



**PENGARUH PENGGUNAAN PORTLAND CEMENT (P.C)
TYPE 1 DAN ABU BATU SEBAGAI FILLER
PADA CAMPURAN HOTMIX LASTON
LAPIS AUS (AC-WC) TERHADAP
NILAI STABILITAS**

LAPORAN PROYEK AKHIR

Asal :	Hadiah	125.7 NUR P
Terima di :	Perpustakaan 18 OCT 2006	
No induk :		
Pengkatalog :		

Oleh :

NURYANTO
021 903 103 003

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM – PROGRAM STUDI TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2006**



**PENGARUH PENGGUNAAN PORTLAND CEMENT
(P.C) TYPE 1 DAN ABU BATU SEBAGAI FILLER
PADACAMPURAN HOTMIX LASTON
LAPIS AUS (AC-WC) TERHADAP
NILAI STABILITAS**

LAPORAN PROYEK AKHIR

diajukan sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Ahli Madya (A. Md)
pada Program – program Studi Teknik Universitas Jember

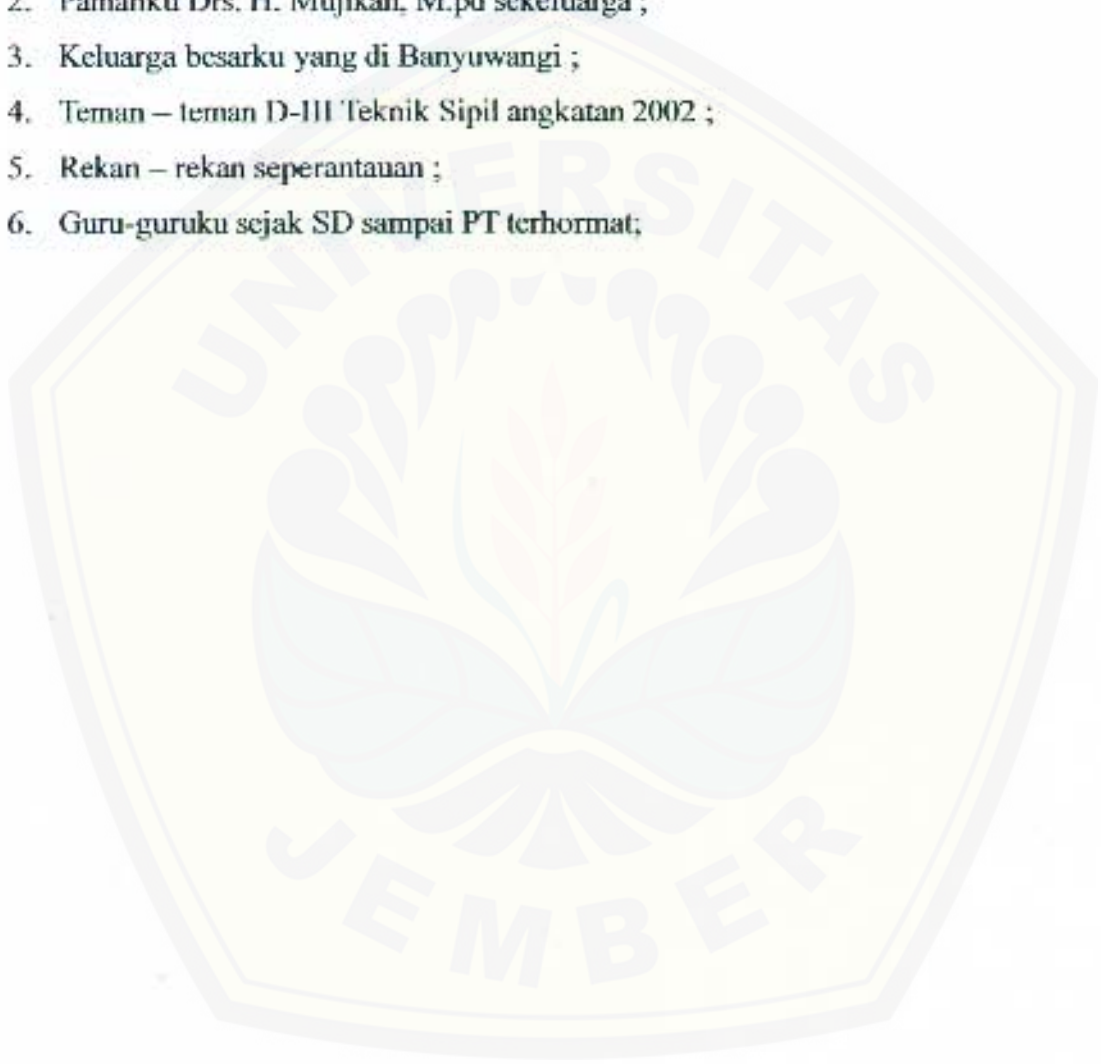
Oleh :
NURYANTO
021 903 103 003

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM - PROGRAM STUDI TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2006**

PERSEMBAHAN

Laporan proyek akhir ini aku persembahkan untuk :

1. Ayah dan Bunda tercinta serta kakak-kakakku tersayang ;
2. Pamanku Drs. H. Mujikan, M.pd sekeluarga ;
3. Keluarga besarku yang di Banyuwangi ;
4. Teman – teman D-III Teknik Sipil angkatan 2002 ;
5. Rekan – rekan seperantauan ;
6. Guru-guruku sejak SD sampai PT terhormat;



MOTTO

Orang Pandai Hidup Kendatipun Ia Telah Mati, Orang Bodoh Mati Kendatipun Ia
Masih Hidup

Masa Lalu yang Kelam Bukanlah Sesuatu yang Harus Kita Takuti, Tapi
Jadikanlah Hal itu Sebagai Pelajaran Agar Kita Tidak Mengulangi untuk yang
Kedua kalinya

Kejujuran Adalah Satu-Satunya Modal yang Akan Membuat Kita Diterima di
Mana Saja Kita Berada

Cinta Adalah Roda yang Akan Menggilas Siapa Saja yang Mengikuti Geraknya,
Tapi Tanpa Gilasannya Kita Tak Akan Pernah Tahu Betapa Indahnnya Hidup ini

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nuryanto

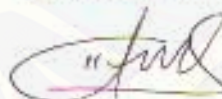
Nim : 021903103003

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul : **“Pengaruh Penggunaan Portland Cement (P.C) Type I dan Abu Batu Sebagai Filler pada Campuran Hotmix Laston Lapis Aus (AC-WC) Terhadap Nilai Stabilitas“** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 20 Juni 2006

Yang menyatakan,



Nuryanto
021903103003

PENGESAHAN

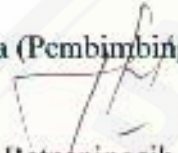
Laporan proyek akhir berjudul:

**PENGARUH PENGGUNAAN PORTLAND CEMENT (P.C) TYPE I DAN
ABU BATU SEBAGAI FILLER PADA CAMPURAN HOTMIX
LASTON LAPIS AUS (AC-WC) TERHADAP
NILAI STABILITAS**

Oleh : **Nuryanto** Nim : **021903103003**


Telah diuji dan dinyatakan lulus pada hari **Kamis**, tanggal **06 Juli 2006** dan telah disetujui, disahkan serta diterima oleh Program-program Studi Teknik Universitas Jember.

Ketua (Pembimbing Utama)

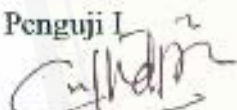

Anik Ratnaningsih, S.T., M.T.
NIP 132213835

Menyetujui:

Sekretaris (Pembimbing Pendamping)



Syamsul Arifin, S.T.
NIP 132206140

Penguji I


Indra N., S.T., M.T.
NIP 132210537

Penguji:

Penguji II



Jojok Widodo S., S.T., M.T.
NIP 132258074

Jurusan Teknik Sipil
Ketua,


Ir. Hernu Suyoso
NIP 132660768

Mengetahui:

Program Studi D-III Teknik Sipil
Ketua,


Jojok Widodo S., S.T., M.T.
NIP 132258074

Mengesahkan:

Program-program Studi Teknik
Universitas Jember



Ketua,


Dr. Ro Sudaryanto, DEA.
NIP 320002358

RINGKASAN

Pengaruh Penggunaan Portland Cement (P.C) Type I dan Abu Batu Sebagai Filler pada Campuran Hotmix Laston Lapis Aus (AC-WC) Terhadap Nilai Stabilitas, Nuryanto, 021903103003, 2006, 64 Halaman.

Filler atau bahan pengisi merupakan bahan yang memiliki kehalusan butiran yang lolos dari ayakan No.200 minimal 75% dari beratnya. Pada proyek perkerasan jalan yang digunakan sebagai *filler* kebanyakan adalah abu batu. Sedangkan pada kenyataannya fraksi abu batu susah didapatkan di lapangan. Untuk menghasilkan fraksi abu batu masih memerlukan proses pengolahan terlebih dahulu. Dari sinilah muncul pemikiran untuk menambahkan Portland Cement (P.C) type I pada campuran Laston (AC-WC) dengan 11 prosentase yang berbeda. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai stabilitas campuran akibat penambahan Portland Cement (P.C) type I. Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain agregat kasar (diperoleh dari AMP Garahan), agregat halus (diperoleh dari Pasirian, Lumajang), *filler* (portland cement dan abu batu), aspal pen.60-70 (diperoleh dari PT. Sumitama Intinusa, Surabaya). Pengujian dilakukan di Laboratorium Transportasi PPS. Teknik, Universitas Jember. Sumber data diperoleh dari pengujian benda uji dengan menggunakan alat Marshall, kemudian dilakukan analisis dan perhitungan untuk mengetahui nilai stabilitas dan parameter Marshallnya. Setelah pengujian dan perhitungan dilakukan, didapatkan proporsi campuran untuk *hotmix* laston lapis aus (AC-WC) adalah 43,75% agregat kasar, 52,25% agregat halus, 4,00% *filler*. Nilai stabilitas minimum yang diperoleh sebesar 1646 kg pada proporsi *filler* (semen : abu batu = 0 : 100) dan nilai stabilitas maksimum sebesar 2426 kg pada proporsi *filler* (semen : abu batu = 100 : 0). Nilai stabilitas yang diperoleh telah memenuhi persyaratan campuran beraspal di Indonesia (1998), yang menetapkan nilai stabilitas untuk campuran *hotmix* laston lapis aus (AC-WC) minimal sebesar 800 kg. Dari hasil yang telah diperoleh dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan Portland Cement (P.C) Type I mempengaruhi nilai stabilitas campuran *hotmix* laston lapis aus (AC-WC) yakni semakin besar proporsi semen yang ditambahkan

semakin tinggi pula nilai stabilitasnya. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dan data yang lebih lengkap dari pencampuran *filler* semen dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk jenis campuran yang lain dan sebaiknya pengujian dilakukan dengan menggunakan kadar aspal lebih dari satu.

Teknik Sipil, Program-program Studi Teknik, Universitas Jember.



KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah dipanjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga karya tulis ilmiah yang berjudul **“Pengaruh Penggunaan Portland Cement (P.C) Type I dan Abu Batu Sebagai Filler pada Campuran Hotmix Laston Lapis Aus (AC-WC) Terhadap Nilai Stabilitas”** dapat terselesaikan dengan baik. Karya tulis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan diploma III pada Jurusan Teknik Sipil, Program-program Studi Teknik, Universitas Jember.

Penyusunan laporan proyek akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu ingin disampaikan ucapan terima kasih yang tiada terhingga kepada :

1. Dr. Ir. R. Sudaryanto, DEA. selaku Ketua Program-program Studi Teknik Universitas Jember.
2. Ir. Hemu Suyoso selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
3. Jojok Widodo S., S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Sipil Universitas Jember.
4. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing utama.
5. Syamsul Arifin, S.T. selaku Dosen Pembimbing pendamping.
6. Ayah dan Bunda tercinta serta kakak-kakakku yang telah memberikan dorongan, dan bantuan baik secara materi maupun non materi demi terselesainya laporan proyek akhir ini;
7. Teman – teman D III Teknik Sipil khususnya angkatan '02 yang telah merelakan waktunya untuk membantu dalam penyelesaian laporan proyek akhir ini;

Kritik dan saran dari semua pihak yang sifatnya membangun demi kesempurnaan laporan ini sangat kami harapkan, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua yang membaca.

Jember , Juni 2006

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
RINGKASAN	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Aspal.....	6
2.2.1 Kepekaan Aspal Terhadap Temperatur	7
2.2.2 Fungsi Aspal Sebagai Materi Perkerasan Jalan	7
2.3 Agregat.....	8
2.3.1 Jenis Agregat.....	9
2.3.2 Gradasi Agregat.....	10
2.3.3 Pengujian Agregat.....	12
2.3.4 Berat Jenis Agregat.....	14
2.3.5 Pencampuran Agregat.....	16

2.4 Bahan Pengisi (Filler)	17
2.4.1 Semen Portland.....	18
2.4.2 Abu Batu.....	20
2.5 Aspal Beton Campran Panas (Hotmix)	20
2.5.1 Jenis Aspal Beton Campurn Panas.....	21
2.5.2 Karakteristik Beton Aspal.....	23
2.6 Perencanaan Campuran	25
2.7 Pembuatan Benda Uji	26
2.7.1 Jumlah Benda Uji yang Akan Disiapkan.....	26
2.7.2 Agregat yang Akan Digunakan.....	26
2.7.3 Pencampuran Agregat dan Aspal.....	27
2.7.4 Pematatan Benda Uji.....	27
2.8 Pemeriksaan Benda Uji	27
2.8.1 Penimbangan Benda Uji.....	27
2.8.2 Pengujian Marshall.....	28
2.9 Perhitungan Volumetrik Campuran	28
2.9.1 Kadar Aspal Terhadap Total Campuran.....	28
2.9.2 Volume Benda Uji.....	29
2.9.3 Berat Volume Benda Uji.....	29
2.9.4 Berat Jenis <i>Bulk</i> Total Agregat.....	29
2.9.5 Berat Jenis Efektif Total Agregat.....	30
2.9.6 Berat Jenis <i>Bulk</i> Beton Aspal Padat.....	30
2.9.7 Berat Jenis Maksimum Beton Aspal yang Belum Dipadatkan.....	30
2.9.8 Kadar Aspal yang Terabsorpsi.....	31
2.9.9 Kadar Aspal Efektif.....	31
2.9.10 Rongga di Antara Mineral Agregat.....	32
2.9.11 Rongga di dalam Campuran.....	32
2.9.12 Rongga Terisi Aspal.....	33
2.9.13 Stabilitas Marshall.....	33
2.9.14 Kelelehan (<i>Flow</i>).....	33

