



**PENGARUH *CURING TIME* TERHADAP KINERJA CAMPURAN
BERASPAL DITINJAU DARI KARAKTERISTIK *MARSHALL***

SKRIPSI

Diajukan Dalam Rangka Menyelesaikan Studi Strata I
Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh :

S U M A R T O N O

5 1 5 0 4 0 2 0 3 8

PERPUSTAKAAN
UNNES

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2008

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul “Pengaruh Curing Time Terhadap Kinerja Campuran Beraspal Ditinjau Dari Karakteristik Marshall” telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi.

Semarang, April 2009

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Latief Budi Suparma M,sc

Agung Budiwirawan, ST. MT

NIP 131963567

NIP. 132308130



PENGESAHAN KELULUSAN

Skripsi ini telah dipertahankan di dalam Sidang Panitia Ujian Skripsi
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang pada:

Hari :

Tanggal :

Panitia Ujian,

Ketua

Sekretaris

Ir.H.Agung Sutarto, M.T

Nur Qudus, S.Pd, M.T.

NIP. 131931831

NIP. 132086677

Penguji I

Penguji II

Dr. Ir. Latief Budi Suparma M,Sc

Agung Budiwirawan, ST. MT

NIP 131963567

NIP. 132308130

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Drs. Abdurrahman M,Pd

Ir.H.Agung Sutarto, M.T

NIP. 130 875 753

NIP. 131931831

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Lakukan sesuatu apa yang bisa kamu lakukan, dan setiap melakukan sesuatu lakukanlah yang paling terbaik.
2. Berkawanlah dengan semua orang, perbanyaklah teman, karena teman adalah awal dari segalanya

PERSEMBAHAN

1. Untuk orang tuaku yang kuhormati (*Bpk Djumadi dan Ibu Sulasih*), yang selalu memberikan dorongan dan do'a untuk tidak patah semangat
2. Kakak dan Adik-adikku tercinta (*Mba Retno dan Mas Yono, Tika dan Dian*), atas ketulusan, kasih sayang, cinta dan doanya, serta dukungannya
3. Teman-teman CIVILIAN 2002, terima kasih atas sindiran dan ejekannya akhirnya aku mampu untuk menyelesaikan kuliahku sampai selesai.
4. Wanita – wanita cantik dan baik hati yang selalu ada dihatiku, karena kalian aku mampu menyelesaikan skripsiku untuk mencapai cita – citaku.

INTISARI

Sumartono, peningkatan jumlah moda transportasi saat ini dampaknya sangat bisa kita rasakan. Kecelakaan dan kemacetan lalu-lintas juga mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya jumlah moda transportasi. Oleh karena itu sangat dibutuhkan sarana transportasi yang cukup memadai dalam hal kuantitas serta kualitasnya. Namun banyak sekali pembangunan sarana transportasi dalam hal ini jalan raya yang kualitasnya tidak memenuhi harapan. Banyak sekali jalan baru yang cepat sekali rusak, sehingga tidak bisa memberikan pelayanan yang maksimal kepada pengguna jalan raya tersebut. Oleh karena masalah tersebut skripsi ini akan meneliti apakah waktu curing berpengaruh terhadap kinerja campuran beraspal, dan bisa mendapatkan waktu curing yang maksimal.

Penelitian ini menggunakan dua material utama yaitu agregat dan aspal. Agregat menggunakan ukuran 3/4" dan 3/8" sedangkan aspalnya menggunakan aspal PERTAMINA penetrasi 60/70. Kemudian dibuat briket campuran laston dengan komposisi sesuai dengan hasil yang diperoleh pada analisis saringan. Banyaknya briket yang dibuat menyesuaikan dengan kebutuhan. Setelah benda uji selesai dibuat maka selanjutnya benda uji tersebut diuji tekan *Marshall*, hasil dari uji tekan *Marshall* ini berupa parameter stabilitas, kelelahan (*flow*), *Void in The Mix* (VIM), *Void in The Mixture Agregat* (VMA), *Void Filled With Asphalt* (VFMA), *Marshall Quotien* (MQ), dan *density* yang digunakan untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO). KAO ini akan digunakan kembali pada pembuatan briket untuk penelitian selanjutnya. Setelah mendapatkan kadar aspal yang optimum kembali dibuat benda uji sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan. Selanjutnya benda uji tersebut mendapat perlakuan khusus dengan mendiamkannya selama waktu curing yang telah ditentukan (antara 12-72 jam). Benda uji yang telah mengalami perlakuan khusus diuji dengan alat Marshall untuk mengetahui karakteristik Marshalnya.

Dari pengujian Marshall ada beberapa parameter yang dihasilkan, antara lain stabilitas, kelelahan (*flow*), *Void in The Mix* (VIM), *Void in The Mixture Agregat* (VMA), *Void Filled With Asphalt* (VFMA), *Marshall Quotien* (MQ),

dan *densit*. Dari parameter tersebut dapat disimpulkan bahwa waktu curing tidak berpengaruh terhadap semua parameter kecuali stabilitas. Pada penelitian ini stabilitas akan mengalami kenaikan seiring dengan lamanya waktu curing. Dalam penelitian ini antara 12-72 jam waktu curing yang paling maksimal adalah 72 jam.



KATA PENGANTAR

Segala puji Syukur bagi Tuhan Yang Maha Esa yang telah mencurahkan segala berkat, karunia dan penyertaan sehingga penyusunan skripsi dengan judul **“PENGARUH *CURING TIME* TERHADAP KINERJA CAMPURAN BERASPAL DITINJAU DARI KARAKTERISTIK *MARSHALL*”** sebagai syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Sipil UNNES dapat terselesaikan.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu dengan penuh kerendahan hati penulis ucapkan banyak terimakasih kepada yang terhormat :

1. Drs. Abdurrahman, M.Pd, Dekan Fakultas Teknik UNNES,
2. Ir.H.Agung Sutarto, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil,
3. Dr. Ir. Latief Budi Suparma M,Sc dosen pembimbing I yang dengan sabar selalu membantu dan memberikan masukan untuk kesempurnaan skripsi ini,
4. Agung Budiwirawan ST, M.T, dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, dorongan semangat dan saran kepada penulis,
5. Alfa Narendra ST, M.T yang selalu memberikan dorongan moril serta teman-teman Lab. Transport UNNES dan UNDIP atas bantuannya sehingga skripsi ini dapat tersusun,
6. Keluarga besar Bp. Suradji, Keluarga besar Ibu Endang, Keluarga besar Bp. Zamhari dan keluarga besar yang lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu terimakasih atas bimbingan, dorongan dan bantuannya,
7. Teman-teman CIVILIAN 2002, terima kasih atas sindiran dan ejekannya akhirnya aku mampu untuk menyelesaikan kuliahku sampai selesai,
8. Isna, Sony, Eko, Dina, Hani, Mas Dwi dan teman-teman yang lain terima kasih atas bantuan dan semangatnya,
9. Seluruh pihak yang telah memberi bantuan dan tidak bisa saya sebutkan namanya satu persatu, terima kasih banyak.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, diharapkan adanya kritik dan saran guna kelengkapan dan kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya dan berguna bagi kita semua.

Semarang, Januari 2008

Penulis

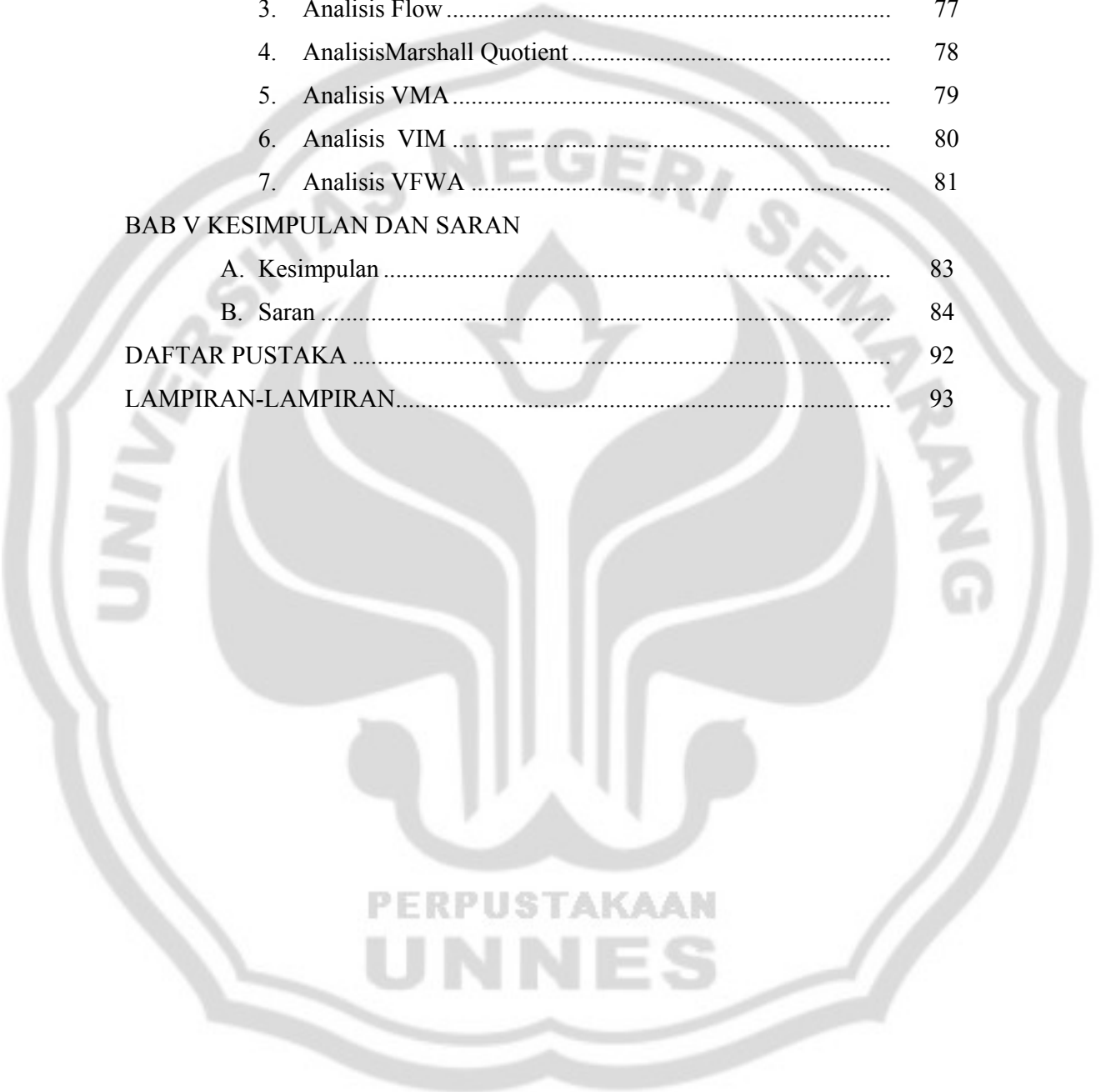


DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN KELULUSAN.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
INTISARI.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian.....	2
D. Batasan Masalah.....	3
E. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Lapis Aspal Beton.....	5
B. Curing Time.....	6
C. Bahan Perkerasan.....	6
1. Agregat.....	6
a. Klasifikasi Agregat.....	6
b. Sifat Agregat.....	7
c. Bentuk dan Tekstur Agregat.....	9
d. Persyaratan Agregat.....	10
2. Aspal.....	11
a. Jenis Aspal.....	11
b. Sifat Aspal.....	15
c. Komposisi Aspal.....	16

