

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN CAMPURAN ASPAL BETON DENGAN MENGGUNAKAN *FILLER PORTLAND CEMENT*

Diajukan sebagai Syarat untuk Menyelesaikan Studi pada
Program Studi Diploma III Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro



Disusun Oleh:

- | | |
|-------------------|-------------|
| 1. AGUS SETIAWAN | L0A 007 007 |
| 2. ANDRE VANHARDY | L0A 007 013 |

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat-Nya, penyusun dapat menyelesaikan dan menyusun Tugas Akhir dengan judul Perencanaan Campuran Aspal Beton dengan Menggunakan *Filler Portland Cement*.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu mata kuliah yang wajib ditempuh oleh semua mahasiswa Program Studi Diploma III Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

Dalam Tugas Akhir ini penyusun dibantu oleh banyak pihak oleh karena itu melalui kesempatan ini penyusun menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas segala Rahmat dan Hidayah-Nya, serta Nabi Muhammad SAW yang selalu jadi panutan terbaik baik penyusun.
2. Bapak Ir. H. Zainal Abidin, MS, selaku Ketua Program Studi Diploma III Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
3. Bapak Budhi Dharma, ST, selaku Ketua Jurusan Program Diploma III Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
4. Bapak Drs. H. Boedijono, ST, selaku Sekretaris Jurusan Program Diploma III Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
5. Bapak Drs. H. Boedijono, ST, selaku Dosen Wali Angkatan 2007 Kelas A
6. Bapak Ir. Didik Purwadi, MT, selaku Dosen Pembimbing 1 Tugas Akhir.
7. Bapak Ign. Christiawan, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing 2 Tugas Akhir.

8. Seluruh Dosen Pengajar Program Diploma III Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
9. Staff dan Karyawan Program Diploma III Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
10. Bapak Ir. Wahyudi Kushardjoko, MT. selaku Ketua Laboratorium Transportasi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
11. Mas Rama, Mas Sutikno dan Mas Nur Cahyo, selaku Teknisi Laboratorium.
12. Ayah dan Ibu tercinta yang telah banyak memberikan dorongan moril dan materiil serta doa sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
13. Teman-teman angkatan 2007 yang seperjuangan di Jurusan Teknik Sipil Program Diploma III Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
14. Serta semua pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna hal ini disebabkan karena keterbatasan pengetahuan penyusun. Oleh karena itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan ini dan semoga dapat bermanfaat bagi insan Teknik Sipil khususnya dan semua pihak pada umumnya.

Semarang, Juli 2010

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERMOHONAN TUGAS AKHIR	iii
SOAL TUGAS AKHIR	iv
LEMBAR ASISTENSI	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Ruang Lingkup Kerja.....	3
BAB II TINJAUAN KEPUSTAKAAN	
2.1 Agregat	4
2.1.1 Asal Agregat.....	5
2.1.2 Gradasi Agregat.....	7
2.2 Agregat Kasar	8
2.3 Agregat Halus	9
2.4 Bahan Pengisi (<i>Filler</i>).....	9
2.5 Bahan Bitumen	10
2.6 Metode Perencanaan Campuran	12

2.6.1	Aspal Beton	13
2.7	Metode Marshall.....	14
BAB III RENCANA KERJA		
3.1	Pendahuluan.....	16
3.2	Pengujian Agregat	16
3.2.1	Pengujian Agregat Kasar	16
3.2.2	Pengujian Agregat Halus	17
3.2.3	Pengujian Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	17
3.3	Pengujian Bahan Bitumen.....	17
3.4	Uji Campuran Bitumen	19
3.4.1	Uji Marshall	19
3.4.2	Uji Marshall Rendaman	19
BAB IV PENYAJIAN DATA DAN ANALISA		
4.1	Penyajian Data.....	20
4.1.1	Agregat	20
4.1.2	Pemeriksaan Aspal	22
4.1.3	Pengujian Marshall.....	23
4.1.4	Pengujian Marshall Rendaman.....	24
4.2	Analisa Data	25
4.2.1	Kinerja Campuran Pada Saat Pengujian Marshall.....	25
A	Stabilitas.....	25
B	Kelelehan	26
C	<i>Voids in Mineral Aggregate (VMA)</i>	26
D	<i>Density</i>	27

E	<i>Voids in Mix (VIM)</i>	28
BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI		
5.1.	Kesimpulan	30
5.2.	Rekomendasi	31
	DAFTAR PUSTAKA	32
	APPENDIX A	33
	APPENDIX B	44
	CATATAN.....	67
	LAMPIRAN DATA.....	69
	LAMPIRAN DOKUMENTASI.....	93

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Gradasi Agregat Campuran	7
Tabel 1 Analisa Pembagian Butiran Batu Pecah $\frac{3}{4}$ "	44
Tabel 2 Analisa Pembagian Butiran Batu Pecah $\frac{3}{8}$ "	45
Tabel 3 Analisa Pembagian Butiran Abu Batu	46
Tabel 4 Analisa Pembagian Butiran Pasir	47
Tabel 5 Kombinasi Agregat AC.....	48
Tabel 6 Data Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar $\frac{3}{4}$ "	49
Tabel 7 Data Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar $\frac{3}{8}$ "	50
Tabel 8 Data Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus Abu Batu	51
Tabel 9 Data Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus Pasir	52
Tabel 10 Hasil Pengujian Penetrasi	55
Tabel 11 Hasil Pengujian Titik Lembek	55
Tabel 12 Hasil Pengujian Daktilitas.....	56
Tabel 13 Hasil Pengujian Titik Nyala.....	57
Tabel 14 Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal	58
Tabel 15 Hasil Pengujian Marshall.....	90
Tabel 16 Hasil Pengujian Marshall Rendaman.....	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Batas-batas gradasi menerus agregat.....	8
Gambar 3.1	Bagan alir rencana kerja	18
Gambar 4.1	Ilustrasi pengertian VMA.....	27
Gambar 4.2	Ilustrasi pengertian tentang VIM.....	28
Gambar 1	Grafik Analisa Pembagian Butiran Batu Pecah $\frac{3}{4}$ ".....	44
Gambar 2	Grafik Analisa Pembagian Butiran Batu Pecah $\frac{3}{8}$ ".....	45
Gambar 3	Grafik Analisa Pembagian Butiran Abu Batu	46
Gambar 4	Grafik Analisa Pembagian Butiran Pasir	47
Gambar 5	Grafik Gradasi Kombinasi	48
Gambar 6	Grafik Hubungan Parameter Campuran Aspal.....	91
Gambar 7	Grafik Hubungan Parameter Campuran Aspal (Kertas mm)	93

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aspal beton sebagai bahan untuk konstruksi jalan sudah lama dikenal dan digunakan secara luas dalam pembuatan jalan. Penggunaannya pun di Indonesia dari tahun ke tahun makin meningkat. Hal ini disebabkan aspal beton mempunyai beberapa kelebihan dibanding dengan bahan-bahan lain, diantaranya harganya yang relatif lebih murah dibanding beton, kemampuannya dalam mendukung beban berat kendaraan yang tinggi dan dapat dibuat dari bahan-bahan lokal yang tersedia dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap cuaca. Aspal beton atau *asphaltic concrete* adalah campuran dari agregat bergradasi menerus dengan bahan bitumen. Kekuatan utama aspal beton ada pada keadaan butir agregat yang saling mengunci dan sedikit pada pasir/*filler*/bitumen sebagai mortar. Pengalaman para pembuat aspal beton mengatakan bahwa campuran ini sangat stabil tetapi sangat sensitif terhadap variasi dalam pembuatannya dan perlu tingkat *quality control* yang tinggi dalam pembuatannya, bila potensinya ingin penuh terealisasi (Didik Purwadi, 1995). Di samping kecukupan *workability* (sifat kemudahan untuk dikerjakan) ada empat sifat dasar aspal beton yang harus diperhatikan dalam merencanakan campuran aspal beton, yaitu:

1. *Stabilitas*.
2. *Durabilitas* (keawetan).

3. *Fleksibilitas*.
4. Mempunyai tahanan terhadap selip (*skid resistance*).

Apabila keempat sifat tidak dapat diwujudkan secara optimum, maka perencanaan campuran aspal beton, seperti halnya perencanaan campuran-campuran lain yaitu ada kompromi-kompromi. Karena campuran yang baik harus mempunyai kecukupan dalam keempat sifat di atas.

Bahan pengisi (*filler*) dalam campuran aspal beton adalah bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). Macam bahan pengisi yang dapat digunakan ialah: abu batu, kapur padam, *portland cement (PC)*, debu dolomite, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral tidak plastis lainnya. Banyaknya bahan pengisi dalam campuran aspal beton sangat dibatasi. Kebanyakan bahan pengisi, maka campuran akan sangat kaku dan mudah retak disamping memerlukan aspal yang banyak untuk memenuhi *workability*. Sebaliknya kekurangan bahan pengisi campuran menjadi sangat lentur dan mudah terdeformasi oleh roda kendaraan sehingga menghasilkan jalan yang bergelombang. Pada penelitian ini kadar bahan pengisi dibatasi antara 2% hingga 8% dari berat total campuran aspal beton. Jenis bahan pengisi dipilih *portland cement (PC)*.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat-sifat *filler* dari bahan *portland cement (PC)* pada campuran aspal beton dengan:

1. Menguji campuran dengan alat Marshall.

2. Mencari kadar aspal optimum.
3. Menguji sifat campuran pada kadar aspal optimum dengan uji Marshall rendaman.

1.3 Ruang Lingkup Pekerjaan

Ruang lingkup pekerjaan sebagai berikut:

1. Menguji sifat-sifat agregat
2. Menguji sifat-sifat *filler* dari *portland cement (PC)*
3. Menguji sifat-sifat aspal
4. Menguji campuran *hotmix* dengan uji Marshall

BAB II

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

2.1 Agregat

Agregat terdiri dari pasir, gravel, batu pecah, slag atau material lain dari bahan mineral alami atau buatan. Agregat merupakan bagian terbesar dari campuran aspal. Material agregat yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan tugas utamanya untuk menahan beban lalu lintas. Agregat dari bahan batuan pada umumnya masih diolah lagi dengan mesin pemecah batu (*stone crusher*) sehingga didapatkan ukuran sebagaimana dikehendaki dalam campuran. Agar dapat digunakan sebagai campuran aspal, agregat harus lolos dari berbagai uji yang telah ditetapkan.

Agregat adalah suatu bahan yang keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran dan berupa berbagai jenis butiran atau pecahan, termasuk didalamnya antara lain: pasir, kerikil, agregat pecah, terak dapur tinggi dan debu agregat. Banyaknya agregat dalam campuran aspal pada umumnya berkisar antara 90% sampai dengan 95% terhadap total berat campuran atau 70% sampai dengan 85% terhadap volume campuran aspal.

2.1.1 Asal Agregat

Asal agregat dapat digolongkan dalam 3 kategori:

1. Agregat dari batuan beku (*volcanic rock*): agregat ini terjadi akibat pendinginan dan pembekuan dari bahan-bahan yang meleleh akibat panas (magma bumi).

Agregat ini digolongkan dalam 2 jenis pokok:

- a. Agregat dari batuan ekstrusif: terjadinya akibat dilempar ke udara dan mendingin secara cepat. Jenis pokoknya: *pyolite*, *andesite* dan *basalt*. Sifat utamanya: berbutir halus, keras dan cenderung rapuh.
 - b. Agregat dari batuan intrusif: terjadinya akibat batuan yang mendingin secara lambat dan diperoleh sebagai singkapan. Jenis pokoknya: granit, diorit dan gabro. Sifat utamanya: berbutir kasar, keras dan kaku.
2. Agregat dari batuan endapan (*sedimentary rock*): agregat terjadi dari hasil endapan halus dari hasil pelapukan batuan bebas, tumbuh-tumbuhan, binatang. Dengan mengalami proses pelekatan dan penekanan oleh alam maka menjadi agregat/batuan endapan. Jenis agregat dari batuan endapan antara lain: batuan kapur, batuan silika dan batuan pasir.
 3. Agregat dari batuan methamorphik: agregat terjadi dari hasil modifikasi oleh alam (perubahan fisik dan kimia dari batuan endapan dan beku sebagai hasil dari tekanan yang kuat, akibat gesekan bumi dan panas yang berlebihan). Sebagai contoh: batuan kapur menjadi marmer dan batuan pasir menjadi kwarsa.