2.9.15 Hasil Bagi Marshall	34
BAB 3. METODELOGI PENELITIAN.....	35
3.1 Studi Literatur.....	35
3.2 Pengumpulan Material.....	35
3.3 Pengujian Material	36
3.3.1 Pengujian Agregat Kasar	36
3.3.2 Pengujian Agregat Halus	40
3.3.3 Pengujian Filler.....	42
3.4 Rancangan Proporsi Agregat	43
3.5 Menentukan Kadar Aspal Campuran	43
3.6 Persiapan Pembuatan Benda Uji Marshall.....	43
3.7 Campuran Aspal dengan Alat Marshall	44
3.7.1 Pembuatan Benda Uji	44
3.7.2 Prosedur Praktikum dengan Alat Marshall	46
3.8 Analisis Dan Pembahasan	47
3.9 Kesimpulan Dan Saran	47
BAB 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	49
4.1 Perhitungan Data Agregat	49
4.1.1 Perhitungan Data Agregat Kasar	49
4.1.2 Perhitungan Data Agregat Halus	51
4.1.3 Perhitungan Data Bahan Pengisi (<i>Filler</i>).....	52
4.1.4 Perhitungan Kadar Aspal Optimum Perkiraan	53
4.1.5 Perhitungan Volumetrik Campuran	53
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1 Kesimpulan.....	64
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA.....	65
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	66

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Sifat Agregat Campuran	12
2.2 Ukuran Bukaan Saringan	14
2.3 Komposisi Bahan Baku Semen	19
2.4 Contoh Persyaratan Campuran Beraspal di Indonesia	21
2.5 Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal	23
2.6 Jumlah Tumbukan Masing-masing Sisi Benda Uji	27
4.1 Keterangan Grafik Parameter Marshall	55
4.2 Perhitungan Sifat Volumetrik Beton Aspal	62
4.3 Spesifikasi Campuran	63

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Gambar Susunan Agregat dalam Campuran	11
3.1 Gambar Diagram Alir Rencana Penelitian	48
4.1 Gambar Grafik Hubungan VIM dengan Filler	55
4.2 Gambar Grafik Hubungan VMA dengan Filler	56
4.3 Gambar Grafik Hubungan VFA dengan Filler	57
4.4 Gambar Grafik Hubungan Stabilitas dengan Filler	58
4.5 Gambar Grafik Hubungan <i>Flow</i> dengan Filler	59
4.6 Gambar Grafik Hubungan Hasil Bagi Marshall dengan Filler	60

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Pengujian Pendahuluan	66
A.1. Perhitungan Data Agregat Kasar.....	66
A.2. Perhitungan Data Agregat Halus.....	69
A.3. Perhitungan Data Bahan Pengisi (<i>Filler</i>).....	71
A.4. Pencampuran Agregat	72
A.5. Perhitungan Kadar Aspal Optimum Perkiraan.....	74
A.6. Data Benda Uji Marshall	75
Lampiran B. Foto Penelitian di Laboratorium	76
Foto 1. Proses Mencampur/Menggoreng Aspal.....	76
Foto 2. Proses Pencetakan Benda Uji ke dalam Silinder	76
Foto 3. Proses Pemadatan Benda Uji	77
Foto 4. Proses Mengeluarkan Benda Uji dari Silinder Cetakan Pemadat	77
Foto 5. Proses Perendaman Benda Uji di dalam Water Bath	78
Foto 6. Proses Pengujian Marshall.....	78
Foto 7. Proses Pengujian Marshall.....	79
Foto 8. Proses Pengambilan Benda Uji Dari Alat Marshall.....	79
Lampiran C. Sertifikat Pengujian Aspal	80



BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama umur rencana diharapkan tidak terjadi kerusakan atau gangguan. Konstruksi perkerasan jalan terdiri dari lapisan permukaan (*surface course*), lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan pondasi bawah (*subbase course*), dan lapisan tanah dasar (*subgrade*). Jalan yang stabil adalah bila lapisan perkerasan mampu menerima beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, ataupun *bleeding*.

Material utama pembentuk lapisan perkerasan jalan adalah agregat (90-95%) dari berat campuran perkerasan. Daya dukung lapisan perkerasan ditentukan dari sifat butir agregat dan gradasi agregatnya. Pada perkerasan jalan aspal berfungsi sebagai bahan pengikat yakni memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat serta antara sesama aspal. Selain itu aspal juga berfungsi sebagai bahan pengisi yakni mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada di dalam butir agregat itu sendiri.

Bahan pengisi atau *filler* dapat terdiri dari debu batu kapur, semen portland, abu terbang, abu tanur semen, atau bahan non plastis lainnya. Sementara produksi semen Portland di Indonesia mencapai 47,3 juta ton/tahun, sedangkan daya serap pasar domestik hanya 31,7 ton/tahun. Jadi terjadi kelebihan stok semen sebesar 15,6 juta ton/tahun (<http://www.kbw.go.id/Humas>). Semen portland memiliki kehalusan butiran sedemikian rupa sehingga kurang lebih 80 % dari butirannya dapat menembus ayakan ukuran 44 mikron. Dengan demikian semen portland sangat memungkinkan untuk digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*)

pada perkerasan jalan. Selain itu semen portland juga dapat berfungsi sebagai bahan pengikat yang dapat memberi ikatan yang kuat antara semen dan bahan-bahan yang lainnya.

Pada perencanaan proyek akhir ini akan dicoba melakukan pengujian pada aspal sebagai bahan pengikat perkerasan jalan dengan menambahkan semen portland type 1 dan abu batu sebagai *filler*. Dari latar belakang di atas, maka diambil judul **“Pengaruh Penggunaan Portland Cement (P.C) Type 1 dan Abu Batu (Sebagai *Filler*) pada Campuran Hotmix Laston Lapis Aus (AC-WC) Terhadap Nilai Stabilitas”**.

1.2 Perumusan Masalah

Berawal dari latar belakang di atas dapat diambil sebuah rumusan masalah yaitu besar tingkat pengaruh yang ditimbulkan akibat penambahan semen portland dan abu batu (sebagai *filler*) pada campuran *hotmix* laston lapis aus (AC-WC) terhadap nilai stabilitas.

1.3 Batasan Masalah

Dalam pengujian campuran *hotmix* laston lapis aus (AC-WC) dengan penambahan semen dan abu batu (sebagai *filler*) untuk mengetahui pengaruhnya terhadap nilai stabilitas akan dibatasi dalam hal sebagai berikut :

- a. Pengujian dilakukan di Laboratorium Transportasi Universitas Jember.
- b. Pengujian dilakukan hanya untuk mengetahui pengaruh penggunaan semen dan abu batu (sebagai *filler*) pada campuran *hotmix* laston lapis aus (AC-WC) terhadap nilai stabilitas.
- c. Pencampuran agregat dilakukan dengan menggunakan metode grafis.
- d. Pembuatan benda uji untuk masing-masing campuran adalah 3 buah untuk setiap prosentase *filler* tertentu.
- e. Jenis aspal yang dipakai untuk pengujian adalah aspal Pen.60-70.

- f. Perkerasan direncanakan untuk beban lalu lintas berat sehingga pada pembuatan benda uji dilakukan pemadatan sebanyak 75 kali untuk masing-masing sisi.
- g. Pengujian aspal tidak dilakukan, karena aspal yang digunakan telah diuji di Bandung dengan hasil sesuai sertifikat No.2004-061-APK-14-KOT yang dikeluarkan oleh Depkimpraswil pada tanggal 26 Juli 2004.
- h. Pengujian agregat mengacu peraturan ASTM, AASHTO.
- i. Penentuan proporsi filler (semen portland dan abu batu) adalah 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, 90:10 dengan acuan proporsi *filler* maksimum adalah 8% dari berat campuran.
- j. Pada proyek akhir ini tidak menganalisis biaya.
- k. Pada proyek akhir ini tidak dilakukan analisis kimia.

1.4 Tujuan

Pengujian campuran *hotmix* laston lapis aus (AC-WC) dengan menggunakan portland cement (P.C) type 1 dan abu batu sebagai *filler* bertujuan untuk :

- a. Mengetahui pengaruh yang ditimbulkan pada campuran *hotmix* Laston Lapis Aus (AC-WC) akibat penambahan semen dan abu batu (sebagai *filler*).
- b. Mengetahui nilai stabilitas maksimum campuran akibat penambahan kedua bahan tersebut di atas (semen dan abu batu sebagai *filler*).
- c. Dapat merencanakan proporsi campuran yang tepat untuk perkerasan jalan akibat penambahan semen dan abu batu sebagai *filler* khususnya dalam campuran *hotmix* Laston Lapis Aus (AC-WC).

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam penyusunan laporan proyek akhir maka disusun sistematika penulisan sebagai berikut :

1.5.1 Pendahuluan

Berisi tentang latar belakang permasalahan, batasan masalah, tujuan dan manfaat dalam penyusunan laporan proyek akhir, metode penelitian serta sistematika penulisan.

1.5.2 Tinjauan Pustaka

Membahas tentang teori dasar dan rumus – rumus tentang perkerasan jalan yang akan digunakan dalam penyelesaian proyek akhir.

1.5.3 Metodologi Penelitian.

Membahas tentang persiapan bahan dan alat, pengujian laboratorium, pembuatan benda uji, dan pengujian benda uji.

1.5.4 Analisis dan Pembahasan

Membahas tentang data yang di peroleh setelah pengujian di laboratorium selesai. Seperti perhitungan data dan analisis hasil perhitungan.

1.5.5 Kesimpulan dan Saran

Membahas tentang kesimpulan yang diambil dari hasil percobaan yang dilakukan untuk selanjutnya disimpulkan dan saran-saran yang diharapkan sebagai acuan untuk menyempurnakan laporan proyek akhir.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA



2.1 Umum

Konstruksi perkerasan jalan terdiri atas lapisan-lapisan yakni lapisan permukaan (*surface course*), lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan pondasi bawah (*subbase course*), dan lapisan tanah dasar (*subgrade*). Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas :

- a. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
- b. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
- c. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau sebaliknya.

Beton aspal campuran panas adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Beton aspal campuran panas termasuk salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur.

Berdasarkan fungsinya beton aspal campuran panas dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. Sebagai lapis permukaan yang tahan terhadap cuaca, gaya geser dan tekanan roda serta memberikan lapisan yang kedap air yang dapat melindungi lapis di bawahnya dari rembesan air.

- b. Sebagai lapis pondasi atas.
- c. Sebagai lapis pembentuk pondasi, jika dipergunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan.

2.2 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*), berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi (Sukirman, 2003:26). Aspal adalah material yang pada suhu ruang akan berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi aspal akan mencair bila dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku bila temperatur turun.

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas dua jenis yaitu:

- a. Aspal alam, adalah aspal yang didapat di suatu tempat di alam dan dapat dipergunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan.
- b. Aspal minyak, adalah aspal yang merupakan residu pengilangan minyak bumi.

Aspal terdiri dari senyawa hidrokarbon, nitrogen dan logam lain, sesuai jenis minyak bumi dan proses pengolahannya. Mutu kimiawi aspal ditentukan dari komponen pembentuk aspal. Saat ini telah banyak metode yang digunakan untuk meneliti komponen-komponen pembentuk aspal. Komponen fraksional pembentuk aspal dikelompokkan berdasarkan karakteristik reaksi yang sama.

Metode Rostler menentukan komponen fraksional aspal melalui daya larut aspal di dalam asam belerang (*sulfuric acid*). Terdapat lima komponen fraksional aspal berdasarkan daya reaksi kimiawinya di dalam asam *sulfuric acid*, yaitu:

- a. *Asphaltenes (A)*
- b. *Nitrogen bases (N)*
- c. *Acidaffin I (A1)*
- d. *Acidaffin II (A2)*
- e. *Paraffin (P)*

Secara garis besar komposisi kimiawi aspal terdiri dari *asphaltenes*, *resins* dan *oils*. *Asphaltenes* terutama terdiri dari senyawa hidrokarbon, merupakan

material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam *n-heptane*. *Asphaltenes* menyebar di dalam larutan yang disebut *maltenes*. *Maltenes* larut dalam *heptane*, merupakan cairan kental yang terdiri dari *resins* dan *oils*. *Resins* adalah cairan berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat adhesi dari aspal, merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan, sedangkan *oils* yang berwarna lebih muda merupakan media dari *asphaltenis* dan *resins*.

Maltenis merupakan komponen yang mudah berubah sesuai perubahan temperatur dan umur pelayanan. Durabilitas aspal merupakan fungsi dari ketahanan aspal terhadap perubahan mutu kimiawi selama proses pencampuran dengan agregat, masa pelayanan, dan proses pengerasan seiring waktu atau umur perkerasan.

2.2.1 Kepekaan Aspal Terhadap Temperatur

Aspal adalah material yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair apabila temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur. Kepekaan terhadap perubahan temperatur dari setiap jenis aspal berbeda-beda, yang dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspalnya, walaupun mungkin memiliki nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu.

2.2.2 Fungsi Aspal Sebagai Material Perkerasan Jalan

Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai:

- a. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara sesama aspal.
- b. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada di dalam butir agregat itu sendiri.

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

Penggunaan aspal pada perkerasan jalan dapat melalui dicampurkan pada agregat sebelum dihamparkan (prahampar), seperti lapisan beton aspal atau disiramkan pada lapisan agregat yang telah dipadatkan dan ditutupi oleh agregat-agregat yang lebih halus (pascahampar), seperti perkerasan penetrasi makadam atau pelabuhan.

Fungsi utama aspal untuk kedua jenis proses pembentukan perkerasan yaitu proses pencampuran prahampar dan pascahampar itu berbeda. Pada proses prahampar aspal yang dicampurkan dengan agregat akan membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi pori antar butir, dan meresap ke dalam pori masing-masing butir. Sedangkan pada proses pascahampar, aspal disiramkan pada lapisan agregat yang telah dipadatkan, lalu di atasnya ditaburi butiran agregat halus. Pada proses ini aspal akan meresap ke dalam pori-pori antar butir agregat di bawahnya. Fungsi utamanya adalah menghasilkan lapisan perkerasan bagian atas yang kedap air dan tidak mengikat agregat sampai ke bagian bawah.

Dengan adanya aspal dalam campuran diharapkan diperoleh lapisan perkerasan yang kedap air sehingga mampu melayani arus lalu lintas selama masa pelayanan jalan. Oleh karena itu aspal haruslah mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca, dan mempunyai sifat adhesi dan kohesi yang baik.

2.3 Agregat

Agregat secara umum didefinisikan sebagai butiran-butiran mineral padat berupa masa yang mempunyai ukuran besar atau berupa fragmen-fragmen, atau disebut juga susunan kulit bumi yang keras (Sukirman, 1999:41).

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan campuran lain.

2.3.1 Jenis Agregat

Agregat dapat dibedakan berdasarkan kelompok terjadinya, pengolahannya, dan ukuran butirannya. Berdasarkan proses terjadinya agregat dapat dibedakan atas agregat beku (*igneous rock*), agregat sedimen (*sedimentary rock*) dan agregat metamorfik (*metamorphic rock*).

