nilai stabilitas campuran.

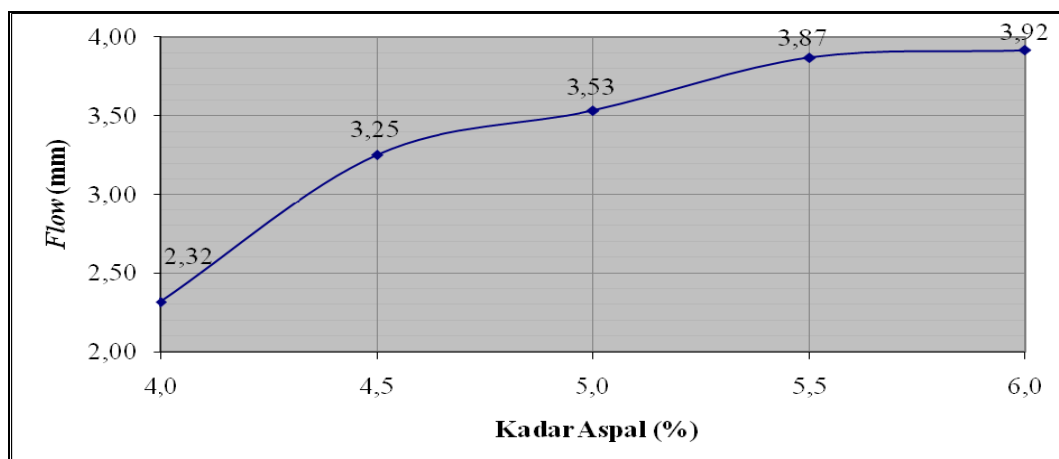
Nilai stabilitas yang disyaratkan Bina Marga untuk campuran beton aspal adalah >550 kg. Dengan demikian, semua campuran beton aspal dengan kadar aspal 4,0% - 6,0% memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai stabilitas minimum dari semua kadar aspal dicapai pada kadar aspal 4,0% dengan nilai

stabilitas 2253 kg. Nilai stabilitas maksimum dicapai pada kadar aspal 5,5% dengan nilai stabilitas 2613 kg.

5.2.2 Pengaruh Kadar Aspal terhadap Nilai *Flow* Campuran Beton Aspal

Flow atau kelelahan adalah besarnya deformasi yang terjadi pada awal pembebanan sampai stabilitas menurun menunjukkan besarnya deformasi dari campuran perkerasan akibat beban yang bekerja padanya. Nilai *flow* campuran dipengaruhi oleh kadar aspal, viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah agregat, dan temperatur pemadatan. Campuran yang memiliki nilai kelelahan tinggi dengan stabilitas rendah cenderung bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk apabila mengalami pembebanan lalu lintas, sedangkan campuran dengan kelelahan rendah dan stabilitas tinggi cenderung bersifat getas.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 5.2 dan Tabel 4.4. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa dengan penambahan kadar aspal maka nilai *flow* akan cenderung meningkat. Kenaikan nilai *flow* ini disebabkan karena dengan penambahan kadar aspal maka campuran menjadi semakin plastis, sehingga besarnya deformasi pada saat menerima beban meningkat.



Gambar 5.2 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dengan Nilai *Flow*

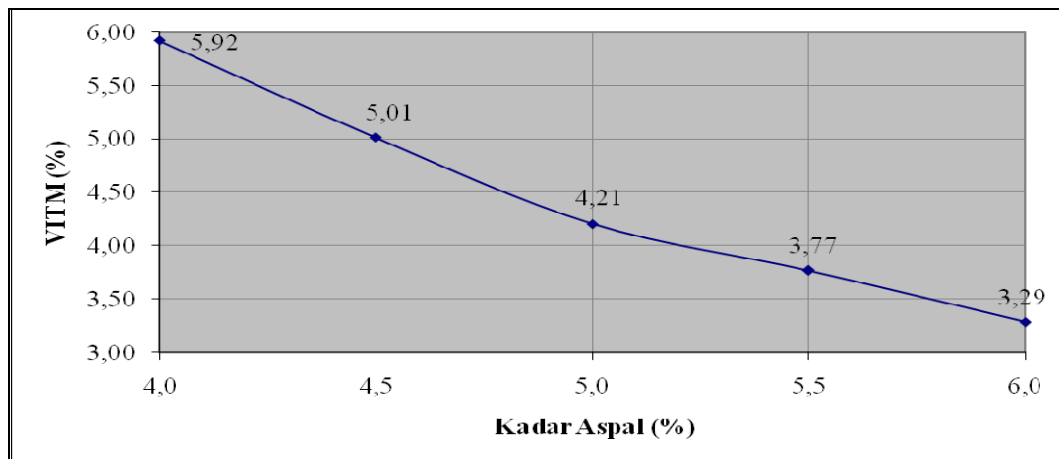
Nilai *flow* yang disyaratkan oleh Bina Marga untuk campuran beton aspal adalah diantara 2 mm – 4 mm. Campuran dengan nilai *flow* lebih kecil dari 2 mm mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga perkerasan mudah mengalami keretakan. Sebaliknya campuran dengan nilai *flow* yang terlalu tinggi > 4% mengakibatkan perkerasan memiliki deformasi yang semakin tinggi. Dari hasil penelitian, nilai *flow* memenuhi spesifikasi yang disyaratkan pada kadar aspal 4,0% - 6,0%.

5.2.3 Pengaruh Kadar Aspal terhadap Nilai VITM (*Void In the Total Mix*) Campuran Beton Aspal

VITM (*Void In the Total Mix*) menyatakan persentase rongga dalam campuran total. Nilai VITM dapat mengindikasikan tingkat kekedapan campuran. Semakin besar rongga dalam campuran menunjukkan campuran makin kurang kedap terhadap udara dan air, sehingga campuran akan lebih mudah teroksidasi dan diresapi oleh air. Hal ini dapat mengakibatkan kerusakan pada perkerasan. Besarnya nilai VITM sangat dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi batuan, dan cara pemadatan.

Nilai VITM yang disyaratkan oleh Bina Marga adalah 3% - 5%, perkerasan yang memiliki VITM terlalu rendah (< 3%) akan mudah mengalami *bleeding*. Hal ini terjadi pada saat temperatur perkerasan tinggi, aspal yang mencair bila menerima beban akan mencari tempat yang kosong dan mudah ditembus. Nilai VITM yang rendah berarti rongga yang ada dalam campuran kecil, sehingga tidak tersedia ruang yang cukup dan mengakibatkan aspal naik ke permukaan. Sebaliknya nilai VITM yang terlalu besar (> 5%) akan mengurangi kekedapan campuran, sehingga keawetan perkerasan menjadi menurun. Dengan demikian nilai VITM yang didapat dari hasil pengujian yang sesuai dengan peraturan Bina Marga adalah pada kadar aspal 5,0% - 6,0%.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai VITM dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan Tabel 4.4 pada bab sebelumnya.



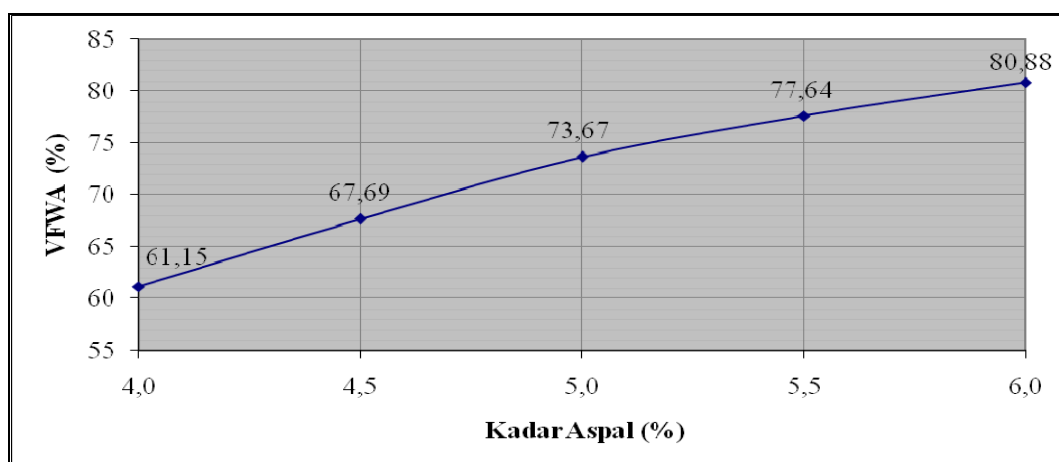
Gambar 5.3 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dengan Nilai VITM

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa penambahan kadar aspal akan menurunkan nilai VITM, hal ini disebabkan karena rongga antar butiran masih cukup besar sehingga pada setiap penambahan kadar aspal, aspal masih cukup mudah untuk masuk kedalam rongga-rongga campuran, campuran menjadi semakin rapat dan nilai VITM menjadi semakin kecil.