Agregat untuk campuran perkerasan jalan juga diklasifikasikan berdasarkan sumbernya:

1. *Pit* atau *bank run materials (pit-run)*, biasanya gravel dari ukuran 75 mm (3 inchi) sampai ukuran 4.75 mm (No. 4). Pasir yang terdiri partikel ukuran 4.75 mm (No. 4) hingga partikel berukuran 0.075 mm (No. 200). Ada juga silt yang berukuran 0.075 mm kebawah. Batu-batuan tersebut tersingkap dan ter-degradasi oleh alam baik secara fisik maupun kimiawi. Produk proses degradasi ini kemudian diangkut oleh angin, air atau es (*gletser* yang bergerak) dan diendapkan disuatu lahan.
2. Agregat hasil proses, merupakan hasil proses pemecahan batu-batuan dengan *stone-crusher machine* (mesin pemecah batu) dan disaring. Agregat alam biasanya dipecah agar dapat digunakan sebagai campuran aspal. Agregat yang dipecah tersebut kualitasnya kemungkinan bertambah, dimana pemecahan akan merubah tekstur permukaan, merubah bentuk agregat dari bulat ke bersudut, menambah distribusi dan jangkauan ukuran partikel agregat. Pemecahan batu bisa dari ukuran bedrocks atau batu yang sangat besar. Pada ukuran bedrocks sebelum masuk mesin stone-crusher maka pengambilannya melalui blasting (peledakan dengan dinamit).
3. Agregat sintetis/buatan (*synthetic/artificial aggregates*), sebagai hasil modifikasi, baik secara fisik atau kimiawi. Agregat demikian merupakan hasil tambahan pada proses pemurnian biji tambang besi atau yang spesial diproduksi atau diproses dari bahan mentah yang dipakai sebagai agregat. Terak dapur tinggi (*blast-furnace slag*) adalah yang paling umum digunakan

sebagai agregat buatan. Terak yang mengapung pada besi cair adalah bukan bahan logam (*non-metallic*), kemudian ukurannya diperkecil dan didinginkan dengan udara. Pemakaian agregat sintetis untuk pelapisan lantai jembatan, karena agregat sintetis lebih tahan lama dan lebih tahan terhadap geseran dari pada agregat alam.

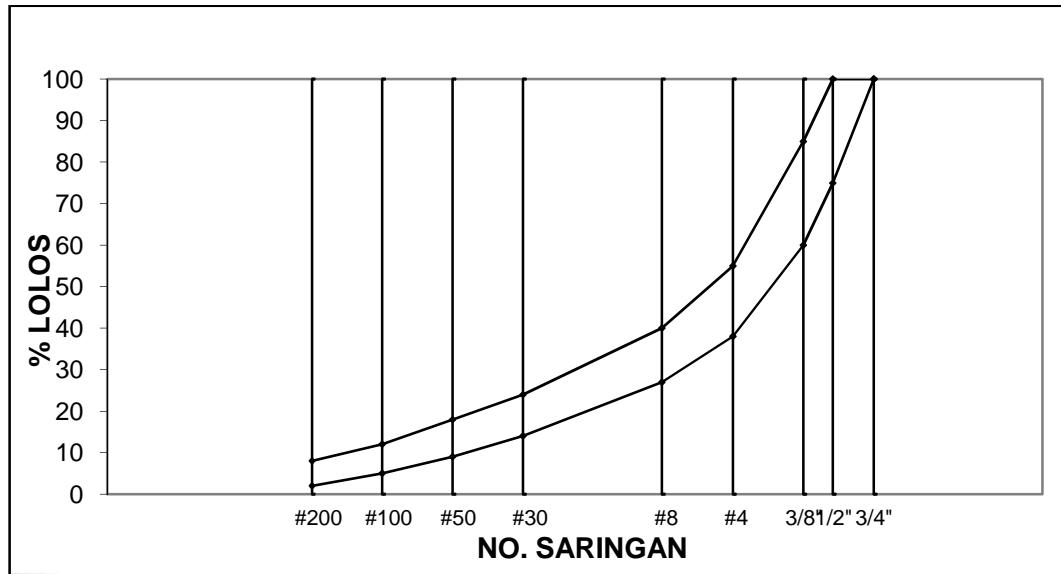
2.1.2 Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi dari ukuran partikelnya dan dinyatakan dalam persentase terhadap total beratnya. Gradasi ditentukan dengan melewati sejumlah material melalui serangkaian saringan dari ukuran besar ke ukuran kecil dan menimbang berat material yang tertahan pada masing-masing saringan. Kombinasi gradasi agregat campuran dinyatakan dalam persen berat agregat. Untuk keperluan penelitian ini, maka dipilih kombinasi agregat yang sesuai dengan Tabel 2.1 dibawah. Gradasi agregat dalam Tabel 2.1 diambil dari spesifikasi agregat campuran dari 3 fraksi agregat.

Tabel 2.1 Gradasi Agregat Campuran

Ukuran Saringan inch, No.	Gradasi % Lolos
1"	100
¾"	100
½"	75-100
"	60-85
No.4	38-55
No.8	27-40
No.30	14-24
No.50	9-18
No.100	5-12
No.200	2-8

Gradasi agregat tersebut adalah gradasi menerus, lihat Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Batas-batas gradasi menerus agregat

2.2 Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar untuk agregat ini adalah agregat yang tertahan di atas saringan 2,36 mm (No.8), menurut saringan ASTM. Fraksi agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri atas batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran-ukuran normal. Agregat kasar ini menjadikan perkerasan lebih stabil dan mempunyai *skid resistance* (tahanan terhadap selip) yang tinggi sehingga lebih menjamin keamanan berkendara. Agregat kasar yang mempunyai bentuk butiran (*particle shape*) yang bulat memudahkan proses pemadatan, tetapi rendah stabilitasnya, sedangkan yang berbentuk menyudut (*angular*) sulit dipadatkan tetapi mempunyai stabilitas yang tinggi. Agregat kasar harus mempunyai ketahanan terhadap abrasi bila digunakan sebagai campuran *wearing course*, untuk itu nilai *Los Angeles Abrasion Test* harus dipenuhi.

2.3 Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat hasil pemecah batu yang mempunyai sifat lolos saringan No.8 (2,36 mm) tertahan saringan No.200 (0,075 mm). Fungsi utama agregat halus adalah untuk menyediakan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari perkerasan melalui keadaan saling mengunci (*interlocking*) dan gesekan antar butiran. Untuk hal ini maka sifat eksternal yang diperlukan adalah *angularity* (bentuk menyudut) dan *particle surface roughness* (kekasaran permukaan butiran).

2.4 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi dapat terdiri atas debu batu kapur, debu dolomite, semen portland, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral tidak plastis lainnya. Bahan pengisi yang merupakan mikro agregat ini harus lolos saringan No. 200 (0,075 mm). Dari sekian banyak jenis bahan pengisi maka kapur padam banyak digunakan dari pada *Portland Cement*. *Portland Cement* mudah diperoleh dan mempunyai grading butiran yang bagus namun demikian harganya sangat mahal.

Fungsi bahan pengisi adalah untuk meningkatkan kekentalan bahan bitumen dan untuk mengurangi sifat rentan terhadap temperatur. Keuntungan lain dengan adanya bahan pengisi adalah karena banyak terserap dalam bahan bitumen maka akan menaikkan volumenya.

Banyak spesifikasi untuk *wearing course* menyarankan banyaknya bahan pengisi kira-kira 5% dari berat adalah mineral yang lolos saringan No. 200. Para peneliti telah sepakat menaikkan kuantitas bahan pengisi akan menyebabkan meningkatkan stabilitas dan mengurangi rongga udara dalam campuran, namun ada batasnya.

Terlalu tinggi kandungan bahan pengisi akan menyebabkan campuran menjadi getas dan mudah retak bila terkena beban lalu lintas, namun dilain pihak bila terlalu sedikit bahan pengisi akan menghasilkan campuran yang lembek pada cuaca panas.

2.5 Bahan Bitumen

Bitumen adalah zat perekat (*cementitious*) berwarna hitam atau gelap, yang dapat diperoleh di alam ataupun sebagai hasil produksi. Bitumen terutama mengandung senyawa hidrokarbon seperti aspal, tar, atau *pitch*.

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. Tar adalah material berwarna coklat atau hitam, berbentuk cair atau semipadat, dengan unsur utama bitumen sebagai hasil kondensat dalam destilasi destruktif dari batu bara, minyak bumi, atau mineral organik lainnya. *Pitch* didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*) padat, berwarna hitam atau coklat tua, yang berbentuk cair jika dipanaskan. *Pitch* diperoleh sebagai residu dari destilasi fraksional tar. *Pitch* dan tar tidak diperoleh dari di alam, tetapi merupakan produk kimiawi. Dari ketiga

material pengikat di atas, aspal merupakan material yang umum digunakan untuk bahan pengikat agregat, oleh karena itu seringkali bitumen disebut juga sebagai aspal.

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran.

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan menjadi 2 macam yaitu:

1. Aspal alam

Aspal alam adalah aspal yang didapat di suatu tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal alam ada yang diperoleh di gunung-gunung seperti aspal di Pulau Buton yang disebut dengan Asbuton. Asbuton merupakan batu yang mengandung aspal. Asbuton merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan. Karena asbuton merupakan material yang ditemukan begitu saja di alam, maka kadar bitumen yang dikandungnya sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi. Untuk mengatasi hal ini, maka asbuton mulai diproduksi dalam berbagai bentuk di pabrik pengolahan asbuton.

2. Aspal minyak

Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis *asphaltic base crude oil* yang

banyak mengandung aspal, *paraffin base crude oil* yang banyak mengandung parafin, atau *mixed base crude oil* yang mengandung campuran antara parafin dan aspal. Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis *asphaltic base crude oil*.

Residu aspal berbentuk padat, tetapi melalui pengolahan hasil residu ini dapat pula berbentuk cair atau emulsi pada suhu ruang. Aspal padat adalah aspal yang berbentuk padat atau semipadat pada suhu ruang dan menjadi cair jika dipanaskan. Aspal padat dikenal dengan nama semen aspal (*asphalt cement*). Aspal cair (*cutback asphalt*) yaitu aspal yang berbentuk cair pada suhu ruang. Aspal cair merupakan semen aspal yang dicairkan dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi seperti minyak tanah, bensin, atau solar. Aspal emulsi (*emulsified asphalt*) adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi, yang dilakukan di pabrik pencampur. Aspal emulsi lebih cair daripada aspal cair.

2.6 Metode Perencanaan Campuran

Rancangan campuran bertujuan untuk mendapatkan resep campuran aspal beton dari material yang terdapat di lokasi sehingga dihasilkan campuran yang memenuhi spesifikasi campuran yang ditetapkan. Saat ini, metode rancangan campuran yang paling banyak dipergunakan di Indonesia adalah metode rancangan campuran berdasarkan pengujian empiris, dengan menggunakan alat Marshall.

2.6.1 Aspal Beton

Aspal beton adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Lapis aspal beton merupakan jenis tertinggi dari perkerasan yang merupakan campuran dari bitumen dengan agregat bergradasi menerus dan cocok untuk jalan yang banyak dilalui kendaraan berat. Material-material pembentuk aspal beton dicampur dan diinstalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya antara 145°-155° C, sehingga disebut aspal beton campuran panas. Campuran ini dikenal juga dengan nama *hotmix*.

Aspal beton harus memiliki karakteristik dalam pencampuran yaitu stabilitas, keawetan atau *durabilitas*, kelenturan atau *fleksibilitas*, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air, dan kemudahan pelaksanaan. Ketujuh sifat aspal beton ini tidak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu jenis campuran. Sifat-sifat aspal beton mana yang dominan lebih diinginkan, akan menentukan jenis aspal beton yang dipilih. Hal ini sangat perlu diperhatikan ketika merancang tebal perkerasan jalan. Jalan yang melayani lalu lintas ringan, seperti mobil penumpang, sepantasnya lebih memilih jenis aspal beton yang mempunyai sifat *durabilitas* dan *fleksibilitas* yang tinggi, daripada memilih jenis aspal beton dengan stabilitas tinggi.

2.7 Metode Marshall

Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Prinsip dasar metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk.

Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inci (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm). Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76.

Secara garis besar pengujian Marshall meliputi: persiapan benda uji, penentuan berat jenis bulk dari benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan flow, dan perhitungan sifat volumetric benda uji.

Pada persiapan benda uji, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Jumlah benda uji yang disiapkan.
2. Persiapan agregat yang akan digunakan.
3. Penentuan temperatur pencampuran dan pemadatan.
4. Persiapan campuran aspal beton.
5. Pemadatan benda uji.

6. Persiapan untuk pengujian Marshall.

Jumlah benda uji yang disiapkan ditentukan dari tujuan dilakukannya uji Marshall tersebut. AASHTO menetapkan minimal 3 buah benda uji untuk setiap kadar aspal yang digunakan. Agregat yang akan digunakan dalam campuran dikeringkan di dalam oven pada temperatur 105-110°C. Setelah dikeringkan agregat dipisah-pisahkan sesuai fraksi ukurannya dengan mempergunakan saringan. Temperatur pencampuran bahan aspal dengan agregat adalah temperatur pada saat aspal mempunyai viskositas kinematis sebesar 170 ± 20 centistokes, dan temperatur pemadatan adalah temperatur pada saat aspal mempunyai nilai viskositas kinematis sebesar 280 ± 30 centistokes. Karena tidak diadakan pengujian viskositas kinematik aspal maka secara umum ditentukan suhu pencampuran berkisar antara 145 °C-155 °C, sedangkan suhu pemadatan antara 110 °C-135 °C.

BAB III

RENCANA KERJA

3.1 Pendahuluan

Rencana kerja ditunjukkan oleh Gambar 3.1, yang merupakan bagan alir pekerjaan. Pengujian-pengujian material menggunakan metode uji *American Standart for Testing and Materials* (ASTM 1984). Metode uji yang lain yang digunakan adalah AASHTO, *British Standart* dan SNI bila di ASTM metodenya tidak dijumpai.