Agregat beku (*igneous rock*) adalah agregat yang berasal dari magma yang mendingin dan membeku. Agregat sedimen (*sedimentary rock*) dapat berasal dari campuran partikel mineral, sisa-sisa hewan dan tanaman yang mengalami pengendapan dan pembekuan. Berdasarkan proses terbentuknya agregat sedimen dapat dibedakan atas:

- a. Agregat sedimen yang dibentuk dengan proses mekanik, seperti breksi, konglomerat, batu pasir, batu lempung. Agregat ini banyak mengandung silika.
- b. Agregat sedimen yang dibentuk dengan proses organik, seperti batu gamping, batu bara, dan opal.
- c. Agregat sedimen yang dibentuk dengan proses kimiawi, seperti batu gamping, garam, gips, dan *flint*.

Agregat metamorfik (*metamorphic rock*) adalah agregat sedimen ataupun agregat beku yang mengalami perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperatur kulit bumi. Berdasarkan strukturnya dapat dibedakan atas agregat *metamorf masif* seperti marmar, kwarsit, dan agregat *metamorf* yang berfoliasi.

Berdasarkan ukuran butirnya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*). Batasan dari masing-masing agregat ini seringkali berbeda, sesuai institusi yang menentukannya.

The Asfalt Institut dan Depkimpraswil dalam spesifikasi baru Campuran Panas, 2002 membedakan agregat menjadi :

- a. Agregat kasar, adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No.8 (= 2,36 mm)
- b. Agregat halus, adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No.8 (= 2,36 mm)

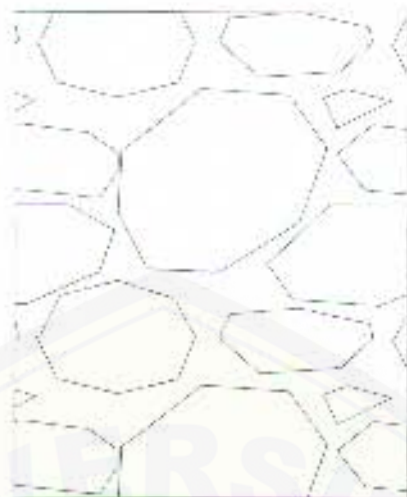
- c. Bahan pengisi (*filler*), adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan No.30 (= 0,60 mm)
Bina Marga (buku 3 second nine) membedakan agregat menjadi:
 - a. Agregat kasar, adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No.4 (= 4,75 mm)
 - b. Agregat halus, adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No.4 (= 4,75 mm)
 - c. Bahan pengisi (*filler*), adalah bagian dari agregat halus yang minimum 75% lolos saringan No.200 (= 0,075 mm).

2.3.2 Gradasi Agregat

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Satu set saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 4 inci, 3,5 inci, 3 inci, 2,5 inci, 2 inci, 1,5 inci, 1 inci, 0,75 inci, 0,5 inci, 3/8 inci, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, dan No.200.

Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisis saringan berukuran bukaan paling besar diletakkan paling atas, dan yang paling halus (No.200) diletakkan paling bawah sebelum pan. Gradasi agregat dinyatakan dalam presentase lolos, atau presentase tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat.

Gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Agregat campuran yang terdiri dari agregat berukuran sama akan berongga atau berpori banyak, karena tak terdapat agregat berukuran lebih kecil yang dapat mengisi rongga yang terjadi. Sebaliknya, jika campuran agregat terdistribusi dari agregat berukuran besar sampai kecil secara merata, maka rongga atau pori yang terjadi sedikit. Hal ini disebabkan karena rongga yang terbentuk oleh susunan agregat berukuran besar, akan diisi oleh agregat berukuran kecil.



Gambar 2.1 Susunan Agregat dalam Campuran

Gradasi agregat dapat dikelompokkan ke dalam agregat bergradasi baik dan agregat bergradasi buruk. Agregat bergradasi baik adalah agregat yang ukuran butirannya terdistribusi merata dalam satu rentang ukuran butir. Agregat bergradasi baik disebut pula agregat bergradasi rapat. Campuran agregat bergradasi baik mempunyai pori sedikit, mudah dipadatkan, dan mempunyai stabilitas tinggi. Berdasarkan ukuran butir agregat yang dominan menyusun campuran agregat, maka agregat bergradasi baik dapat dibedakan atas:

- a. Agregat bergradasi kasar adalah agregat bergradasi baik yang mempunyai ukuran menerus dari kasar sampai dengan halus, tetapi dominan berukuran agregat kasar.
- b. Agregat bergradasi halus adalah agregat bergradasi baik yang mempunyai ukuran menerus dari kasar sampai halus, tetapi dominan berukuran agregat halus.

Sedangkan agregat bergradasi buruk tidak memenuhi persyaratan agregat bergradasi baik. Terdapat berbagai macam nama gradasi agregat yang dapat dikelompokkan ke dalam agregat bergradasi buruk, seperti:

- a. Agregat bergradasi seragam, adalah agregat yang hanya terdiri dari agregat berukuran sama.

- b. Agregat bergradasi terbuka, adalah agregat yang didistribusi ukuran butirannya sedemikian rupa sehingga pori-porinya tidak terisi dengan baik.
- c. Agregat bergradasi senjang, adalah agregat yang distribusi ukuran butirannya tidak menerus, atau ada bagian ukuran yang tidak ada, jika ada hanya sedikit.

Secara umum terdapat perbedaan yang mendasar dari sifat campuran agregat bergradasi baik dan buruk seperti yang terlihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Sifat Agregat Campuran

Sifat	Agregat bergradasi	Agregat ber gradasi
	buruk	baik
Stabilitas	buruk	baik
Permeabilitas	baik	buruk
Tingkat kepadatan	buruk	baik
Rongga pori	besar	baik

Sumber : Silvia S.,Beton Aspal Campuran Panas, 2003

2.3.3 Pengujian Agregat

Agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan yakni untuk memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Oleh karena itu perlu pemeriksaan yang teliti sebelum diputuskan suatu agregat dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan. Pemeriksaan terhadap agregat biasanya meliputi: daya tahan agregat, kelekatan agregat, kebersihan agregat, dan analisis saringan.

Daya tahan agregat merupakan ketahanan agregat terhadap adanya penurunan mutu akibat proses mekanis dan kimiawi. Agregat dapat mengalami degradasi, yaitu perubahan gradasi akibat pecahnya butir-butir agregat. Kehancuran agregat dapat disebabkan oleh proses mekanis, seperti gaya-gaya yang terjadi selama proses pelaksanaan perkerasan jalan (penimbunan, penghamparan, pemadatan), pelayanan terhadap beban lalu lintas, dan proses

kimiawi, seperti pengaruh kelembaban, kepanasan, dan perubahan suhu sepanjang hari.

Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi yang terjadi sangat ditentukan oleh jenis agregat, gradasi campuran, ukuran partikel, bentuk agregat, dan besarnya energi yang dialami oleh agregat tersebut.

Daya tahan agregat terhadap beban mekanis diperiksa dengan melakukan pengujian abrasi menggunakan alat abrasi *Los Angeles*. Gaya mekanis pada pemeriksaan dengan alat abrasi *Los Angeles* diperoleh dari bola-bola baja yang dimasukkan bersamaan dengan agregat yang hendak diuji. Daya tahan agregat dapat dihitung dengan menggunakan Rumus:

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

a = Berat benda uji semula (gram)

b = Berat benda uji tertahan saringan No.12 (gram)

Untuk mengetahui kelekatan agregat terhadap aspal, maka dilakukan pemeriksaan kelekatan agregat terhadap aspal. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal ialah prosentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan luas permukaan.

Pori atau rongga pada agregat juga mempengaruhi mutu dari agregat. Agregat berpori banyak pada umumnya mempunyai tingkat kekerasan yang rendah sehingga mudah pecah dan terjadi degradasi. Degradasi merupakan hal yang tidak diinginkan pada perkerasan jalan. Pori yang sedikit pada agregat berguna untuk menyerap aspal, sehingga terjadi ikatan yang baik antara aspal dan agregat. Pemeriksaan banyaknya pori pada agregat dapat diperkirakan dari banyaknya air yang terabsorpsi agregat, dan dirumuskan (Sukirman, 2003:21) :

$$\text{Penyerapan (absorpsi) air} = \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

B_j = Berat benda uji kering permukaan

B_k = Berat benda uji kering oven

Untuk mengetahui ukuran butir (gradasi), perlu diadakan pengujian dengan menggunakan analisis saringan. Analisis saringan dapat dilakukan secara basah atau kering dan ukuran saringan yang biasanya dipergunakan dalam pemeriksaan akan ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel 2.2 Ukuran Bukaan Saringan

Ukuran Saringan	Bukaan (mm)	Ukuran Saringan	Bukaan (mm)
4 inci	100	3/8 inci	9,5
3½ inci	90	No.4	4,75
3 inci	75	No.8	2,36
2½ inci	63	No.16	1,18
2 inci	50	No.30	0,6
1½ inci	37,5	No.50	0,30
1 inci	25	No.100	0,15
¾ inci	19	No.200	0,075
½ inci	12,5		

Sumber : Silvia S., Beton Aspal Campuran Panas, 2003

2.3.4 Berat Jenis Agregat

Di dalam perhitungan rancangan campuran dibutuhkan parameter petunjuk berat, yaitu berat jenis agregat. Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Agregat dengan berat jenis kecil, mempunyai volume yang besar, atau berat yang ringan.

Terdapat empat berat jenis (*specific gravity*) yaitu :

- Berat jenis *bulk* (*bulk specific gravity*), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan seluruh volume agregat.

- b. Berat jenis kering permukaan (*saturated surface dry*), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering permukaan, jadi merupakan berat agregat kering + berat air yang meresap ke dalam pori agregat dan seluruh agregat.
- c. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering, dan volume agregat yang tak dapat diresapi oleh air.
- d. Berat jenis efektif (*effective specific gravity*), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering, jadi merupakan berat agregat dalam keadaan kering, dan volume agregat yang tak dapat diresapi oleh air.

Nilai berat jenis agregat kasar dan penyerapan (*absorpsi*) air dapat dirumuskan (Sukirman, 2003:24) :

$$\text{Berat jenis } bulk = \frac{B_k}{B_i - B_a} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan} = \frac{B_j}{(B_i - B_a)} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\text{Berat jenis semu (apparent)} = \frac{B_k}{(B_k - B_a)} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

- B_k = berat benda uji kering oven
- B_j = berat benda uji kering permukaan
- B_a = berat benda uji ditimbang dalam air

Untuk agregat halus nilai berat jenis dan penyerapan (*absorpsi*) air dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Berat jenis } bulk = \frac{B_k}{(B + 500 - B_i)} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh} = \frac{500}{(B + 500 - B_i)} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\text{Berat jenis semu (apparent)} = \frac{B_k}{(B + B_k - B_1)} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$\text{Penyerapan (absorpsi) air} = \frac{500 - B_k}{B_k} \times 100\% \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

- B_k = Berat benda uji kering oven.
- B = Berat piknometer berisi air.
- B_1 = Berat piknometer + benda uji SSD + air.
- 500 = Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD).

2.3.5 Pencampuran Agregat

Pencampuran agregat dimaksudkan untuk memperoleh gradasi campuran yang sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan dalam spesifikasi pekerjaan. Gradasi campuran merupakan salah satu sifat yang sangat menentukan kinerja perkerasan jalan.

Agregat campuran adalah agregat yang diperoleh dari mencampur secara proporsional dua, tiga atau lebih fraksi agregat. Proporsi dari masing-masing fraksi agregat dirancang secara proporsional sehingga diperoleh gradasi agregat yang diinginkan. Agregat campuran memiliki gradasi baru yang tidak sama dengan gradasi masing-masing fraksi pembentuknya. Metode merancang proporsi campuran terdiri dari dua metode yakni metode analitis dan metode grafis. Pencampuran agregat pada proyek akhir ini dilakukan dengan menggunakan metode grafis. Langkah-langkah penentuan proporsi campuran dengan metode grafis adalah sebagai berikut (untuk dua fraksi agregat) :

- a. Penentuan gradasi dari kedua fraksi agregat yang akan dicampur melalui pemeriksaan analisis saringan. Fraksi yang dominan tertahan saringan No.8 dinamakan fraksi agregat kasar, dan di beri kode agregat A, sedangkan fraksi yang dominan lolos saringan No.8 diberi nama fraksi agregat halus dan diberi kode agregat B.
- b. Gambarlah bujur sangkar ukuran 10 cm x 10 cm.

- c. Persen lolos saringan untuk fraksi agregat A digambarkan pada bagian sebelah kanan (skala 0-100%), dan untuk fraksi agregat B digambarkan pada bagian sebelah kiri (skala 0-100%).
- d. Hubungkan titik tepi sebelah kanan dan kiri dari persen lolos masing-masing fraksi untuk ukuran saringan yang sama. Garis-garis ini menunjukkan garis ukuran saringan dari persen lolos yang dimaksud.
- e. Berikanlah tanda x untuk titik yang menunjukkan batas gradasi spesifikasi agregat campuran pada garis penunjuk ukuran saringan (garis pada butir d). Titik-titik ini diperoleh dengan mempergunakan skala pada tepi kanan dan kiri yang memotong garis butir d.
- f. Tariklah garis vertikal dari titik-titik yang paling tengah dari batas atas dan batas bawah spesifikasi agregat campuran. Garis ini menjadi batas daerah dimana proporsi kedua fraksi akan menghasilkan agregat campuran yang memenuhi spesifikasi campuran.
- g. Garis tengah dari kedua daerah yang dibatasi oleh kedua garis vertikal pada butir f menjadi nilai proporsi untuk pencampuran kedua fraksi. Presentase campuran dibaca dari skala horizontal yang dibuat. Untuk agregat A angka 0% dimulai dari kiri dan untuk agregat B angka 0% dimulai dari sebelah kanan, sehingga jumlah kedua angka adalah 100%.

2.4 Bahan Pengisi (*Filler*)

Menurut The Asphalt Institut dan Depkimpraswil dalam spesifikasi baru campuran panas tahun 2002, bahan pengisi atau *filler* adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan No.30 (= 0,60 mm), sedangkan menurut Bina Marga bahan pengisi atau *filler* adalah bagian dari agregat halus yang minimum 75% lolos saringan No.200 (= 0,075 mm).

Departemen Pekerjaan Umum dalam "Pedoman Perencanaan Beraspal dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak Tahun 1999" menyatakan bahwa :

- a. Bahan pengisi dapat terdiri atas debu batu kapur, debu dolomit, semen portland, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan

mineral tidak plastis lainnya. Bahan pengisi harus bebas dari semua bahan yang tidak dikehendaki.

- b. Bahan pengisi harus terdiri dari bahan yang lolos saringan ukuran 0,28 mm atau No.50 paling sedikit 95%.
- c. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan, dan bila diuji menggunakan analisis saringan dengan cara pencucian sesuai dengan SNI 03-4142-1996 harus minimum 75% (dianjurkan minimum 85%) lolos saringan 0,075 mm.
- d. Kapur tohor dapat digunakan sebagai bahan pengisi dengan proporsi maksimum 1% terhadap berat total agregat campuran.

Pada perencanaan proyek akhir ini akan digunakan dua macam *filler*, yaitu semen portland dan abu batu. Kedua bahan ini nantinya akan digabungkan dengan proporsi yang berragam.