d. Persyaratan Aspal.....	18
D. Gradasi Agraegat	19
1. Jenis Gradasi Agregat	19
2. Pengaruh Gradasi terhadap Karakteristik Campuran	20
3. Persyaratan Gradasi	20
E. Pemadatan Benda Uji.....	21
F. Karakteristik Campuran.....	22
G. Karakteristik Marshall	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Materi Penelitian	27
1. Data Primer	27
2. Data Sekunder.....	27
B. Bagan Alir Metode Penelitian.....	28
C. Metode dan Desain Penelitian	29
D. Material Untuk Penelitian.....	29
E. Peralatan yang Digunakan	30
F. Prosedur Penelitian	30
1. Persiapan dan Penyediaan Bahan	30
2. Pengujian Agregat	31
3. Pengujian Aspal.....	43
G. Perancangan Benda Uji Campuran Beton Aspal	63
H. Pembuatan Benda Uji	64
I. Perlakuan Benda Uji	64
J. Pengujian Benda Uji dengan Marshall Test	65
K. Analisa Perhitungan Karakteristik Marshall.....	65
BAB IV HASIL dan ANALISIS PENELITIAN	
A. Hasil Pengujian Agregat	69
B. Hasil Pengujian Aspal.....	69
C. Pencarian Kadar Aspal Optimum	70
D. Analisis Pengaruh Variasi Curing Time Terhadap Kinerja Campuran Beraspal Pada Kadar Aspal 5,75%.....	73

1. Analisis Density.....	75
2. Analisis Stabilitas	76
3. Analisis Flow	77
4. AnalisisMarshall Quotient.....	78
5. Analisis VMA.....	79
6. Analisis VIM	80
7. Analisis VFWA	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	83
B. Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	93



DAFTAR GAMBAR

- Gambar 3.1 Bagan Alir Metode Penelitian
- Gambar 4.1 Rongga Udara vs Kadar Aspal
- Gambar 4.2 Rongga Udara Dalam Agregat vs Kadar Aspal
- Gambar 4.3 Rongga Terisi Aspal vs Kadar Aspal
- Gambar 4.4 Stabilitas vs Kadar Aspal
- Gambar 4.5 Flow vs Kadar Aspal
- Gambar 4.6 Marshall Qoutient vs Kadar Aspal
- Gambar 4.7 Diagram Pemilihan Kadar Aspal
- Gambar 4.8 Bj Bulk vs Curing Time
- Gambar 4.9 Stabilitas vs Curing Time
- Gambar 4.10 Flow vs Curing Time
- Gambar 4.11 Marshall Qoutient vs Curing Time
- Gambar 4.12 VMA vs Curing Time
- Gambar 4.13 VIM vs Curing Time
- Gambar 4.14 VFWA vs Curing Time

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Persyaratan Agregat Kasar dan Halus
Tabel 2.2	Klasifikasi Asbuton
Tabel 2.3	Komposisi Aspal
Tabel 2.4	Persyaratan AC Penetrasi 60 / 70
Tabel 2.5	Batas-Batas Gradasi Kombinasi pada Laston
Tabel 2.6	Persentase Minimum Rongga Udara Dalam Agregat
Tabel 2.7	Persyaratan Sifat-Sifat AC-BC Menurut Bina Marga
Tabel 3.1	Kondisi Lain untuk Pengujian Khusus
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Agregat
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Aspal
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Untuk Pencarian Kadar Aspal Optimum
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Menggunakan Alat Marshall dengan Kadar Aspal 5,75%
Tabel 5.1	Nilai-Nilai Karakteristik Marshall

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Pengujian Agregat
- Lampiran 2 : Pengujian Aspal
- Lampiran 3 : Resume Hasil Pengujian Aspal dan Agregat
- Lampiran 4 : Pencarian Kadar Aspal
- Lampiran 5 : Foto – Foto Pengujian



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pertambahan jumlah penduduk disertai dengan meningkatnya aktifitas dapat menimbulkan mobilitas yang tinggi. Sebagai fasilitas pendukung kehidupan manusia, transportasi sudah tidak dapat lagi dipisahkan dari aktifitas hidup manusia. Hal tersebut pada akhirnya meningkatkan permintaan terhadap sarana dan prasarana transportasi yang ada seperti jalan, dan moda angkutan.

Pada dasarnya dilakukannya pembangunan jalan adalah terciptanya jaringan jalan yang baik dan sesuai dengan tingkat pelayanan dan memenuhi kebutuhan masyarakat akan kebutuhan transportasi jalan raya. Pembangunan jalan perlu terus ditumbuhkembangkan dan disesuaikan dengan perkembangan transportasi jalan raya, terutama kesesuaian antara beban kepadatan lalu-lintas kendaraan dengan kemampuan daya dukung jalan.

Jalan merupakan sarana yang sangat penting untuk transportasi antar wilayah dan mobilitas penduduk. Namun pembangunan jaringan jalan dan pertumbuhan lalu-lintas tidak berjalan secara seimbang. Sehingga mengakibatkan jaringan jalan yang ada harus menampung kapasitas yang melampaui kapasitas rencana jalan dan menyebabkan kerusakan konstruksi jalan. Kurang memadainya jaringan jalan yang ada dapat menurunkan tingkat pelayanan dari sistem jaringan jalan yang selanjutnya dapat menghambat arus transportasi.

Hal ini harus diantisipasi terutama untuk kota-kota dengan tingkat pertumbuhan ekonomi yang sangat tinggi. Untuk mengantisipasi kerusakan jalan maka dibutuhkan suatu perencanaan tentang penggunaan bahan untuk perkerasan jalan yang tidak hanya tahan lama tapi juga kuat untuk mengatasi pertumbuhan kapasitas beban jalan.

Dapat juga kita lihat bahwa pembuatan jalan baru atau perbaikan jalan seringkali mempunyai kualitas yang buruk atau umur rencana yang pendek sehingga tidak seperti yang diharapkan. Ada beberapa faktor yang berpengaruh pada saat pembuatan jalan. Salah satunya adalah cuaca dan lamanya pendiaman sebelum digunakan (*curing time*). Penulis tertarik ingin meneliti apakah waktu *curing* berpengaruh terhadap Stabilitas atau umur lapis perkerasan.

B. Perumusan Masalah

Dari permasalahan yang ada penulis merumuskan masalah sebagai berikut “Pengaruh *curing time* Terhadap Kinerja Campuran Beraspal Ditinjau Terhadap Karakteristik *Marshall*“

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang ada diatas maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk :

1. Mendapatkan *curing time* maksimum
2. Mengetahui pengaruh *curing time* terhadap kinerja campuran beraspal.

D. Pembatasan Masalah

Karena luasnya cakupan tentang perencanaan campuran beraspal serta keterbatasan waktu, biaya dan pengetahuan yang dimiliki penulis maka pada penelitian ini dibatasi hanya pada hal-hal :

1. Bagaimana pengaruh *curing time* terhadap kinerja campuran beraspal (dalam hal ini menggunakan jenis campuran Laston).
2. Pengkondisian terhadap lamanya *curing time*, dimana akan dilakukan simulasi untuk waktu 12 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam, 60 jam, dan 72 jam.
3. Aspal yang digunakan adalah aspal jenis pertamina penetrasi 60/70.
4. Menggunakan 5 variasi kadar aspal dengan interval 0,5 % (4,5 %-6,5 %).
5. Menggunakan campuran agregat yaitu batu pecah maksimal $\frac{3}{4}$ " batu pecah maksimal $\frac{3}{8}$ ", abu batu dan pasir lolos saringan no. 4.
6. Pemadatan dilakukan sebanyak 2 x 75 tumbukan.
7. Standar spesifikasi mengacu pada Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) untuk jalan raya Bina Marga 2008.

E. Sistematika Penulisan

Untuk mendapatkan gambaran yang jelas mengenai apa yang akan disampaikan, maka laporan harus disusun dengan sistematika atau urutan tertentu.

Adapun sistematika penulisan laporan ini adalah :

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini berisi latar belakang, permasalahan, tujuan penelitian, pembatasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini berisi tentang teori-teori yang nantinya akan digunakan sebagai dasar perhitungan serta sebagai acuan pembuktian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan bab yang menguraikan urutan-pelaksanaan penelitian dari awal sampai dengan akhir penyusunan.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

Bagian ini berisi hasil penelitian yang kemudian dilakukan analisis sehingga didapatkan *curing time* yang paling optimum.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dan saran merupakan bab terakhir dalam penyusunan laporan. Bagian ini berisi kesimpulan dari bab-bab yang telah disajikan sebelumnya dan saran-saran untuk penelitian selanjutnya yang sekiranya dapat meningkatkan kinerja dan durabilitas campuran beraspal.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Lapis Aspal Beton

Lapis aspal beton (Laston) merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan raya yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar, dan dipadatkan pada suhu tertentu (Petunjuk Pelaksanaan Laston Untuk jalan Raya SKBI-2.4.26.1987).

Fungsi dari Laston adalah :

1. Sebagai pendukung beban lalu-lintas.
2. Sebagai pelindung konstruksi dibawahnya dari kerusakan akibat pengaruh air dan cuaca.
3. Sebagai lapis permukaan.
4. Menyediakan permukaan jalan yang rata dan tidak licin

Sifat-sifat dari Laston antara lain :

1. Tahan terhadap keausan akibat beban lalu-lintas
2. Kedap air.
3. Mempunyai nilai stabilitas yang tinggi.
4. Mempunyai nilai struktural.
5. Peka terhadap penyimpangan perencanaan dan pelaksanaan.

Dalam penelitian ini digunakan jenis lapis perkerasan AC (*Asphalt Concrete*) dengan ukuran butiran maksimum 3/4" yang berfungsi sebagai *surface* (lapis permukaan) karena memiliki gradasi yang lebih rapat.

B. Curing Time

Apa yang dimaksud dengan *curing time*? *curing time* adalah waktu antara setelah campuran beraspal dipadatkan dengan sebelum campuran aspal tersebut menerima beban (apabila di laboratorium definisi beban disini adalah beban dari alat penguji *Marshall*, sedangkan di lapangan beban disini adalah gaya yang diberikan oleh kendaraan setelah jalan dibuka). Sehingga diharapkan mampu memberikan pelayanan dengan baik dan umur rencana dapat bertambah panjang g.