3.2 Pengujian Agregat

3.2.1 Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan adalah dari batu alam yang didapat dari mesin pemecah batu di Kalikuto, Kendal. Spesifikasi yang digunakan adalah menggunakan spesifikasi BINA MARGA. Pengujian laboratorium untuk agregat kasar yang digunakan dalam campuran adalah:

- Gradasi (ASTM C-136-46)
- *Specific Gravity* (ASTM C 127-77)
- *Absorpsi Air* (ASTM C 127-77)

3.2.2 Pengujian Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan adalah pasir dan batu pecah alam yang diperoleh dari mesin pemecah batu. Untuk pasir maka yang digunakan adalah pasir Muntilan, sedangkan batu pecah berasal dari Kalikuto, Kendal. Pengujian agregat halus yang digunakan dalam campuran adalah:

- *Specific Gravity* (ASTM C 128-79)
- *Absorpsi Air* (ASTM C 128-79)

3.2.3 Pengujian Bahan Pengisi (*Filler*)

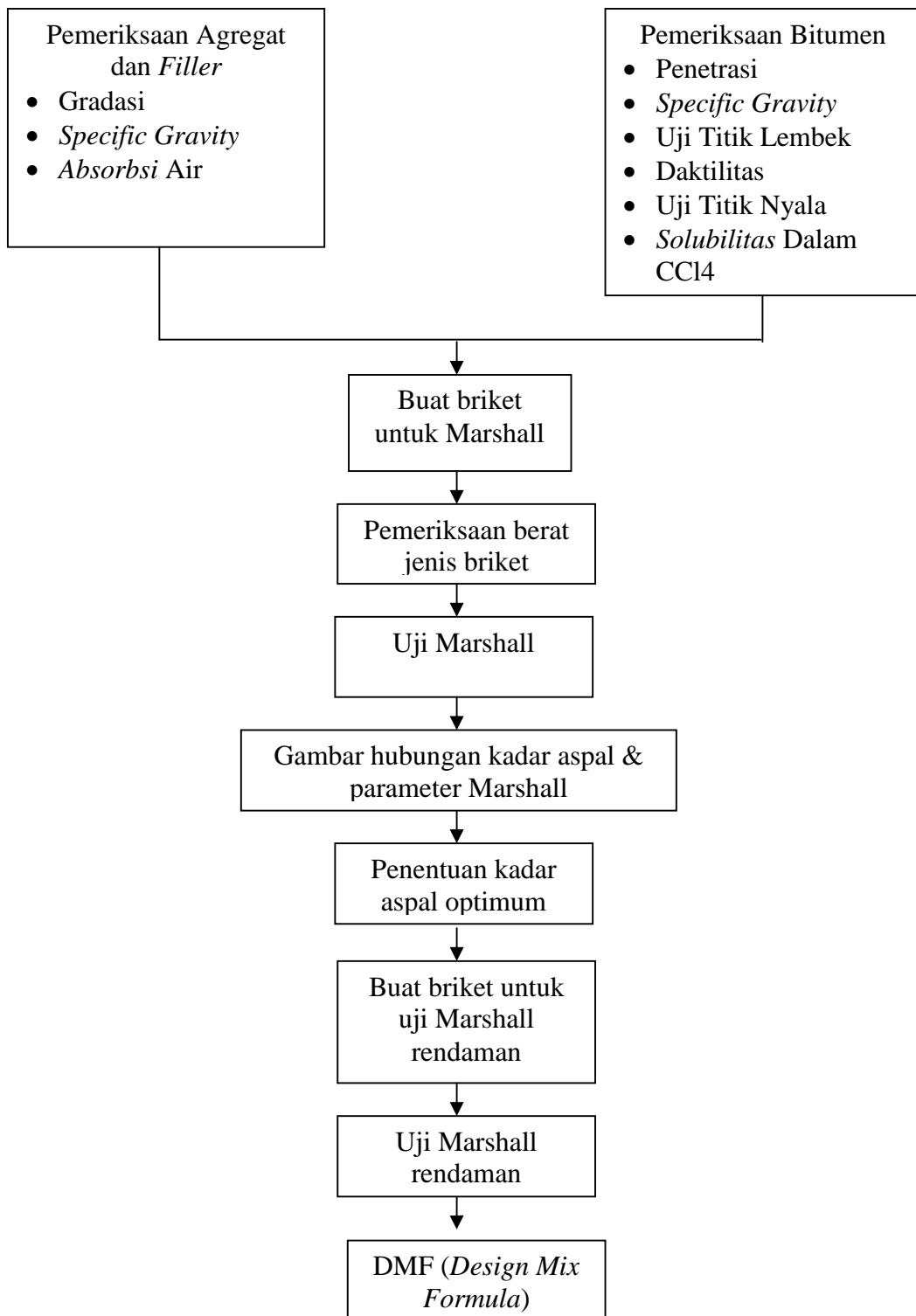
Bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini dari jenis *Portland Cement*. Bahan pengisi ini berbentuk bubuk (*powder*), yang dibeli dari toko bahan bangunan dalam kantong berat 40-50 kgp. Bahan pengisi harus lolos saringan No. 200 (0,075 mm), dan besarnya pemakaian berdasarkan spesifikasi gradasi berkisar 2%-8%. Pengujian terhadap bahan pengisi adalah:

- *Specific Gravity* (ASTM C 188-44)

3.3 Pengujian Bahan Bitumen

Pengujian laboratorium terhadap bahan bitumen meliputi:

- Uji penetrasi pada suhu 25° C (ASTM D 5-73)
- *Specific Gravity* (ASTM D 70-76)
- Daktilitas (ASTM D 113-77)
- Uji Titik Lembek (ASTM D 36-78)
- Titik Nyala (ASTM D 92-78)
- Kelarutan Bitumen dalam CCL4 (ASTM D-165-42)



Gambar 3.1 Bagan alir rencana kerja

3.4 Uji Campuran Bitumen

Briket yang telah didapat diuji stabilitas, kelelahan, keawetannya terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh air. Pengujian briket menggunakan metode Marshall untuk stabilitas dan kelelehannya, sedangkan untuk keawetannya menggunakan uji Marshall Rendaman.

3.4.1 Uji Marshall

Prinsip dasar dari metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Dalam hal ini benda uji atau briket beton aspal padat dibentuk dari gradasi agregat campuran yang telah didapat dari hasil uji gradasi, sesuai spesifikasi campuran. Pengujian Marshall untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (*flow*) mengikuti prosedur SNI 06-2489-1991 atau AASHTO T245-90. Dari hasil gambar hubungan antara kadar aspal dan parameter Marshall, maka akan diketahui kadar aspal optimumnya.

3.4.2 Uji Marshall Rendaman

Setelah diketahui kadar aspal optimumnya, kemudian membuat 6 briket untuk dilakukan uji Marshall rendaman. 3 briket direndam dalam *waterbath* selama 30 menit, sedangkan 3 briket selanjutnya direndam dalam *waterbath* selama 24 jam masing-masing pada suhu 60° C. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui keawetan dan kerusakan yang diakibatkan oleh air.

BAB IV

PENYAJIAN DATA DAN ANALISA

4.1 Penyajian Data

4.1.1 Agregat

Pada pembuatan aspal beton maka komponen utama pembentuknya adalah aspal dan agregat. Agregat kasar yang digunakan batu pecah dengan ukuran maksimal $\frac{1}{2}$ " , agregat halus adalah campuran batu pecah dengan pasir, sedangkan untuk bahan pengisi adalah *Portland Cement*. Semua agregat tersebut berasal dari AMP PT. Adhi Karya Semarang. Untuk memperoleh aspal beton yang baik maka gradasi dari agregat harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan. Dari percobaan pencampuran agregat maka diperoleh hasil perbandingan campuran agregat sebagai berikut 40% untuk fraksi batu pecah $\frac{3}{4}$ " , 25% untuk fraksi batu pecah $\frac{3}{8}$ " , 15% untuk fraksi abu batu, dan 20% untuk fraksi pasir. Prosentase gradasi tersebut masuk dalam amplop gradasi yang ditetapkan. Dari kombinasi agregat tersebut diperoleh fraksi agregat kasar sebesar 65,50%, fraksi agregat halus sebesar 28,62%, dan fraksi *filler* sebesar 5,88%.

Setelah dilakukan pengujian gradasi agregat, selanjutnya dilakukan pengujian berat jenis agregat. Pemeriksaan agregat ini dilakukan untuk agregat kasar, agregat halus, dan *filler*. Agregat kasar yang digunakan adalah agregat yang lolos saringan $\frac{3}{4}$ " dan tertahan saringan No. 8 (2,38 mm), sedangkan agregat halus yang digunakan adalah agregat yang lolos saringan No. 8 (2,38 mm) dan tertahan

saringan No. 200 (0,075 mm), dan untuk *filler* yang digunakan merupakan *Portland Cement* yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm). Dari hasil pengujian terhadap agregat kasar $\frac{3}{4}$ " diperoleh berat jenis (*bulk specific gravity*) sebesar 2,682 gram/cm³, berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD specific gravity*) sebesar 2,731 gram/cm³, berat jenis semu (*Apparent specific gravity*) sebesar 2,822 gram/cm³, dan penyerapan (*Absorbtion*) sebesar 1,853% dan agregat kasar $\frac{3}{8}$ " diperoleh berat jenis (*bulk specific gravity*) sebesar 2,698 gram/cm³, berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD specific gravity*) sebesar 2,739 gram/cm³, berat jenis semu (*Apparent specific gravity*) sebesar 2,812 gram/cm³, dan penyerapan (*Absorbtion*) sebesar 1,499%. Dalam hal ini penyerapan memenuhi syarat karena persyaratan maksimal yang diijinkan adalah 3%.

Untuk hasil percobaan pada agregat halus abu batu diperoleh berat jenis (*bulk specific gravity*) sebesar 2,713 gram/cm³, berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD specific gravity*) sebesar 2,746 gram/cm³, berat jenis semu (*Apparent specific gravity*) sebesar 2,804 gram/cm³, dan penyerapan (*Absorbtion*) sebesar 1,194% dan pada agregat halus pasir diperoleh berat jenis (*bulk specific gravity*) sebesar 2,676 gram/cm³, berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD specific gravity*) sebesar 2,695 gram/cm³, berat jenis semu (*Apparent specific gravity*) sebesar 2,726 gram/cm³, dan penyerapan (*Absorbtion*) sebesar 0,685%. Untuk agregat halus maka penyerapan maksimum yang diijinkan oleh spesifikasi adalah 3%, dengan demikian agregat halus memenuhi persyaratan.

Sedangkan untuk pengujian terhadap bahan pengisi (*filler*) dari *Portland Cement* diperoleh hasil berat jenis rata-rata sebesar 3,08 gram/cm³.

4.1.2 Pemeriksaan Aspal

Pada pemeriksaan aspal ini terdapat enam jenis pengujian. Aspal yang digunakan merupakan produk dari Pertamina dengan tipe AC dengan nilai penetrasi (Pen 60/70). Untuk pengujian aspal yang pertama dilakukan pemeriksaan penetrasi dan hasil percobaan yang telah dilakukan diperoleh nilai penetrasi aspal sebesar 64,5 mm yang terletak pada aspal pen 60/70. Hal ini berarti aspal tersebut telah memenuhi persyaratan AASHTO T-49-68. Aspal tersebut mempunyai angka penetrasi yang cukup baik dan ideal digunakan sebagai bahan lapisan aspal beton. Aspal dengan penetrasi 60/70 digunakan untuk jalan bervolume tinggi dan daerah panas sehingga didapatkan stabilitas yang tinggi. Selanjutnya dilakukan pengujian aspal terhadap titik lembeknya yang diperoleh nilai titik lembek aspal sebesar 51,5°C. Angka tersebut menunjukkan bahwa aspal yang digunakan telah memenuhi syarat yaitu aspal harus mempunyai nilai titik lembek pada kisaran 48-58°C. Pemeriksaan yang ketiga adalah uji daktilitas untuk mengetahui jarak terpanjang yang dapat dicapai oleh aspal yang ada di antara dua cetakan pada suhu ruang (25°C) dan dengan kecepatan tarik tertentu. Hasil uji daktilitas menunjukkan aspal yang digunakan mempunyai nilai daktilitas sebesar 109 cm. Hal ini menunjukkan bahwa aspal tersebut telah memenuhi persyaratan dimana untuk aspal penetrasi 60/70 harus mempunyai nilai daktilitas lebih dari 100 cm. Selanjutnya dilakukan uji titik nyala terhadap aspal dan diperoleh hasil terjadi nyala api pertama kali pada suhu 210° C. Hal ini berarti aspal telah memenuhi persyaratan dimana titik nyala minimum adalah 200° C. Pemeriksaan yang kelima adalah kelarutan aspal dalam karbon tetra klorida (CCl₄) dan diperoleh hasil

kelarutan aspal dalam CCl_4 sebesar 99,33%. Dengan demikian, aspal tersebut telah memenuhi persyaratan untuk aspal penetrasi 60/70 mempunyai nilai kelarutan minimum 99%. Dan pemeriksaan yang terakhir adalah pemeriksaan terhadap berat jenis aspal dengan hasil percobaan menunjukkan aspal tersebut memenuhi persyaratan yaitu sebesar $1,053 \text{ gram/cm}^3$ dimana untuk berat jenis aspal minimum sebesar 1 gram/cm^3 . Dari keseluruhan pengujian aspal menunjukkan bahwa aspal tersebut dapat digunakan untuk campuran aspal beton karena semua pengujian telah memenuhi persyaratan.