2.4.1 Semen Portland

Semen portland atau biasa disebut semen adalah bahan pengikat hidrolis berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker (bahan ini terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis), dengan batu gips sebagai bahan tambahan (Samekto dan Rahmadiyanto 2001:1).

Bahan baku pembuatan semen adalah bahan-bahan yang mengandung kapur, silika, alumina, oksida besi, dan oksida-oksida lainnya. Unsur-unsur yang terdapat dalam semen kurang lebih seperti yang tercantum dalam tabel dibawah ini :

Keterangan :

- W_1 = Berat benda uji
- W_2 = Berat geles ukur + benda uji + minyak tanah
- W_3 = Berat gelas ukur + minyak tanah
- 0,8 = Berat jenis minyak tanah

2.4.2 Abu batu

Abu batu merupakan bagian dari batu pecah yang memiliki ukuran butiran sangat kecil. Di alam fraksi abu batu sangat sukar didapatkan, oleh karena itu untuk mendapatkan fraksi abu batu harus dilakukan penghancuran terlebih dahulu terhadap batu pecah. Hal ini bisa dilakukan dengan mesin pemecah batu (*stone crusher*) atau dalam skala yang lebih kecil fraksi abu batu dapat dihasilkan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*.

Sebelum digunakan dalam campuran terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap abu batu. Pengujian yang dilakukan adalah uji berat jenis, karena data berat jenis sangat diperlukan dalam perhitungan parameter Marshall. Berat jenis abu batu dapat dihitung dengan menggunakan Rumus sebagai berikut :

$$B_{j \text{ abu batu}} = \frac{W_1}{(W_1 - W_2) + W_3} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan :

- W_1 = Berat benda uji
- W_2 = Berat geles ukur + benda uji + air
- W_3 = Berat gelas ukur + air

2.5 Aspal Beton Campuran Panas (*Hotmix*)

Aspal beton campuran panas (*Hotmix*), adalah aspal beton yang material pembentuknya pada suhu pencampuran sekitar 140°C. Aspal beton campuran panas merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat. Berikut ini adalah tabel persyaratan campuran beraspal di Indonesia.

Tabel 2.4 Contoh Persyaratan Campuran Beraspal di Indonesia

Sifat- sifat campuran				Latasir		Lataston		Laston		
				A	B	L.Pond	L. Aus	L. Aus	L. Pond	
Penyerapa aspal, % berat campuran				Maks.	20		1,7			
Kadar aspal total, % berat campuran					Sesuai dengan persyaratan yang harus dipenuhi dalam tabel ini					
Jumlah tumb.marshall 2 x tiap permukaan					50	75		112		
Rongga dalam campuran (VIM),%				Min	3	3		3		
				Maks	6	6		8		
Rongga diantara mineral agregat (VMA), %				Min	20	18		16		
Rongga Terisi Aspal (VFB),%	Lalu lintas	- 1,000,000 ESA	Min	Jangan digunakan untuk lalu lintas berat	65					
		- 5,00,000 ESA	Min.		68					
		- 1,000,000 ESA	Maks		-					
		- 5,00,000 ESA	Min Maks		75					
Stabilitas Marshall, kg				Min	200	800		1800		
				Maks	850	-				
Kelelahan, mm				Min	2		3			
				maks	3	-				
Hasil bagi Marshall, kg/mm				Min	80	200				
				Maks	-					
Stabilitas sisa setelah perendaman 24 jam pada suhu 60°C, %				Min.	75					
				Maks	-					
Pemadatan dengan Kepadatan Mutlak :										
Jumlah tumbukan Marshall 2 x tiap permukaan					Jangan digunakan untuk lalu lintas berat	400		600		
Rongga dlm camp. (kepadatan mutlak),% Lihat catatan 2)	Lalu lintas	- 1,000,000 ESa	Min		3					
		- 5,00,000 ESA	Min		2					
		- 1,000,000 ESA								
		- 5,00,000 ESA	Min		1					

Sumber : Bina Marga, Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak, 1999.

2.5.1 Jenis Aspal Beton Campuran Panas

Berdasarkan fungsinya aspal beton campuran panas dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- Sebagai lapis permukaan yang tahan terhadap cuaca, gaya geser, dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air yang dapat melindungi lapisan di bawahnya.
- Sebagai lapis pondasi atas.

- c. Sebagai lapis pembentuk pondasi, jika dipergunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan.

Jenis beton aspal campuran panas yang ada di Indonesia saat ini adalah sebagai berikut :

- a. Laston (lapisan aspal beton), adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston dikenal pula dengan nama AC (*Asphalt Concrete*). Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Tebal nominal minimum laston adalah 4-6 cm. Sesuai fungsinya laston mempunyai 3 macam campuran, yaitu:
- Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*). Tebal nominal minimum AC-WC adalah 4 cm.
 - Laston sebagai lapisan pengikat, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*). Tebal nominal minimum AC-BC adalah 5 cm.
 - Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-base (*Asphalt Concrete-Base*). Tebal nominal minimum AC-Base adalah 6 cm.
- b. Lataston (lapisan tipis aspal beton),
- c. Latasir (lapisan Tipis aspal pasir),
- d. Lapisan perata adalah beton aspal yang digunakan sebagai lapisan perata dan pembentuk penampang melintang pada permukaan jalan lama.
- e. SMA (*Split Mastic Asphalt*).
- f. HSMA (*High Stiffness Modulus Asphalt*).

Tabel berikut ini akan menunjukkan gradasi agregat (spesifikasi) untuk beberapa jenis campuran *hotmix*.

Tabel 5. Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos						
		Latasir (SS)		Lalaston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Kls. A	Kls. B	WC	Base	WC	BC	Base
1 ½"	37,5							100
1"	25						100	90-100
¾"	19	100	100	100	100	100	90-100	Maks.90
½"	12,5			90-100	90-100	90-100	Maks.90	
3/8"	9,5	90-100		75-85	65-100	Maks.90		
No.8	2,36		75-100	50-72	35-55	28-58	23-49	19-45
No.16	1,18							
No.30	0,600			35-60	15-35			
No.200	0,075	0-15	8-13	6-12	2-9	4-10	4-8	3-7
Dacrah Larangan								
No.4	4,75					-	-	39,5
No.8	2,36					39,1	34,6	26,8-30-8
No.16	1,18					25,6-31,6	22,3-28,3	18,1-24,1
No.30	0,600					19,1-23,1	16,7-20,7	13,6-17,6
No.200	0,075					15,5	13,7	11,4

Sumber : Dep. Pek. Umum, Proyek Rehabilitasi dan Pemeliharaan Jalan dan Jembatan BPJ Banyuwangi.

2.5.2 Karakteristik Beton Aspal

Tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas, *durabilitas* atau keawetan, kelenturan atau *fleksibilitas*, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air, dan kemudahan pelaksanaan.

- a. Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas beton aspal adalah :

- Gesekan internal, yang dapat berasal dari kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal *film* aspal.
 - Kohesi, adalah gaya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya sehingga mampu memelihara tekanan kontak antar butir agregat. Daya kohesi ditentukan oleh penetrasi aspal, perubahan viskositas, tingkat pembebanan, komposisi kimiawi aspal, efek dari waktu dan umur aspal.
- b. Keawetan atau *durabilitas* adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim.
 - c. Kelenturan atau *fleksibilitas* adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (*konsolidasi/settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak.
 - d. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur yang retak.
 - e. Kekesatan/tahanan geser (*skid resistance*) adalah kemampuan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir ataupun slip.
 - f. Kedap air (*impermeabilitas*) adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal.
 - g. Mudah dilaksanakan (*workability*) adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah di hamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi pekerjaan.

2.6 Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran (*mix design*) dimaksudkan untuk menentukan proporsi campuran baik agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*) yang sesuai dengan persyaratan/spesifikasi gradasi. Jika agregat dicampur dengan aspal maka :

- a. Partikel-partikel antar agregat akan terikat satu dengan yang lainnya.
- b. Rongga-rongga agregat ada yang terisi aspal dan ada yang terisi udara.
- c. Terdapat rongga antar butir yang terisi udara.
- d. Terdapat lapisan aspal yang ketebalannya tergantung dari kadar aspal yang dipergunakan untuk menyclimuti partikel-partikel agregat.

Oleh sebab itu jika memakai gradasi rapat (*densegraded*) akan menghasilkan kepadatan yang baik, yang berarti pula memberikan stabilitas yang baik, tetapi memiliki rongga/pori yang kecil sehingga memberikan kelenturan (*fleksibilitas*) yang kurang baik dan akibat penambahan pemadatan dari beban lalu lintas berulang serta aspal yang mencair akibat pengaruh cuaca akan memberikan tahanan geser yang kecil.

Sebaliknya jika menggunakan gradasi tidak rapat, akan diperoleh kelenturan yang baik, tetapi stabilitas yang kecil. Kadar aspal yang kecil akan mengakibatkan lapisan pengikat antar butir kurang, terlebih lagi apabila rongga antar butir yang harus diisi aspal cukup besar. Hal ini mengakibatkan lapisan aspal cepat lepas dan *durabilitas* (keawetan/daya tahan) berkurang. Kadar aspal yang tinggi mengakibatkan kelenturan yang baik tetapi dapat terjadi *bleeding* sehingga stabilitas dan tahanan geser berkurang.

Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa haruslah ditentukan campuran antar agregat dan aspal sebaik mungkin sehingga didapatkan lapisan perkerasan yang baik pula. Selain itu haruslah direncanakan campuran yang meliputi gradasi agregat (dengan memperhatikan mutu agregat) dan kadar aspal sehingga diperoleh lapisan perkerasan yang baik, misalnya:

- a. Kadar aspal yang dipakai cukup memberikan kelenturan pada perkerasan.
- b. Stabilitas cukup memberikan kemampuan memikul beban sehingga tidak terjadi deformasi yang merusak.

- c. Kadar rongga cukup memberikan kesempatan untuk pemadatan tambahan akibat beban berulang dan *flow* dari aspal.
- d. Dapat merencanakan campuran yang akhirnya dapat menghasilkan lapis perkerasan yang sesuai dengan persyaratan dalam pemilihan lapis perkerasan.

Untuk menentukan kadar aspal yang akan dipakai dalam campuran dapat dihitung dengan menggunakan Rumus di bawah ini (Sukirman, 2003:126) :

$$P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% Filler) + \text{Konstanta} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

P_b = Kadar aspal perkiraan

CA = Persen agregat kasar tertahan saringan No.8

FA = Persen agregat halus lolos saringan No.8 dan tertahan No.200

Filler = Persen agregat halus lolos saringan No.200

Nilai konstanta sekitar 0,5-1 (untuk AC) dan 2,0-3,0 (untuk HRS)

2.7 Pembuatan Benda Uji

Setelah diperiksa baik kualitas aspal maupun agregatnya dan telah memenuhi persyaratan/spesifikasi serta telah didapat komposisinya pada saat perancangan campuran, selanjutnya akan dilakukan pembuatan benda uji. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam mempersiapkan benda uji adalah :

2.7.1 Jumlah Benda Uji yang Disiapkan

Jumlah benda uji yang dibuat dalam satu proporsi *filler* adalah tiga buah benda uji. Dengan demikian total benda uji yang dibuat adalah 33 buah, karena variasi proporsi *filler* sebanyak 11 macam.

2.7.2 Agregat yang Akan Digunakan

Agregat yang akan dipakai dalam pembuatan benda uji terlebih dahulu dicuci sampai bersih (dari debu dan bahan organik lainnya). Selanjutnya agregat dikeringkan dalam oven pada temperatur 105 – 110°C. Kemudian agregat dipisah-

pisahkan sesuai dengan fraksi ukurannya, untuk kemudian ditimbang sesuai berat agregat yang dibutuhkan.

2.7.3 Pencampuran Agregat dan Aspal

Sebelum agregat dicampur dengan aspal, terlebih dahulu dipanaskan sampai mencapai suhu $\pm 20^{\circ}\text{C}$ di atas suhu pencampur. Agregat panas dan aspal panas dimasukkan ke dalam tempat pencampuran untuk dicampur secara merata pada suhu pencampur. Setelah merata, selanjutnya campuran beton aspal dituang ke dalam *mold* yang telah disiapkan.

2.7.4 Pemadatan Benda Uji

Setelah proses pencampuran selesai, langkah selanjutnya adalah dilakukan pemadatan. Benda uji yang telah dituang ke dalam *mold* dipadatkan dengan menggunakan penumbuk (*hammer*) seberat 10 pon (= 4,356 kg) dengan tinggi jatuh 18 inch (= 45,7 cm). Jumlah tumbukan berbeda-beda, tergantung dari beban lalu lintas yang direncanakan.

Table 6. Jumlah Tumbukan Masing-masing Sisi Benda Uji

Beban lalu lintas	Jumlah lintasan sumbu standart 18000 pon (ESA)	Jumlah tumbukan masing-masing sisi benda uji
Ringan	$< 10^4$	35
Sedang	$10^4 - 10^6$	50
Berat	$> 10^6$	75

Sumber : Silvia S., Aspal Beton Campuran Panas, 2003.

2.8 Pemeriksaan Benda Uji

2.8.1 Penimbangan Benda Uji

Setelah benda uji selesai dibuat kemudian dilakukan penimbangan dan dicatat sebagai berat kering benda uji (berat di udara). Selanjutnya benda uji direndam ke dalam *water bath* selama 24 jam. Setelah proses perendaman selesai, benda uji kemudian ditimbang di dalam air dan dicatat sebagai berat dalam air.

Kemudian benda uji dijemur atau diletakan dalam oven pada suhu $\pm 30^{\circ}\text{C}$ sampai didapatkan kondisi SSD untuk selanjutnya ditimbang.

2.8.2 Pengujian Marshall

Langkah selanjutnya setelah proses penimbangan selesai dilakukan adalah pengujian benda uji dengan mempergunakan alat Marshall. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*). Nilai kelelahan (*flow*) didapat dari pembacaan pada salah satu arloji (*flowmeter*) yang terdapat pada alat Marshall. Nilai stabilitas didapat dari pembacaan pada arloji dikalikan dengan nilai kalibrasi proving ring, kemudian dikalikan dengan angka koreksi akibat variasi tinggi benda uji.

2.9 Perhitungan Volumetrik Campuran

Beton aspal dibentuk dari agregat, aspal dan atau bahan tambahan, yang dicampur secara merata di instalasi pencampur pada suhu tertentu. Campuran ini kemudian dihamparkan dan dipadatkan sehingga terbentuk beton aspal padat.

Secara analitis dapat ditentukan sifat volumetrik dari beton aspal padat baik yang dipadatkan di laboratorium maupun di lapangan. Parameter yang biasa digunakan adalah :

2.9.1 Kadar Aspal Terhadap Total Campuran (P_c)

Nilai kadar aspal terhadap total campuran dihitung berdasarkan kadar aspal optimum perkiraan. Untuk menghitung nilai kadar aspal terhadap total campuran digunakan Rumus :

$$P_c = \frac{P_b}{100 + P_b} \times 100\% \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan :

- P_c = Kadar aspal terhadap total campuran.
- P_b = Kadar aspal optimum perkiraan.