5.2.4 Pengaruh Kadar Aspal terhadap Nilai VFWA (*Void Filled With Asphalt*) Campuran Beton Aspal

Nilai VFWA menunjukkan besarnya rongga yang dapat terisi oleh aspal. Besarnya nilai VFWA menentukan tingkat keawetan campuran. Semakin besar nilai VFWA berarti rongga yang terisi aspal semakin besar sehingga kekedapan campuran makin besar. Nilai VFWA yang terlalu besar dapat menyebabkan terjadinya *bleeding* pada saat temperatur tinggi, yang disebabkan nilai VITM yang terlalu kecil, sehingga apabila perkerasan menerima beban maka aspal akan naik ke permukaan. Sebaliknya, nilai VFWA yang terlalu kecil akan menyebabkan kekedapan perkerasan semakin kecil sehingga air dan udara akan dapat mengoksidasi aspal dalam campuran dan keawetan campuran menjadi berkurang.

Hubungan antara variasi kadar aspal dengan nilai VFWA dapat dilihat pada Gambar 5.4 dan Tabel 4.4. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar kadar aspal ternyata nilai VFWA campuran beton aspal semakin besar. Hal ini disebabkan karena rongga antar butiran masih cukup besar sehingga pada setiap penambahan kadar aspal, aspal masih cukup mudah untuk masuk kedalam rongga-rongga campuran sehingga campuran menjadi semakin rapat dan nilai VFWA semakin besar.

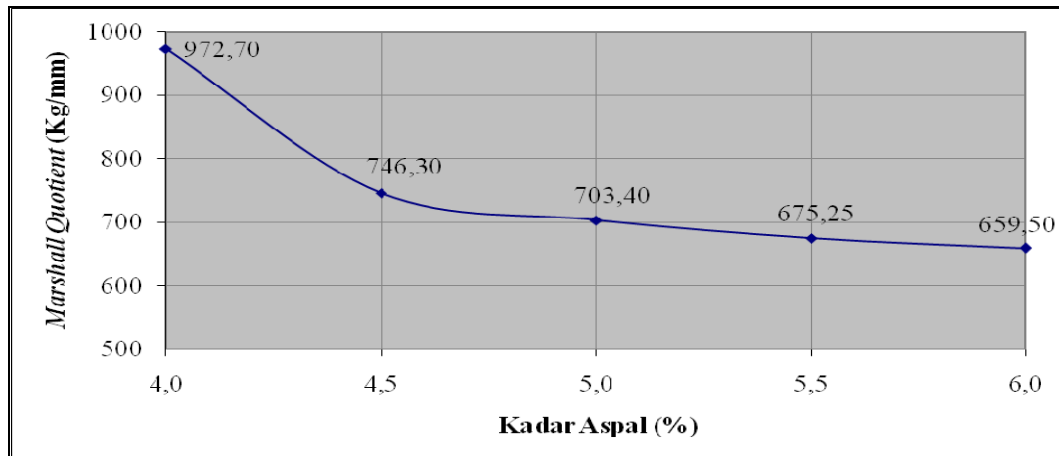


Gambar 5.4 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dengan Nilai VFWA

5.2.5 Pengaruh Kadar Aspal terhadap Nilai MQ (*Marshall Quotient*) Campuran Beton Aspal

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* ini dapat mengindikasikan pendekatan terhadap kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran. Campuran yang memiliki nilai *Marshall Quotient* terlalu tinggi berarti campuran kaku dan fleksibilitas rendah sehingga campuran akan mudah mengalami retak-retak (*cracking*). Sebaliknya campuran yang memiliki nilai *Marshall Quotient* yang terlalu rendah maka campuran bersifat fleksibel dan cenderung menjadi plastis sehingga mudah mengalami deformasi pada saat menerima beban lalu lintas.

Besarnya nilai *Marshall Quotient* tergantung dari besarnya nilai stabilitas yang dipengaruhi *frictional resistance* dan *interlocking* yang terjadi antara partikel agregat dan kohesi campurannya. Hubungan antara kadar aspal dan nilai *Marshall Quotient* dapat dilihat pada Gambar 5.5 dan Tabel 4.4.



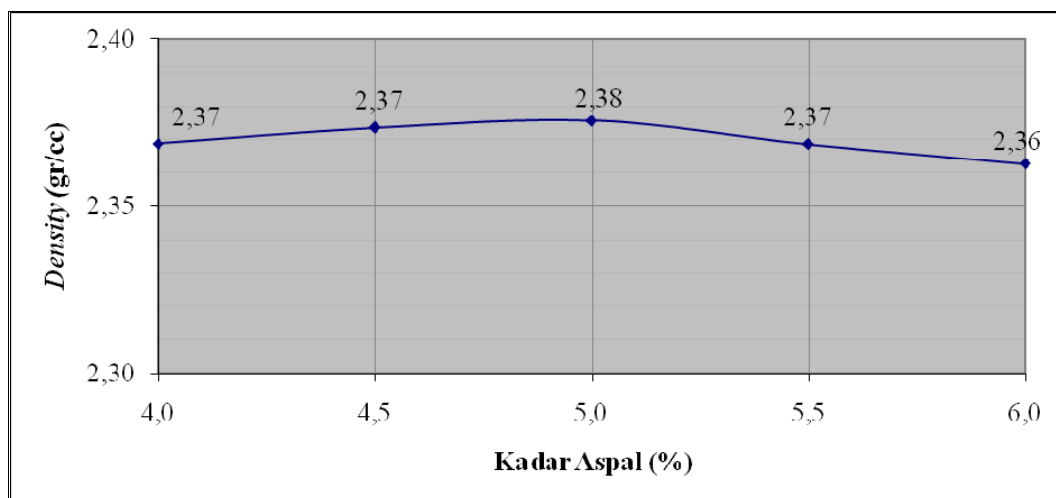
Gambar 5.5 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dengan *Marshall Quotient*

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa penambahan kadar aspal dari 4,0% - 6,0% nilai *Marshall Quotient* cenderung menurun. Penurunan nilai MQ pada campuran beton aspal disebabkan berkurangnya ikatan antar agregat dan mengakibatkan campuran menjadi cenderung plastis.

5.2.6 Pengaruh Kadar Aspal terhadap Nilai *Density* Campuran Beton Aspal

Density merupakan tingkat kerapatan setelah dipadatkan. Kepadatan (*Density*) adalah berat campuran pada tiap satuan volume. *Density* campuran dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kadar aspal, gradasi agregat, pelaksanaan pemadatan, suhu pemadatan, jumlah tumbukan, kualitas bahan penyusunnya, dan berat jenis agregat dalam kadar aspal. Campuran yang mempunyai nilai *density* tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran yang mempunyai nilai *density* rendah.

Hubungan antara kadar aspal dan nilai *density* dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan Tabel 4.4.



Gambar 5.6 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dengan *Density*

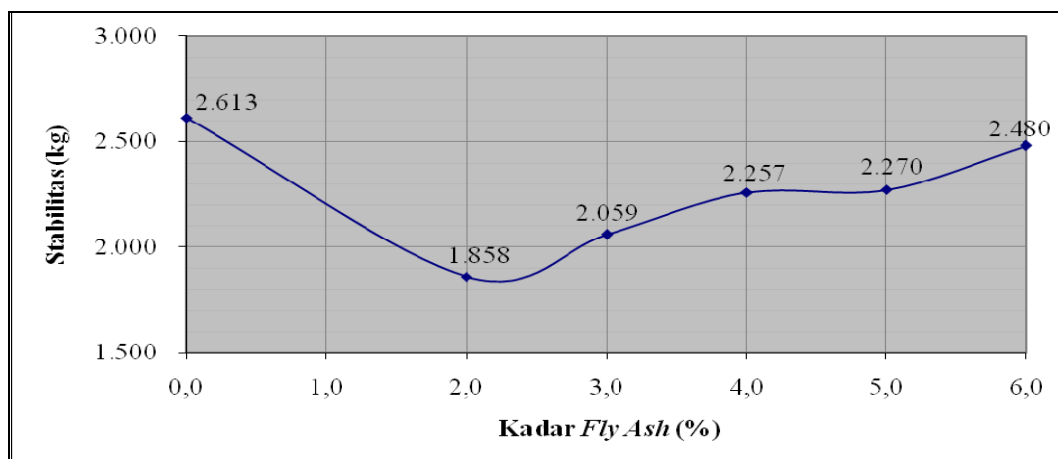
Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa penambahan kadar aspal dari 4,0% - 5,0% nilai *density* meningkat. Kenaikan nilai *density* disebabkan oleh penambahan kadar aspal, dimana bertambahnya jumlah aspal yang menyelimuti agregat menyebabkan kohesi campuran bertambah sehingga kerapatan campuran meningkat. Penurunan nilai *density* disebabkan penambahan kadar aspal yang berlebihan sehingga turunnya lekatan dan gesekan antar agregat, pada akhirnya nilai *density* menurun.