C. PENELITIAN

Penelitian serupa pernah dilakukan dengan menggunakan aspal shell penetrasi 60/70 dan Standar spesifikasi mengacu pada Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) untuk jalan raya (SKBI-2.4.26.1987). Pada penelitian ini menggunakan aspal produksi pertamina dengan penetrasi 60/70 dan menggunakan standar spesifikasi yang terbaru dari buku Tiga Spesifikasi Umum Bina Marga. Standar spesifikasi yang terbaru semua parameternya mengalami peningkatan, hal tersebut dikarenakan pertambahan lalu-lintas harian yang berakibat dengan bertambahnya beban yang harus ditanggung oleh perkerasan tersebut. Perbedaan spesifikasinya dapat dilihat pada tabel :

Tabel 2.1 Persyaratan Campuran Lapis Aspal Beton

Sifat campuran	L.L Berat (2x75 tumb.)		L.L Sedang (2x50 tumb)		L.L Ringan (2x 5 tumb)	
	Min	Mak	Min	Maks	Min	Mak
			s			

Stabilitas (kg)	550	–	450	–	350	–
Kelelehan (mm)	2	4	3	4,5	2	5
Stabilitas/Kelelehan (kg / mm)	200	359	200	350	200	350
Rongga dalam campuran (%)	3	5	3	5	3	5
Rongga dalam agregat (%)	Lihat tabel 2.8					

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Laston Untuk Jalan Raya SKBI –
2.4.26.1987

Tabel 2.2 Tabel persyaratan sifat-sifat campuran AC-BC menurut Bina Marga

Sifat-Sifat Campuran	Nilai	
	Minimal	Maksimal
Rongga udara dalam campuran (VIM) (%)	3,5	5,5
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	14	-
Rongga terisi aspal (VFWA) (%)	63	-
Stabilitas Marshal (kg)	800	-
Marshall Quotient (kg/mm)	250	-
Flow (mm)	3	-

Sumber : Bina Marga (2007)

D. Bahan Perkerasan.

Pada pekerjaan perkerasan diperlukan bahan-bahan penyusun perkerasan antara lain :

1. Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun buatan (Petunjuk Pelaksanaan Laston Untuk Jalan Raya SKBI-2.4.26.1987).

Fungsi dari agregat dalam campuran beraspal adalah sebagai kerangka yang memberikan stabilitas campuran jika dilakukan pemadatan dengan alat pemadat yang tepat.

a. Klasifikasi Agregat

Agregat dapat diklasifikasikan (Sukirman, 1999) :

1) Berdasarkan proses pengolahannya, agregat dapat dibedakan menjadi :

a) Agregat Alam

Agregat yang dapat dipergunakan sebagaimana bentuknya di alam atau dengan sedikit proses pengolahan dinamakan agregat alam. Dua bentuk agregat yang sering digunakan yaitu :

(1) Kerikil adalah agregat dengan ukuran partikel $> \frac{1}{4}$ ” (6,35 mm)

(2) Pasir adalah agregat dengan ukuran partikel $< \frac{1}{4}$ ” tetapi lebih besar dari 0,075 mm (saringan no. 200)

b) Agregat yang melalui proses pengolahan

Di gunung-gunung atau di bukit-bukit dan di sungai sering ditemui agregat berbentuk besar-besar melebihi ukuran yang diinginkan, sehingga diperlukan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan sebagai agregat konstruksi perkerasan jalan. Agregat ini harus melalui proses pemecahan terlebih dahulu supaya diperoleh :

- (1) Bentuk partikel bersudut, diusahakan berbentuk kubus.
- (2) Permukaan partikel kasar sehingga mempunyai gesekan yang baik.
- (3) Gradasi sesuai yang diinginkan.

Proses pemecahan agregat sebaiknya menggunakan mesin pemecah batu (*stone crusher*) sehingga ukuran partikel-partikel yang dihasilkan dapat terkontrol, berarti gradasi yang diharapkan dapat tercapai sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

c) Agregat buatan

Agregat yang merupakan mineral *filler*/pengisi (partikel dengan ukuran 0,075 mm) diperoleh dari hasil sampingan mesin pemecah batu.

- 2) Berdasarkan besar partikel-partikel agregat, dapat dibedakan menjadi :
 - a) Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada saringan no. 8 atau 2,38 mm
 - b) Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no. 8 dan tertahan no. 200
 - c) Abu batu/mineral *filler*, agregat halus yang umumnya lolos saringan no. 200

b. Sifat Agregat

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas. Agregat dengan kualitas dan sifat yang baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban lalu lintas dan menyebarkan kelapisan

dibawahnya. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok (sukirman, 1999)

1) Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) lapisan perkerasan dipengaruhi oleh :

- a) Gradasi.
- b) Ukuran maksimum.
- c) Kadar lempung.
- d) Kekerasan dan ketahanan
- e) Bentuk butir.
- f) Tekstur permukaan.

2) Kemampuan dilapisi oleh aspal dengan baik dipengaruhi oleh

- a) Porositas.
- b) Kemungkinan basah.
- c) Jenis agregat.

3) Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman dipengaruhi oleh :

- a) Tahanan geser (*skid resistance*)
- b) Campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*bituminous mix workability*).

c. Bentuk dan Tekstur Agregat

Bentuk dan tekstur agregat mempengaruhi stabilitas dari lapisan perkerasan yang dibentuk oleh agregat tersebut (Sukirman, 1999).

Partikel agregat dapat berbentuk :

1) Bulat (*rounded*)

Agregat yang dijumpai di sungai pada umumnya telah mengalami pengikisan oleh air sehingga umumnya berbentuk bulat. Partikel agregat saling bersentuhan dengan luas bidang kontak kecil sehingga menghasilkan daya *interlocking* yang lebih kecil dan lebih mudah tergelincir.

2) Lonjong (*elongated*)

Partikel agregat berbentuk lonjong dapat ditemui di sungai-sungai atau bekas endapan sungai. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjang >1,8 kali diameter rata-rata. Sifat *interlocking*-nya hampir sama dengan yang berbentuk bulat.

3) Kubus (*cubical*)

Partikel berbentuk kubus merupakan bentuk agregat hasil dari mesin pemecah batu (*stone crusher*) yang mempunyai bidang kontak yang lebih luas sehingga memberikan *interlocking*/saling mengunci yang lebih besar. Dengan demikian kestabilan yang diperoleh lebih besar dan lebih tahan terhadap deformasi yang timbul. Agregat berbentuk kubus ini paling baik digunakan sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan.

4) Pipih (*flaky*)

Partikel agregat berbentuk pipih dapat merupakan hasil dari mesin pemecah batu ataupun memang merupakan sifat dari agregat tersebut yang jika dipecahkan cenderung berbentuk pipih. Agregat pipih yaitu agregat yang lebih tipis 0,6 kali diameter rata-rata. Agregat berbentuk pipih

mudah pecah pada waktu pencampuran, pemadatan, ataupun akibat beban lalu lintas.

5) Tak beraturan (*irregular*)

Partikel agregat yang tidak beraturan, tidak mengikuti salah satu yang disebutkan diatas.

d. Persyaratan Agregat

Persyaratan bahan yang digunakan berpedoman pada spesifikasi teknis Bina Marga (1987), yaitu pada Petunjuk Pelaksanaan Laston untuk Jalan Raya (SKBI-2.4.26.1987), Departemen Pekerjaan Umum. Untuk lebih jelasnya tentang persyaratan agregat dapat dilihat pada Tabel 2.3 :

Tabel 2.3 Persyaratan agregat kasar dan agregat halus

Jenis agregat	Syarat
a. agregat kasar	
1. keausan.	< 40 %
2. kelekatan.	> 95 %
3. Peresapan terhadap air.	< 3 %
4. Berat jenis semu.	> 2,5 gr/ml
b. Agregat halus	
1. Peresapan terhadap air	< 3 %
2. Berat jenis semu	> 2,5 gr/ml

Sumber : Bina Marga 1987

2. Aspal

Aspal merupakan material utama untuk konstruksi lapis perkerasan lentur jalan raya yang berfungsi sebagai campuran bahan pengikat agregat, karena mempunyai daya lekat yang kuat, kedap air serta mudah dikerjakan. Aspal mempunyai sifat plastis yang dengan kelenturannya mudah diawasi untuk dicampur dengan agregat.

Aspal berfungsi sebagai pelumas selama proses pemadatan dan memberikan layanan sifat kedap air serta memberikan sumbangan terhadap kekuatan dari campuran dengan sifat kohesi yang ada. Aspal didefinisikan sebagai campuran yang terdiri dari bitumen dan mineral, sedangkan yang dimaksud dengan bitumen adalah bahan yang berwarna cokelat hingga hitam berbentuk keras hingga cair, mempunyai sifat lekat yang baik, larut dalam CS_2 atau CCl_4 , mempunyai sifat berlemak dan tidak larut dalam air.

a. Jenis Aspal

Berdasarkan cara diperolehnya, aspal dapat dibedakan atas (Sukirman, 1999) :

- 1) Aspal alam, dapat dibedakan menjadi :
 - a) Aspal Gunung (*Rock Asphalt*), contoh aspal dari Pulau Buton yang sering disebut Aspal Buton.

Aspal ini merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan. Karena aspal Buton merupakan bahan alam maka kadar bitumen yang dikandungnya sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi. Berdasarkan kadar bitumen yang dikandungnya

Aspal Buton dapat dibedakan atas B10, B13, B16, B20, B25, dan B30. (Aspal Buton 10 adalah Aspal Buton dengan kadar bitumen rata-rata 10 %). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam tabel 2.4.

Tabel 2.4 Klasifikasi Asbuton

Kode	Nama	Kadar Bitumen (%)
B10	Asbuton B10	9,0 – 11,4
B13	Asbuton B13	11,5 – 14,5
B16	Asbuton B16	14,6 – 17,9
B20	Asbuton B20	18,0 – 22,5
B25	Asbuton B25	22,6 – 27,4
B30	Asbuton B30	27,5 – 32,5

Sumber : Kurniawan, 2003

b) Aspal Danau (*Lake Asphalt*) contoh aspal dari Bermudez, Trinidad.

2) Aspal batuan, dapat dibedakan menjadi :

a) Aspal Minyak merupakan hasil penyulingan minyak bumi.

Aspal minyak dengan bahan dasar aspal dapat dibedakan atas :

(1) Aspal keras/panas

Aspal keras adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas. Aspal ini berbentuk padat dengan keadaan penyimpanan pada temperatur ruang (25°C-30°C). Aspal semen terdiri dari beberapa jenis tergantung dari proses pembuatannya dan jenis minyak bumi asalnya. Pengelompokan aspal semen dapat

dilakukan berdasarkan nilai penetrasi pada temperatur 25°C ataupun berdasarkan nilai viskositasnya.

Di Indonesia aspal semen biasanya dibedakan berdasarkan nilai penetrasinya yaitu :

- (a) Aspal pen 40/50 yaitu aspal dengan penetrasi antara 40–50
- (b) Aspal pen 60/70 yaitu aspal dengan penetrasi antara 60–70
- (c) Aspal pen 85/100 yaitu aspal dengan penetrasi antara 85–100
- (d) Aspal pen 130/150 yaitu aspal dengan penetrasi antara 130–150
- (e) Aspal pen 200/300 yaitu aspal dengan penetrasi antara 200–300

Aspal dengan penetrasi rendah digunakan didaerah bercuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal dengan penetrasi tinggi digunakan untuk daerah bercuaca dingin atau lalu lintas dengan volume rendah. Di Indonesia pada umumnya dipergunakan aspal dengan penetrasi 60/70 dan 80/100.

(2) Aspal Cair (*cut back asphalt*)

Aspal cair adalah campuran antara aspal semen dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Dengan demikian *cut back asphalt* berbentuk cair dalam temperature ruang.