4.1.3 Pengujian Marshall

Pengujian Marshall dilakukan untuk mengetahui nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisa kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Dalam hal ini benda uji atau briket beton aspal padat dibentuk dari gradasi agregat campuran tertentu, sesuai spesifikasi campuran. Metode Marshall dikembangkan untuk rancangan campuran aspal beton. Sebelum membuat briket campuran aspal beton maka perkiraan kadar aspal optimum dicari dengan menggunakan rumus pendekatan. Setelah menentukan proporsi dari masing-masing fraksi agregat yang tersedia, selanjutnya menentukan kadar aspal total dalam campuran. Kadar aspal total dalam campuran beton aspal adalah kadar aspal efektif yang membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi pori antara agregat, ditambah dengan kadar aspal yang akan terserap masuk ke dalam pori masing-masing butir agregat. Setelah diketahui estimasi kadar aspalnya maka dapat dibuat benda uji. Untuk mendapatkan kadar aspal optimum umumnya dibuat 15 buah benda uji dengan 5 variasi kadar aspal yang masing-masing berbeda 0,5%.

Sebelum dilakukan pengujian Marshall terhadap briket, maka dicari dulu berat jenisnya dan diukur ketebalan dan diameternya di tiga sisi yang berbeda. Melakukan uji Marshall untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (*flow*) benda uji mengikuti prosedur SNI 06-2489-1991 AASHTO T245-90. Parameter Marshall yang dihitung antara lain: VIM, VMA, VFA, dan berat jenis campuran. Setelah semua parameter briket didapat, maka digambar grafik hubungan kadar aspal dengan parameternya yang kemudian dapat ditentukan kadar aspal optimumnya. Kadar aspal optimum adalah nilai tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi semua spesifikasi campuran. Kadar aspal optimum inilah yang nantinya akan digunakan untuk pengujian Marshall rendaman.

4.1.4 Pengujian Marshall Rendaman

Pengujian Marshall rendaman merupakan uji Marshall yang sebelumnya telah direndam ke dalam *waterbath* bersuhu 60° C selama 24 jam. Pengujian ini dilakukan pada kadar aspal optimum, di mana sebelumnya telah didapat nilai kadar aspal optimumnya yaitu 5,35%. Pengujian Marshall rendaman dilakukan dengan menggunakan 6 buah benda uji yang akan dibedakan menjadi dua macam pengujian. Pengujian Marshall yang pertama dilakukan pada 3 sampel yang langsung diuji tanpa direndam selama 24 jam. Dan untuk 3 sampel selanjutnya, dilakukan perendaman ke dalam *waterbath* selama 24 jam dengan suhu 60° C. hal ini dilakukan untuk membandingkan karakteristik kedua macam briket tersebut. Dari hasil perhitungan akan didapat stabilitas yang tersisa setelah dilakukannya perendaman.

4.2 Analisa Data

4.2.1 Kinerja Campuran Pada Saat Pengujian Marshall

A. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai stabilitas yang tinggi.

Dari percobaan uji Marshall yang telah dilakukan diperoleh nilai stabilitas pada tiap kadar aspalnya yaitu 1105,9 kg untuk kadar aspal 4,5%, 1028,7 kg untuk kadar aspal 5,0%, 1007,3 kg untuk kadar aspal 5,5%, 900,1 kg untuk kadar aspal 6,0%, dan 878,7 kg untuk kadar aspal 6,5%. Pada kadar aspal optimum (5,53%) maka didapat stabilitas 1007,7 kg.

Sedangkan untuk hasil pengujian Marshall rendaman diperoleh nilai stabilitas 921,9 kg untuk sampel yang direndam selama 24 jam. Dari perbandingan kedua pengujian tersebut diperoleh hasil stabilitas tersisa setelah perendaman 24 jam pada suhu 60°C sebesar 91,489. Kedua hasil stabilitas tersebut telah memenuhi persyaratan yaitu dengan syarat minimum stabilitasnya adalah 750 kg.

B. Kelelehan

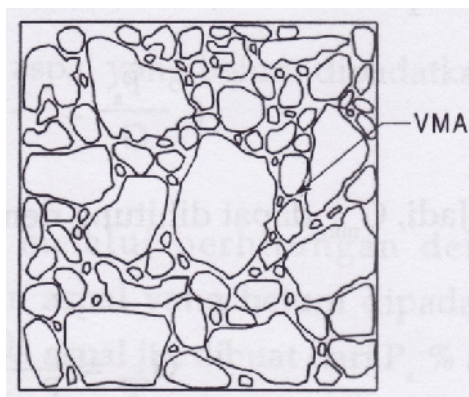
Ketahanan terhadap kelelehan (*flow*) merupakan kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelehan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi.

Dari hasil uji Marshall yang telah dilakukan diperoleh nilai kelelehan plastis yaitu sebesar 2,90 mm pada kadar aspal 4,5%, 2,85 mm pada kadar aspal 5,0%, 2,90 mm pada kadar aspal 5,5%, 2,42 mm pada kadar aspal 6,0%, dan 2,33 mm pada kadar aspal 6,5%. Dari data tersebut menunjukkan bahwa pada kadar aspal 4,5% sampai dengan 6,5% memenuhi spesifikasi, karena persyaratannya adalah sebesar 2-4 mm.

Pada pengujian Marshall dengan kadar aspal optimum (5,35%) maka diperoleh kelelehan sebesar 2,87 mm, sedangkan untuk pengujian Marshall rendaman diperoleh nilai kelelehan 2,43 mm. Kedua hasil tersebut telah memenuhi persyaratan dengan spesifikasi 2-4 mm.

C. Voids in Mineral Aggregate (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) yang dapat dilihat pada Gambar 4.1. VMA dihitung berdasarkan BJ *Bulk* (G_{sb}) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume *Bulk* campuran yang dipadatkan.



Gambar 4.1 Ilustrasi pengertian VMA

Dari hasil pengujian campuran aspal diperoleh hasil sebagai berikut: 14,712% pada kadar aspal 4,5%, 14,503% pada kadar aspal 5,0%, 14,335% pada kadar aspal 5,5%, 14,249% pada kadar aspal 6,0%, dan 14,642% pada kadar aspal 6,5%.

Untuk uji Marshall dengan kadar aspal optimum 5,35% diperoleh nilai VMA sebesar 13,976%, sedangkan pada uji Marshall rendaman diperoleh nilai VMA 13,779%.

D. Density

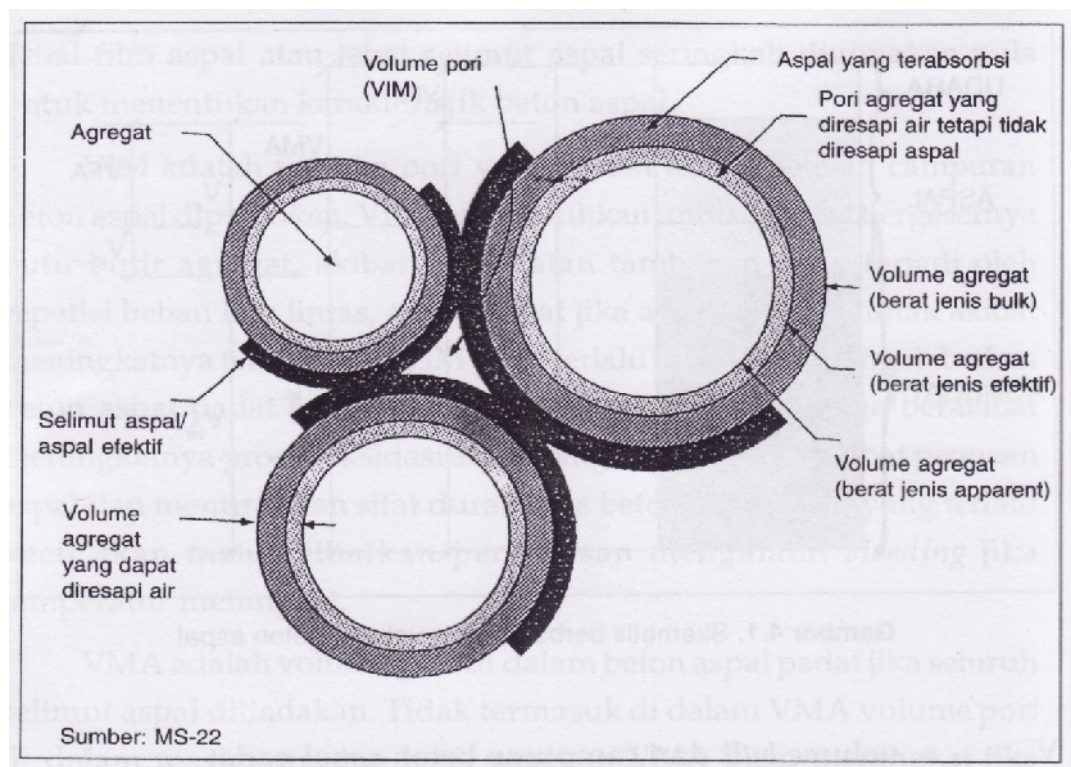
Agregat yang digunakan untuk membentuk beton aspal padat, memiliki gradasi tertentu yang biasanya diperoleh dari pencampuran beberapa fraksi agregat yang tersedia di lokasi. Masing-masing fraksi agregat mempunyai berat jenis yang berbeda, sehingga untuk menghitung berat beton aspal padat dibutuhkan berat jenis agregat campuran.

Dari hasil pengujian campuran aspal diperoleh nilai berat jenis bulk agregat campuran (G_{sb}) sebesar 2,710, berat jenis semu (*apparent*) (G_{sa}) sebesar 2,797, dan berat jenis efektif agregat campuran (G_{se}) sebesar 2,753. Dari data tersebut dapat dihitung nilai berat jenis maksimum dalam campuran dengan hasil 2,420

pada kadar aspal 4,5%, 2,439 pada kadar aspal 5,0%, 2,456 pada kadar aspal 5,5%, 2,472 pada kadar aspal 6,0%, dan 2,474 pada kadar aspal 6,5%.

E. Voids in Mix (VIM)

Rongga udara dalam campuran atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara di antara partikel agregat yang terselimuti aspal. VIM dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal padat. Pengertian tentang VIM dapat diilustrasikan seperti tampak pada Gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2 Ilustrasi pengertian tentang VIM

Dari hasil pengujian briket diperoleh nilai VIM sebagai berikut: 5,726% pada kadar aspal 4,5%, 4,283% pada kadar aspal 5,0%, 2,868% pada kadar aspal 5,5%, 1,527% pada kadar aspal 6,0%, dan 0,729% pada kadar aspal 6,5%. Hasil tersebut

menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka semakin kecil pula rongga udara yang terdapat pada campuran.

Sedangkan pada pengujian Marshall dengan kadar aspal optimum (5,35%), diperoleh nilai VIM dalam campuran sebesar 2,831%, sedangkan untuk pengujian Marshall rendaman diperoleh nilai VIM 2,608%.

BAB V

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1 Kesimpulan

Dari pengujian yang telah dilakukan terhadap bahan-bahan dasar campuran aspal beton dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa perencanaan campuran aspal beton dengan *filler Portland Cement* ini dapat digunakan untuk lapis perkerasan karena telah memenuhi spesifikasi terhadap setiap pengujiannya. Dari hasil pengujian terhadap agregat diperoleh hasil kombinasi agregatnya yaitu 65,50% untuk fraksi agregat kasar, 28,62% untuk fraksi agregat halus, dan 5,88 % untuk fraksi *filler*. Sedangkan untuk berat jenis tiap fraksinya diperoleh hasil 2,682 gram/cm³ untuk agregat kasar 3/4, 2,698 gram/cm³ untuk agregat kasar 3/8, 2,713 gram/cm³ untuk agregat halus Abu Batu, 2,676 gram/cm³ untuk agregat halus Pasir dan 3,08 gram/cm³ untuk *filler Portland Cement*.

Pada pemeriksaan aspal diperoleh angka penetrasi untuk sampel aspal dari Pertamina ini sebesar 64,5 mm dengan titik lembek sebesar 51,5°C. Sedangkan pada pengujian daktilitas diperoleh nilai daktilitas sebesar 109 cm dan mempunyai titik nyala pada suhu 210° C serta kelarutan aspal dalam CCl₄ sebesar 99,33%. Untuk berat jenis aspal itu sendiri adalah sebesar 1,053 gram/cm³.

Dari hasil pengujian Marshall diperoleh grafik hubungan parameter campuran aspal, dengan kadar aspal optimum 5,35 %. Dan dari pengujian Marshall

rendaman diketahui stabilitas tersisa setelah perendaman 24 jam pada suhu 60 °C adalah 91,489 %.