5.3 KARAKTERISTIK *MARSHALL* CAMPURAN BETON ASPAL DENGAN *FLY ASH* PADA KAO

5.3.1 Pengaruh *Fly Ash* terhadap Nilai Stabilitas Campuran Beton Aspal pada KAO

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan menahan beban tanpa terjadinya deformasi. Besarnya nilai stabilitas dipengaruhi oleh *frictional resistance* dan *interlocking* yang terjadi antar partikel agregat dan kohesi campurannya.

Hubungan antara kadar *fly ash* dengan nilai stabilitas dapat dilihat pada Gambar 5.7 dan Tabel 4.5.



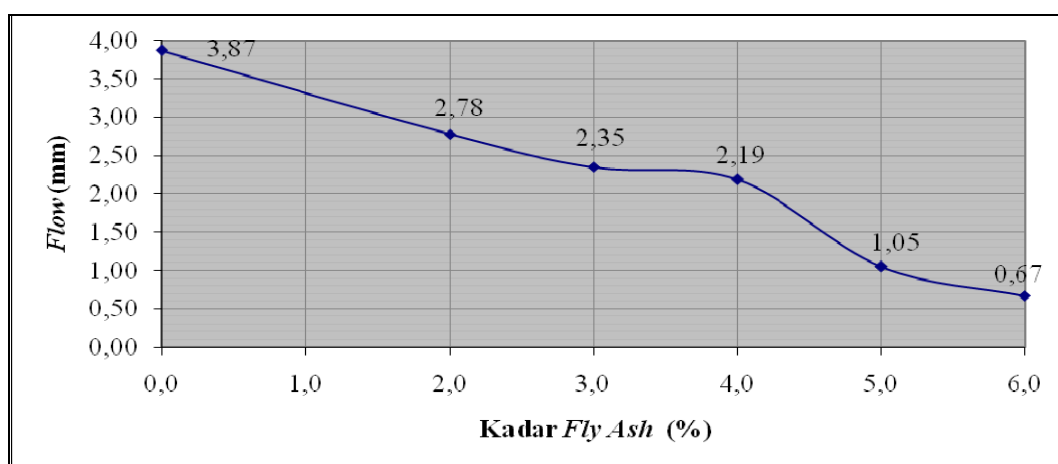
Gambar 5.7 Grafik Hubungan antara Kadar Fly Ash pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai Stabilitas

Dapat dilihat nilai stabilitas pada kadar *fly ash* 0,0% - 2,0% mengalami penurunan. Penambahan *fly ash* mengakibatkan viskositas aspal meningkat, sehingga menurunkan kemudahan pencampuran (*workability* menurun) yang berakibat menurunkan kepadatan dan stabilitas campuran. Hal ini terlihat bahwa campuran tanpa *fly ash* memiliki nilai stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan campuran tanpa *fly ash*. Peningkatan kadar *fly ash* berakibat meningkatkan kekentalan dan kohesi aspal, sehingga semakin besar pula nilai stabilitasnya, meskipun campuran tanpa *fly ash* memiliki nilai stabilitas yang lebih tinggi.

Secara kimia, *fly ash* yang bersifat *pozzolan* (suatu sifat bahan yang memiliki sifat plastis dan mudah dibentuk, tetapi pada saat mengering bersifat keras sehingga sulit untuk deformasi) mengandung silika (SiO_2), besi oksida (Fe_2O_3), aluminium oksida (Al_2O_3), kalsium oksida (CaO), magnesium oksida (MgO) dan sulfat (SO_4) yang apabila ditambahkan pada aspal (C_4H_{10}) akan membentuk reaksi senyawa yang membuat campuran menjadi keras dan kaku. Pemberian bahan tambah *fly ash* inilah yang menyebabkan peningkatan nilai stabilitas pada campuran.

5.3.2 Pengaruh *Fly Ash* terhadap Nilai *Flow* (Kelelehan) Campuran Beton Aspal pada KAO

Flow atau kelelehan adalah besarnya deformasi yang terjadi pada awal pembebanan sampai stabilitas menurun yang menunjukkan besarnya deformasi dari campuran perkerasan akibat beban yang bekerja padanya. Hubungan antara kadar *fly ash* dengan nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 5.8 dan Tabel 4.5.



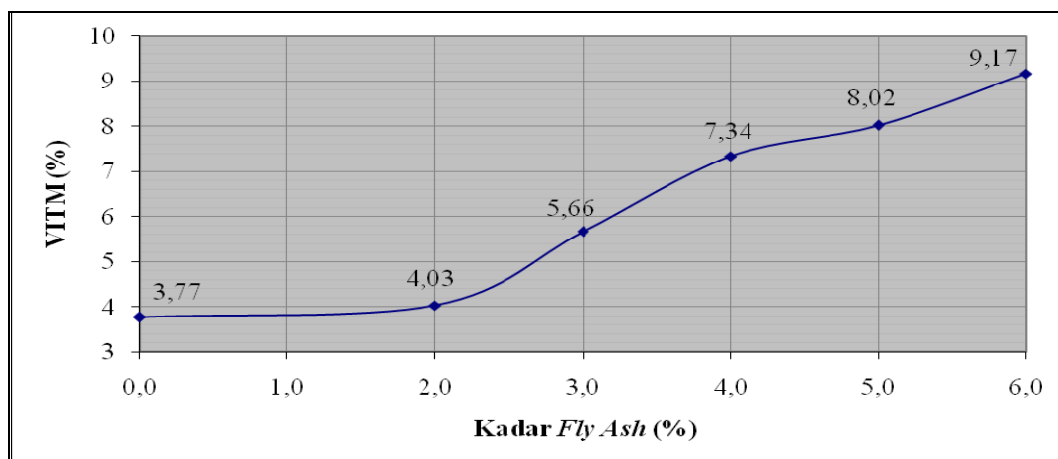
Gambar 5.8 Grafik Hubungan antara Kadar *Fly Ash* pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai *Flow*

Dari gambar terlihat bahwa pada campuran beton aspal pada kadar 0,0% - 6,0% cenderung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena viskositas aspal meningkat akibat penambahan kadar *fly ash*. Disamping itu kandungan silika (SiO_2), besi oksida (Fe_2O_3), aluminium oksida (Al_2O_3), kalsium oksida (CaO), magnesium oksida (MgO) dan sulfat (SO_4) pada *fly ash* yang apabila ditambahkan pada aspal (C_4H_{10}) akan membentuk reaksi senyawa yang membuat campuran menjadi keras dan kaku, sehingga berakibat campuran menjadi semakin kaku dan menurunkan nilai *flow*.

5.3.3 Pengaruh *Fly Ash* terhadap Nilai VITM (*Void In the Total Mix*) Campuran Beton Aspal pada KAO

VITM menyatakan persentase rongga dalam campuran total beton aspal. Nilai VITM dapat mengindikasikan tingkat kekedapan campuran. Hubungan

antara kadar *fly ash* dengan nilai VITM dapat dilihat pada Gambar 5.9 dan Tabel 4.5.