Berdasarkan bahan pencairnya dan kemudahan menguap bahan pelarutnya, aspal cair dapat dibedakan menjadi :

- (a) RC (*Rapid Curing cut back*)

Merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bensin atau premium. RC merupakan *cut back asphalt* yang paling cepat menguap.

(b) MC (*Medium Curing cut back*)

Merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bahan pencair seperti minyak tanah.

(c) SC (*Slow Curing cut back*)

Merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bahan yang lebih kental seperti solar. Aspal jenis ini merupakan *cut back asphalt* yang paling lama menguap.

Berdasarkan nilai viskositasnya pada temperatur 60°C, *cut back asphalt* dapat dibedakan menjadi :

RC 30–60	MC 30–60	SC 30–60
RC 70–140	MC 70–140	SC 70–140
RC 250–500	MC 250–500	SC 250–500
RC 800–1600	MC 800–1600	SC 800–1600
RC 3000–6000	MC 3000–6000	SC 3000–6000

(3) Aspal Emulsi

Aspal emulsi adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi. Berdasarkan muatan listrik yang dikandungnya, aspal emulsi dapat dibedakan menjadi :

(a) Kationik disebut juga aspal emulsi asam, merupakan aspal emulsi yang bermuatan arus listrik positif.

(b) Anionik disebut juga aspal emulsi alkali, merupakan aspal emulsi yang bermuatan negatif.

(c) Nonionik merupakan aspal emulsi yang tidak mengalami ionisasi, berarti tidak menghantarkan listrik.

Yang umum digunakan sebagai bahan perkerasan jalan adalah aspal emulsi anionik dan kationik.

Berdasarkan kecepatan pengerasannya aspal emulsi dapat dibedakan atas :

(a) RS (*Rapid Setting*) aspal yang mengandung sedikit bahan pengemulsi sehingga pengikatan yang terjadi cepat.

(b) MS (*Medium Setting*)

(c) SS (*Slow Setting*) jenis aspal emulsi yang paling lambat menguap.

b. Ter

Ter merupakan istilah umum cairan yang diperoleh dari mineral organik seperti kayu atau batu bara melalui proses pemijaran atau destilasi pada suhu tinggi tanpa zat asam. Sedangkan untuk konstruksi jalan dipergunakan hanya ter yang berasal dari batu bara, karena ter kayu sangat sedikit jumlahnya. Ter tidak umum digunakan untuk perkerasan jalan karena lebih cepat mengeras, peka terhadap perubahan temperatur dan beracun.

b. Sifat Aspal

Aspal yang dipergunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai :

- 1) Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara aspal itu sendiri.
- 2) Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.
- 3) Berdasarkan uraian tersebut diatas berarti aspal harus mempunyai daya tahan terhadap cuaca, mempunyai adhesi dan kohesi yang baik, dan memberikan sifat elastis yang baik.

Sifat-sifat yang dimiliki aspal antara lain (Sukirman,1999) :

1) Daya Tahan (*durability*)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat dari campuran aspal, jadi tergantung sifat agregat, campuran dengan aspal dan faktor pelaksanaan.

2) Adhesi dan Kohesi

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Sedangkan kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan (kemampuan aspal untuk mengikat antar molekul aspal).

3) Kepekaan terhadap temperatur.

Aspal adalah material yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap temperatur. Kepekaan terhadap temperatur dari setiap hasil produksi aspal berbeda-beda tergantung dari asalnya walaupun aspal tersebut mempunyai jenis yang sama.

4) Kekerasan aspal

Pada proses pencampuran, aspal dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga agregat dilapisi aspal atau aspal panas disiram ke permukaan agregat yang telah disiapkan pada proses peleburan. Pada waktu pelaksanaan terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas (viskositas bertambah tinggi). Peristiwa perapuhan terus berlangsung setelah masa pelaksanaan selesai. Jadi selama masa pelayanan, aspal mengalami oksidasi dan polimerisasi yang besarnya dipengaruhi oleh ketebalan aspal yang menyelimuti agregat. Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi.

c. Komposisi Aspal

Aspal merupakan unsur *hydrocarbon* yang sangat kompleks, sangat sukar untuk memisahkan molekul-molekul yang membentuk aspal tersebut. Disamping itu setiap sumber dari minyak bumi menghasilkan komposisi molekul yang berbeda-beda.

Komposisi dari aspal terdiri dari asphaltenes dan maltenes. Asphaltenes merupakan material berwarna hitam atau cokelat tua yang tidak larut dalam heptane. Maltenes larut dalam heptane, merupakan cairan kental yang terdiri dari resins dan oils. Resins adalah cairan berwarna kuning atau cokelat tua yang memberikan sifat adhesi dari aspal, merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan.

Sedangkan oils berwarna lebih muda, merupakan media dari asphaltenes dan resins (Sukirman, 1999). Proporsi dari asphaltenes, resins dan oils berbeda-beda tergantung dari banyak faktor seperti kemungkinan beroksidasi, proses pembuatannya, dan ketebalan lapisan aspal dalam campuran. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.5 :

Tabel 2.5 Komposisi Aspal

No	Unsur Kimia	Asphalt Cement Penetrasi 60/70 (%)
1.	Asphaltene	19,93
2.	Maltene	–
3.	Basa Nitrogen	27,88
4.	Accidafin – 1 (A1)	13,45
5.	Accidafin – 2 (A2)	20,40
6	Paraffin (P)	18,34

Sumber : Kurniawan , 2003

d. Persyaratan Aspal

Pada penelitian ini menggunakan *Asphalt Concrete (AC)* penetrasi 60/70. persyaratan bahan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.6

Tabel 2.6 Persyaratan AC Penetrasi 60/70

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Syarat
1.	Penetrasi	0,1 mm	60 – 70
2.	Titik lembek	°C	48 – 58
3.	Titik nyala	°C	> 200
4.	Daktalitas	cm	> 100
5.	Berat jenis	gr/cc	> 1
6.	Kelarutan dalam CCl ₄	%	> 99

Sumber : *Bina Marga* 1987

E. Gradasi Agregat

Gradasi agregat merupakan campuran dari berbagai diameter butiran agregat yang membentuk susunan campuran tertentu. Gradasi agregat ini diperoleh dari hasil analisis saringan dengan menggunakan satu set saringan, dimana saringan yang paling besar diletakkan diatas dan saringan yang paling kecil diletakkan paling bawah. Satu set saringan dimulai dari pan diakhiri dengan tutup.

1. Jenis Gradasi Agregat

Gradasi dibedakan menjadi tiga macam, yaitu gradasi rapat, gradasi seragam, gradasi timpang (Sukirman, 1999).

a. Gradasi rapat (*dense graded*)

Gradasi rapat merupakan campuran agregat kasar dan agregat halus dalam porsi yang berimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (*well graded*). Agregat dinamakan bergradasi baik bila persen yang lolos setiap lapis dari sebuah gradasi memenuhi :

$$P = 100 (d/D)^{0,45}$$

Dimana : P = persen lolos saringan dengan bukaan d mm

d = ukuran agregat yang sedang diperhitungkan

D = ukuran maksimum partikel dalam gradasi tersebut.

Agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek, dan berat volume besar.

b. Gradasi seragam (*uniform graded*)

Gradasi seragam agregat dengan ukuran yang hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, dan berat volume kecil.

c. Gradasi timpang (*poorly graded*)

Gradasi timpang merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi dua kategori diatas. Agregat bergradasi timpang umumnya digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi senjang, merupakan campuran agregat dengan 1 fraksi hilang dan 1 fraksi sedikit sekali. Agregat dengan

gradasi timpang akan menghasilkan lapis perkerasan yang mutunya terletak diantara kedua jenis diatas.

2. Pengaruh Gradasi Terhadap Karakteristik Campuran

Gradasi agregat pada dasarnya sangat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan memberikan kemudahan selama proses pelaksanaan.

Oleh karena itu diperlukan ketelitian saat melakukan analisis saringan untuk memperoleh gradasi sesuai dengan yang diinginkan. Dalam penelitian ini menggunakan tipe gradasi Bina Marga dengan ukuran butir maksimum 3/4" untuk menghasilkan nilai karakteristik *Marshall* yang sesuai dengan spesifikasi Bina Marga.

3. Persyaratan Gradasi

Pada penelitian ini menggunakan tipe gradasi dengan ukuran butiran maksimum 3/4". persyaratan gradasi yang digunakan mengacu pada buku tiga spesifikasi umum Bina Marga Seksi 6.3.3 tentang Laston. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.7 :

Tabel 2.7 Batas–batas gradasi kombinasi pada Laston

Ukuran Saringan (mm)	ASTM	Prosentase yang lolos menurut berat
25,0	1"	100
19,0	3/4"	100
12,7	1/2"	75–100

9,5	$\frac{3}{8}$ "	60–85
4,7	#4	38–55
2,3	#8	27–40
0,6	#30	14–24
0,3	#50	9–18
0,15	#100	5–12
0,075	#200	2–8

Sumber : Bina Marga 1987

F. Pemadatan Benda Uji

Pemadatan pada intinya adalah suatu upaya untuk memperkecil jumlah rongga dalam campuran, sehingga mencapai nilai yang disyaratkan. Pemadatan dimaksudkan untuk memperluas bidang sentuh antar batuan, sehingga mempertinggi *internal friction*. Karena perannya sangat besar terhadap karakteristik perkerasan, maka pemadatan baik pada waktu pelaksanaan di lapangan maupun dilaboratorium untuk pembuatan benda uji *Marshall* diatur sedemikian rupa untuk menghindari terjadinya penyimpangan. Pemadatan adalah proses pemampatan yang akan memberikan volume terkecil, mengeliminir rongga hingga batas yang disyaratkan dan menambah kepadatan campuran.

Penambahan pemadatan akan menyebabkan terjadinya perubahan pada karakteristik *Marshall* campuran perkerasan. Penambahan jumlah tumbukan akan menyebabkan nilai kerapatan (*density*), *Void Filled With Aspal* (VFMA),

stabilitas, dan *Marshall Quotient (MQ)* mengalami kenaikan, sedangkan nilai *flow*, *Void Mineral Agregat (VMA)*, dan *Void in The Mix (VIM)* mengalami penurunan.

Tabel 2.8 Persentase Minimum Rongga Udara Dalam Agregat

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

Sumber : Bina Marga 1987

G. Karakteristik Campuran

Karakteristik campuran panas agregat aspal dapat diukur dari sifat-sifat *Marshall* yang ditunjukkan pada nilai-nilai sebagai berikut (Sukirman, 1999)

1. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan campuran untuk melawan deformasi atau perubahan bentuk yang diakibatkan oleh beban lalu lintas yang harus

dipikul. Stabilitas bergantung dari gaya gesek (*internal friction*) dan kohesi. Gaya gesek tergantung pada tekstur permukaan, gradasi agregat, bentuk partikel, kepadatan campuran dan kualitas aspal. Hal-hal tersebut merupakan kombinasi dari gaya gesek dan kemampuan mengikat campuran. Kemampuan gaya gesek bertambah dipengaruhi oleh kekasaran dan luas permukaan dari partikel agregat. Kemampuan mengikat dalam campuran dipengaruhi oleh ukuran-ukuran dan bentuk partikel. Untuk beberapa agregat, stabilitas bertambah dipengaruhi oleh kepadatan agregat, yang biasa dicapai dengan tingkat gradasi tertentu dan pemadatan yang cukup.