5.2 Rekomendasi

Dari hasil penelitian yang kami lakukan, didapatkan hasil bahwa semua pemeriksaan telah memenuhi standart spesifikasi dari AASHTO, ASTM, dan SNI sehingga perencanaan aspal beton dengan *filler Portland Cement* ini dapat digunakan untuk lapis perkerasan *Asphalt Concrete (AC)*.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. 1990. *Standard Specifications For Transportation Materials And Methods of Sampling and Testing. Part I. "Specifications"*. Fifteenth Edition. Washington,D.C.
- AASHTO. 1990. *Standard Specifications For Transportation Materials And Methods of Sampling and Testing. Part II. "Tests"*. Fifteenth Edition. Washington,D.C.
- Ayu, Rahma Kusuma, Tias Kusumadewi. 2009. *Perencanaan Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Filler Portland Cemen (PC)*. Semarang: Program Diploma III Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya*.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1999. *Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak* Jakarta: PT. Mediatama Saptakarya (PT. Medisa).
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1981. *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston)*.
- Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil. 1997. *Panduan Praktikum Pemeriksaan dan Pengujian Bahan Perkerasan Jalan Raya*. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Purwadi, Didik. 2009. *Pedoman Penulisan Laporan Kerja Praktik*. Semarang: Program Diploma III Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Sudarsono, D.U.. 1993. *Rencana Campuran (Mix Design)*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Sukirman, Silvia. 1995. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Sukirman, Silvia. 1999. *Rekayasa Jalan II*. Bandung: Nova.
- Sukirman, Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit.

APPENDIX A

A. Perhitungan Berat Jenis Agregat

1. Berat Jenis Agregat Kasar 3/4

$$BK = 4362,0 \text{ gr}$$

$$BJ = 4442,5 \text{ gr}$$

$$BA = 2815,0 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Berat jenis (Bulk specific gravity)} &= \frac{BK}{(BJ - BA)} \\ &= \frac{4362}{(4442,5 - 2815)} \\ &= 2,682 \text{ gram/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD specific gravity)} &= \frac{BJ}{(BJ - BA)} \\ &= \frac{4442,5}{(4442,5 - 2815)} \\ &= 2,731 \text{ gram/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Berat jenis semu (Apparent specific gravity)} &= \frac{BK}{(BK - BA)} \\ &= \frac{4362}{(4362 - 2815)} \\ &= 2,822 \text{ gram/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Penyerapan (Absorbtion)} &= \frac{(BJ - BK)}{BK} \times 100\% \\
 &= \frac{(442,5 - 4362)}{4362} \times 100\% \\
 &= 1,853 \%
 \end{aligned}$$

2. Berat Jenis Agregat Kasar 3/8

$$BK = 4127,5 \text{ gr}$$

$$BJ = 4189,5 \text{ gr}$$

$$BA = 2659,5 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Berat jenis (Bulk specific gravity)} &= \frac{BK}{(BJ - BA)} \\
 &= \frac{4127,5}{(4189,5 - 2659,5)} \\
 &= 2,698 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD specific gravity)} &= \frac{BJ}{(BJ - BA)} \\
 &= \frac{4189,5}{(4189,9 - 2659,5)} \\
 &= 2,739 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Berat jenis semu (Apparent specific gravity)} &= \frac{BK}{(BK - BA)} \\
 &= \frac{4127,5}{(4127,5 - 2659,5)} \\
 &= 2,812 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Penyerapan (Absorbtion)} &= \frac{(BJ - BK)}{BK} \times 100\% \\
 &= \frac{(4189,9 - 4127,5)}{4127,5} \times 100\% \\
 &= 1,499 \%
 \end{aligned}$$

3. Berat Jenis Agregat Halus Abu Batu

$$\text{SSD} = 500,0 \text{ gr}$$

$$\text{BK} = 494,1 \text{ gr}$$

$$\text{B} = 670,55 \text{ gr}$$

$$\text{Bt} = 988,45 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Berat jenis (bulk specific gravity)} &= \frac{Bk}{(B + 500 - Bt)} \\
 &= \frac{494,1}{(670,55 + 500 - 988,45)} \\
 &= 2,713 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD specific gravity)} &= \frac{500}{(B + 500 - Bt)} \\
 &= \frac{500}{(670,55 + 500 - 988,45)} \\
 &= 2,746 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Berat jenis semu (apparent specific gravity)} &= \frac{Bk}{(B + Bk - Bt)} \\
 &= \frac{494,1}{(670,55 + 494,1 - 988,45)} \\
 &= 2,804 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Penyerapan (absorbtion)} &= \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100 \% \\
 &= \frac{(500 - 494,1)}{494,1} \times 100 \% \\
 &= 1,194 \%
 \end{aligned}$$

4. Berat Jenis Agregat Halus Pasir

$$\text{SSD} = 500,0 \text{ gr}$$

$$\text{BK} = 496,6 \text{ gr}$$

$$\text{B} = 676,45 \text{ gr}$$

$$\text{Bt} = 990,80 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Berat jenis (bulk specific gravity)} &= \frac{Bk}{(B + 500 - Bt)} \\
 &= \frac{496,6}{(676,45 + 500 - 990,8)} \\
 &= 2,676 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD specific gravity)} &= \frac{500}{(B + 500 - Bt)} \\
 &= \frac{500}{(676,45 + 500 - 990,8)} \\
 &= 2,695 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Berat jenis semu (apparent specific gravity)} &= \frac{Bk}{(B + Bk - Bt)} \\
 &= \frac{496,6}{(676,45 + 496,6 - 990,8)} \\
 &= 2,726 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Penyerapan (absorbtion)} &= \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100 \% \\
 &= \frac{(500 - 496,6)}{496,6} \times 100 \% \\
 &= 0,685 \%
 \end{aligned}$$

5. Berat Jenis *Filler Portland Cement*

Pembacaan Skala 1

Berat Semen = 64 gram

Pembacaan Skala I (V_1) = 1 ml

Pembacaan Skala II (V_2) = 21,7 ml

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Berat jenis Semen} &= \frac{\text{BeratSemen}}{(V_1 - V_2)} \\
 &= \frac{64}{(21,7 - 1)} \\
 &= 3,09 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

Pembacaan Skala 18

Berat Semen = 15 gram

Pembacaan Skala I (V_1) = 18 ml

Pembacaan Skala II (V_2) = 22,9 ml

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Berat jenis Semen} &= \frac{\text{BeratSemen}}{(V_1 - V_2)} \\
 &= \frac{15}{(22,9 - 18)} \\
 &= 3,06 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{❖ Rata-Rata} &= \frac{(3,09 + 3,06)}{2} \\ &= 3,08 \text{ gram/cm}^3 \end{aligned}$$

B. Perhitungan Berat Jenis Aspal

$$\text{Berat picnometer Kosong (A)} = 15,42 \text{ gr}$$

$$\text{Berat picnometer + air (B)} = 40,36 \text{ gr}$$

$$\text{Berat picnometer + contoh (C)} = 24,09 \text{ gr}$$

$$\text{Berat picnometer + contoh + air (D)} = 40,77 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat air} & \quad (1) = B - A \\ & = 40,36 - 15,42 \\ & = 24,94 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. Air} = \text{Vol. Picnometer} & \quad (2) = \frac{(1)}{(B_{jAir})} \\ & = 24,94 \text{ cc} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat contoh (3)} & = C - A \\ & = 24,09 - 15,42 \\ & = 8,67 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat air (4)} & = D - C \\ & = 40,77 - 24,09 \\ & = 16,68 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. Air (5)} & = \frac{(4)}{(B_{jAir})} \\ & = 16,68 \text{ cc} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Isi contoh (2 - 5)} &= 24,94 - 16,68 \\ &= 8,26 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat air suling (6)} &= \text{Isi contoh} \times \text{Bj Air} \\ &= 8,26 \text{ cc} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis} &= \frac{(3)}{(6)} \\ &= \frac{8,67}{8,26} \\ &= 1,050 \text{ gr/cc} \end{aligned}$$

C. Perhitungan Kelarutan Aspal dalam CCl₄

CCl ₄	: 100 ml
Berat erlenmeyer + aspal	: 105,7 gr
Berat erlenmeyer kosong	: 102,7 gr
Berat aspal	: 3,00 gr
Berat kertas saring + endapan	: 1,25 gr
Berat kertas saring kosong	: 1,23 gr
Berat endapan	: 0,02 gr

Prosentase endapan (P):

$$\begin{aligned} P &= \frac{\text{Jumlah Endapan}}{\text{Berat Contoh}} \times 100 \% \\ &= \frac{0,02}{3,00} \times 100 \% \\ &= 0.67 \% \end{aligned}$$

D. Perhitungan Beton Aspal

$$\% \text{ Agg. Kasar } 3/4 = 39,61$$

$$\% \text{ Agg. Kasar } 3/8 = 23,88$$

$$\% \text{ Agg. Halus Abu Batu} = 13,59$$

$$\% \text{ Agg. Halus Pasir} = 17,05$$

$$\% \text{ Filler Portland Cement} = 5,88$$

$$\text{BJ bulk Agg. Kasar } 3/4 = 2,682$$

$$\text{BJ bulk Agg. Kasar } 3/8 = 2,698$$

$$\text{BJ bulk Agg. Halus Abu Batu} = 2,713$$

$$\text{BJ bulk Agg. Halus Pasir} = 2,676$$

$$\text{BJ bulk filler} = 3,080$$

$$\text{BJ APP Agg. Kasar } 3/4 = 2,822$$

$$\text{BJ APP Agg. Kasar } 3/8 = 2,812$$

$$\text{BJ APP Agg. Halus Abu Batu} = 2,804$$

$$\text{BJ APP Agg. Halus Pasir} = 2,726$$

$$\begin{aligned}
 Gsb &= \frac{100}{\frac{\% \text{ Agg. Kasar } 3/4}{\text{BJ Bulk}} + \frac{\% \text{ Agg. Kasar } 3/8}{\text{BJ Bulk}} + \frac{\% \text{ Agg. Halus Abu Batu}}{\text{BJ Bulk}} + \frac{\% \text{ Agg. Halus Pasir}}{\text{BJ Bulk}} + \frac{\% \text{ Filler}}{\text{BJ Bulk}}} \\
 &= \frac{100}{\frac{39,61}{2,682} + \frac{23,88}{2,698} + \frac{13,59}{2,713} + \frac{17,05}{2,676} + \frac{5,88}{3,080}} \\
 &= 2,710
 \end{aligned}$$

$$G_{sa} = \frac{100}{\frac{\%Agg.Kasar\ 3/4}{BJ\ APP} + \frac{\%Agg.Kasar\ 3/8}{BJ\ APP} + \frac{\%Agg.Halus.Abu.Batu}{BJ\ APP} + \frac{\%Agg.Halus.Pasir}{BJ\ APP}}$$

$$= \frac{100}{\frac{40,00}{2,822} + \frac{25,00}{2,812} + \frac{15,00}{2,804} + \frac{20,00}{2,726}}$$

$$= 2,797$$

$$G_{se} = \frac{G_{sa} + G_{sb}}{2}$$

$$= \frac{2,710 + 2,797}{2}$$

$$= 2,753$$

A = Prosentase aspal = 4,5 %

Berat Jenis Aspal (T) = 1,053 gr/cm³

B = BJ maks. Campuran

$$B = \frac{100}{\frac{100 - A}{G_{se}} + \frac{A}{T}}$$

$$= \frac{100}{\frac{100 - 4,5}{2,753} + \frac{4,5}{1,053}}$$

$$= 2,567$$

D = berat di udara = 1190,0 gr

E = berat didalam air = 703,0 gr

F = berat SSD = 1194,7 gr

C = Volume benda uji

$$\begin{aligned}
 C &= F - E \\
 &= 1194,7 - 703,0 \\
 &= 491,7
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G &= BJ \text{ Bulk Campuran} \\
 &= \frac{D}{F - E} \\
 &= \frac{1190,0}{1194,7 - 703,0} \\
 &= 2,420
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 VIM &= \frac{B - G}{B} \times 100\% \\
 &= \frac{2,567 - 2,420}{2,567} \times 100\% \\
 &= 5,726 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 VMA &= 100\% - \frac{G(100 - A)}{Gsb} \\
 &= 100\% - \frac{2,420(100 - 4,5)}{2,710} \\
 &= 14,712 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 VFA &= \frac{\frac{A \times G}{T}}{\frac{A \times G}{T} + H} \times 100\% \\
 &= \frac{\frac{4,5 \times 2,420}{1,053}}{\frac{4,5 \times 2,420}{1,053} + 5,726} \times 100\% \\
 &= 64,362 \%
 \end{aligned}$$