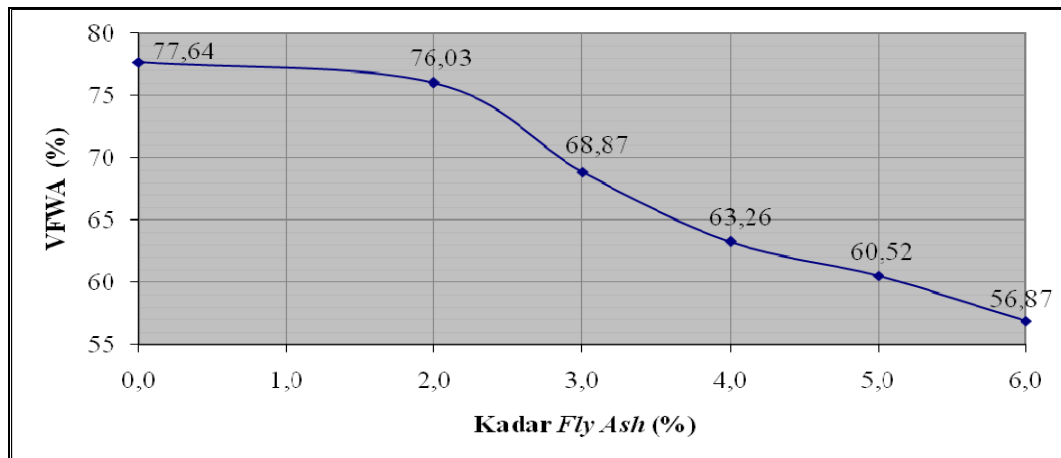


Gambar 5.9 Grafik Hubungan antara Kadar *Fly Ash* pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai VITM

Dapat dilihat pada Gambar 5.9 bahwa penambahan *fly ash* dari 0,0% - 6,0% mengakibatkan nilai VITM mengalami kenaikan. Kenaikan nilai VITM disebabkan oleh penambahan *fly ash* pada aspal sehingga volume aspal bertambah dan viskositas aspal mengalami peningkatan. Secara teoritis dengan bertambahnya volume aspal akan berakibat menurunkan nilai VITM. Hasil penelitian ini menunjukkan keadaan yang sebaliknya. Hal ini kemungkinan disebabkan karena dengan penambahan *fly ash* mengakibatkan viskositas aspal meningkat sehingga kemudahan pencampuran (*workability*) mengalami penurunan dan berakibat meningkatkan nilai VITM.

5.3.4 Pengaruh *Fly Ash* terhadap Nilai VFWA (*Void Filled With Asphalt*) Campuran Beton Aspal pada KAO

Nilai VFWA menunjukkan besarnya rongga campuran yang terisi oleh aspal. Hubungan antara kadar *fly ash* dengan VFWA pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada Gambar 5.10 pada halaman selanjutnya dan Tabel 4.5.



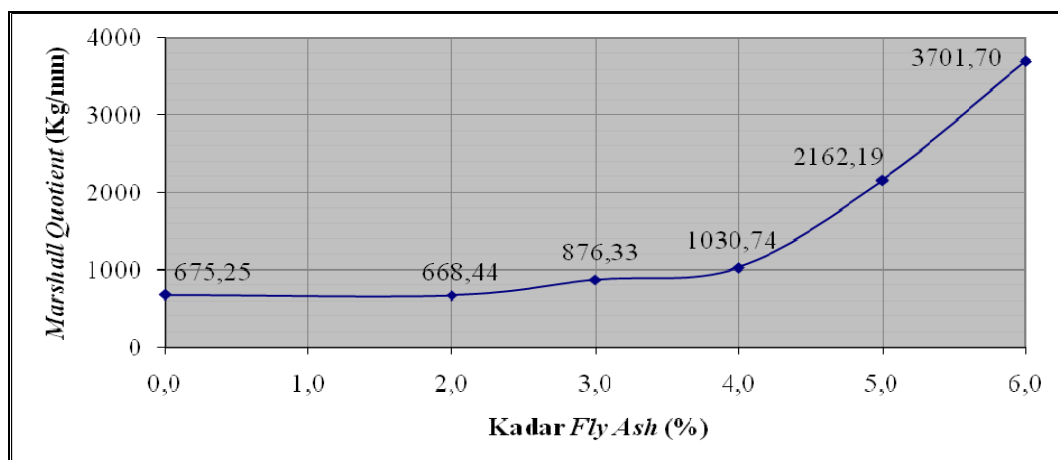
Gambar 5.10 Grafik Hubungan antara Kadar *Fly Ash* pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai VFWA

Gambar 5.10 menunjukkan penurunan nilai VFWA pada kadar *fly ash* 0,0% - 6,0%. Hal ini disebabkan karena viskositas aspal mengalami peningkatan sehingga menurunkan *workability* dan meningkatkan nilai VITM. Semakin besar kadar *fly ash* nilai VITM semakin naik, sehingga pada kadar aspal yang sama akan berakibat menurunkan nilai VFWA.

5.3.5 Pengaruh *Fly Ash* terhadap Nilai MQ (*Marshall Quotient*) Campuran Beton Aspal pada KAO

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* ini dapat mengindikasikan pendekatan terhadap kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran.

Hubungan antara kadar *fly ash* dengan nilai *Marshall Quotient* dapat dilihat pada Gambar 5.11 pada halaman selanjutnya dan Tabel 4.5. Dari gambar terlihat bahwa pada campuran beton aspal pada kadar 0,0% - 6,0% mengalami peningkatan yang menunjukkan bahwa kekakuan campuran meningkat dengan penambahan *fly ash*. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya *fly ash* mengakibatkan meningkatkan viskositas dan kekakuan campuran.

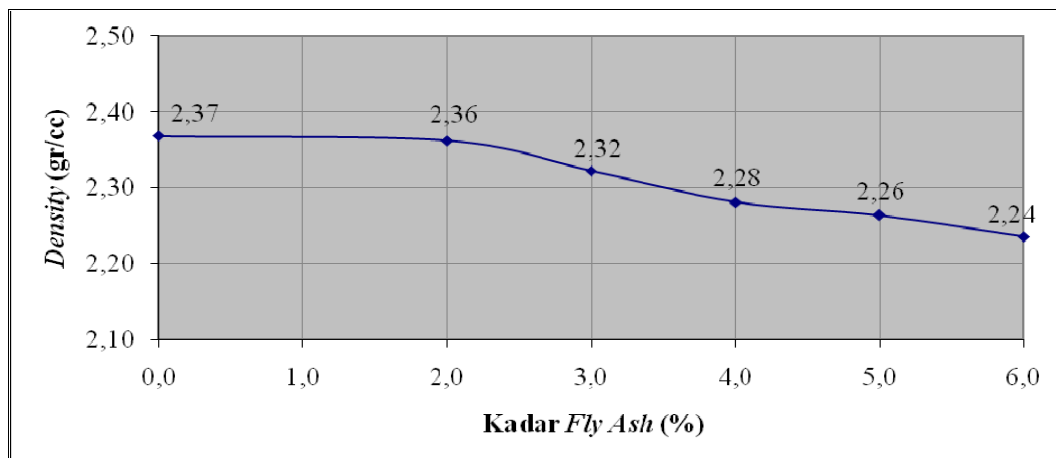


Gambar 5.11 Grafik Hubungan antara Kadar Fly Ash pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai Marshall Quotient

5.3.6 Pengaruh Fly Ash terhadap Nilai Density Campuran Beton Aspal pada KAO

Density merupakan tingkat kerapatan setelah dipadatkan. Kepadatan (*Density*) adalah berat campuran pada tiap satuan volume. *Density* campuran dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kadar aspal, gradasi agregat, pelaksanaan pemadatan, suhu pemadatan, jumlah tumbukan, kualitas bahan penyusunnya, dan berat jenis agregat dalam kadar aspal. Campuran yang mempunyai nilai *density* tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran yang mempunyai nilai *density* rendah.

Hubungan antara kadar fly ash dengan nilai *density* dapat dilihat pada Gambar 5.12 pada halaman selanjutnya dan Tabel 4.5.



Gambar 5.12 Grafik Hubungan antara Kadar *Fly Ash* pada Kadar Aspal Optimum terhadap Nilai *Density*

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa penambahan kadar *fly ash* dari 0,0% - 6,0% nilai *density* menurun. Penurunan nilai *density* disebabkan oleh viskositas aspal meningkat, sehingga menurunkan kemudahan pencampuran (*workability*) yang berakibat menurunkan nilai *density* campuran beton aspal.