2.9.2 Volume Benda Uji (V_{bu})

Volume benda uji dihitung berdasarkan berat benda uji itu sendiri. Penimbangan yang dilakukan ada tiga macam yaitu : penimbangan dalam air, penimbangan dalam kondisi SSD dan penimbangan dalam keadaan kering. Rumus untuk menentukan volume benda uji adalah :

$$V_{bu} = B_s - B_n \dots \dots \dots (2.14)$$

Keterangan :

B_s = Berat benda uji dalam kondisi SSD.

B_n = Berat benda uji dalam air.

2.9.3 Berat Volume Benda Uji (B_v)

Berat volume benda uji dihitung berdasarkan berat kering benda uji dibagi dengan volume benda uji. Berat volume benda uji dirumuskan :

$$B_v = \frac{B_k}{V_{bu}} \dots \dots \dots (2.15)$$

Keterangan :

B_v = Berat volume benda uji.

B_k = Berat kering benda uji.

V_{bu} = Volume benda uji.

2.9.4 Berat Jenis *Bulk* Total Agregat

Berat jenis *bulk* total agregat terdiri dari beberapa berat jenis *bulk* agregat, dan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$B_{j \text{ bulk total agregat}} = \frac{(a+b+c)}{\left(\frac{a}{B_{j \text{ agg a}}}\right) + \left(\frac{b}{B_{j \text{ agg b}}}\right) + \left(\frac{c}{B_{j \text{ agg c}}}\right)} \dots \dots \dots (2.16)$$

Keterangan :

$(a + b + c)$ = Persentase berat agregat campuran

$B_{j \text{ agg a}}$ = Berat jenis agregat kasar

$B_{j \text{ agg b}}$ = Berat jenis agregat halus

$B_{j \text{ agg c}}$ = Berat jenis *filler*

2.9.5 Berat Jenis Efektif Total Agregat

Berat jenis efektif total agregat terdiri dari beberapa berat jenis efektif agregat, dan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$B_{j \text{ efektif total agregat}} = \frac{(a+b+c)/2}{\left(\frac{a}{B_{j \text{ eff } a}}\right) + \left(\frac{b}{B_{j \text{ eff } b}}\right) + \left(\frac{c}{B_{j \text{ eff } c}}\right) + D/2} \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan :

- (a + b + c) = Persentase berat agregat campuran
- $B_{j \text{ app } a}$ = Berat jenis semu (*apparent*) agregat kasar
- $B_{j \text{ app } b}$ = Berat jenis semu (*apparent*) agregat halus
- $B_{j \text{ app } c}$ = Berat jenis semu (*apparent*) filler

2.9.6 Berat Jenis *Bulk* Beton Aspal Padat

Berat jenis *bulk* dari beton aspal padat (= G_{mb}) dapat diukur dengan mempergunakan hukum Archimedes, yaitu (Sukirman 2003:82):

$$G_{mb} = \frac{B_k}{B_{ssd} - B_a} \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan :

- G_{mb} = Berat jenis *bulk* dari beton aspal padat.
- B_k = Berat kering beton aspal padat, (gram).
- B_{ssd} = Berat kering permukaan dari beton aspal yang telah dipadatkan, (gram).
- B_a = Berat beton aspal padat di dalam air.

2.9.7 Berat Jenis Maksimum Beton Aspal yang Belum Dipadatkan (G_{mm})

Berat jenis maksimum dari campuran beton aspal yang belum dipadatkan (= G_{mm}) adalah berat jenis campuran beton aspal tanpa pori/udara. G_{mm} dirumuskan (Sukirman 2003:85) :

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{P_v}{G_w} + \frac{P_a}{G_a}} \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan :

- G_{max} = Berat jenis maksimum dari campuran beton aspal yang belum dipadatkan.
 P_{max} = Persen berat total campuran (=100)
 P_s = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran
 P_a = Kadar aspal, persen terhadap berat total campuran.
 G_{sc} = Berat jenis efektif agregat
 G_a = Berat jenis aspal

2.9.8 Kadar Aspal yang Terabsorbsi

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total, tidak terhadap berat campuran. Perhitungan penyerapan aspal (P_{ab}) adalah sebagai berikut (Sukirman 2003:93) :

$$P_{\text{ab}} = 100 \cdot \frac{G_{\text{sc}} - G_{\text{sb}}}{G_{\text{sb}} \cdot G_{\text{sc}}} \cdot G_a \quad \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan :

- P_{ab} = Penyerapan aspal (% total agregat).
 G_{sb} = Berat jenis *bulk* agregat.
 G_{sc} = Berat jenis efektif agregat.
 G_a = Berat jenis aspal.

2.9.9 Kadar Aspal Efektif

Kadar aspal efektif (P_{be}) campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif dirumuskan (RI, Departemen Pekerjaan Umum 1999:30) :

$$P_{\text{be}} = P_a \cdot \frac{P_{\text{be}}}{100} \cdot P_s \quad \dots\dots\dots (2.21)$$

Keterangan :

- P_{be} = Kadar aspal efektif (% total campuran).
 P_b = Kadar aspal (% total campuran).
 P_{ba} = Penyerapan aspal (% total agregat).

P_s = Kadar agregat (% total campuran).

2.9.10 Rongga di antara Mineral Agregat (VMA)

Rongga di antara mineral agregat (VMA) adalah ruang di antara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Perhitungan VMA terhadap campuran total adalah dengan rumus berikut (RI, Departemen Pekerjaan Umum 1999:31) :

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100 + P_b)} \cdot 100 \dots\dots\dots (2.22)$$

Keterangan :

- VMA = Rongga di antara mineral agregat (% volume *bulk*).
- G_{sb} = Berat jenis *bulk* agregat.
- G_{mb} = Berat jenis *bulk* campuran.
- P_b = Kadar aspal (% total campuran).

2.9.11 Rongga di dalam Campuran (VIM).

Rongga udara di dalam campuran (VIM) dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara di antara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dinyatakan dalam persen dan dapat ditentukan dengan Rumus sebagai berikut (Sukirman 2003:89) :

$$VIM = 100 \cdot \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots (2.23)$$

Keterangan :

- VIM = Rongga udara dalam campuran (% total campuran).
- G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran.
- G_{mb} = Berat jenis *bulk* campuran padat.

2.9.12 Rongga Terisi Aspal (VFA)

Rongga terisi aspal (VFA) adalah persen rongga yang terdapat di antara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. VFA dirumuskan sebagai berikut (Sukirman 2003:90) :

$$VFA = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots (2.24)$$

Keterangan :

VFA = Rongga terisi aspal (% VMA).

VMA = Rongga di antara mineral agregat (% volume *bulk*).

VIM = Rongga di antara campuran (% total campuran).

2.9.13 Stabilitas Marshall

Nilai stabilitas Marshall didapat dari pembacaan pada arloji dikalikan dengan nilai kalibrasi proving ring, kemudian dikalikan dengan angka koreksi akibat variasi tinggi benda uji.

$$\text{Stabilitas Marshall} = O \times Y \times W \times 0,453594 \dots\dots\dots (2.25)$$

Keterangan :

O = Pembacaan stabilitas pada alat marshall

Y = Angka kalibrasi *proving ring*

W = Koreksi tebal benda uji

0,453594 = Angka pengali dari lbs ke Kg

2.9.14 Kelelehan (*Flow*)

Nilai kelelehan atau *flow* didapat dari pembacaan pada salah satu arloji pengukur (*flowmeter*) yang terdapat pada alat Marshall dikalikan dengan angka ketelitian pada *flowmeter*. Jadi nilai *flow* dapat dihitung dengan cara :

$$\text{Kelelehan (Flow)} = R \times 0,01 \dots\dots\dots (2.26)$$

Keterangan :

R = Nilai pembacaan pada *flowmeter*.

0,01 = Angka ketelitian pada *flowmeter*.

2.9.15 Hasil Bagi Marshall

Hasil bagi Marshall (*kuosien* Marshall) merupakan nilai pembagian dari stabilitas dengan kelelahan (*flow*).

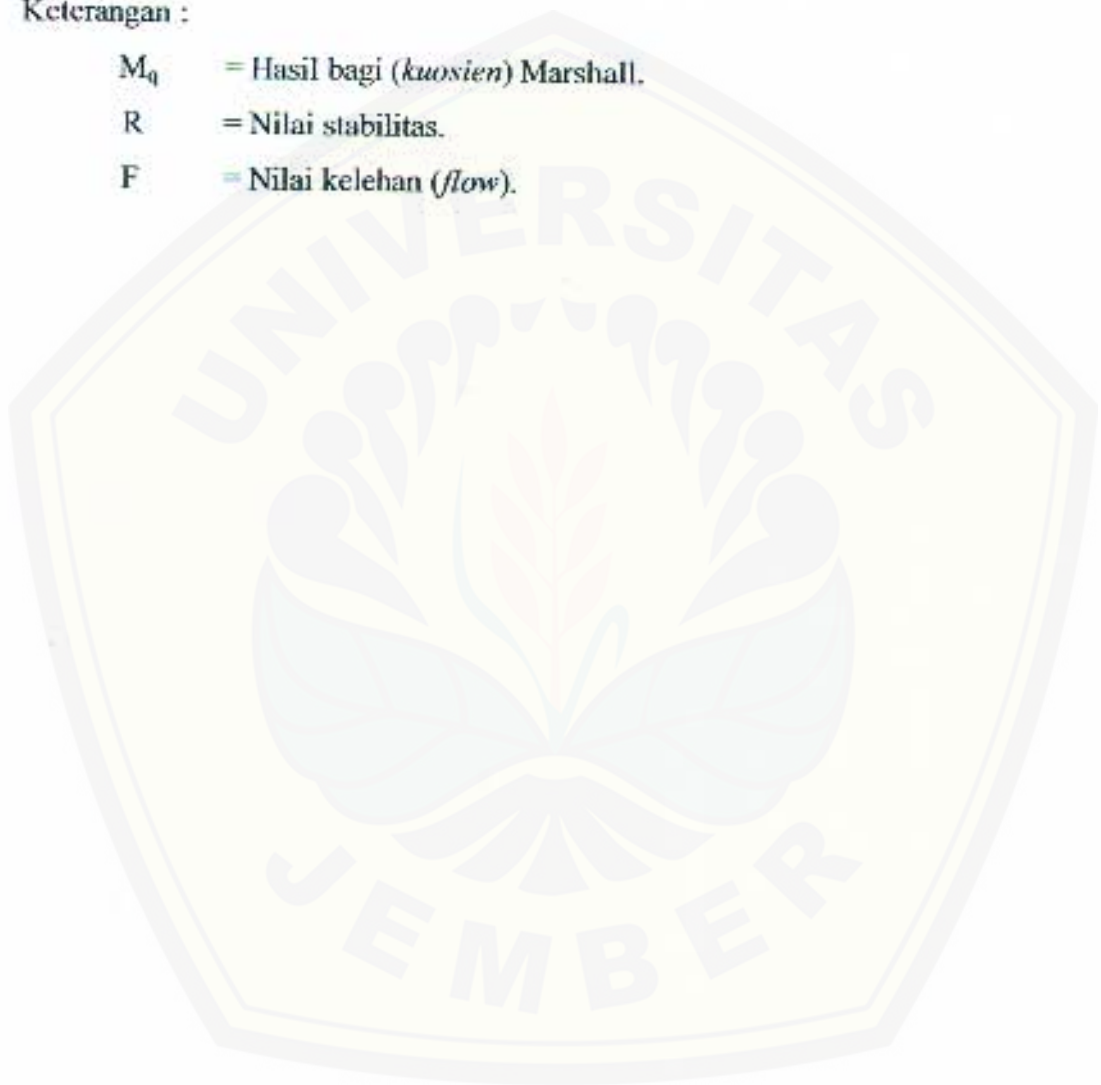
$$\text{Hasil bagi Marshall } (M_q) = \frac{R}{F} \dots\dots\dots (2.27)$$

Keterangan :

M_q = Hasil bagi (*kuosien*) Marshall.

R = Nilai stabilitas.

F = Nilai kelelahan (*flow*).





BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah yang dilaksanakan dalam penyelesaian proyek akhir ini adalah : studi literatur, pengumpulan material, pengujian material, rancangan proporsi agregat, penentuan kadar aspal campuran, persiapan pembuatan benda uji, campuran aspal dengan alat Marshall, analisis dan pembahasan, dan kesimpulan.

3.1 Studi Literatur

Literatur yang digunakan dalam penyelesaian proyek akhir ini adalah :

- a. Buku beton aspal campuran panas karangan Silvia Sukirman tahun 2003, penerbit Granit.
- b. Buku perkerasan lentur jalan raya karangan Silvia Sukirman tahun 1999, penerbit Nova.
- c. Buku teknologi beton karangan Wuryati Samekto dan Candra Rahmadiyanto tahun 2001, penerbit Kanisius.
- d. Pedoman teknik "pedoman perencanaan campuran beraspal dengan pendekatan kepadatan mutlak" tahun 1999, penerbit PT. Medisa.
- e. Diktat bahan bangunan beton karangan Krisnamurti dan Dewi Junita K. 2001, Jember.

3.2 Pengumpulan Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar (batu pecah), agregat halus (pasir), aspal (Pen. 60-70), *filler* atau bahan pengisi terdiri dari semen *portland* type I (produksi PT.Semen Gresik) dan abu batu (dari hasil *Los Angeles* yang lolos saringan No.200). Agregat kasar berasal dari batu pecah yang diproduksi di gunung Gunitir (Banyuwangi), agregat halus diperoleh dari Kabupaten Lumajang,

3.3 Pengujian Material

Sebelum material digunakan dalam penelitian terlebih dahulu dilakukan pengujian agar memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Pengujian yang dilakukan meliputi : pengujian agregat kasar, pengujian agregat halus, dan pengujian bahan pengisi (*filler*).

3.3.1 Pengujian Agregat Kasar

Pengujian yang dilakukan pada agregat kasar meliputi pengujian analisis saringan, pengujian keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*, pengujian berat jenis dan penyerapan air, serta pengujian kelekatan agregat terhadap aspal.

1. Analisis saringan

Pengujian analisis saringan dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan menggunakan saringan.

Alat yang digunakan :

- a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2 % dari berat benda uji
- b. Satu set saringan : 76,2 mm(3"), 63,5 mm(2 ½"), 50,8 mm (2"), 37,5 mm (1 ½"), 25 mm (1"), 19,1 mm (¾"), 12,5 mm (½"), 9,5 mm (3/8"), No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, No. 200 (standar ASTM).
- c. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- d. Alat pemisah contoh.
- e. Mesin pengguncang saringan (*sieve shaker*).
- f. Talam.
- g. Kuas, sikat, sendok, dll.

Prosedur praktikum :

- a. Benda uji dikeringkan di dalam cawan oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai beratnya tetap.
- b. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

2. Keausan dengan mesin *Los Angeles*

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan mempergunakan mesin *Los Angeles*.