E. Perhitungan Campuran

$$\text{Flow strip} = 290$$

$$\begin{aligned} M &= \text{kelelahan plastis} \\ &= \text{Flow Strip} \times 0.01 \text{ mm} \\ &= 290 \times 0.01 \text{ mm} \\ &= 2,90 \end{aligned}$$

$$N = \text{Hasil Bagi Marshall}$$

$$= \frac{L}{102 \times M}$$

$$= \frac{1105,9}{102 \times 2,90}$$

$$= 373,51 \text{ KN/mm}$$

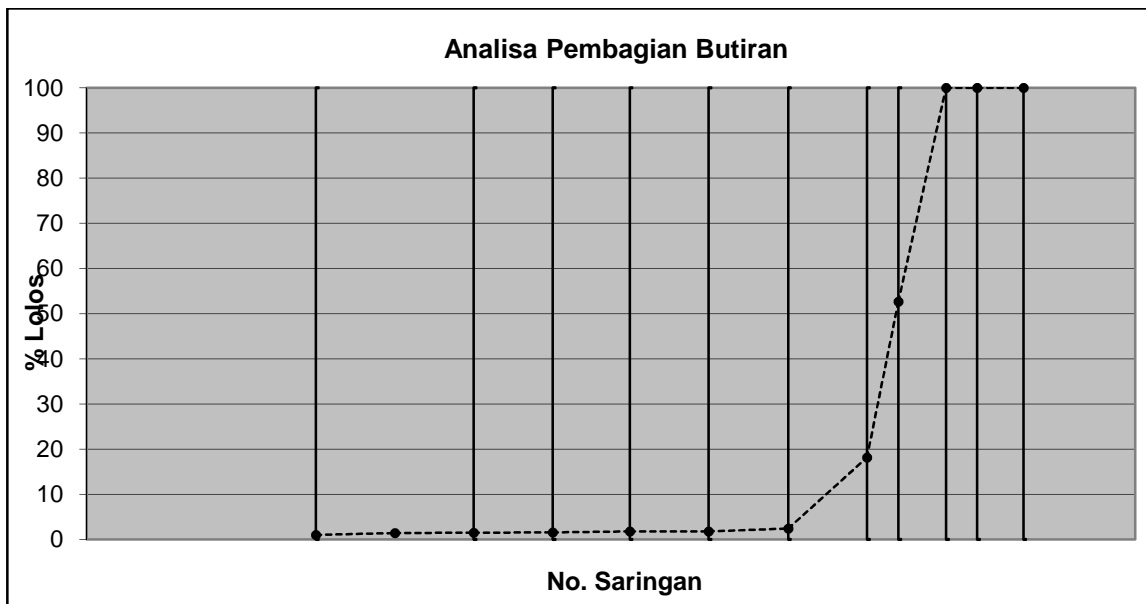
APPENDIX B

I. Analisa Saringan

A. Agregat Kasar

1. Tabel 1 Analisa Pembagian Butiran Batu Pecah ¾"

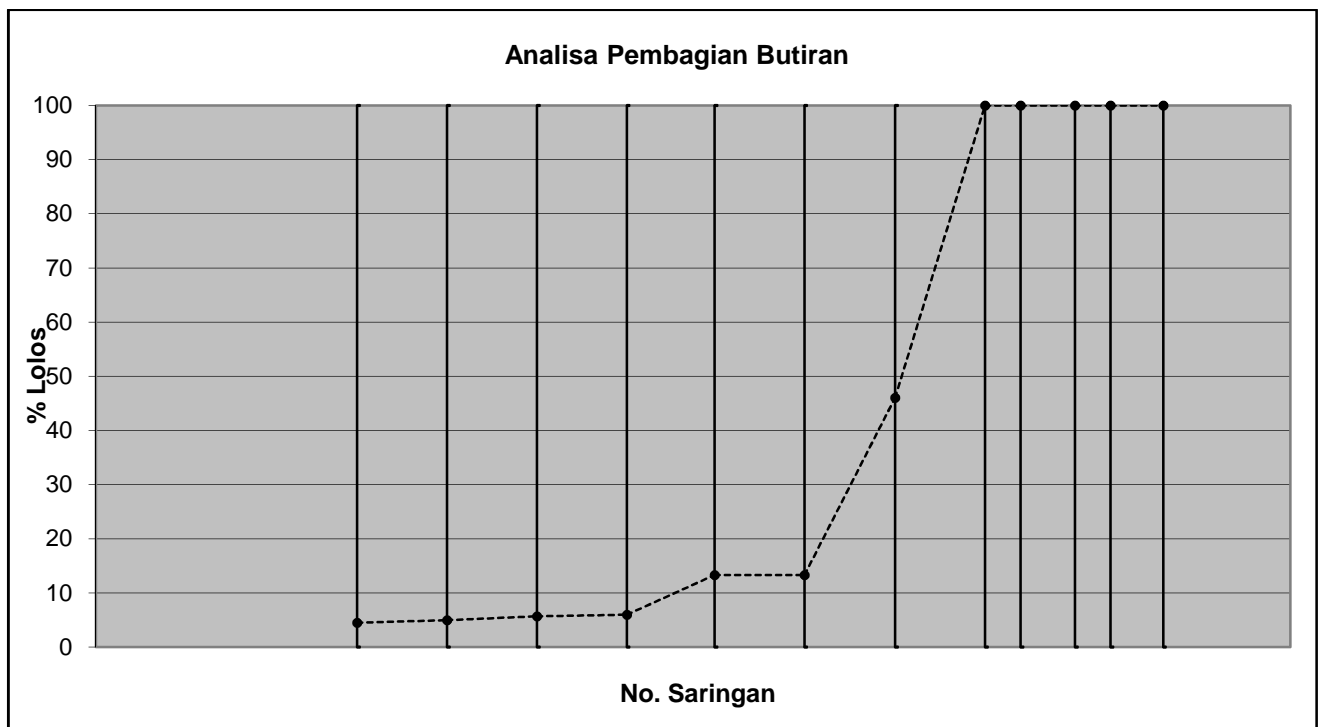
Saringan No	Berat Tertahan Masing2 Saringan	Komulatif			Rata - rata	Saringan No	Berat Tertahan Masing2 Saringan	Komulatif		
		Berat Tertahan (gram)	% Tertahan	% Lolos				Berat Tertahan (gram)	% Tertahan	% Lolos
11/2"	0	0	0	100	100,00	11/2"	0	0	0	100
1"	0	0	0	100	100,00	1"	0	0	0	100
¾"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	¾"	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	2138,40	2138,40	42,77	57,23	52,68	1/2"	2593,50	2593,50	51,87	48,13
3/8"	1633,40	3771,80	75,44	24,56	18,16	3/8"	1818,60	4412,10	88,24	11,76
No.4	1115,20	4887,00	97,74	2,26	2,43	No.4	458,00	4870,10	97,40	2,60
No.8	47,20	4934,20	98,68	1,32	1,76	No.8	19,50	4889,60	97,79	2,21
No.16	0,00	4934,20	98,68	1,32	1,76	No.16	0,00	4889,60	97,79	2,21
No.30	12,80	4947,00	98,94	1,06	1,56	No.30	7,50	4897,10	97,94	2,06
No.50	3,80	4950,80	99,02	0,98	1,49	No.50	3,00	4900,10	98,00	2,00
No.100	8,00	4958,80	99,18	0,82	1,39	No.100	2,40	4902,50	98,05	1,95
No.200	13,80	4972,60	99,45	0,55	0,98	No.200	27,00	4929,50	98,59	1,41
Berat Contoh = 5000 gram						Berat Contoh = 5000 gram				



Gambar 1 Grafik Analisa Pembagian Butiran Batu Pecah ¾"

2. Tabel 2 Analisa Pembagian Butiran Batu Pecah $3/8''$

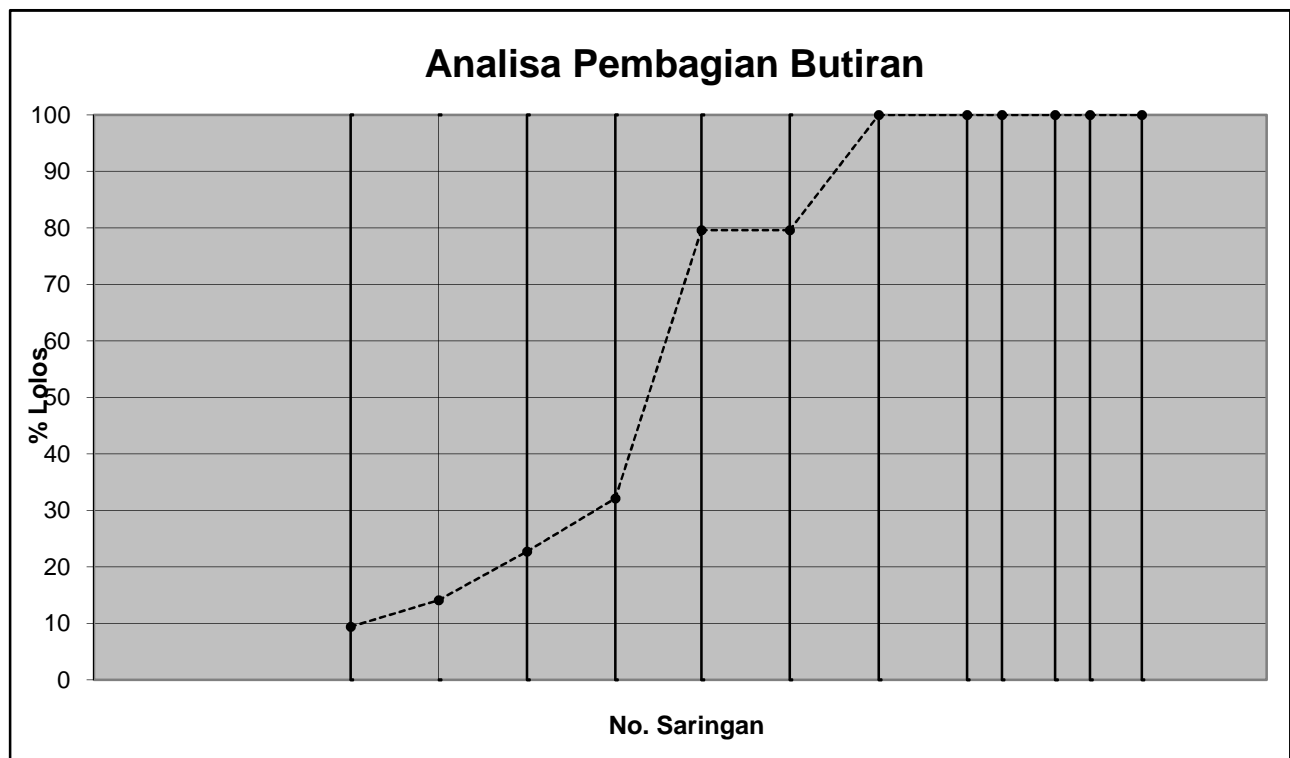
Saringan No	Berat Tertahan Masing2 Saringan	K o m u l a t i f			Rata - rata	Saringan No	Berat Tertahan Masing2 Saringan	K o m u l a t i f		
		Berat Tertahan (gram)	% Tertahan	% Lolos				Berat Tertahan (gram)	% Tertahan	% Lolos
11/2"	0	0	0	100	100,00	11/2"	0	0	0	100
1"	0	0	0	100	100,00	1"	0	0	0	100
3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	3/8"	0,00	0,00	0,00	100,00
No.4	575,10	575,10	57,51	42,49	46,03	No.4	504,30	504,30	50,43	49,57
No.8	322,20	897,30	89,73	10,27	13,29	No.8	332,60	836,90	83,69	16,31
No.16	0,00	897,30	89,73	10,27	13,29	No.16	0,00	836,90	83,69	16,31
No.30	58,20	955,50	95,55	4,45	5,96	No.30	88,40	925,30	92,53	7,47
No.50	2,10	957,60	95,76	4,24	5,64	No.50	4,20	929,50	92,95	7,05
No.100	4,20	961,80	96,18	3,82	4,97	No.100	9,30	938,80	93,88	6,12
No.200	3,80	965,60	96,56	3,44	4,50	No.200	5,60	944,40	94,44	5,56
Berat Contoh = 1000 gram						Berat Contoh = 1000 gram				