5.4 DURABILITAS CAMPURAN BETON ASPAL DENGAN DAN TANPA *FLY ASH*

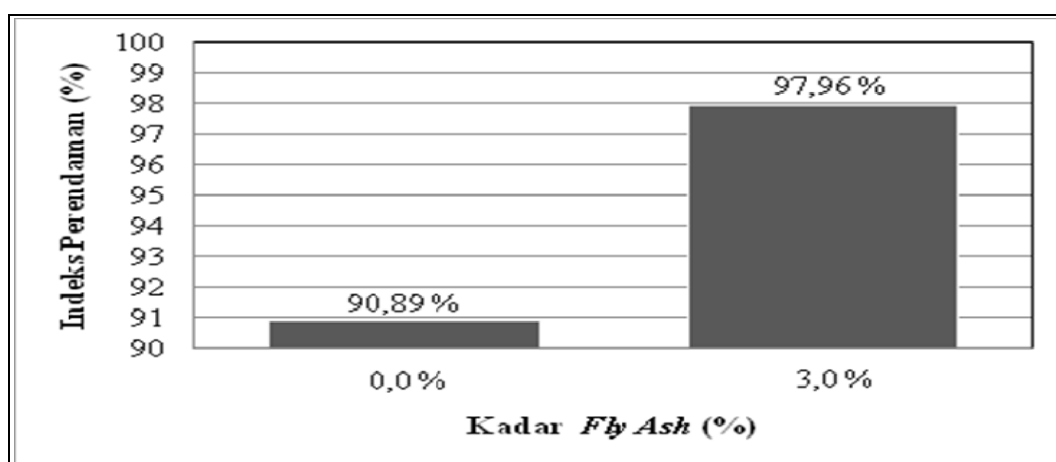
Untuk mengetahui nilai durabilitas beton aspal, dilakukan dengan pengujian *Immersion Test* antara campuran beton aspal yang menggunakan *fly ash* dan tanpa menggunakan *fly ash*.

Durabilitas pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui sejauh mana ketahanan campuran beton aspal dengan dan tanpa *fly ash* terhadap nilai stabilitas bila direndam dalam air pada suhu 60°C dengan lama perendaman 0,5 jam dan 24 jam. Hubungan antara kadar *fly ash* dengan nilai stabilitas pada terendam 0,5 jam dan 24 jam dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Gambar 5.13 pada halaman selanjutnya .

Tabel 5.1 Hubungan antara Kadar *Fly Ash* dengan Nilai Stabilitas pada Perendaman Selama 24 Jam

Kadar <i>Fly Ash</i> (%)	Stabilitas pada Berbagai Perendaman		Indeks Perendaman (%)
	0,5 Jam	24 Jam	
0	2387,62	2170,22	90,89
3	2038,99	1997,49	97,96

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, 2010



Gambar 5.13 Grafik Hubungan antara Kadar *Fly Ash* dengan Nilai IP

Tabel 5.1 dan Gambar 5.13 memperlihatkan bahwa nilai stabilitas campuran beton aspal tanpa *fly ash* (0,0%) dan dengan *fly ash* (3,0%) yang direndam pada suhu 60°C selama 24 jam dibandingkan dengan perendaman 0,5 jam mengalami penurunan nilai stabilitas. Berdasarkan teori, nilai stabilitas setelah direndam selama 24 jam lebih kecil dari nilai stabilitas yang direndam selama 0,5 jam. Hal ini disebabkan karena selama proses perendaman air masuk ke dalam pori-pori campuran sehingga mengurangi kohesi dan rekatan antar agregat (*interlocking*).

Durabilitas campuran juga dapat ditunjukkan dari nilai indeks perendaman (IP). Pada Tabel 5.1 dan Gambar 5.13, dapat dilihat bahwa campuran dengan *fly ash* memiliki IP yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran aspal tanpa *fly ash* sehingga merupakan indikasi bahwa penambahan *fly ash* membuat campuran lebih awet. Hal ini disebabkan karena penambahan *fly ash*

mengakibatkan viskositas dan kohesi aspal meningkat, sehingga meningkatkan kedap terhadap campuran dan meningkatkan keawetan campuran. Sifat *hydrophobic* dari *fly ash* memberikan daya tahan yang lebih baik untuk perkerasan terhadap terjadinya *stripping* dan *rutting*, meningkatkan *stiffness* aspal dan meningkatkan *durability* campuran.

BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 SIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik simpulan mengenai karakteristik campuran beton aspal dengan dan tanpa *fly ash* sebagai berikut.

1. Penggunaan *fly ash* pada campuran beton aspal mengakibatkan nilai stabilitas lebih rendah dibandingkan dengan campuran beton aspal tanpa menggunakan *fly ash*. Nilai stabilitas tertinggi sebesar 2613,24 kg pada kadar *fly ash* 0,0% dan terendah sebesar 1858,28 kg pada kadar *fly ash* 2,0%.
2. Penambahan *fly ash* pada campuran beton aspal cenderung menurunkan nilai *flow*. Nilai *flow* tertinggi dicapai pada kadar *fly ash* 2,0% sebesar 2,78 mm sedangkan terendah pada kadar *fly ash* 6,0% sebesar 0,67 mm.
3. Penggunaan *fly ash* terhadap nilai VITM campuran beton aspal menunjukkan nilai VITM mengalami peningkatan. Nilai VITM tertinggi sebesar 9,17% pada kadar *fly ash* 6,0% dan terendah sebesar 4,03% pada kadar *fly ash* 2,0%. Pada campuran beton aspal tanpa *fly ash* nilai VITM mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar aspal.
4. Penggunaan *fly ash* dalam campuran beton aspal mengakibatkan nilai VFWA mengalami penurunan. Nilai VFWA tertinggi sebesar 76,03% pada kadar *fly ash* 2,0% dan terendah sebesar 56,87% pada kadar *fly ash* 6,0%. Pada campuran beton aspal tanpa *fly ash* nilai VFWA mengalami kenaikan seiring penambahan kadar aspal.
5. Penggunaan *fly ash* terhadap nilai *Marshall Quotient* (MQ) campuran beton aspal menunjukkan nilai MQ mengalami kenaikan. Nilai MQ tertinggi sebesar 3701 kg/mm pada kadar 6,0% dan terendah sebesar 668 kg/mm pada kadar *fly ash* 2,0%. Pada campuran beton aspal tanpa *fly ash* menunjukkan nilai MQ mengalami penurunan.

6. Campuran beton aspal dengan *fly ash* memiliki nilai durabilitas lebih tinggi dibandingkan dengan campuran beton aspal tanpa *fly ash*. Indeks perendaman campuran beton aspal dengan *fly ash* sebesar 97,96% sedangkan pada campuran beton aspal tanpa *fly ash* sebesar 90,89 %.
7. Secara umum berdasarkan nilai karakteristik *Marshall* campuran beton aspal tanpa menggunakan *fly ash* terlihat lebih baik dibandingkan dengan campuran beton aspal dengan menggunakan *fly ash*. Meskipun demikian campuran beton aspal dengan *fly ash* memiliki durabilitas/keawetan yang lebih tinggi dibandingkan campuran tanpa menggunakan *fly ash*.

6.2 SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil penelitian, *fly ash* bisa untuk dijadikan sebagai bahan tambah pada campuran beton aspal. Hal ini terlihat dari nilai-nilai karakteristik *Marshall Test* yang memenuhi semua persyaratan.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan inovasi-inovasi lain pengaruh penggunaan *fly ash* untuk perkerasan jalan pada umumnya dan campuran beton aspal pada khususnya, sebagai langkah peduli terhadap lingkungan karena peningkatan jumlah limbah yang dihasilkan dari produksi batubara tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus R. (1977). *“Teknik Jalan dan Transportasi”*. Jakarta.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (1986). *“Mineral Filler for Bituminous Paving Mixture”*. Washington D.C.
- Annual Book of ASTM Standard. (1989). *“Standard Specification for Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolans for Use as a Mineral Admixture”*. USA
- Atkins, H N. (1997). *“Highway Materials, Soils, and Concretes”*. Prentice Hall Inc. New Jersey.
- Bina Marga. (1987). *“Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya (SKBI-2.4.26.1987)”*. Penerbit Yayasan Penerbit PU. Jakarta.
- Hardiyatmo, H C. (2009). *“Pemeliharaan Jalan Raya Perkerasan Drainase Longsor”*. Penerbit Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Legowo, A dan Sunaryo, V. (2003). *“Pemanfaatan Fly Ash Batubara Sebagai Mineral Filler Pada Campuran Aspal Beton”*. Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- Sebayang, S. (2005). *“Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Untuk Bahan Pasta Dalam Campuran Beraspal Semi Lentur”*. Universitas Lampung. Lampung.
- Sukirman, S. (1993). *“Perkerasan Lentur Jalan Raya”*. Penerbit Nova. Bandung.
- Utama, R. (2006). *“Pengaruh Penggunaan Belerang Pada Campuran Aspal Beton Panas Lapis Permukaan Perkerasan Lentur”*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Wardani, R. (2008). *“Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Untuk Stabilisasi Tanah”*. Universitas Lampung. Lampung.
- Waller, H F. (1993). *“Use of Waste Materials in Hot Mix Asphalt”*. USA
- _____. (2007). *“Buku Petunjuk Praktikum Bahan Perkerasan”*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran D-3: Hasil Pemeriksaan *Immersion Test* Tanpa dan Dengan Limbah Batubara