2. Durabilitas

Durabilitas adalah daya tahan/keawetan terhadap kemampuan lapis keras untuk menahan terjadinya disintegrasi karena pengaruh cuaca dan lalu lintas. Durabilitas dapat ditingkatkan dengan jumlah aspal yang tinggi, gradasi yang rapat, serta pemadatan yang memenuhi syarat.

3. Fleksibilitas

Fleksibilitas adalah kemampuan pada lapis perkerasan untuk menyesuaikan perubahan bentuk yang terjadi pada lapisan dibawahnya tanpa mengalami keretakan. Sifat fleksibilitas bertolak belakang dengan sifat stabilitas, oleh karena itu kedua sifat tersebut diupayakan mencapai tingkat optimum dalam perencanaan. Meningkatkan fleksibilitas campuran aspal dapat dilakukan dengan menambah kadar aspal, mempertinggi

daktilitas, mengurangi tebal lapis perkerasan dan menggunakan gradasi agregat relatif terbuka.

4. Kekesatan (*skid resistance*)

Kekesatan adalah kemampuan lapis permukaan/*surface* yang berkaitan dengan kemampuan lapis perkerasan tersebut untuk melayani arus lalu lintas kendaraan yang lewat di atasnya tanpa terjadi *skidding/slipping* pada saat kondisi permukaan basah. Nilai kekesatan yang tinggi didapatkan dengan cara menggunakan agregat dengan tekstur permukaan yang kasar dan nilai abrasi yang rendah. Pemakaian aspal yang berlebihan dalam campuran dapat menyebabkan *bleeding* dan *slipping* pada lapis permukaan.

5. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)

Ketahanan terhadap lelehan adalah kemampuan lapisan untuk menahan lendutan berulang-ulang dari roda kendaraan yang melintasi lapisan perkerasan tanpa mengalami keretakan. Kuantitas aspal berpengaruh besar terhadap sifat *fatigue resistance* lapis perkerasan. Semakin banyak kandungan aspalnya maka semakin besar nilainya. Campuran dengan gradasi rapat memiliki sifat *fatigue resistance* yang relatif tinggi dibandingkan dengan campuran yang bergradasi terbuka.

6. Kemudahan dalam pelaksanaan (*workability*)

Workability atau kemudahan dalam pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. Dimungkinkan terjadi perbedaan

hasil pengujian di laboratorium dengan pelaksanaan di lapangan harus segera dilakukan secara efektif dan efisien.

H. Karakteristik *Marshall*

Karakteristik campuran panas agregat aspal dapat diukur dari sifat-sifat *Marshall* yang ditunjukkan pada nilai-nilai sebagai berikut :

1. Kerapatan (*density*)

Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan.

2. Stabilitas (*stability*)

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap, seperti gelombang (*washboarding*), alur (*rutting*) dan naiknya aspal ke permukaan (*bleeding*)

3. *Void Mineral Agregat* (VMA)

VMA adalah rongga udara antar butir agregat dalam campuran agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume.

4. *Void in The Mix* (VIM)

VIM merupakan prosentase rongga udara yang terdapat dalam total campuran.

5. *Void Filled With Aspal* (VFMA)

VFMA merupakan prosentase rongga terisi aspal campuran setelah mengalami proses pemadatan.

6. Kelelehan (*flow*)

Kelelehan adalah besarnya deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya.

7. Hasil bagi *Marshall* (*Marshall quotient*)

Hasil bagi *Marshall* merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Materi Penelitian

Materi penelitian ini adalah mendapatkan data primer melalui *praktek di laboratorium transportasi UNIVERSITAS DIPONEGORO* dan data sekunder yang diperoleh dari pihak-pihak yang berwenang, buku literatur, jurnal, maupun peraturan yang menyangkut masalah perkerasan

1. Data Primer

Merupakan data yang didapat dengan cara *praktek di laboratorium transportasi UNIVERSITAS DIPONEGORO*. Dari praktek yang dilakukan dapat diperoleh data tentang perkerasan dan kondisi nyata dari lapis perkerasan. Adapun data-data primer yang dibutuhkan dalam penyelesaian skripsi ini adalah :

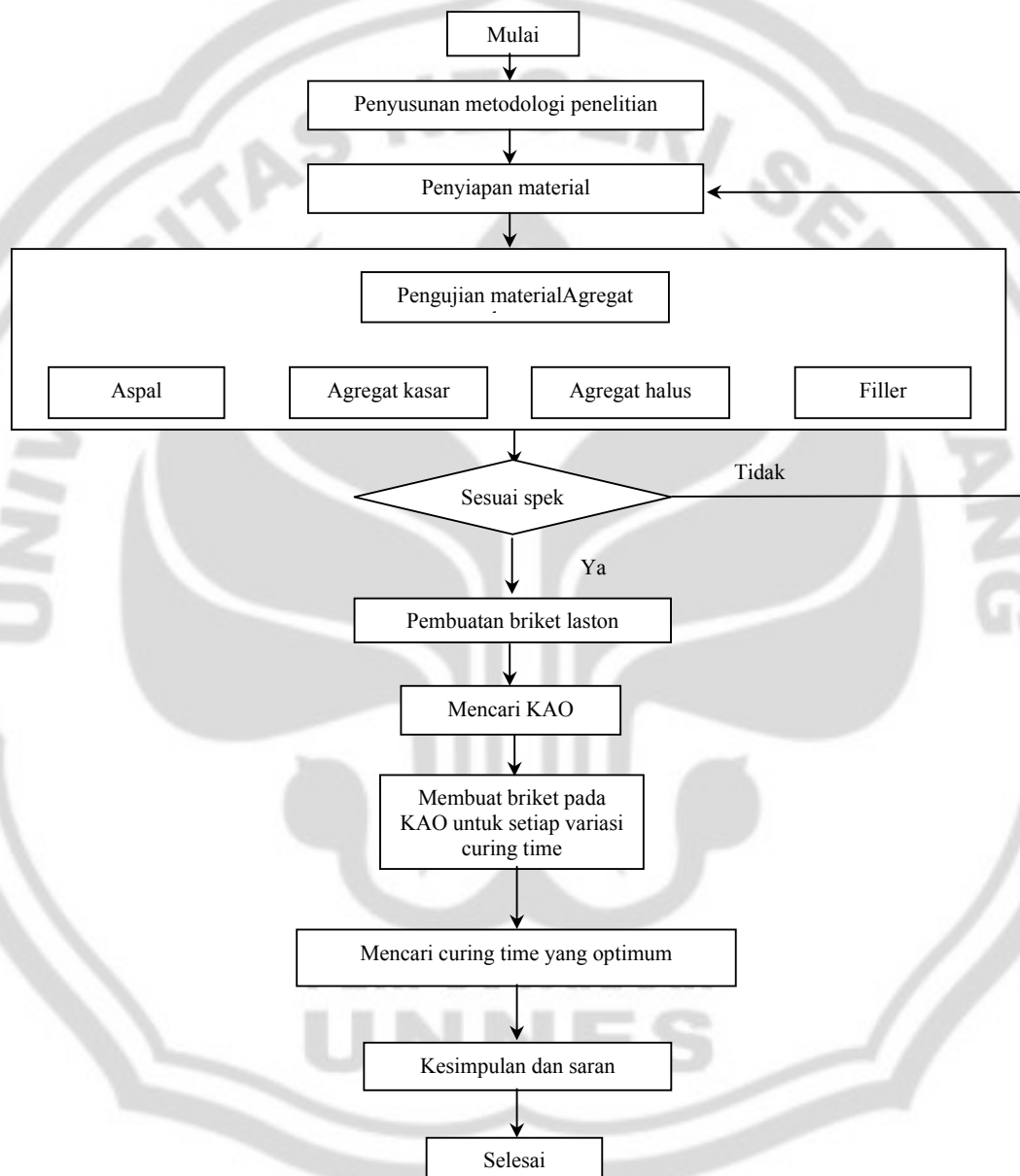
- a. Data pengujian aspal
- b. Data pengujian agregat
- c. Data kadar aspal optimum

2. Data Sekunder

Pengambilan data sekunder ini dilakukan dengan cara bekerja sama dengan instansi-instansi terkait, buku literatur, jurnal, maupun peraturan yang menyangkut masalah perkerasan

B. Bagan Alir Metode Penelitian

Bagan alir metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Bagan alir metode penelitian

C. Metode dan Desain Penelitian

Tahap awal penelitian yang dilakukan di laboratorium adalah menyiapkan material yang akan digunakan yaitu aspal, agregat kasar, agregat halus, filler. Material agregat dan filler (dalam penelitian ini digunakan abu batu), sedangkan aspal yang digunakan adalah aspal jenis PERTAMINA dengan penetrasi 60/70.

Kemudian dibuat briket campuran Laston sesuai dengan hasil yang diperoleh pada analisis saringan. Banyaknya briket yang dibuat menyesuaikan dengan kebutuhan. Sebelum diuji tekan *Marshall*, briket-briket ini harus menjalani pengkondisian berdasarkan faktor pengaruh yang diteliti. Hasil dari uji tekan *Marshall* ini berupa parameter stabilitas, kelelahan (*flow*), *Void in The Mix* (VIM), *Void in The Mixture Agregat* (VMA), *Void Filled With Asphalt* (VFMA), *Marshall Quotien* (MQ), dan *density* yang digunakan untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO). KAO ini akan digunakan kembali pada pembuatan briket untuk mencari karakteristik *Marshall* yang paling optimal.

Diakhir penelitian akan dianalisis hasil pengujian untuk campuran diatas yang kemudian dapat ditarik kesimpulan dan rekomendasi.

D. Material Untuk Penelitian

Material yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- a. Agregat kasar (batu pecah dengan ukuran maksimal $\frac{3}{4}$ " dan $\frac{3}{8}$ ").
- b. Pasir dan abu batu lolos saringan no. 4 dan tertahan no. 200.
- c. Aspal jenis PERTAMINA penetrasi 60/70

E. Peralatan yang Digunakan

Pelaksanaan penelitian menggunakan peralatan Laboratorium Transportasi Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro. Sedangkan peralatan yang digunakan antara lain :

- a. Timbangan dan neraca
- b. Satu set saringan
- c. Oven.
- d. Mesin pengguncang saringan.
- e. Wajan dan kompor.
- f. Alat penetrasi.
- g. Alat pemadat aspal
- h. Alat uji Los Angeles.
- i. Alat pengujian aspal
- j. *Marshall Test*.
- k. Alat bantu lainnya.

F. Prosedur Penelitian

1. Persiapan dan Penyediaan Bahan

Persiapan dan penyediaan bahan merupakan langkah awal dalam mendukung kelancaran penelitian. Bahan utama yang diperlukan adalah agregat dan aspal yang memenuhi persyaratan dan ketentuan yang telah ditetapkan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pada pemilihan agregat untuk lapis keras Laston adalah :

- a. Ukuran dan susunan butiran (gradasi).
- b. Kebersihan agregat terhadap material lain yang tidak menguntungkan.
- c. Kekerasan dari agregat.
- d. Keawetan dari agregat.
- e. Bentuk partikel, tekstur permukaan dan porositas.
- f. Adhesi terhadap aspal.