Gambar 2 Grafik Analisa Pembagian Butiran Batu Pecah $3/8''$

B. Agregat Halus

1. Tabel 3 Analisa Pembagian Butiran Abu Batu

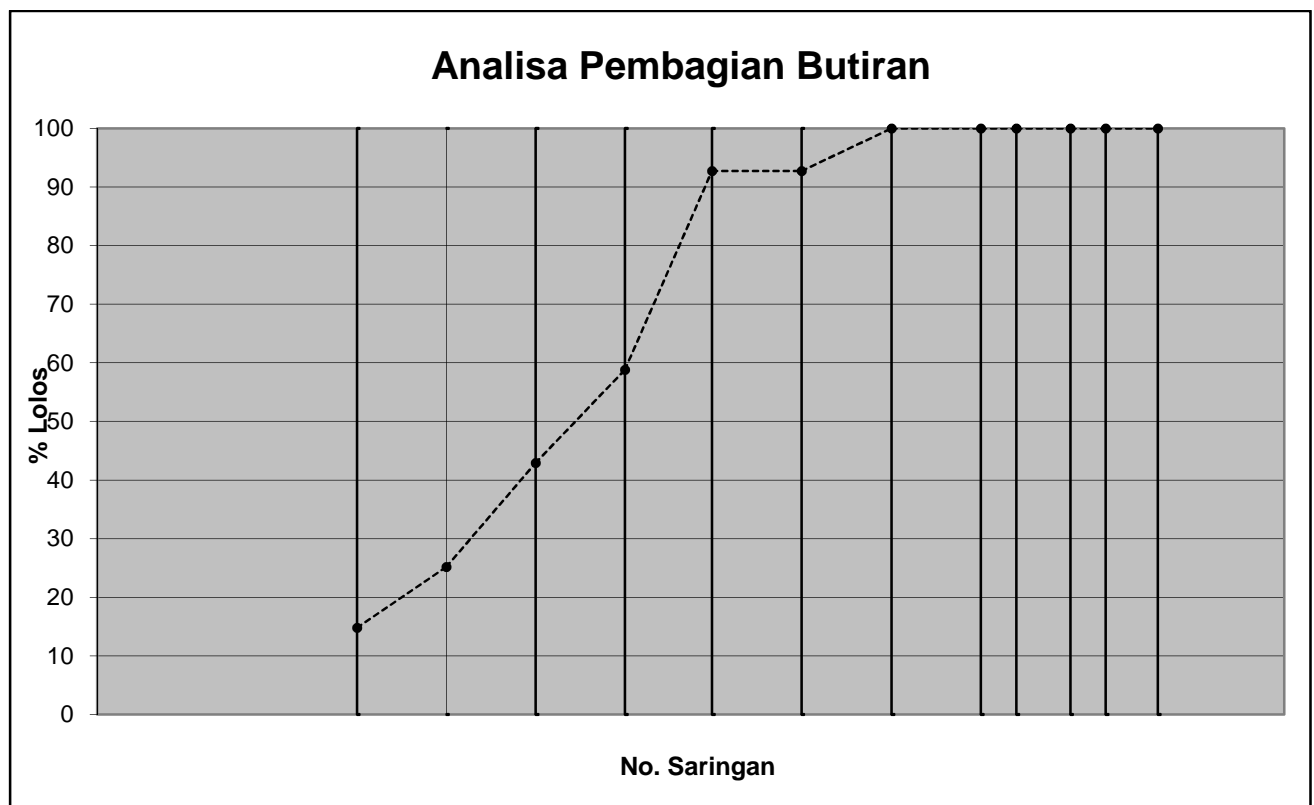
Saringan No	Berat Tertahan Masing2 Saringan	K o m u l a t i f			Rata - rata	Saringan No	Berat Tertahan Masing2 Saringan	K o m u l a t i f		
		Berat Tertahan (gram)	% Tertahan	% Lolos				Berat Tertahan (gram)	% Tertahan	% Lolos
11/2"	0	0	0	100	100,00	11/2"	0	0	0	100
1"	0	0	0	100	100,00	1"	0	0	0	100
3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	3/8"	0,00	0,00	0,00	100,00
No.4	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	No.4	0,00	0,00	0,00	100,00
No.8	82,50	82,50	16,50	83,50	79,57	No.8	121,80	121,80	24,36	75,64
No.16	0,00	82,50	16,50	83,50	79,57	No.16	0,00	121,80	24,36	75,64
No.30	258,70	341,20	68,24	31,76	32,12	No.30	215,80	337,60	67,52	32,48
No.50	50,00	391,20	78,24	21,76	22,67	No.50	44,50	382,10	76,42	23,58
No.100	42,00	433,20	86,64	13,36	14,09	No.100	43,80	425,90	85,18	14,82
No.200	23,10	456,30	91,26	8,74	9,39	No.200	23,90	449,80	89,96	10,04
Berat Contoh = 500 gram						Berat Contoh = 500 gram				



Gambar 3 Grafik Analisa Pembagian Butiran Abu Batu

2. Tabel 4 Analisa Pembagian Butiran Pasir

Saringan No	Berat Tertahan Masing2 Saringan	K o m u l a t i f			Rata - rata	Saringan No	Berat Tertahan Masing2 Saringan	K o m u l a t i f		
		Berat Tertahan (gram)	% Tertahan	% Lolos				Berat Tertahan (gram)	% Tertahan	% Lolos
11/2"	0	0	0	100	100,00	11/2"	0	0	0	100
1"	0	0	0	100	100,00	1"	0	0	0	100
3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	3/8"	0,00	0,00	0,00	100,00
No.4	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	No.4	0,00	0,00	0,00	100,00
No.8	30,70	30,70	6,14	93,86	92,71	No.8	42,20	42,20	8,44	91,56
No.16	0,00	30,70	6,14	93,86	92,71	No.16	0,00	42,20	8,44	91,56
No.30	157,80	188,50	37,70	62,30	58,80	No.30	181,30	223,50	44,70	55,30
No.50	84,40	272,90	54,58	45,42	42,91	No.50	74,50	298,00	59,60	40,40
No.100	96,00	368,90	73,78	26,22	25,18	No.100	81,30	379,30	75,86	24,14
No.200	54,90	423,80	84,76	15,24	14,77	No.200	49,20	428,50	85,70	14,30
Berat Contoh = 500 gram						Berat Contoh = 500 gram				



Gambar 4 Grafik Analisa Pembagian Butiran Pasir

Tabel 5 Kombinasi Agregat AC

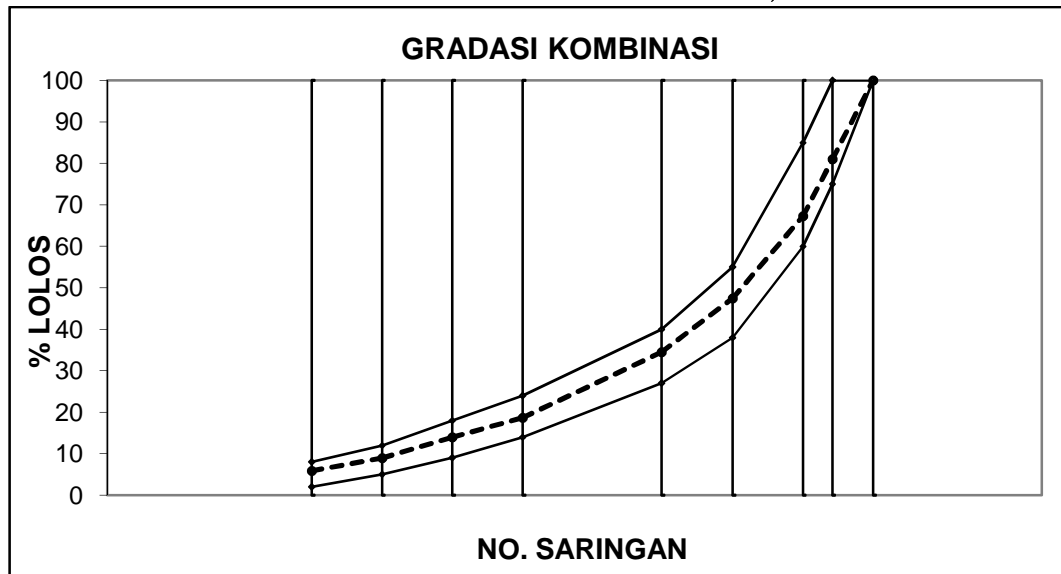
NOMOR SARINGAN	100%				KOMBI NASI	SPESIFIKASI	
	40,0%	25,0%	15,0%	20,0%		BAWAH	ATAS
	BP. Maks. 3/4"	BP. Maks. 3/8"	Abu Batu	Pasir			
1"	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100	100
3/4"	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100	100
1/2"	52,68	100,00	100,00	100,00	81,07	75	100
3/8"	18,16	100,00	100,00	100,00	67,26	60	85
#4	2,43	46,03	100,00	100,00	47,48	38	55
#8	1,76	13,29	79,57	92,71	34,50	27	40
#30	1,56	5,96	32,12	58,80	18,69	14	24
#50	1,49	5,64	22,67	42,91	13,99	9	18
#100	1,39	4,97	14,09	25,18	8,95	5	12
#200	0,98	4,50	9,39	14,77	5,88	2	8

$$CA = 65,50$$

$$FA = 28,62$$

$$FF = 5,88$$

$$= 100,00$$



Gambar 5 Grafik Gradasi Kombinasi

II. Perhitungan Berat Jenis

A. Berat Jenis Agregat Kasar 3/4

Tabel 6 Data Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar 3/4

	A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven (BK)	5138	3586	4362,0
Berat benda uji kering permukaan jenuh (BJ)	5231	3654	4442,5
Berat benda uji dalam air (BA)	3309	2321	2815,0

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 1. \quad \text{Berat jenis (Bulk specific gravity)} &= \frac{BK}{(BJ - BA)} \\
 &= \frac{4362}{(4442,5 - 2815)} \\
 &= 2,682 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \quad \text{Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD specific gravity)} &= \frac{BJ}{(BJ - BA)} \\
 &= \frac{4442,5}{(4442,5 - 2815)} \\
 &= 2,731 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \quad \text{Berat jenis semu (Apparent specific gravity)} &= \frac{BK}{(BK - BA)} \\
 &= \frac{4362}{(4362 - 2815)} \\
 &= 2,822 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4. \quad \text{Penyerapan (Absorbtion)} &= \frac{(BJ - BK)}{BK} \times 100\% \\
 &= \frac{(4442,5 - 4362)}{4362} \times 100\% \\
 &= 1,853 \%
 \end{aligned}$$

B. Berat Jenis Agregat Kasar 3/8

Tabel 7 Data Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar 3/8

	A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven (BK)	4322	3933	4127,5
Berat benda uji kering permukaan jenuh (BJ)	4390	3989	4189,5
Berat benda uji dalam air (BA)	2782	2537	2659,5

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 1. \quad \text{Berat jenis (Bulk specific gravity)} &= \frac{BK}{(BJ - BA)} \\
 &= \frac{4127,5}{(4189,5 - 2659,5)} \\
 &= 2,698 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \quad \text{Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD specific gravity)} &= \frac{BJ}{(BJ - BA)} \\
 &= \frac{4189,5}{(4189,5 - 2659,5)} \\
 &= 2,739 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

3. Berat jenis semu (*Apparent specific gravity*) = $\frac{BK}{(BK - BA)}$
- $$= \frac{4127,5}{(4127,5 - 2659,5)}$$
- $$= 2,812 \text{ gram/cm}^3$$
4. Penyerapan (*Absorbtion*) = $\frac{(BJ - BK)}{BK} \times 100\%$
- $$= \frac{(4189,5 - 4127,5)}{4127,5} \times 100\%$$
- $$= 1,499 \%$$

C. Berat Jenis Agregat Halus Abu Batu

Tabel 8 Data Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus Abu Batu

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering permukaan jenuh	(SSD)	500,0	500,0	500,0
Berat benda uji kering oven	(BK)	494,4	493,8	494,1
Berat picnometer diisi air 25° C	(B)	661,3	679,8	670,6
Berat picnometer + benda uji SSD + Air 25° C	(Bt)	979,4	997,5	988,5

Perhitungan:

1. Berat jenis (*bulk specific gravity*) = $\frac{Bk}{(B + 500 - Bt)}$
- $$= \frac{494,1}{(670,6 + 500 - 988,5)}$$
- $$= 2,713 \text{ gram/cm}^3$$

2. Berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD specific gravity*)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{500}{(B + 500 - Bt)} \\
 &= \frac{500}{(670,6 + 500 - 988,5)} \\
 &= 2,746 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

3. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{Bk}{(B + Bk - Bt)} \\
 &= \frac{494,1}{(670,6 + 494,1 - 988,5)} \\
 &= 2,804 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

4. Penyerapan (*absorbtion*)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100 \% \\
 &= \frac{(500 - 494,1)}{494,1} \times 100 \% \\
 &= 1,194 \%
 \end{aligned}$$

D. Berat Jenis Agregat Halus Pasir

Tabel 9 Data Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus Pasir

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering permukaan jenuh	(SSD)	500,0	500,0	500,0
Berat benda uji kering oven	(BK)	496,2	497,0	496,6
Berat picnometer diisi air 25° C	(B)	670,9	682,0	676,5
Berat picnometer + benda uji SSD + Air 25° C	(Bt)	989,3	992,3	990,8

Perhitungan:

1. Berat jenis (*bulk specific gravity*)

$$= \frac{Bk}{(B + 500 - Bt)}$$

$$= \frac{496,6}{(676,5 + 500 - 990,8)}$$

$$= 2,676 \text{ gram/cm}^3$$

2. Berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD specific gravity*)

$$= \frac{500}{(B + 500 - Bt)}$$

$$= \frac{500}{(676,5 + 500 - 990,8)}$$

$$= 2,695 \text{ gram/cm}^3$$

3. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*)

$$= \frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$$

$$= \frac{496,6}{(676,5 + 496,6 - 990,8)}$$

$$= 2,726 \text{ gram/cm}^3$$

4. Penyerapan (*absorbtion*)

$$= \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100 \%$$

$$= \frac{(500 - 496,6)}{496,6} \times 100 \%$$

$$= 0,685 \%$$

E. Berat Jenis Filler

Pembacaan Skala 1

Berat Semen = 64 gram

Pembacaan Skala I (V_1) = 1 mlPembacaan Skala II (V_2) = 21,7 ml

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Berat jenis Semen} &= \frac{\text{Berat Semen}}{(V_2 - V_1)} \\
 &= \frac{64}{(21,7 - 1)} \\
 &= 3,09 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

Pembacaan Skala 18

Berat Semen = 15 gram

Pembacaan Skala I (V_1) = 18 mlPembacaan Skala II (V_2) = 22,9 ml

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Berat jenis Semen} &= \frac{\text{Berat Semen}}{(V_2 - V_1)} \\
 &= \frac{15}{(22,9 - 18)} \\
 &= 3,06 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{❖ Rata-Rata} &= \frac{(3,09 + 3,06)}{2} \\
 &= 3,08 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

III. Pemeriksaan Aspal

A. Penetrasi

Tabel 10 Hasil Pengujian Penetrasi

Penetrasi pada 25°C 100 gr, 5 detik	Penetrasi	
	I	II
Pengamatan		
1	70	62
2	65	65
3	63	70
4	62	60
5	64	61
rerata	64.8	64.2
rata - rata	64.5	