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT DENGAN MESIN

LOS ANGELES

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo

Pekerjaan : Tugas Akhir

Tanggal Diperiksa : 19 Agustus 2010

JENIS GRADASI				Benda Uji
SARINGAN				(gram)
LOLOS		TERTAHAN		I
mm	inch	mm	inch	
72,2	3"	63,5	2,5"	
63,5	2,5"	50,8	2"	
50,8	2"	37,5	1,5"	
37,5	1,5"	25,4	1"	
25,4	1"	19,0	3/4"	
19,0	3/4"	12,5	1/2"	2500
12,5	1/2"	9,50	3/8"	2500
9,50	3/8"	6,30	1/4"	
6,30	1/4"	4,75	#4	
4,75	#4	2,36	#8	
JUMLAH BENDA UJI (A)				5000
JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12 (B)				3910
KEAUSAN = $\frac{(A - B)}{A} \times 100\%$				21,8 %

Yogyakarta, 29 November 2010

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya

Peneliti

Lampiran D-3: Hasil Pemeriksaan *Immersion Test* Tanpa dan Dengan Limbah Batubara



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D

Denny

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo

Pekerjaan : Tugas Akhir

Tanggal Diperiksa : 19 Agustus 2010

KETERANGAN	BENDA UJI
Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (SSD)	500
Berat Vicnometer + air (B)	663,10
Berat Vicnometer + air + benda uji (BT)	972,06
Berat sampel kering oven (BK)	498,68
Berat Jenis = $\frac{BK}{(B + 500 - BT)}$	2,61
Berat SSD = $\frac{500}{(B + 500 - BT)}$	2,61
Berat Jenis Semu = $\frac{BK}{(B + BK - BT)}$	2,62
Berat Jenis = $\frac{500 - BK}{BK} \times 100\%$	0,26 %

Yogyakarta, 29 November 2010

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya

Peneliti

Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D

Denny

Lampiran D-3: Hasil Pemeriksaan *Immersion Test* Tanpa dan Dengan Limbah Batubara



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN

AGREGAT KASAR

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo

Pekerjaan : Tugas Akhir

Tanggal Diperiksa : 19 Agustus 2010

KETERANGAN	BENDA UJI
Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ)	1561
Berat benda uji didalam air (BA)	1000
Berat sampel kering oven (BK)	1534
Berat Jenis = $\frac{BK}{(BJ - BA)}$	2,73
Berat SSD = $\frac{BJ}{(BJ - BA)}$	2,78
Berat Jenis Semu = $\frac{BK}{(BK - BA)}$	2,87
Penyerapan = $\frac{BJ - BK}{BK} \times 100\%$	1,76

Yogyakarta, 29 November 2010

Mengetahui
Kepala Lab. Jalan Raya

Peneliti

Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D

Denny

Lampiran D-3: Hasil Pemeriksaan *Immersion Test* Tanpa dan Dengan Limbah Batubara



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN *SAND EQUIVALENT*

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo

Pekerjaan : Tugas Akhir

Tanggal Diperiksa : 19 Agustus 2010

TRIAL NUMBER		I	II
<i>Seaking</i> (10.1 Min)	<i>Start</i>	13.15 WIB	13.16 WIB
	<i>Stop</i>	13.25 WIB	13.26 WIB
<i>Sedimentation</i> (20 Min- 15 Sec)	<i>Start</i>	13.30 WIB	13.33 WIB
	<i>Stop</i>	13.50 WIB	13.53 WIB
<i>Clay Reading</i>		4,80	4,80
<i>Sand Reading</i>		4,40	4,30
$SE = \frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100\%$		91,67 %	89,58 %
<i>Average Sand Equivalent</i>		90,62%	

Yogyakarta, 29 November 2010

Mengetahui

Kepala Lab. Jalan Raya

Peneliti

Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D

Denny

Lampiran D-3: Hasil Pemeriksaan *Immersion Test* Tanpa dan Dengan Limbah Batubara



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

Contoh dari : Pertamina, Cilacap
 Pekerjaan : Tugas Akhir
 Jenis Aspal : AC 60-70
 Tanggal Diperiksa : 23 Agustus 2010

PEMERIKSAAN	BERAT
1. Berat vicnometer kosong	12,34 gram
2. Berat vicnometer + aquadest	24,03 gram
3. Berat air (2 – 1)	11,69 gram
4. Berat vicnometer + aspal	12,87 gram
5. Berat aspal	0,53 gram
6. Berat vicnometer + aspal + aquadest	24,04 gram
7. Berat air (6 – 4)	11,17 gram
8. Volume aspal (3 – 7)	0,52 gram
9. Berat jenis aspal ($\frac{5}{8}$)	1,02

Yogyakarta, 29 November 2010

Mengetahui

Kepala Lab. Jalan Raya

Peneliti

Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D

Denny

Lampiran D-3: Hasil Pemeriksaan *Immersion Test* Tanpa dan Dengan Limbah Batubara



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN DAKTILITAS ASPAL

Contoh dari : Pertamina, Cilacap
 Pekerjaan : Tugas Akhir
 Jenis Aspal : AC 60-70
 Tanggal Diperiksa : 23 Agustus 2010

Persiapan benda uji	Contoh dipanaskan	15 menit	Pembacaan suhu Oven $\pm 135^{\circ}\text{C}$
Mendinginkan benda uji	Didiamkan pada suhu ruang	60 menit	
Perendaman benda uji	Direndam dalam waterbath pada suhu 25°C	60 menit	Pembacaan suhu Waterbath $\pm 25^{\circ}\text{C}$
Pemeriksaan	Daktilitas pada suhu 25°C 5 cm permenit	20 menit	Pembacaan suhu Oven $\pm 25^{\circ}\text{C}$

Daktilitas pada suhu 25°C 5 cm permenit	Pembacaan pengukuran pada alat
Pengamatan I	165 cm
Pengamatan II	165 cm
Rerata (I + II)	165 cm

Yogyakarta, 29 November 2010

Mengetahui

Kepala Lab. Jalan Raya

Peneliti

Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D

Denny

Lampiran D-3: Hasil Pemeriksaan *Immersion Test* Tanpa dan Dengan Limbah Batubara



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR

Contoh dari : Pertamina, Cilacap
 Pekerjaan : Tugas Akhir
 Jenis Aspal : AC 60-70
 Tanggal Diperiksa : 23 Agustus 2010

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai Pemanasan	26° C	08.45 WIB
Selesai pemanasan	140° C	09.00 WIB
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	140° C	09.00 WIB
Selesai	26° C	11.23 WIB
Diperiksa		
Mulai	26° C	11.23 WIB
Selesai	343° C	11.57 WIB

HASIL PENGAMATAN

CAWAN	TITIK NYALA	TITIK BAKAR
Selesai	320° C	343° C

Yogyakarta, 29 November 2010

Mengetahui

Kepala Lab. Jalan Raya

Peneliti

Lampiran D-3: Hasil Pemeriksaan *Immersion Test* Tanpa dan Dengan Limbah Batubara



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D

Denny

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL

Contoh dari : Pertamina, Cilacap Tanggal Diperiksa : 23 Agustus 2010
 Pekerjaan : Tugas Akhir
 Jenis Aspal : AC 60-70

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	26°C	08.45 WIB
Selesai pemanasan	130°C	09.00 WIB
Didiamkan pada Suhu Ruang		
Mulai	130°C	09.00 WIB
Selesai	26°C	13.40 WIB
Diperiksa		
Mulai	26°C	13.43 WIB
Selesai	26°C	14.20 WIB

HASIL PENGAMATAN

NO	SUHU YANG DIAMATI	WAKTU (DETIK)		TITIK LEMBEK	
		I	II	I	II
1	5°C	0	0	50°C	50°C
2	10°C	03'15"	03'15"		
3	15°C	04'46"	04'46"		
4	20°C	06'02"	06'02"		
5	25°C	07'25"	07'25"	Average 50°C	
6	30°C	08'52"	08'52"		
7	35°C	10'26"	10'26"		
8	40°C	12'04"	12'04"		
9	45°C	13'45"	13'45"		
10	50°C	14'50"	14'50"		
11	55°C				

Yogyakarta, 29 November 2010

Lampiran D-3: Hasil Pemeriksaan *Immersion Test* Tanpa dan Dengan Limbah Batubara



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Mengetahui

Kepala Lab. Jalan Raya

Peneliti

Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D

KELARUTAN DALAM

Denny

Contoh dari : Pertamina, Cilacap Tanggal Diperiksa : 24 Agustus 2010
 Pekerjaan : Tugas Akhir
 Jenis Aspal : AC 60-70