2. Pengujian Agregat.

Agar pengujian agregat dapat dijamin untuk dapat memenuhi umur rencana perkerasan jalan, maka beberapa hal yang perlu diadakan pengujian adalah :

- a. Diperlukan analisis saringan untuk agregat kasar maupun agregat halus, dimana prosedur pemeriksaan mengikuti SNI-08-1968-1990. Langkah-langkahnya adalah :

CARA PELAKSANAAN :

1) Peralatan

Peralatan yang dipergunakan adalah :

- a) Timbangan
- b) satu set saringan
- c) oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$
- d) talam-talam
- e) kuas, sikat kuning, sendok, dan alat-alat lainnya.

2) Benda Uji

Agregat ukuran 3/4 “ 5000 gram

Agregat ukuran 3/8 “ 1000 gram

Abu batu 500 gram

Pasir 500 gram

Semua dibuat dua buah (duplo)

3) Cara Pengujian

Urutan proses dalam pengujian ini adalah :

a) benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, sampai berat tetap.

b) benda uji disaring lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

4) Perhitungan

Hitunglah persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji setelah disaring.

5) Laporan

Laporan meliputi :

a) jumlah persentase melalui masing-masing saringan, atau jumlah persentase di atas masing-masing saringan dalam bilangan bulat

b) grafik kumulatif

c) modulus kehalusan (*fineness modulus*).

b. Pengujian terhadap berat jenis untuk penyerapan agregat kasar dengan prosedur pemeriksaan mengikuti SNI-09-1989-1990. Langkah-langkahnya adalah :

CARA PELAKSANAAN :

1) Peralatan

Peralatan yang dipakai meliputi :

- a) keranjang kawat ukuran 3,35 mm (No. 6) atau 2,36 mm (No. 8) dengan kapasitas kira-kira 5 kg.
- b) tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan. Tempat ini harus dilengkapi dengan pipa sehingga permukaan air selalu tetap.
- c) timbangan dengan kapasitas 5 kg dan ketelitian 0,1 % dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
- d) oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$.
- e) alat pemisah contoh
- f) saringan no. 4 (4,75 mm).

2) Benda Uji

Benda uji adalah agregat yang tertahan saringan no.4 (4,75) mm diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat sebanyak kira-kira 5 kg.

3) Cara Pengujian atau Prosedur

Urutan pelaksanaan pengujian adalah :

- a) benda uji dicuci untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
- b) benda uji dikeringkan dalam oven pada suhu $(110^{\circ} + 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap. sebagai catatan, bila penyerapan dan harga berat jenis digunakan dalam pekerjaan beton dimana agregatnya digunakan pada keadaan kadar air aslinya, maka tidak perlu dilakukan pengeringan dengan oven.
- c) benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian ditimbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk).
- d) rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam.
- e) benda uji lalu dikeluarkan dari air, bersihkan dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang, untuk butiran yang besar pengeringan harus satu persatu.
- f) timbang benda uji kering-permukaan jenuh (Bj).
- g) benda uji diletakkan didalam keranjang, guncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya di dalam air (Ba), dan suhu air diukur untuk penyesuaian perhitungan pada suhu standar (25°C).
- h) banyak jenis bahan campuran yang mempunyai bagian butir-butir berat dan ringan, bahan semacam ini memberikan harga-harga berat jenis yang tidak tetap walaupun pemeriksaan dilakukan dengan sangat

hati-hati, dalam hal ini beberapa pemeriksaan ulangan diperlukan untuk mendapatkan harga rata-rata yang memuaskan.

4) Perhitungan

Perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar diberikan sebagai berikut :

a) berat jenis curah (*bulk specific gravity*) =

$$\frac{B_k}{B_j - B_a} \dots\dots\dots(1)$$

b) berat jenis kering-permukaan jenuh (*saturated surface dry*) =

$$\frac{B_j}{B_j - B_a} \dots\dots\dots(2)$$

c) berat jenis semu (*apparent specific gravity*) =

$$\frac{B_k}{B_k - B_a + \frac{B_j - B_k}{2.65}} \dots\dots\dots(3)$$

d) penyerapan = $\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$

keterangan :

Bk = berat benda uji kering oven, dalam gram

Bj = berat benda uji kering permukaan jenuh, dalam gram

Ba = berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air, dalam gram.

5) Laporan

Hasil ditulis dalam bilangan desimal sampai dua angka dibelakang koma.

- c. Pengujian terhadap berat jenis untuk penyerapan agregat halus dengan prosedur pemeriksaan mengikuti SNI-10-1968-1990. Langkah-langkahnya adalah :

CARA PELAKSANAAN :

1) Peralatan

Peralatan yang dipergunakan adalah sebagai berikut

- a) timbangan.kapasitas 1 kg atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram.
- b) piknometer dengan kapasitas 500 ml.
- c) kerucut terpancung diameter bagian atas (40±3) mm, diameter bagian bawah (90±d) mm dan tinggi (75+3) mm dibuat dari logam tebal minimum 0,8 mm.
- e) batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata berat (340±15) gram diameter permukaan penumbuk (25±3) mm.
- f) saringan No. 4 (4,75 mm).
- g) oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110±5)° C.
- h) pengukur suhu dengan ketelitian pembacaan 1° C.
- i) talam.

- j) bejana tempat air.
- k) pompa hampa udara atau tungku.
- l) desikator.

2) Benda Uji

Benda uji adalah agregat yang lewat saringan No. 4(4,75 mm) diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat (*quartering*) sebanyak 100 gram.

3) Cara Pengujian

Urutan proses dalam pengujian ini adalah :

- a) keringkan benda uji terlebih dahulu di dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$, sampai berat tetap. yang dimaksud berat tetap adalah keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut, tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar daripada 0,1% lalu didinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam benda uji dalam air selama $(24 + 4)$ jam.
- b) lalu buang air perendam dengan hati-hati, jangan ada butiran yang hilang. tebarkan Agregat diatas talam, dan dikeringkan di udara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji, pengeringan dilakukan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh.
- c) setelah itu periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, padatkan benda uji 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, masukkan juga air suling sampai mencapai 90% isi piknometer, lalu putar sambil di guncang sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya. Untuk mempercepat proses ini dapat dipergunakan pompa hampa udara, tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terhisap, dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer.
- e) rendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25°C .
- f) tambahkan pula air sampai mencapai tanda batas.
- g) timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (Bt).
- h) keluarkan benda uji, dan keringkan dalam oven dengan suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji dalam desikator.
- i) setelah benda uji dingin kemudian timbang (Bk).
- j) tentukan juga berat piknometer berisi air penuh dan jangan lupa ukur pula suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

4) Perhitungan

Dalam metode ini dilakukan perhitungan sebagai berikut :

Bk

$$\text{a) Berat jenis curah} = \frac{\text{---}}{(B + 500 - Bt)} \dots\dots\dots(1)$$

$$\begin{aligned} \text{b) Berat jenis jenuh kering permukaan} \\ = \frac{500}{(B + 500 - Bt)} \dots\dots\dots(2) \\ Bk \end{aligned}$$

$$\text{c) Berat jenis semu} = \frac{\text{---}}{(B + Bk - Bt)} \dots\dots\dots(3)$$

$$\begin{aligned} \text{d) Penyerapan} = \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

Keterangan :

Bk = berat benda uji kering oven, dalam gram

B = berat piknometer berisi air, dalam gram

Bi = berat piknometer berisi benda uji dan air, dalam gram

500 = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh dalam gram.

5) Laporan

Hasil ditulis dalam bilangan desimal sampai dua angka dibelakang koma.

- d. Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal dengan prosedur pemeriksaan mengikuti SNI-28-2439-1991. Langkah-langkahnya adalah :

CARA PELAKSANAAN

1) Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a) wadah untuk mengaduk, kapasitas minimal 500 ml.
- b) timbangan dengan kapasitas 200 gram, ketelitian 0,1 gram.
- c) pisau pengaduk dari baja (spatula) lebar 25mm panjang 100 mm.
- d) tabung gelas kimia (beker) kapasitas 600 ml.
- e) oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(150^{\circ} + 1)^{\circ}\text{C}$
- 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.

2) Persiapan Benda Uji

Cara menyiapkan benda uji :

- a) benda uji adalah agregat yang lewat saringan 9,5 mm (3/8") dan tertahan pada saringan 6,3 mm (1/4") sebanyak kira-kira 100 gram.
- b) cuci benda uji dengan air suling, dan keringkan pada suhu $140 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hingga berat tidak berubah lagi (*constant*), lalu simpan di dalam tempat yang tertutup rapat dan siap untuk diperiksa.
- c) untuk pelapisan agregat basah perlu ditentukan berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) dan penyerapan dari agregat kasar.

3) Cara Pengujian

- a) siapkan 100 gram benda uji, lalu masukkan ke dalam wadah.
- b) setelah siap panaskan wadah beserta benda uji selama 1 jam dalam oven pada suhu tetap antara $140^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- c) masukkan pula aspal yang sudah panas $5,5 \pm 0,2$ gram.
- d) aduk sampai merata dengan spatula yang sudah dipanasi selama 2-3 menit sampai benda uji terselimuti aspal.
- e) diamkan benda uji sampai mencapai suhu ruang.
- f) pindah benda uji yang sudah terselimuti aspal ke dalam tabung gelas kimia kapasitas 600 ml.

4) Laporan

Laporkan perkiraan luas permukaan benda uji yang masih terselimuti aspal dengan angka lebih dari 95% atau kurang dari 95%.

- e. Pengujian keausan agregat dengan mesin *Los Angeles* dengan prosedur pemeriksaan mengikuti SNI-02-2417-1991. Langkah-langkahnya adalah :

CARA PELAKSANAAN :

1) Peralatan

Peralatan untuk pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut :

- a) mesin Abrasi Los Angeles

mesin terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter 711 mm (28") panjang dalam 508 mm (20"); silinder bertumpu pada dua poros pendek yang tak menerus dan berputar pada poros mendatar. Silinder berlubang untuk memasukkan benda uji,

penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu, di bagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 89 mm (3,5").

- b) saringan No. 12 (1,7 mm) dan saringan-saringan lainnya.
- c) timbangan, dengan ketelitian 5 gram.
- d) bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4,68 cm (1 7/8") dan berat masing-masing antara 400 gram sampai 440 gram.
- e) oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

2) Benda Uji

Benda uji dipersiapkan dengan cara :

- a) berat dan gradasi benda uji.
- b) bersihkan dan keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$. sampai berat tetap.

3) Cara Pengujian

Pengujian dilaksanakan dengan cara sebagai berikut :

- a) pengujian ketahanan agregat kasar terhadap keausan dapat dilakukan dengan salah satu dari 7 (tujuh) cara berikut :

- (1) Cara A : Gradasi A, bahan lolos 37,5 mm sampai tertahan 9,5 mm. Jumlah bola 12 buah dengan 500 putaran.
- (2) Cara B : Gradasi B, bahan lolos 19 mm sampai tertahan 9,5 mm. Jumlah bola 11 buah dengan 500 putaran.

(3) Cara C : Gradasi C, bahan lolos 9,5 mm sampai tertahan 4,75 mm (no. 4). Jumlah bola 8 buah dengan 500 putaran.