Untuk mencari nilai rata-rata penetrasi dari kedua percobaan di atas

Percobaan I

Nilai rata-rata penetrasi = $(70+65+63+62+64)/5 = 64.8$ mm

Percobaan II

Nilai rata-rata penetrasi = $(62+65+70+60+61)/5 = 64.2$ mm

Jadi nilai penetrasi rata-rata total = 64.5mm

B. Pemeriksaan Titik Lembek

Tabel 11 Hasil Pengujian Titik Lembek

No	Suhu yg diambil		Waktu (detik)		Titik Lembek °C	
	C	F	I	II	I	II
1	5	41	0	0		
2	10	50	1	1.5		
3	15	59	2	2.5		
4	20	68	3	3.5		
5	25	77	4	4.5		
6	30	86	5	5.5		

7	35	95	6	6.5		
8	40	104	7	7.5		
9	45	113	8	8.5		
10	50	122	9	9.5	52	51
11	55	131				

Perhitungan:

Pada percobaan I = 52° C

Pada percobaan II = 51° C

Maka titik lembek adalah = 51,5° C

C. Daktilitas

Tabel 12 Hasil Pengujian Daktilitas

Daktilitas pada suhu 25°C 5 cm per menit	Pembacaan pengukuran pada alat	Keterangan
Pengamatan I	109 cm	Tidak Putus
Pengamatan II	109 cm	Tidak Putus

Dari hasil percobaan didapat: $(109+109)/2=109$ cm

D. Periksaan Titik Nyala

Tabel 13 Hasil Pengujian Titik Nyala

° C dibawah titik nyala	Waktu	° C	Titik bakar	Keterangan
56	12.55	183	-	Titik nyala terjadi pada suhu 210°C
51		188	-	
46		193	-	
41		198	-	
36		203	-	
31		208	-	
26		213	-	
21		218	-	
16		223	-	
11		228	-	
6		233	-	
1	13.25	238	238+1 = 239	

E. Kelarutan Aspal dalam Karbon Tetra Klorida (CCl₄)

CCl₄ : 100 ml

Berat erlenmeyer + aspal : 105,7 gr

Berat erlenmeyer kosong : 102,7 gr

Berat aspal : 3,00 gr

Berat kertas saring + endapan : 1,25 gr

Berat kertas saring kosong : 1,23 gr

Berat endapan : 0,02 gr

Berat benda uji tanpa air dikurangi berat zat yang tidak larut dalam CCl₄ adalah berat yang larut dalam karbon tetra klorida.

Prosentase endapan (P):

$$P = \frac{\text{Jumlah Endapan}}{\text{Berat Contoh}} \times 100 \%$$

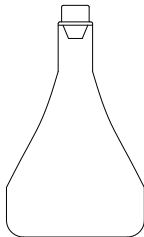
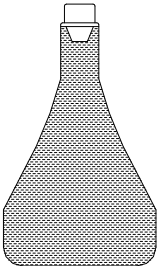
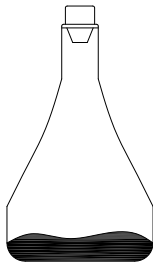
$$= \frac{0,02}{3,00} \times 100 \%$$

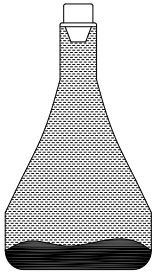
$$= 0.67 \%$$

Jadi kelarutan bitumen dalam CCl_4 : $100 \% - 0.67 \% = 99.33 \%$

F. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

Tabel 14 Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal

	Percobaan I	Percobaan II	Keterangan
Berat picnometer Kosong (A)	15.42 gr	14.95 gr	
Berat picnometer + air (B) Berat picnometer kosong (A) Berat air (1) Vol.Air = Vol. Picnometer (2) = $\frac{(1)}{(BjAir)}$	40.36 gr 15.42 gr 24.94 gr 24.94 cc	40.24 gr 14.95 gr 25.29 gr 25.29 cc	
Berat picnometer + contoh (C) Berat picnometer kosong (A) Berat contoh (3)	24.09 gr 15.42 gr 8.67 gr	25.78 gr 14.95 gr 10.83 gr	

Berat picnometer + contoh + air (D)	40.77 gr	40.82 gr	
Berat picnometer + contoh (C)	24.09 gr	25.78 gr	
Berat air (4)	16.68 gr	15.04 gr	
Vol. Air (5) = $\frac{(4)}{(BjAir)}$	16.68 cc	15.04 cc	
Isi contoh (2 - 5)	8.26 gr	10.25 gr	
Berat air suling (6) = Isi contoh x Bj Air	8.26 cc	10.25 cc	
Berat Jenis I = (3) / (6)	1.050 gr/cc		
Berat Jenis II = (3) / (6)	1.057 gr/cc		
Rata - rata	1.053 gr/cc		

IV. Pemeriksaan Campuran

Analisa perhitungan Marshall

Rumus Agregat :

$$Gsb = \frac{100}{\frac{\% \text{ Agg. Kasar } 3/4}{BJ \text{ Bulk}} + \frac{\% \text{ Agg. Kasar } 3/8}{BJ \text{ Bulk}} + \frac{\% \text{ Agg. Halus Abu Batu}}{BJ \text{ Bulk}} + \frac{\% \text{ Agg. Halus Pasir}}{BJ \text{ Bulk}} + \frac{\% \text{ Filler}}{BJ \text{ Bulk}}}$$

$$Gsb = \frac{100}{\frac{39,61}{2,682} + \frac{23,88}{2,698} + \frac{13,59}{2,713} + \frac{17,05}{2,676} + \frac{5,88}{3,080}}$$

$$= 2,710$$

$$Gsa = \frac{100}{\frac{\% \text{ Agg. Kasar } 3/4}{BJ \text{ APP}} + \frac{\% \text{ Agg. Kasar } 3/8}{BJ \text{ APP}} + \frac{\% \text{ Agg. Halus Abu Batu}}{BJ \text{ APP}} + \frac{\% \text{ Agg. Halus Pasir}}{BJ \text{ APP}}}$$

$$Gsa = \frac{100}{\frac{40,00}{2,822} + \frac{25,00}{2,812} + \frac{15,00}{2,804} + \frac{20,00}{2,726}}$$

$$= 2,797$$

Rumus Aspal:

Bj maksimum campuran

$$G_{se} = \frac{G_{sa} + G_{sb}}{2}$$

$$G_{se} = \frac{2,710 + 2,797}{2} = 2,753$$

➤ Percobaan I (Kadar Aspal = 4,5%, briket 1)

A= Prosentase aspal = 4,5%

Berat Jenis Aspal (T) = 1,053 gr/cm³

$$B = \frac{100}{\frac{100 - A}{G_{se}} + \frac{A}{T}}$$

$$B = \frac{100}{\frac{100 - 4,5}{2,753} + \frac{4,5}{1,053}} = 2,567$$

C = Volume benda uji

$$= F - E$$

= Berat SSD – Berat didalam air (F dan E diketahui dari hasil percobaan)

$$= 1194,7 - 703,0$$

$$= 491,7$$

D = berat di udara = 1190,0 gr

E = berat didalam air = 703,0 gr

F = berat SSD = 1194,7 gr

G = unit/kepadatan (density)

$$= \frac{D}{F - E}$$

$$= \frac{1190,0}{1194,7 - 703,0}$$

$$= 2,420$$

H = Prosentase rongga udara agregat

$$= \frac{B - G}{B} \times 100\%$$

$$= \frac{2,567 - 2,420}{2,567} \times 100\%$$

$$= 5,714 \%$$

I = Prosentase rongga udara agregat

$$= 100\% - \frac{G(100 - A)}{Gsb}$$

$$= 100\% - \frac{2,420(100 - 4,5)}{2,710}$$

$$= 14,701 \%$$

J = Prosentase rongga terisi aspal (*Void Filled*)

$$= \frac{\frac{A \times G}{T}}{\frac{A \times G}{T} + H} \times 100\%$$

$$= \frac{\frac{4,5 \times 2,420}{1,053}}{\frac{4,5 \times 2,420}{1,053} + 5,714} \times 100\%$$

$$= 64,414 \%$$

Sesuai dengan tabel kalibrasi Proviring Marshall, didapat:

$$\begin{aligned} M &= \text{Kelelahan plastis} \\ &= \text{Flow Strip} \times 0.01 \text{ mm} \\ &= 290 \times 0.01 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N &= \text{Hasil Bagi Marshall} \\ &= \frac{L}{102 \times M} \\ &= \frac{1105,9}{102 \times 2,90} \\ &= 369,52 \text{ KN/mm} \end{aligned}$$

➤ Percobaan I (Kadar Aspal = 4,5%, briket 2)

$$A = \text{Prosentase aspal} = 4,5\%$$

$$\text{Berat Jenis Aspal (T)} = 1,053 \text{ gr/cm}^3$$

$$B = \frac{100}{\frac{100 - A}{Gse} + \frac{A}{T}}$$

$$B = \frac{100}{\frac{100 - 4,5}{2,753} + \frac{4,5}{1,053}} = 2,567$$

C = Volume benda uji

$$= F - E$$

= Berat SSD – Berat didalam air (F dan E diketahui dari hasil percobaan)

$$= 1194,8 - 703,0$$

$$= 491,8$$

$$D = \text{berat di udara} = 1190,0 \text{ gr}$$

$$E = \text{berat didalam air} = 703,0 \text{ gr}$$

$$F = \text{berat SSD} = 1194,8 \text{ gr}$$

$$G = \text{unit/kepadatan (density)}$$

$$= \frac{D}{F - E}$$

$$= \frac{1190,0}{1194,8 - 703,0}$$

$$= 2,420$$

$$H = \text{Prosentase rongga udara agregat}$$

$$= \frac{B - G}{B} \times 100\%$$

$$= \frac{2,567 - 2,420}{2,567} \times 100\%$$

$$= 5,733 \%$$

$$I = \text{Prosentase rongga udara agregat}$$

$$= 100\% - \frac{G(100 - A)}{Gsb}$$

$$= 100\% - \frac{2,420(100 - 4,5)}{2,710}$$

$$= 14,718 \%$$

$$J = \text{Prosentase rongga terisi aspal (Void Filled)}$$

$$= \frac{\frac{A \times G}{T}}{\frac{A \times G}{T} + H} \times 100\%$$

$$= \frac{\frac{4,5 \times 2,420}{1,053}}{\frac{4,5 \times 2,420}{1,053} + 5,733} \times 100\%$$

$$= 64,333 \%$$

Sesuai dengan tabel kalibrasi Proviring Marshall, didapat:

$$\begin{aligned} M &= \text{Kelelahan plastis} \\ &= \text{Flow Strip} \times 0.01 \text{ mm} \\ &= 300 \times 0.01 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N &= \text{Hasil Bagi Marshall} \\ &= \frac{L}{102 \times M} \\ &= \frac{1195,9}{102 \times 3,0} \\ &= 390,82 \text{ KN/mm} \end{aligned}$$

➤ Percobaan I (Kadar Aspal = 4,5%, briket 3)

$$A = \text{Prosentase aspal} = 4,5\%$$

$$\text{Berat Jenis Aspal (T)} = 1,053 \text{ gr/cm}^3$$

$$B = \frac{100}{\frac{100 - A}{Gse} + \frac{A}{T}}$$

$$B = \frac{100}{\frac{100 - 4,5}{2,753} + \frac{4,5}{1,053}} = 2,567$$

C = Volume benda uji

$$= F - E$$

= Berat SSD – Berat didalam air (F dan E diketahui dari hasil percobaan)

$$= 1195,0 - 703,0$$

$$= 492,0$$

$$D = \text{berat di udara} = 1190,5 \text{ gr}$$

$$E = \text{berat didalam air} = 703,0 \text{ gr}$$

$$F = \text{berat SSD} = 1195,0 \text{ gr}$$

$$G = \text{unit/kepadatan (density)}$$

$$= \frac{D}{F - E}$$

$$= \frac{1190,5}{1195,0 - 703,0}$$

$$= 2,420$$

$$H = \text{Prosentase rongga udara agregat}$$

$$= \frac{B - G}{B} \times 100\%$$

$$= \frac{2,567 - 2,420}{2,567} \times 100\%$$

$$= 5,732 \%$$

$$I = \text{Prosentase rongga udara agregat}$$

$$= 100\% - \frac{G(100 - A)}{G_{sb}}$$

$$= 100\% - \frac{2,420(100 - 4,5)}{2,710}$$

$$= 14,717 \%$$

$$J = \text{Prosentase rongga terisi aspal (Void Filled)}$$

$$= \frac{\frac{A \times G}{T}}{\frac{A \times G}{T} + H} \times 100\%$$

$$= \frac{\frac{4,5 \times 2,420}{1,053}}{\frac{4,5 \times 2,420}{1,053} + 5,732} \times 100\%$$

$$= 64,338 \%$$

Sesuai dengan tabel kalibrasi Proving Marshall, didapat:

$$\begin{aligned} M &= \text{Kelelahan plastis} \\ &= \text{Flow Strip} \times 0.01 \text{ mm} \\ &= 280 \times 0.01 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$N = \text{Hasil Bagi Marshall}$$

$$= \frac{L}{102 \times M}$$

$$= \frac{1028,7}{102 \times 2,8}$$

$$= 360,20 \text{ KN/mm}$$

Untuk perhitungan berikutnya dapat dilihat pada tabel perhitungan campuran.