Alat yang digunakan :

- a. Mesin *Los Angeles*
- b. Saringan No.12 dan saringan lainnya seperti tercantum dalam spesifikasi.
- c. Timbangan dengan ketelitian 5 gram.
- d. Bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4,69 cm ($1\frac{7}{8}$ "") dan berat masing-masing antara 390 gram – 445 gram.
- e. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.

Prosedur praktikum :

- a. Benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin *Los Angeles*.
- b. Putar mesin dengan kecepatan 30-33 rpm, 500 putaran untuk gradasi A, B, C, D, 100 putaran untuk gradasi E, F, dan G.
- c. Setelah selesai pemutaran keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan No. 12. Butiran yang tertahan di atasnya dicuci bersih, selanjutnya dikeringkan dalam oven suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap.

3. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering – permukaan jenuh, berat jenis semu dari agregat kasar.

Alat yang digunakan :

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,5 gram
- b. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- c. Keranjang , kain lap, air, dan lain-lain.

Prosedur praktikum :

- a. Mencuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.

- b. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105°C sampai beratnya tetap.
- c. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1–3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram (B_k)
- d. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama ± 24 jam.
- e. Keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap sampai air pada permukaan hilang (SSD), untuk butiran yang besar pengeringan harus satu persatu.
- f. Timbang benda uji kering permukaan jenuh (B_i).
- g. Letakkan benda uji di dalam keranjang, guncangkan batuannya untuk mengeluarkan udara yang tersckap dan tentukan beratnya di dalam air (B_j). Ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar (25°C).

4. Kelekatan agregat terhadap aspal

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal adalah prosentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan permukaan.

Alat yang digunakan :

- a. Tempat untuk mengaduk, kapasitas minimal 500 ml.
- b. Timbangan dengan kapasitas 200 gram, ketelitian 0,1 gram.
- c. Pisau pengaduk baja (*spatula*).
- d. Tabung gelas kimia (*beker*) kapasitas 600 ml.
- e. Oven
- f. Saringan 6,3 mm ($1/4''$) dan 9,5 mm ($3/8''$).
- g. Termometer logam $\pm 200^{\circ}\text{C}$ dan $\pm 100^{\circ}\text{C}$.
- h. Air suling dengan pH 6,0 sampai 7,0

Prosedur praktikum :

- a. Untuk pelapisan agregat kering dengan aspal dingin (*cut back*) dan ter.
 - 1) Ambil 100 gr benda uji, masukkan ke dalam wadah yang telah disiapkan, isilah aspal sebanyak $5,5 \pm 0,2$ gram yang telah

dipanaskan sampai pada suhu yang diperlukan. Aduklah aspal dan benda uji sampai merata dengan *spatula* selama 2 menit.

- 2) Masukkan adukan beserta wadahnya dalam oven pada suhu 60°C selama 2 jam, selama proses ini lubang angin pada oven harus dibuka. Setelah 2 jam keluarkan adukan beserta wadahnya dari oven dan diaduk lagi sampai dingin (suhu ruang).
 - 3) Pindahkan adukan tersebut ke dalam tabung gelas kimia, isilah air suling sebanyak 400 ml dan diamkan tabung berisi adukan pada suhu ruang selama 16 sampai 18 jam.
 - 4) Ambil selaput aspal yang mengembang di permukaan air dengan tidak mengganggu agregat dalam tabung. Terangi benda uji dengan lampu (75 watt) yang pakai kap, atur tempat lampu sehingga tidak menyilaukan akibat pantulan cahaya dari permukaan air. Dengan melihat dari atas menembus air, perkiraan persentase luas permukaan yang masih terselaput aspal, lebih dari 95% atau kurang. Permukaan yang kecoklatan atau buram dianggap terselimuti penuh.
- b. Untuk pelapisan agregat kering dengan aspal emulsi (RS, MS, SS).
- 1) Ambil 100 gram benda uji, masukkan ke dalam wadah yang telah disiapkan dan isikan $80 \pm 0,2$ gram aspal emulsi pada suhu ruang tanpa diaduk. Kemudian masukkan ke dalam oven pada suhu 135°C selama 5 menit. Keluarkan dari oven aduk sampai merata sehingga benda uji terlapisi aspal.
 - 2) Kemudian lakukan seperti pada a.2, tetapi pada suhu 135°C.
 - 3) Selanjutnya lakukan seperti pada a.2, dan a.4.
- c. Untuk pelapisan agregat basah dengan aspal dingin dengan ter.
- 1) Ambil 100 gram benda uji, masukkan ke dalam wadah yang telah disiapkan, jika digunakan aspal panas, panaskan wadah yang berisi benda uji selama 1 jam dalam oven pada suhu tetap antara 135°C–149°C, sementara itu panaskan aspal secara terpisah pada suhu 135°C–149°C.

- 2) Kemudian lakukan seperti pada a. 4.
- d. Untuk pelapisan agregat kering dengan aspal panas dan ter (RT-10, RT-12).
- 1) Ambil 100 gram benda uji, masukkan ke dalam wadah yang telah disiapkan, jika digunakan aspal panas, panaskan wadah yang berisi benda uji selama 1 jam dalam oven tetap antara 135°C-149°C, sementara itu panaskan aspal secara terpisah pada suhu 135°C-149°C.
 - 2) Masukkan aspal yang sudah panas $5,5 \pm 0,2$ gram pada benda uji yang sudah panas pula. Aduk sampai merata dengan *spatula* yang sudah dipanasi selama 2-3 menit sampai benda uji terselaput aspal. Aduk dan diamkan sampai mencapai suhu ruang.
 - 3) Pindahkan benda uji yang sudah terselaput aspal ke dalam tabung gelas kimia 600 ml. Segera tambahkan air suling sebanyak 400 ml dan biarkan pada suhu ruang selama 16-18 jam.
 - 4) Periksa luas permukaan benda uji yang masih terselaput aspal seperti pada a. 4.

3.3.2 Pengujian Agregat Halus

Pengujian yang dilakukan pada agregat halus meliputi pengujian analisis saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan air.

1. Pengujian analisis saringan

Pengujian analisis saringan dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan menggunakan saringan.

Alat yang digunakan :

- a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2 % dari berat benda uji
- b. Satu set saringan : 76,2 mm(3"), 63,5 mm(2 1/2"), 50,8 mm (2"), 37,5 mm (1 1/2"), 25 mm (1"), 19,1 mm (3/4"), 12,5 mm (1/2"), 9,5 mm (3/8"), No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, No. 200 (standar ASTM).

- c. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- d. Alat pemisah contoh.
- e. Mesin pengguncang saringan (*sieve shaker*).
- f. Talam.
- g. Kuas, sikat, sendok, dan lain-lain

Prosedur praktikum :

- a. Benda uji dikeringkan di dalam cawan oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai beratnya tetap.
- b. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

2. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering – permukaan jenuh, berat jenis semu dari agregat halus.

Alat yang digunakan :

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
- b. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- c. Piknometer, talam, termometer, air, dan lain-lain.

Prosedur praktikum :

- a. Benda uji dikeringkan di dalam cawan oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap, dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama (24 ± 4) jam.
- b. Buang air rendaman hati-hati jangan sampai ada butiran yang hilang, tebarkan agregat di atas talam, keringkan di udara panas dengan cara membolak-balikkan benda uji. Lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh.
- c. Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung. Keadaan kering

permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.

- d. Segera setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh masukkan 500 gram benda uji ke dalam piknometer. Putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya. Untuk mempercepat proses ini dapat digunakan pompa hampa udara, tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terisap, dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer.
- e. Rendam piknometer ke dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25°C .
- f. Tambahkan air sampai mencapai tanda batas.
- g. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram. (B_1)
- h. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap kemudian dinginkan benda uji di dalam desikator.
- i. Setelah benda uji dingin kemudian ditimbang (B_2).
- j. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

3.3.3 Pengujian *Filler* (Bahan Pengisi)

Pengujian yang dilakukan pada *filler* (bahan pengisi) adalah pengujian berat jenis. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui berat jenis dari (*filler*) bahan pengisi (semen dan abu batu)

Alat yang digunakan :

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
- b. Piknometer.
- c. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$

Prosedur praktikum :

- a. Timbang benda uji sebanyak 50 gram (W_1).
- b. Setelah itu masukkan benda uji ke dalam piknometer, timbang beratnya.

- c. Tambahkan air/minyak tanah ke dalam piknometer yang telah terisi benda uji, timbang pula beratnya (W2).
- d. Keluarkan benda uji dan air/minyak tanah dari piknometer dan bersihkan.
- e. Isi piknometer dengan air/minyak tanah, timbang beratnya (W3).

3.4 Rancangan Proporsi Agregat

Langkah ini dilakukan untuk memperoleh proporsi agregat yang akan dipakai pada saat pembuatan benda uji. Untuk menentukan proporsi agregat yang akan digunakan terdapat dua cara/metode yakni grafis dan analitis. Metode yang digunakan untuk menentukan proporsi agregat dalam proyek akhir ini adalah metode grafis.

3.5 Menentukan Kadar Aspal Campuran

Langkah ini bertujuan untuk menentukan banyaknya aspal yang akan digunakan dalam campuran. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga kadar aspal campuran telah ditentukan dalam spesifikasi sifat campuran, maka untuk rancangan campuran di laboratorium dipergunakan kadar aspal tengah/ideal. Kadar aspal tengah/ideal dapat dihitung dengan menggunakan rumus 2.12 pada bab 2. Dari hasil uji pendahuluan didapatkan nilai kadar aspal tengah/ideal adalah 5,5%. Jadi kadar aspal campuran yang akan dipakai adalah 5,5%.

3.6 Persiapan Pembuatan Benda Uji Marshall

Setelah diperiksa kualitas baik aspal maupun agregatnya dan telah memenuhi persyaratan/spesifikasi, juga telah dilakukan perancangan campuran (*Mix Design*) dan didapat pula komposisinya, maka diperoleh persentase agregat dan kadar aspal sebagai berikut:

1. Agregat secara fraksi

$$\text{Agregat kasar} = 43,78\% \text{ terhadap } 1200 \text{ gr} = 525,36 \text{ gr}$$

$$\text{Agregat halus} = 52,21\% \text{ terhadap } 1200 \text{ gr} = 626,52 \text{ gr}$$

- Filler = 4,01% terhadap 1200 gr = 48,12 gr
- Kadar aspal optimum perkiraan adalah 5,5 %.
 - Susunan agregat yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji adalah :

Agregat kasar (F1)	Lolos $\frac{3}{4}$ tertahan $\frac{1}{2}$	= 197 gr
	Lolos $\frac{3}{4}$ tertahan $\frac{3}{8}$	= 209 gr
	Lolos $\frac{3}{8}$ tertahan 8	= 119 gr
Agregat halus (F2)	Lolos 8 tertahan 16	= 115 gr
	Lolos 16 tertahan 30	= 173 gr
	Lolos 30 tertahan 200	= 339 gr
Filler (F3)	Lolos 200 tertahan pan	= 48 gr
 - Proporsi *filler* yang digunakan (semen : abu batu) adalah (0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, 90:10, 100:0) dengan jumlah benda uji untuk masing-masing proporsi *filler* adalah 3 buah.

3.7. Campuran Aspal dengan Alat Marshal

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelecikan plastis (*flow*), VMA (*Void Mineral Agregat*), VFA (*Void Filled With Asphalt*), VITM (*Void In Total Mix*), aspal efektif, *Dust Proportion* dari campuran aspal.

Bertujuan untuk mengetahui ketahanan/kekuatan suatu campuran aspal terhadap beban yang diterima dan untuk mengetahui perubahan bentuk suatu campuran aspal pada saat diberi beban sampai batas runtuh.

3.7.1 Pembuatan Benda Uji

- Persiapan benda uji

Keringkan agregat sampai beratnya tetap pada suhu (105 ± 5) °C.

Pisah agregat dengan cara penyaringan kedalaman fraksi yang dikehendaki

- Persiapan campuran

Untuk tiap benda uji diperlukan agregat sebanyak ± 1200 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira $6,25 \text{ cm} \pm 0,15 \text{ cm}$ ($2,5'' \pm 0,05''$).

Panaskan panci pencampur beserta agregat kira-kira 28°C di atas suhu pencampur, untuk aspal panas dan teraduk sampai merata, untuk aspal dingin pemanasan sampai 14°C di atas suhu pencampuran. Sementara itu panaskan aspal sampai suhu pencampuran. Tuangkan aspal sebanyak yang dibutuhkan ke dalam agregat yang sudah dipanaskan tersebut. Kemudian aduklah dengan cepat pada suhu sesuai yang telah ditentukan sampai agregat terlapisi merata.

3. Pemadatan benda uji.

Bersihkan perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dengan seksama dan panaskan sampai suhu antara $93,3$ dan $148,9^\circ\text{C}$.

Letakkan selembat kertas saring atau kertas penghisap yang digunting menurut ukuran cetakan ke dalam dasar cetakan, kemudian masukkan seluruh campuran ke dalam cetakan dan tusuk-tusuk campuran keras-keras dengan menggunakan *spatula* yang dipanaskan atau diaduk dengan sendok semen 15 kali keliling pinggirannya dan 10 kali di bagian dalamnya. Lepaskan lehernya, dan ratakan permukaan campuran dengan menggunakan sendok semen menjadi bentuk yang sedikit cembung.

Letakkan cetakan di atas landasan pematat, dalam memegang cetakan. Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 75, 50, atau 35 sesuai kebutuhan dengan tinggi jatuh 45 cm. Selama pemadatan tahanlah agar sumbu palu pemadat selau tegak lurus pada cetakan. Lepaskan keping alas lehernya, balikkan alat cetakan berisi benda uji dan pasanglah keping kembali ke perlengkapannya. Terhadap permukaan benda uji yang sudah dibalik ini tumbuk dengan jumlah tumbukan yang sama. Sesudah pemadatan, lepaskan keping alas dan pasanglah alat *oengular* benda uji pada permukaan ujung ini. Dengan hati-hati keluarkan

dan letakkan benda uji di atas permukaan rata yang halus, biarkan selama kira-kira selama 24 jam pada suhu ruang.

3.7.2 Prosedur Praktikum dengan Alat Marshall

1. Bersihkan benda uji dari kotoran yang menempel
2. Berilah tanda pengenal pada masing-masing benda uji
3. Ukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm
4. Timbang benda uji
5. Rendam dalam air kira-kira 24 jam pada suhu ruang
6. Timbang dalam air untuk mendapatkan isi
7. Timbang benda uji dalam kondisi kering permukaan jenuh
8. Rendamlah benda uji aspal panas atau benda uji ter dalam bak perendam selama 30 sampai 40 menit atau pasangkan di dalam oven selama 2 jam dengan suhu tetap $(60 \pm 1)^{\circ}\text{C}$, untuk benda uji aspal dingin masukkan benda uji ke dalam oven selama minimum 2 jam dengan suhu tetap $(25 \pm 1)^{\circ}\text{C}$. Sebelum melakukan pengujian bersihkan batang penuntun (*guide road*) dan permukaan dalam dari kepala penekan (*test head*). Lumasi batang penuntun sehingga kepala penekan yang atas dapat meluncur bebas, bila dikehendaki kepala penekan direndam bersama-sama benda uji pada suhu antara 21 sampai 38°C . Keluarkan benda uji dari bak perendam atau dari oven atau dari pemanas udara dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji. Pasang arloji kelelahan (*flowmeter*) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk angka nol, sementara sekubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan (*breaking head*). Tekan selubung tangkai arloji kelelahan tersebut pada segmen atas dari kepala penekan selama pembebanan berlangsung.
9. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekanan beserta benda ujinya dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji. Atur kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol. Berikan pembebanan kepada benda uji dengan kecepatan tetap sebesar 50 mm per menit sampai pembebanan

menurut seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji kelelahan. Waktu yang diperlukan dan saat diangkatnya benda uji dari perendaman air sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik.