PEMERIKSAAN		Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
Penimbangan	Mulai	13.02 WIB	26°C
Pelarutan	Mulai	13.13 WIB	26°C
Penyaringan	Mulai	13.23 WIB	26°C
	Selesai	13.28 WIB	26°C
Oven	Mulai	13.28 WIB	100°C
Penimbangan	Selesai	13.38 WIB	26°C

1. Berat botol Erlenmeyer kosong	74,09 gram
2. Berat Erlemeyer + aspal	75,68 gram
3. Berat aspal (2 – 1)	1,59 gram
4. Berat kertas saring bersih	0,63 gram
5. Berat kertas saring + endapan	0,63 gram
6. Berat endapan saja (5 – 4)	0,00 gram
7. Persentase endapan ($\frac{6}{3} \times 100\%$)	0,00 %
8. Bitumen yang terlarut (100% - 7)	100 %

Yogyakarta, 29 November 2010

Mengetahui

Kepala Lab. Jalan Raya

Peneliti

Lampiran D-3: Hasil Pemeriksaan *Immersion Test* Tanpa dan Dengan Limbah Batubara



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D

Denny

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

Contoh dari : Pertamina, Cilacap Tanggal Diperiksa : 24 Agustus 2010

Pekerjaan : Tugas Akhir

Jenis Aspal : AC 60-70

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	25°C	08.45 WIB
Selesai pemanasan	130°C	09.00 WIB
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	130°C	09.00 WIB
Selesai	25°C	10.50 WIB
Direndam air dengan suhu 25°C		
Mulai	25°C	10.50 WIB
Selesai	25°C	11.50 WIB
Diperiksa		
Mulai	25°C	11.50 WIB
Selesai	25°C	12.35 WIB

HASIL PENGAMATAN

No	CAWAN I	CAWAN II	SKET HASIL PEMERIKSAAN
1	62 mm	61 mm	
2	61 mm	63 mm	
3	62 mm	62 mm	
4	63 mm	60 mm	
5	62 mm	62 mm	
	61,8 mm		

Yogyakarta, 29 November 2010

Mengetahui

Lampiran D-3: Hasil Pemeriksaan *Immersion Test* Tanpa dan Dengan Limbah Batubara



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Kepala Lab. Jalan Raya

Peneliti

Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D **KSAAN KELEKATAN** Denny

AGREGAT TERHADAP ASPAL

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo

Jenis Aspal : AC 60-70

Pekerjaan : Tugas Akhir

Tanggal Diperiksa : 25 Agustus 2010

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai Pemanasan	26° C	12.30 WIB
Selesai pemanasan	170° C	13.00 WIB
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	170° C	13.00 WIB
Selesai		14.00 WIB
Diperiksa		
Mulai	26° C	10.04 WIB
Selesai	24° C	11.48 WIB

HASIL PENGAMATAN

BENDA UJI	PERSEN YANG DISELIMUTI OLEH ASPAL
I	100 %

Yogyakarta, 29 November 2010

Mengetahui

Lampiran D-3: Hasil Pemeriksaan *Immersion Test* Tanpa dan Dengan Limbah Batubara



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Kepala Lab. Jalan Raya

Peneliti

Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D

Denny

ANALISA SARINGAN AGREGAT

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo

Pekerjaan : Tugas Akhir

Jenis Agregat : Batu Pecah

Tanggal Diperiksa : 26 Agustus 2010

No. Saringan		Berat Tertahan (gram)		Jumlah (%)		Spesifikasi (%)	
mm	inch	tertahan	jumlah	tertahan	lolos	min	max
19,000	3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	100
12,400	1/2"	115,20	115,20	10,00	90,00	80	100
9,520	3/8"	115,20	230,40	20,00	80,00	70	90
4,760	#4	230,40	460,80	40,00	60,00	50	70
1,180	#8	201,60	662,40	57,50	42,50	35	50
0,590	#30	218,90	881,30	76,50	23,50	18	29
0,279	#50	63,30	944,60	82,00	18,00	13	23
0,149	#100	69,20	1013,80	88,00	12,00	8	16
0,075	#200	57,60	1071,40	93,00	7,00	4	10
PAN		80,60	1152	100,00	0,00	0	0

Keterangan :

Kadar Aspal	= 4,0 %
Berat Campuran	= 1200 gram
Berat Aspal	= 48 gram
Berat Agregat	= 1152 gram

Yogyakarta, 29 November 2010

Mengetahui

Lampiran D-3: Hasil Pemeriksaan *Immersion Test* Tanpa dan Dengan Limbah Batubara



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Kepala Lab. Jalan Raya

Peneliti

Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D

Denny

ANALISA SARINGAN AGREGAT

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo

Pekerjaan : Tugas Akhir

Jenis Agregat : Batu Pecah

Tanggal Diperiksa : 26 Agustus 2010

No. Saringan		Berat Tertahan (gram)		Jumlah (%)		Spesifikasi (%)	
mm	inch	tertahan	jumlah	tertahan	lolos	min	max
19,000	3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	100
12,400	1/2"	114,60	114,60	10,00	90,00	80	100
9,520	3/8"	114,60	229,20	20,00	80,00	70	90
4,760	#4	229,20	458,40	40,00	60,00	50	70
1,180	#8	200,55	658,95	57,50	42,50	35	50
0,590	#30	217,80	876,70	76,50	23,50	18	29
0,279	#50	63,00	939,70	82,00	18,00	13	23
0,149	#100	68,80	1008,50	88,00	12,00	8	16
0,075	#200	57,30	1065,80	93,00	7,00	4	10
PAN		80,20	1146	100,00	0,00	0	0

Keterangan :

Kadar Aspal	= 4,5 %
Berat Campuran	= 1200 gram
Berat Aspal	= 54 gram
Berat Agregat	= 1146 gram

Yogyakarta, 29 November 2010

Mengetahui

Lampiran D-3: Hasil Pemeriksaan *Immersion Test* Tanpa dan Dengan Limbah Batubara



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Kepala Lab. Jalan Raya

Peneliti

Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D

Denny

ANALISA SARINGAN AGREGAT

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo

Pekerjaan : Tugas Akhir

Jenis Agregat : Batu Pecah

Tanggal Diperiksa : 26 Agustus 2010

No. Saringan		Berat Tertahan (gram)		Jumlah (%)		Spesifikasi (%)	
mm	inch	tertahan	jumlah	tertahan	lolos	min	max
19,000	3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	100
12,400	1/2"	114,00	114,00	10,00	90,00	80	100
9,520	3/8"	114,00	228,00	20,00	80,00	70	90
4,760	#4	228,00	456,00	40,00	60,00	50	70
1,180	#8	199,50	655,50	57,50	42,50	35	50
0,590	#30	216,60	872,10	76,50	23,50	18	29
0,279	#50	62,70	934,80	82,00	18,00	13	23
0,149	#100	68,40	1003,20	88,00	12,00	8	16
0,075	#200	57,00	1060,20	93,00	7,00	4	10
PAN		79,80	1140	100,00	0,00	0	0

Keterangan : Kadar Aspal = 5,0 %
 Berat Campuran = 1200 gram
 Berat Aspal = 60 gram
 Berat Agregat = 1140 gram

Yogyakarta, 29 November 2010

Mengetahui

Lampiran D-3: Hasil Pemeriksaan *Immersion Test* Tanpa dan Dengan Limbah Batubara



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Kepala Lab. Jalan Raya

Peneliti

Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D

Denny

----- JARINGAN AGREGA -----

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo

Pekerjaan : Tugas Akhir

Jenis Agregat : Batu Pecah

Tanggal Diperiksa : 26 Agustus 2010

No. Saringan		Berat Tertahan (gram)		Jumlah (%)		Spesifikasi (%)	
mm	inch	tertahan	jumlah	tertahan	lolos	min	max
19,000	3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	100
12,400	1/2"	113,40	113,40	10,00	90,00	80	100
9,520	3/8"	113,40	226,80	20,00	80,00	70	90
4,760	#4	226,80	453,60	40,00	60,00	50	70
1,180	#8	198,50	652,10	57,50	42,50	35	50
0,590	#30	215,40	867,50	76,50	23,50	18	29
0,279	#50	62,40	929,90	82,00	18,00	13	23
0,149	#100	68,00	997,90	88,00	12,00	8	16
0,075	#200	56,70	1054,60	93,00	7,00	4	10
PAN		79,40	1134	100,00	0,00	0	0

Keterangan :