(4) Cara D : Gradasi D, bahan lolos 4,75 mm (no. 4) sampai tertahan 2,36 mm (no. 8). Jumlah bola 6 buah dengan 500 putaran.

(5) Cara E : Gradasi E, bahan lolos 75 mm sampai tertahan 37,5 mm. Jumlah bola 12 buah dengan 1000 putaran.

(6) Cara F : Gradasi F, bahan lolos 50 mm sampai tertahan 25 mm. Jumlah bola 12 buah dengan 1000 putaran.

(7) Cara G : Gradasi G, bahan lolos 37,5 mm sampai tertahan 19 mm. Jumlah bola 12 buah dengan 1000 putaran.

bila tidak ditentukan cara yang harus dilakukan, maka pemilihan gradasi disesuaikan dengan contoh material yang merupakan wakil dari material yang akan digunakan.

b) masukkan benda uji dan bola baja ke dalam mesin Abrasi Los Angeles.

c) kemudian putar mesin dengan kecepatan 30 sampai dengan 33 rpm. Jumlah putaran gradasi A, B, C, dan D 500 putaran dan untuk gradasi E, F, dan G 1000 putaran.

d) setelah selesai pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan no.12 (1,7 mm), cuci bersih butiran yang tertahan di atasnya, selanjutnya keringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.

4) Perhitungan

$$\text{Keausan} = \frac{a - b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

keterangan :

a = berat benda uji semula, gram

b = berat benda uji tertahan saringan no. 12, gram.

5) Laporan

Keausan dilaporkan sebagai hasil rata-rata dari dua pengujian yang dinyatakan sebagai bilangan bulat dalam persen.

3. Pengujian Aspal

Agar kualitas aspal dapat dijamin untuk dapat memenuhi umur rencana pada perkerasan jalan, beberapa hal yang perlu diadakan pengujian adalah :

- a. Pengujian penetrasi, bertujuan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek (*solid* atau *semi solid*) dengan memasukkan jarum dengan ukuran, beban dan waktu tertentu kedalam bitumen pada suhu tertentu. Prosedur pemeriksaan mengikuti SNI-06-2456-1991.

Langkah-langkahnya adalah :

CARA PELAKSANAAN :

1) Peralatan

Peralatan yang digunakan pada pengujian ini

- a. Alat penetrometer yang dapat menggerakkan pemegang jarum untuk bergerak secara vertical tanpa gesekan dan dapat menunjukkan kedalaman masuknya jarum ke dalam benda uji sampai 0,1 mm .
- b. berat pemegang jarum 47,5 gram \pm 0,05 gram. Berat total pemegang jarum beserta jarum 50 gram \pm 0,05 gram. Pemegang jarum harus mudah dilepas dari penetrometer untuk keperluan pengecekan berat.
- c. berat beban 50 gram \pm 0,05 gram dan 100 gram \pm 0,05 gram sehingga dapat digunakan untuk mengukur penetrasi dengan berat total 100 gram atau 200 gram sesuai dengan kondisi pengujian yang diinginkan.
- d. Jarum penetrasi harus terbuat dari stainless steel dan dari bahan yang kuat, Grade 440-C atau yang setara, HRC 54 sampai 60. Memiliki panjang sekitar 50 mm sedangkan jarum panjang memiliki panjang sekitar 60 mm (2,4 in).
- e. Cawan benda uji

Terbuat dari logam atau gelas yang berbentuk silinder dengan dasar yang rata dan berukuran :

Untuk pengujian penetrasi di bawah 200 :

1. Diameter, mm 55
2. Tinggi bagian dalam, mm 35

Untuk pengujian penetrasi antara 200 dan 350 :

1. Diameter, mm 55 - 75
2. Tinggi bagian dalam, mm 45 - 70

Untuk pengujian penetrasi antara 350 dan 500 :

1. Diameter, mm 55
2. Tinggi bagian dalam, mm 70

f. Bak perendam

Terdiri dari bejana dengan isi tidak kurang dari 10 liter dan dapat mempertahankan temperatur $25^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ atau temperatur lain dengan ketelitian tidak lebih dari $0,1^{\circ}\text{C}$. Bejana atau bak perendam harus dilengkapi dengan pelat dasar berlubang yang terletak tidak kurang dari 50 mm di atas dasar bejana dan tidak kurang dari 100 mm di bawah permukaan air dalam bejana.

CATATAN : Untuk air perendam dianjurkan menggunakan air suling. Hindari kontaminasi oleh bahan pengaktif permukaan atau bahan kimia lain karena dapat mempengaruhi hasil uji.

g. Transfer dish

Transfer dish harus mempunyai isi tidak kurang dari 350 ml dan cukup tinggi untuk dapat merendam cawan benda uji ukuran besar. Transfer dish harus disertai dudukan, antara lain kaki tiga, agar cawan benda uji tidak bergerak selama pengujian.

h. Pengatur waktu

Untuk penetrometer yang dijalankan secara manual dapat digunakan pengukur waktu apa saja seperti stopwatch atau pengatur

waktu elektrik yang terkalibrasi dan mempunyai skala terkecil 0,1 detik atau kurang dengan kesalahan tertinggi 0,1 detik untuk setiap 60 detik. Untuk penetrometer otomatis kesalahan tidak boleh lebih dari 0,1 detik.

i. Termometer

2) Benda uji

Benda uji adalah aspal sebanyak 100 gram yang bersih dan bebas dari air serta minyak ringan.

3) Persiapan benda uji

a) apabila contoh tidak cukup cair, maka panaskan terlebih dahulu contoh dengan hati-hati dan aduk sedapat mungkin untuk menghindari terjadinya pemanasan setempat yang berlebih. Lakukan pemanasan ini sampai contoh cukup cair untuk dituangkan. Pemanasan contoh tidak boleh lebih dari 90°C di atas titik lembeknya, pemanasan tidak boleh lebih dari 60 menit, kemudian aduk untuk menjamin kehomogenan contoh, dan jangan sampai ada gelembung udara dalam contoh

b) tuang benda uji aspal ke dalam 2 (dua) cawan (duplo) benda uji sampai batas ketinggian pada cawan benda uji;

c) dinginkan benda uji, tinggi benda uji tidak kurang dari 120% dari kedalaman jarum pada saat pengujian penetrasi. Lalu tuang benda uji ke dalam cawan yang terpisah untuk setiap kondisi pengujian yang berbeda. Jika diameter cawan benda uji kurang

dari 65 mm dan nilai penetrasi diperkirakan lebih besar dari 200 maka tuang benda uji ke dalam empat cawan untuk setiap jenis kondisi pengujian.

d) dinginkan pada temperatur antara 15 sampai dengan 30°C selama 1 sampai dengan 1,5 jam untuk benda uji dalam cawan kecil (55 mm x 35 mm) dan 1,5 jam sampai dengan 2 jam untuk benda uji dalam cawan yang besar, dan tutup benda uji dalam cawan benda uji agar bebas dari debu.

e) letakkan benda uji dan transfer dish dalam bak perendam pada temperatur pengujian selama 1 jam sampai dengan 1,5 jam untuk cawan benda uji kecil (55 mm x 35 mm) dan 1,5 jam sampai dengan 2 jam untuk cawan benda uji besar.

4) Kondisi pengujian

Apabila kondisi pengujian tidak ditentukan, maka temperatur, berat total dan waktu pengujian adalah 25°C, 100 gram dan 5 detik. Kondisi lain dapat digunakan untuk pengujian khusus antara lain seperti kondisi pada Tabel 3.2 :

Tabel 3.2 Kondisi lain untuk pengujian khusus

Temperatur (C)	Berat total (gram)	Waktu (detik)
0	200	60
4	200	60
45	50	5
46,1	50	5

Untuk pengujian khusus maka kondisi pengujian harus dilaporkan.

5) Cara pengujian

- a) periksa pemegang jarum agar jarum dapat dipasang dengan baik dan bersihkan jarum penetrasi dengan toluene atau pelarut lain yang sesuai kemudian keringkan dengan lap bersih dan dipasangkan pada pemegang jarum. Apabila diperkirakan nilai penetrasi lebih besar dari 350 disarankan menggunakan jarum penetrasi yang panjang.
- b) letakkan pemberat 50 gram pada pemegang jarum untuk memperoleh berat total 100 gram \pm 0,1 gram kecuali disyaratkan berat total yang lain.
- c) bila pengujian dilakukan penetrometer dalam bak perendam, letakkan cawan berisi benda uji langsung pada alat penetrometer. Jaga cawan benda uji agar tertutupi air dalam bak perendam. Apabila pengujian dilakukan di luar bak perendam kita letakkan cawan berisi benda uji dalam transfer dish, dan kita rendam cawan benda uji dengan air dari bak perendam, dan diletakkan pada alat penetrometer.
- d) pastikan kerataan posisi alat penetrometer dengan memeriksa waterpass pada alat.
- e) turunkan jarum perlahan-lahan sampai jarum menyentuh permukaan benda uji. Hal ini dilakukan dengan cara menurunkan

jarum ke permukaan benda uji sampai ujung jarum bersentuhan dengan bayangan jarum dalam benda uji. Agar bayangan jarum dalam benda uji tampak jelas gunakan lampu sorot dengan watt rendah (5 watt) agar tidak mempengaruhi temperatur benda uji. Kemudian aturlah angka 0 pada arloji penetrometer sehingga jarum penunjuk berada pada posisi angka 0 pada jarum penetrometer.

f) segera lepaskan pemegang jarum selama waktu yang disyaratkan ($5 \text{ detik} \pm 0,1 \text{ detik}$) atau yang disyaratkan lain (seperti pada Tabel 2). Apabila wadah benda uji bergerak pada saat pengujian maka pengujian dianggap gagal.

g) atur (putar) arloji penetrometer untuk mengukur nilai penetrasi dan baca angka penetrasi yang ditunjukkan jarum penunjuk pada angka 0,1 mm terdekat.

h) paling sedikit lakukan tiga kali pengujian untuk benda uji yang sama, dengan ketentuan setiap titik pemeriksaan berjarak tidak kurang 10 mm dari dinding cawan dan tidak kurang 10 mm dari satu titik pengujian dengan titik pengujian lainnya. Jika digunakan transfer dish, kita masukkan benda uji dan transfer dish ke dalam bak perendam yang mempunyai temperatur konstan pada setiap selesai satu pengujian benda uji. Jangan lupa kita gunakan jarum yang bersih untuk setiap kali pengujian. Apabila nilai penetrasi lebih dari 200, kita gunakan paling sedikit

tiga jarum yang setelah digunakan dibiarkan tertancap pada benda uji sampai tiga kali pengujian selesai. Jika diameter cawan benda uji kurang dari 65 mm dan nilai penetrasi diperkirakan lebih dari 200, kita buat setiap pengujian dari tiga kali pengujian penetrasi dilakukan pada benda uji dalam cawan yang terpisah sebagaimana yang telah disiapkan pada persiapan benda uji butir (c).