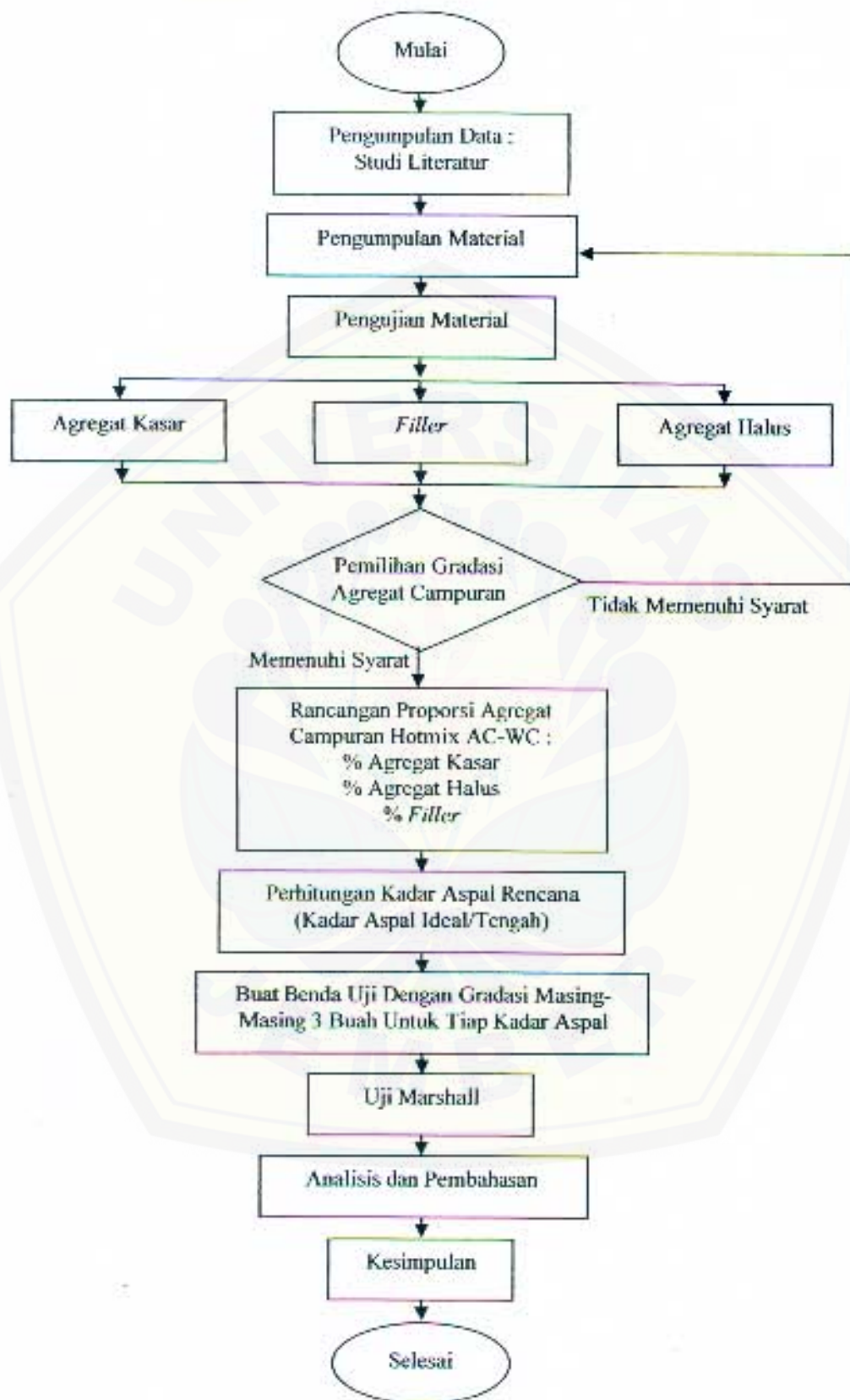
3.8 Analisis dan Pembahasan

Setelah pengujian Marshall selesai dilakukan langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan terhadap data yang terkumpul. Perhitungan yang dilakukan meliputi parameter Marshall yaitu : VIM, VMA, VFA, stabilitas dan parameter lain sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran.

3.9 Kesimpulan dan Saran

Langkah terakhir setelah semua proses selesai dilakukan adalah membuat kesimpulan. Bab ini berisi tentang kesimpulan penyusun terhadap pengujian yang telah dilakukan dan saran sekiranya ada hal-hal yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang ada.

Untuk lebih jelasnya mengenai metodologi penelitian dalam penyusunan proyek akhir ini dapat dilihat pada diagram alir (*flow chart*) di halaman 48.

Gambar 3.1 Diagram Alir (*Flow Chart*) Rencana Penelitian

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian di Laboratorium Transportasi dan Bahan Jalan Program-program Studi Teknik Universitas Jember serta setelah dilakukan analisis, dapat diambil kesimpulan bahwa proporsi campuran untuk *hotmix* Laston Lapis Aus (AC-WC) dengan penambahan semen (P.C Type 1) dan abu batu adalah : 43,75 % agregat kasar, 52,25 % agregat halus dan 4,00 % *filler*. Hasil perhitungan parameter Marshall menunjukkan semakin besar prosentase *filler* semen, maka semakin besar pula nilai stabilitasnya. Hal ini membuktikan bahwa penambahan semen *portland* sebagai *filler* pada campuran *hotmix* khususnya Laston lapis Aus (AC-WC) mempengaruhi nilai stabilitas. Nilai stabilitas maksimum yang didapatkan adalah sebesar 2426 kg yaitu pada prosentase *filler* (semen : abu batu = 100 : 0).

5.2 Saran

Mengacu pada hasil penelitian yang telah dilakukan ada beberapa hal yang perlu dilengkapi diantaranya: untuk mendapatkan data yang lebih lengkap sebaiknya dilakukan pengujian dengan kadar aspal lebih dari satu dan penggunaan *filler* semen dapat diuji pada jenis campuran (*hotmix*) yang lain.



DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. 1999. *Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak*. Jakarta : PT. Medisa
- Depperindag. 2000. Stok Semen Nasional Berlebih (Informasi Publik). <http://www.kbw.go.id/Humas>. [07 juni 2006]
- Krisnamurti & Dewi Junita K. 2001. *Diktat Bahan Bangunan Beton*. Jember
- Sanekto Wuryati & Candra Rahmadiyanto. 2001. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Kanisius
- Sukirman Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung : NOVA
- Sukirman Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta : Granit



LAMPIRAN-LAMPIRAN



LAMPIRAN A : PENGUJIAN PENDAHULUAN**A.1 PENGUJIAN AGREGAT KASAR****a. Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin *Los Angeles***

Tabel 1. Tabel Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar

Saringan		Berat dan Gradasi Benda Uji (Gram)		
Lolos	Tertahan	B	C	D
¾"	½"	2500		
½"	3/8"	2500		
3/8"	¼"		2500	
¼"	No.4		2500	
No.4	No.8			5000
Jumlah berat (a)		5000	5000	5000
Berat tertahan saringan No.12 (b)		3985	3495	3953
Jumlah bola		11	8	6
Berat yang aus		1015	1505	1047
Keausan = $\frac{a-b}{a} \times 100\%$		20,3%	30,1%	20,9%
Keausan rata-rata		23,8%		

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium

b. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Tabel 2. Tabel Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Keterangan	I	II	III	Rata-rata
Berat benda uji kering oven (Bk)	5000	5000	5000	5000
Berat benda uji kering permukaan jenuh (BJ)	5060	5050	5059	5056
Berat benda uji dalam air (Ba)	3101	3096	3118	3105

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium

Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali, hasil dari pengujian tersebut seperti yang tercantum dalam tabel berikut :

Tabel 3. Tabel Nilai Berat Jenis dan Penyerapan Air

Keterangan	I	II	III	Rata-rata
Bj bulk	2,552	2,559	2,575	2,562
Bj kering permukaan	2,583	2,584	2,606	2,638
Bj semu	2,632	2,626	2,656	2,638
Absorpsi air	1,20	1,00	1,18	1,127

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium

c. Pengujian Kelekekatan Agregat Terhadap Aspal

Tabel 4. Tabel Hasil Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

No	Keterangan	Pembacaan Waktu	Pembacaan suhu
1	Pemanasan batuan pada suhu		135°C-149°C
2	Pemanasan aspal pada suhu	11.00	12.00
3	Pencampuran benda uji	13.10	13.45
4	Pemeriksaan benda uji	14.05	08.05

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium

Tabel 5. Tabel Nilai Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Pelekatan 100 gr (Setelah 18 jam)	% Dari Luas Permukaan
Pengamatan I	96%
Pengamatan II	100%
Pengamatan III	100%
Rata-rata	98,67%

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium

d. Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar

Tabel 6. Tabel Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar

NO	Agregat kasar			
	Berat tertahan		% kumulatif	
	gr	%	Tertahan	Lolos
1 ½"				100
1"				100
¾"				100
½"	505,67	42,139	42,139	57,86
3/8"	535	44,583	86,722	13,287
8"	156,85	13,071	99,793	0,027
16"	0,04	0,0033	99,796	0,231
30"	0,03	0,0025	99,798	0,202
200"	0,38	0,0317	99,831	0,169
Pan	0,59	0,049	99,88	0,12
Jumlah	1200	100		

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium

A.2 PENGUJIAN AGREGAT HALUS

a. Pengujian Analisis Saringan

Tabel 7. Tabel Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus

NO	Agregat halus			
	Berat tertahan		% kumulatif	
	gr	%	Tertahan	Lolos
1 ½"				100
1"				100
¾"				100
½"				100
3/8"				100
8"	95,67	7,972	7,972	92,03
16"	188,33	15,69	23,66	76,34
30"	283,35	23,61	47,27	52,73
200"	555	46,25	93,52	6,48
Pan	77,65	6,47	99,99	0,01
Jumlah	1200	99,99		

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium

b. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Tabel 8. Tabel Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Keterangan	I	II	III
Berat picnometer	178	178	179
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD) 500	500	500	500
Berat benda uji kering oven (Bk)	481	480	475
Berat picnometer + air(25oC) (B)	673	674	678
Berat picnometer + benda uji SSD + air (25oC) (Bt)	975	969	970

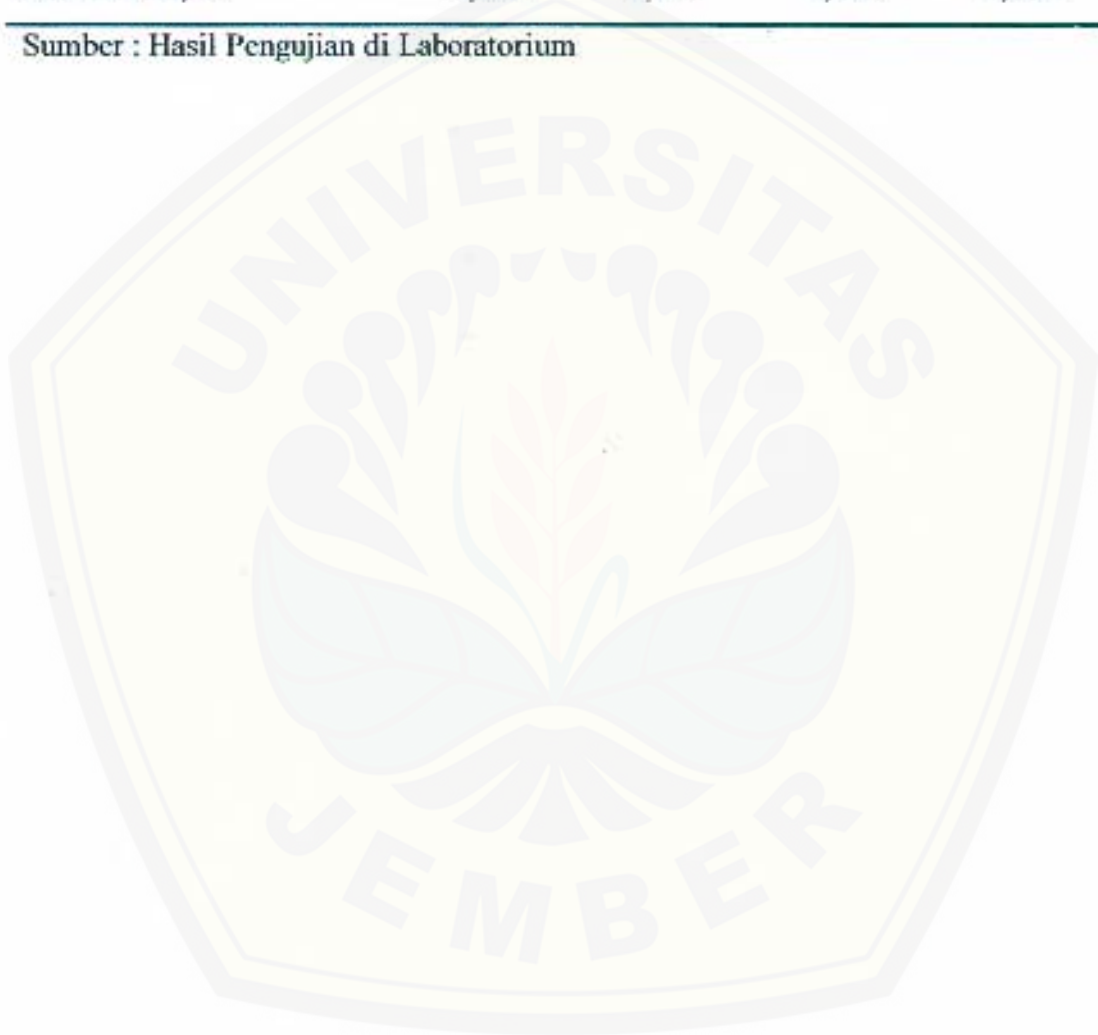
Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium

Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali, hasil dari pengujian tersebut seperti yang tercantum dalam table berikut :

Tabel 9. Tabel Nilai Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Keterangan	I	II	III	Rata-rata
Bj bulk	2,429	2,341	2,284	2,351
Bj kering permukaan	2,525	2,439	2,404	2,456
Bj semu (apparent)	2,687	2,595	2,596	2,626
Absorpsi air, %	3,950	4,167	5,263	4,460