Kadar Aspal	= 5,5 %
Berat Campuran	= 1200 gram
Berat Aspal	= 66 gram
Berat Agregat	= 1134 gram

Yogyakarta, 29 November 2010

Mengetahui

Lampiran D-3: Hasil Pemeriksaan *Immersion Test* Tanpa dan Dengan Limbah Batubara



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Kepala Lab. Jalan Raya

Peneliti

Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D. **ANALISA SARINGAN AGREGAT**

Denny

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo

Pekerjaan : Tugas Akhir

Jenis Agregat : Batu Pecah

Tanggal Diperiksa : 26 Agustus 2010

No. Saringan		Berat Tertahan (gram)		Jumlah (%)		Spesifikasi (%)	
mm	inch	tertahan	jumlah	tertahan	lolos	min	max
19,000	3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	100
12,400	1/2"	112,80	112,80	10,00	90,00	80	100
9,520	3/8"	112,80	225,60	20,00	80,00	70	90
4,760	#4	225,60	451,20	40,00	60,00	50	70
1,180	#8	197,40	648,60	57,50	42,50	35	50
0,590	#30	214,30	862,90	76,50	23,50	18	29
0,279	#50	62,00	924,90	82,00	18,00	13	23
0,149	#100	67,70	992,60	88,00	12,00	8	16
0,075	#200	56,44	1049,04	93,00	7,00	4	10
PAN		78,90	1128	100,00	0,00	0	0

Keterangan : Kadar Aspal = 6,0 %
 Berat Campuran = 1200 gram
 Berat Aspal = 72 gram
 Berat Agregat = 1128 gram

Yogyakarta, 29 November 2010

Mengetahui

Lampiran D-3: Hasil Pemeriksaan *Immersion Test* Tanpa dan Dengan Limbah Batubara



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Kepala Lab. Jalan Raya

Peneliti

Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D

Denny

ANALISA KANDUNGAN AGREGAT PADA KADAR ASPAL STABILISASI

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo

Pekerjaan : Tugas Akhir

Jenis Agregat : Batu Pecah

Tanggal Diperiksa : 26 Agustus 2010

No. Saringan		Berat Tertahan (gram)		Jumlah (%)		Spesifikasi (%)	
mm	inch	tertahan	jumlah	tertahan	lolos	min	max
19,000	3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00	-	100
12,400	1/2"	113,40	113,40	10,00	90,00	80	100
9,520	3/8"	113,40	226,80	20,00	80,00	70	90
4,760	#4	226,80	453,60	40,00	60,00	50	70
1,180	#8	198,50	652,10	57,50	42,50	35	50
0,590	#30	215,40	867,50	76,50	23,50	18	29
0,279	#50	62,40	929,90	82,00	18,00	13	23
0,149	#100	68,00	997,90	88,00	12,00	8	16
0,075	#200	56,70	1054,60	93,00	7,00	4	10
PAN		79,40	1134	100,00	0,00	0	0

Keterangan :

Kadar Aspal	= 5,5 %
Berat Campuran	= 1200 gram
Berat Aspal	= 66 gram
Berat Agregat	= 1134 gram

Yogyakarta, 29 November 2010

Mengetahui

Lampiran D-3: Hasil Pemeriksaan *Immersion Test* Tanpa dan Dengan Limbah Batubara



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Kepala Lab. Jalan Raya

Peneliti

Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D

Denny

Lampiran D-3: Hasil Pemeriksaan *Immersion Test* Tanpa dan Dengan Limbah Batubara



LABORATORIUM JALAN RAYA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jl. Kaliurang Km.14.4 Telp.95330 Yogyakarta 55584



HASIL PEMERIKSAAN *IMMERSION TEST* TANPA DAN DENGAN LIMBAH BATUBARA KAO (%)

Contoh dari : Celereng, Kulon Progo
Pekerjaan : Tugas Akhir
Jenis Campuran : LASTON
Dikerjakan Oleh : Denny

Tanggal : 1 November 2010
Dihitung Oleh : Denny
Diperiksa Oleh : Sukanto HM.

sampel	t (mm)	a (%)	b (%)	DENSITY										VMA				VITM		STABILITAS		FLOW	MQ (kg/mm)	angka koreksi
				c (gr)	d (gr)	e (gr)	f	g	h	i	j	k	l (%)	m (%)	n (%)	o	p (kg)	q (kg)	r (mm)					
1	60.90	5.820	5.50	1166.0	1173.0	678.0	495.0	2.36	2.46	12.70	83.00	4.30	17.00	74.71	4.30	105.00	2335.43	2501.83	2.10	1191.35	1.07			
2	61.10	5.820	5.50	1173.0	1178.0	680.0	498.0	2.36	2.46	12.70	82.99	4.31	17.01	74.68	4.31	110.00	2446.64	2605.67	2.32	1123.14	1.07			
3	62.43	5.820	5.50	1168.0	1172.0	675.0	497.0	2.35	2.46	12.67	82.81	4.52	17.19	73.70	4.52	90.00	2001.80	2055.35	3.30	622.832	1.03			
4	60.50	5.820	5.50	1172.0	1177.0	678.0	499.0	2.35	2.46	12.66	82.76	4.58	17.24	73.44	4.58	95.00	2113.01	2289.97	2.73	838.818	1.08			
5	62.43	5.820	5.50	1173.0	1176.0	679.0	497.0	2.36	2.46	12.73	83.16	4.11	16.84	75.57	4.11	85.00	1890.59	1941.16	2.50	776.464	1.03			
6	61.37	5.820	5.50	1175.0	1176.0	682.0	494.0	2.38	2.46	12.83	83.81	3.37	16.19	79.21	3.37	97.00	2157.49	2279.53	2.80	814.117	1.06			
								2.36						16.76	76.07	4.02		2170.22	2.68	810.79				
A	64.10	5.820	5.50	1198.0	1202.0	683.0	519.0	2.31	2.46	12.45	81.33	6.22	18.67	66.67	6.22	103.00	2290.95	2193.06	1.35	1624.49	0.96			
B	64.22	5.820	5.50	1203.0	1206.0	688.0	518.0	2.32	2.46	12.52	81.83	5.65	18.17	68.92	5.65	96.00	2135.25	2037.03	2.55	798.835	0.95			
C	64.25	5.820	5.50	1205.0	1211.0	694.0	517.0	2.33	2.46	12.57	82.12	5.31	17.88	70.30	5.31	89.00	1979.56	1886.88	1.35	1397.69	0.95			
								2.32					18.24	68.63	5.73		2038.99	1.75	1165.14					
D	64.18	5.820	5.50	1203.0	1211.0	690.0	521.0	2.31	2.46	12.45	81.36	6.19	18.64	66.79	6.19	91.00	2024.04	1933.14	2.20	878.701	0.96			
E	64.13	5.820	5.50	1197.0	1202.0	676.0	526.0	2.28	2.46	12.27	80.18	7.55	19.82	61.92	7.55	98.00	2179.74	2084.82	2.53	824.039	0.96			
F	64.20	5.820	5.50	1201.0	1200.0	686.0	514.0	2.34	2.46	12.60	82.33	5.07	17.67	71.30	5.07	93.00	2068.52	1974.50	2.12	931.368	0.95			
								2.31					18.71	66.67	6.27			1997.49	2.28	874.812				

Keterangan

t = tebal benda uji (mm)

a = % aspal terhadap campuran

b = % aspal terhadap bahan

c = berat kering/sebelum direndam (gr)

d = berat dalam keadaan SSD (gr)

e = berat dalam air (gr)

f = volume (isi) = d - e

g = berat isi sampel = c / f

h = B.J Maksimum

i = $(b \times g) : B.J Aspal$

j = $(100 - b) \times g : B.J Agregat$

k = jumlah kandungan rongga = $(100 - i - j)$

l = rongga terhadap agregat = $(100 - j)$

m = rongga yang terisi aspal (VFWA) = $100 \times (i / l) (\%)$

n = rongga yang terisi campuran (VITM) = $100 - l \times 100 \times (g / h) (\%)$

o = pembacaan arloji stabilitas

p = o x kalibrasi proving ring (kg)

q = p x koreksi tebal benda uji (stabilitas) (kg)

r = flow (kelelahan plastis) (mm)

QM = Quotient Marshall (kg/mm)

suhu pencampuran = 160 °C

suhu pemadatan = 140 °C

suhu waterbath = 60 °C

B.J Aspal = 1.02

B.J Agregat = 2.682

kalibrasi proving ring = 22.2422 kg

Yogyakarta, 29 November 2010

Peneliti

Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D

Mengetahui

Kepala Lab Jalan Raya