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium



A.3 PENGUJIAN BAHAN PENGISI (*FILLER*)

a. Pengujian Berat Jenis Semen

Tabel 10. Tabel Hasil Pengujian Berat Jenis Semen

Keterangan	I	II	III
Berat benda uji (W1)	50	50	50
Berat gelas ukur	61,90	61,97	62,02
Berat gelas ukur + minyak tanah (W3)	139,26	135,95	135,80
Berat gelas ukur + benda uji + minyak tanah (W2)	176,42	173,13	173,20
Bj semen = $\frac{0,8 \times W1}{(W1 - W2) + W3}$	3,115	3,125	3,174
Bj semen rata-rata	3,138		

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium

b. Pengujian Berat Jenis Abu Batu

Tabel 11. Tabel Hasil Pengujian Berat Jenis Abu Batu

Keterangan	I	II	III
Berat benda uji (W1)	50	50	50
Berat gelas ukur	62,90	62,53	62,04
Berat gelas ukur + air (W3)	160,82	160,18	159,92
Berat gelas ukur + benda uji + air (W2)	188,23	189,38	190,13
Bj abu batu = $\frac{W1}{(W1 - W2) + W3}$	2,213	2,404	2,526
Bj abu batu rata-rata	2,381		

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium

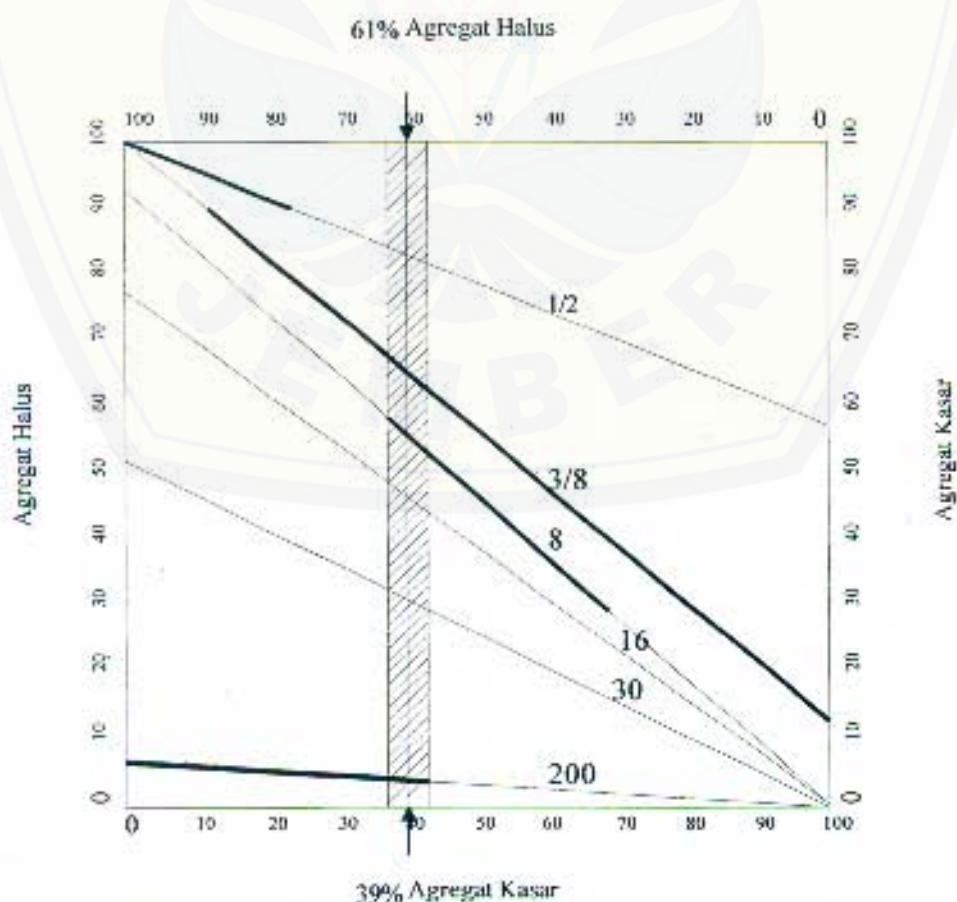
A.4 PENCAMPURAN AGREGAT

a. Data Analisis Saringan

Tabel 12. Tabel Data Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar

No	Agregat kasar (Produksi AMP Garahan)				Agregat halus (Pasir Pasirian)			
	Berat tertahan		% kumulatif		Berat tertahan		% kumulatif	
	gr	%	Tertahan	Lolos	gr	%	Tertahan	Lolos
1 ½"				100				100
1"				100				100
¾"				100				100
½"	505,67	42,139	42,139	57,86				100
3/8"	535	44,583	86,722	13,287				100
8"	156,85	13,071	99,793	0,207	95,67	7,972	7,972	92,03
16"	0,04	0,0033	99,796	0,231	188,33	15,69	23,66	76,34
30"	0,03	0,0025	99,798	0,202	283,55	23,61	47,27	52,73
200"	0,38	0,0317	99,831	0,169	555	46,25	93,52	6,48
Pan	0,59	0,049	99,88	0,12	77,65	6,47	99,99	0,01
Jumlah	1200	100			1200	99,99		

Sumber : Hasil Perhitungan Data Hasil Pengujian



Gambar 1. Penentuan Proporsi Agregat dengan Metode Grafis

b. Data agregat campuran (61% agregat halus + 39 % agregat kasar)

Tabel 13. Tabel Hasil Pencampuran Agregat Halus dan Agregat Kasar

No	Agregat kasar				Agregat halus				Agregat campuran			
	Berat tertahan		% kumulatif		Berat tertahan		% kumulatif		Berat tertahan		% kumulatif	
	gr	%	trthn	lolos	gr	%	trthn	lolos	gr	%	trthn	lolos
1½"												
1"												
¾"												
½"	197,21	16,43	16,43	22,57					197,21	16,43	16,43	22,57
3/8"	208,65	17,39	33,82	5,178					208,65	17,39	33,82	5,18
8"	61,17	5,09	38,92	0,081	58,36	4,86	4,86	56,14	119,53	9,96	43,78	56,22
16"	0,016	0,0013	38,92	0,09	114,88	9,57	14,43	46,57	114,89	9,57	53,35	46,66
30"	0,012	0,001	38,92	0,079	172,84	14,40	28,84	32,17	172,85	14,40	67,76	32,24
200"	0,15	0,012	38,93	0,066	338,55	28,21	57,04	3,95	338,7	28,24	95,98	4,02
Pan	0,23	0,019	38,95	0,047	47,37	3,95	60,99	0,004	48,17	4,01	99,99	0,01
Jml	468	39			732	61			1200	100		

Sumber : Hasil Perhitungan Data Hasil Pengujian

Dari tabel di atas diperoleh komposisi agregat campuran :

1. agregat kasar = 43,78% terhadap 1200 gr = 525,36 gr
2. agregat halus = 52,21% terhadap 1200 gr = 626,52 gr
3. *filler* = 4,01% terhadap = 48,12 gr

Susunan agregat yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji adalah :

- Agregat kasar (F1) Lolos ¾ tertahan ½ = 197 gr
 Lolos ¼ tertahan 3/8 = 209 gr
 Lolos 3/8 tertahan 8 = 119 gr
- Agregat halus (F2) Lolos 8 tertahan 16 = 115 gr
 Lolos 16 tertahan 30 = 173 gr
 Lolos 30 tertahan 200 = 339 gr
- Filler* (F3) Lolos 200 tertahan pan = 48 gr

A.5 PERHITUNGAN KADAR ASPAL OPTIMUM PERKIRAAN

Untuk menentukan kadar aspal yang akan dipakai dalam campuran dapat dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini :

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%filler) + \text{konstanta} \\
 &= 0,035 (43,78) + 0,045 (52,21) + 0,18 (4,01) + 0,7 \\
 &= 1,5323 + 2,34945 + 0,7218 + 0,7 \\
 &= 5,3036 \% \approx 5,5 \%
 \end{aligned}$$

Kadar aspal yang digunakan dalam campuran adalah 5,5 % terhadap berat tiap rancangan campuran, yaitu 5,5 % terhadap 1200 gr = 66 gr. Sedangkan filler yang akan digunakan adalah :

Tabel 14. Tabel Perbandingan Prosentase *Filler*

No	% semen : % abu batu	Semen (gr)	Abu batu (gr)
1	0 : 100	0	48
2	10 : 90	4,8	43,2
3	20 : 80	9,6	38,4
4	30 : 70	14,4	33,6
5	40 : 60	19,2	28,8
6	50 : 50	24	24
7	60 : 40	28,8	19,2
8	70 : 30	33,6	14,4
9	80 : 20	38,4	9,6
10	90 : 10	43,2	4,8
11	100 : 0	48	0

A.6 DATA BENDA UJI MARSHALL

Tabel 15. Tabel Data Pengujian Benda Uji Marshall

Proporsi Filler (semen:abu batu)	Tinggi (mm)	Angka koreksi	Berat benda uji			Uji Marshall		
			Kering	SSD	Dlm Air	O	R	
0 : 100	1	71,3	0,830	1250	1258	691	122	270
	2	72,8	0,814	1263	1270	699	175	480
	3	72,8	0,814	1245	1252	689	156	370
10 : 90	1	72,7	0,815	1263	1270	698	127	130
	2	72,2	0,820	1246	1254	690	127	490
	3	75,4	0,776	1253	1260	692	116	400
20 : 80	1	71,5	0,826	1252	1259	695	84	370
	2	73,7	0,797	1248	1255	689	106	450
	3	70,8	0,834	1255	1261	697	137	210
30 : 70	1	72,9	0,808	1260	1270	702	118	300
	2	73,4	0,802	1271	1279	704	137	292
	3	76,2	0,760	1264	1271	701	84	400
40 : 60	1	72,2	0,817	1268	1272	702	135	496
	2	71,9	0,821	1276	1285	709	159	425
	3	72,4	0,815	1274	1284	707	112	197
50 : 50	1	74,4	0,798	1260	1266	695	120	370
	2	72,9	0,808	1265	1270	701	112	395
	3	72,0	0,820	1245	1252	690	154	225
60 : 40	1	72,1	0,819	1242	1250	685	81	244
	2	72,8	0,810	1246	1252	690	87	281
	3	72,1	0,819	1266	1270	703	94	231
70 : 30	1	71,4	0,830	1253	1260	695	112	340
	2	71,7	0,824	1243	1251	690	79	310
	3	72,7	0,811	1259	1262	704	88	315
80 : 20	1	72,1	0,819	1238	1245	690	154	480
	2	70,3	0,841	1241	1248	695	193	198
	3	71,8	0,823	1256	1260	700	126	520
90 : 10	1	71,0	0,832	1258	1263	701	150	215
	2	73,8	0,798	1255	1260	696	87	255
	3	73,3	0,804	1262	1270	703	85	197
100 : 0	1	72,4	0,815	1252	1259	698	170	220
	2	73,8	0,798	1256	1260	698	152	225
	3	70,6	0,838	1256	1261	699	141	525

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium

LAMPIRAN B : FOTO PENELITIAN DI LABORATORIUM



Foto 1. Proses Mencampur/Menggoreng Aspal



Foto 2. Proses Pencetakan Benda Uji ke dalam Silinder



Foto 3. Proses Pemadatan Benda Uji



Foto 4. Proses Mengeluarkan Benda Uji Dari Silinder Cetakan Pematik



Foto 5. Proses Perendaman Benda Uji di Dalam Water Bath



Foto 6. Proses Pengujian Marshall



Foto 7. Proses Pengujian Marshall



Foto 8. Proses Pengambilan Benda Uji Dari Alat Marshall

HASIL LAB. ASPAL ZAK



DEPARTEMEN PERAKRIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
 BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERAKRIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
 PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PRASARANA TRANSPORTASI
 Jl. Raya Tugu No. 201 Gedung 002 Jemberang Telp. (0331) 740231 fax. (0331) 740230 Email: pusat@unswjember.ac.id

Bandung, 26 Juli 2004

Nomor laporan : 2004-051-APK-14-KOT
 Jumlah lembar : 2 (dua) lembar
 Pengirim contoh : PT. SUMMITAMA INTINUSA
 Jalan Pahlawan No. 57
 Telp. 031-5468805, 5468806
 Fax. 031-5458069, 5312382
 SURABAYA

Surat Permintaan No. - , tanggal -

1. Contoh yang diterima

Aspal Pertamina Pen 60 Kemasan Zak (Kantong Plastik), sebanyak ± 50 kg

2. Lingkup pengujian

Pengujian dilakukan sesuai permohonan

3. Hasil pengujian

Hasil pengujian Aspal Pertamina Pen 60 Kemasan Zak (kantong plastik) sebagaimana tertera pada Tabel berikut.

Tabel Hasil Pengujian aspal Pertamina Pen 60 kemasan zak (kantong plastik)

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil Pengujian		Spesifikasi ¹⁾		Satuan
			I	II	Min.	Max.	
1.	Penetrasi pada 25 °C, 100 g, 5 detik	SNI 05-2455-1991	74	67	80	79	0,1 mm
2.	Titik leleh	SNI 06-2434-1991	48,0	50,1	48	58	°C
3.	Titik nyala (COC)	SNI 06-2433-1991	328	335	200	-	°C
4.	Daktilas pada 25 °C, 3cm/menit	SNI 05-2432-1991	>140	135	100	-	cm
5.	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	1,033	1,043	1,0	-	-
6.	Kelarutan dalam C ₆ H ₆	SNI 08-2428-1991	99,30	99,00	99	-	%
7.	Penurunan berat (TFOT)	SNI 05-2440-1991	0,018	0,033	-	0,9	%
8.	Penetrasi setelah TFOT	SNI 06-2458-1991	77	65	84	-	% asll
9.	Titik leleh setelah TFOT	SNI 06-2434-1991	53,0	51,2	-	-	°C
10.	Daktilas setelah TFOT	SNI 05-2432-1991	>140	67	-	-	cm

1) = SNI 1737-1989-F

I = aspal Pertamina pen 60 kemasan zak tanpa kantong plastik

II = aspal Pertamina pen 60 kemasan zak terdampur kantong plastik (0,33%)

4. Kesimpulan

- 4.1. Berdasarkan hasil pengujian contoh Aspal Pertamina per 60 kemasan zak (kantong plastik), terjadi perubahan sifat aspal setelah tercampur kemasan kantong plastik di antaranya yaitu nilai penetrasi turun 9,5%, nilai titik lemek naik 3,7%, nilai daktilitas turun dan ≥ 140 cm menjadi 135 cm, dan nilai titik nyala naik 2,0%.
- 4.2. Hasil pengujian hanya berlaku untuk contoh Aspal Pertamina per 60 kemasan zak (kantong plastik) yang diterima Balai Bahan dan Perkerasan Jalan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi.

Mengetahui

Ka. Sa Program dan Pelayanan Teknik

Dr. Ir. Stefried, MSc.
NIP. 110052487

Pertanggungjawab

Drs. Medi Hermadi
NIP. 110042205

Menyetujui

Kepala Balai Bahan dan Perkerasan Jalan,

Dr. Ir. Furgon Afrandi, MSc.
NIP. 110021854