6) Pelaporan

laporkan dalam bilangan bulat nilai penetrasi rata-rata sekurang-kurangnya dari tiga kali pengujian yang nilainya tidak berbeda lebih dari yang disyaratkan :

- b. Pengujian terhadap titik lembek, bertujuan untuk menentukan titik lembek aspal yang berkisar antara 30°C sampai 200°C. yang dimaksud dengan titik lembek adalah suhu pada saat bola baja, dengan berat tertentu, mendesak turun suatu lapisan aspal yang tertahan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak di bawah cincin pada tinggi 25,4 mm, sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu. Prosedur pemeriksaan mengikuti SNI-M-20-1990-

F. Langkah-langkahnya adalah :

CARA PELAKSANAAN

1) Peralatan :

Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a) termometer

- b) cincin kuningan
- c) bola baja diameter 9,53 mm, berat $3,50 \pm 0,05$ gram
- d) alat pengarah bola.
- e) bejana gelas, tahan pemanasan mendadak dengan diameter dalam 8,5 cm dengan tinggi sekurang-kurangnya 12 cm, kapasitas 800 ml.
- f) dudukan benda uji.
- g) penjepit.

2) Persiapan Benda Uji

Benda uji adalah aspal atau ter sebanyak 25 gram yang dipersiapkan dengan cara sebagai berikut :

- a) panaskan contoh perlahan-lahan sambil aduk terus menerus hingga cair merata, dengan ketentuan pemanasan dan pengadukan dilakukan perlahan-lahan agar gelembung-gelembung udara tidak masuk.
- b) suhu titik lembeknya dan untuk aspal tidak melebihi 111°C diatas titik lembeknya.
- c) waktu untuk pemanasan ter tidak melebihi 30 menit sedangkan untuk aspal tidak melebihi 2 jam.
- d) panaskan 2 buah cincin sampai mencapai suhu tuang contoh, dan letakkan kedua cincin diatas pelat kuningan yang telah diberi lapisan dari campuran talk dan glycerol.

- e) tuang contoh kedalam dua buah cincin, dan diamkan pada suhu sekurang-kurangnya 8°C dibawah titik lembeknya sekurang-kurangnya selama 30 menit.
- f) setelah dingin, ratakan permukaan contoh dalam cincin dengan pisau yang telah dipanaskan.

3) Cara Pengujian

Urutan proses dalam pengujian ini adalah :

- a) pasang dan atur kedua benda uji diatas dudukannya dan letakkan pengarah bola di atasnya, kemudian masukkan seluruh peralatan tersebut kedalam bejana gelas.
- b) isi bejana dengan air suling baru, dengan suhu $(5 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ sehingga tinggi permukaan air berkisar antara 101,6 mm sampai 108 mm.
- c) letakkan termometer yang sesuai untuk pekerjaan ini diantara kedua benda uji (kurang lebih 12,7 mm dari tiap cincin), jangan lupa periksa dan atur jarak antara permukaan pelat dasar dengan dasar benda uji sehingga menjadi 25,4 mm.
- d) letakkan bola-bola baja yang bersuhu 5°C di atas dan di tengah permukaan masing-masing benda uji yang bersuhu 5°C menggunakan penjepit dengan memasang kembali pengarah bola pada temperatur $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 15 menit.
- e) panaskan bejana sehingga kenaikan suhu menjadi 5°C per menit, kecepatan pemanasan ini tidak boleh diambil dari kecepatan pemanasan rata-rata dari awal dan akhir pekerjaan ini, untuk 3

menit yang pertama perbedaan kecepatan pemanasan tidak boleh melebihi $0,5^{\circ}\text{C}$.

f) apabila kecepatan pemanasan melebihi ketentuan dalam butir (a),(b) dan (e) maka pekerjaan diulangi.

g) apabila dari suatu pekerjaan duplo perbedaan suhu dalam cara pengujian ini melebihi 1°C maka pekerjaan harus diulangi.

4) Laporan

Hal yang dilaporkan, meliputi :

a) suhu pada saat setiap bola menyentuh pelat dasar.

b) suhu titik lembek bahan bersangkutan dari hasil pengamatan rata-rata dan bulatkan sampai $0,5^{\circ}\text{C}$ terdekat untuk tiap percobaan ganda (duplo)

c. Pengujian terhadap titik nyala dan titik bakar, bertujuan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar dari semua jenis hasil minyak bumi kecuali minyak bakar dan bahan lainnya yang mempunyai titik nyala *open cup* kurang dari 79°C . titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik diatas permukaan aspal. Titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik di atas permukaan aspal. Prosedur pemeriksaan mengikuti SNI-M- 19-1990-F.

Langkah-langkahnya adalah :

CARA PELAKSANAAN

1) Peralatan

Peralatan yang dipakai dalam metode ini adalah :

- a) termometer
- b) cleveland open cup adalah cawan kuningan dengan bentuk dan ukuran tertentu.
- c) pelat pemanas, terdiri dari logam untuk meletakkan cawan Cleveland.
- d) sumber pemanasan, pembakar gas atau tungku listrik, atau pembakar alkohol yang tidak menimbulkan asap atau nyala di sekitar bagian atas cawan.
- e) penahan angin, alat yang menahan angin apabila digunakan nyala sebagai pemanasan.
- f) nyala penguji, yang dapat diatur dan memberikan nyala dengan diameter 3,2 sampai 4,8 mm, dengan panjang tabung 75 mm.

2) Persiapan Benda Uji

Benda uji adalah contoh aspal sebanyak ± 100 gram yang dipersiapkan dengan cara :

- a) panaskan contoh aspal pada suhu $\pm 140^{\circ}\text{C}$ sampai cukup cair.
- b) kemudian isi cawan Cleveland sampai garis batas dan hilangkan (pecahkan) gelembung udara yang ada pada permukaan cairan.

3) Cara Pengujian

Urutan proses dalam pengujian ini adalah :

- a) letakkan cawan di atas pelat pemanas dan kita atur sumber pemanas sehingga terletak dibawah titik tengah cawan.

- b) letakkan nyala penguji dengan poros pada jarak 75 mm dari titik tengah cawan.
- c) tempatkan termometer tegak lurus di dalam benda uji dengan jarak 6,4 mm diatas dasar cawan dan terletak pada satu garis yang menghubungkan titik tengah cawan dan titik poros nyala penguji kemudian atur sehingga poros termometer terletak pada jarak $1/4$ diameter cawan dari tepi
- d) tempatkan penahan angin di depan nyala penguji.
- e) lalu nyalakan sumber pemanas dan jangan lupa atur pemanasan sehingga kenaikan suhu menjadi $(15 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ per menit sampai benda uji mencapai suhu 56°C dibawah titik nyala perkiraan.
- f) kemudian atur pula kecepatan pemanasan 5°C sampai 6°C per menit pada suhu antara 56°C dan 28°C dibawah titik nyala perkiraan
- g) nyalakan alat penguji dan atur agar diameter nyala penguji tersebut menjadi 3,2 sampai 4.8 mm.
- h) putar nyala penguji sehingga melalui permukaan cawan (dari tepi ke tepi cawan) dalam waktu satu detik ulangi pekerjaan tersebut setiap kenaikan 2°C .
- i) anjutkan pekerjaan b,c,f dan b,c,h sampai terlihat nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan benda uji, lalu baca suhu pada termometer dan kita catat

- j) lanjutkan pekerjaan b.c.i sampai terlihat nyala yang agak lama sekurang-kurangnya 5 detik diatas permukaan benda uji, baca suhu pada termometer dan catat.
- k) pemeriksaan yang tidak memenuhi syarat toleransi dianggap gagal dan harus diulang.

4) Laporan

Laporkan hasil rata-rata pemeriksaan ganda (duplo) sebagai titik nyala benda uji, dengan toleransi tersebut di atas.

- d. Pemeriksaan daktilitas, bertujuan untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara 2 cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Prosedur pemeriksaan mengikuti SNI-18-2432-1991. Langkah-langkahnya adalah :

CARA PELAKSANAAN

1) Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah :

- a) termometer.
- b) cetakan daktilitas kuningan.
- c) bak perendam isi 10 liter, yang dapat menjaga suhu tertentu selama pengujian dengan ketelitian $0,1^{\circ}\text{C}$, dan benda uji dapat terendam sekurang-kurangnya 100 mm dibawah permukaan air. Bak tersebut dilengkapi dengan pelat dasar berlubang yang diletakkan 50 mm dari dasar bak perendam untuk meletakkan benda uji.
- d) mesin uji dengan ketentuan :

- (1) dapat menarik benda uji dengan kecepatan yang tetap.
- (2) dapat menjaga benda uji tetap terendam dan tidak menimbulkan getaran selama pemeriksaan.

e) bahan methyl alkohol teknik atau glycerin teknik.

2) Persiapan Benda Uji

Benda uji adalah contoh aspal sebanyak 100 gram yang dipersiapkan :

- a) pertama-tama lapisi semua bagian dalam sisi-sisi cetakan daktilitas dan bagian atas pelat dasar dengan campuran glycerin dan dextrin atau glycerin dan talk atau glycerin dan kaolin atau amalgam, kemudian pasang cetakan daktilitas diatas pelat dasar;
- b) panaskan contoh aspal sehingga cair dan dapat dituang. Untuk menghindarkan pemanasan setempat, lakukan dengan hati-hati. Lakukan pemanasan sampai suhu antara 80°C-100°C di atas titik lembek, kemudian saring contoh dengan saringan No. 50 dan aduk, lalu tuang dalam cetakan.
- c) pada waktu mengisi cetakan, contoh harus dituang dengan hati-hati dari ujung ke ujung hingga penuh berlebihan.
- d) dinginkan cetakan pada suhu ruang selama 30 sampai 40 menit lalu pindah seluruhnya kedalam bak perendam yang telah disiapkan pada suhu pemeriksaan selama 30 menit, kemudian ratakan contoh yang berlebihan dengan pisau atau spatula yang panas sehingga cetakan terisi penuh dan rata.

3) Cara Pengujian

Urutan proses dalam pengujian ini adalah :

- a) diamkan benda uji pada suhu 25°C dalam bak perendam selama 85 sampai 95 menit, kemudian lepas benda uji dari pelat dasar dan sisi-sisi cetakannya.
 - b) lalu pasang benda uji pada alat mesin uji dan tarik benda uji secara teratur dengan kecepatan 50 mm/menit sampai benda uji putus, perbedaan kecepatan lebih atau kurang dari 5% masih diizinkan. Lalu baca jarak antara pemegang benda uji, pada saat benda uji putus (dalam sentimeter) selama percobaan berlangsung benda uji harus selalu terendam sekurang-kurangnya 25 mm dalam air dan suhu harus dipertahankan tetap ($25^{\circ} \pm 0,5^{\circ}$) C.
 - c) apabila benda uji menyentuh dasar mesin uji atau terapung pada permukaan air maka pengujian dianggap tidak normal, untuk menghindari hal semacam ini maka berat jenis air harus disesuaikan dengan berat jenis benda uji dengan menambah methyl alkohol atau glycerin, apabila pemeriksaan normal tidak berhasil setelah dilakukan 3 kali maka di laporkan bahwa pengujian daktilitas bitumen tersebut gagal.
- 4) Laporan
- Laporkan hasil rata-rata dari 3 benda uji normal sebagai harga daktilitas contoh tersebut.

- e. Pemeriksaan kelarutan bitumen dalam karbon tetra klorida (CCl_4), bertujuan untuk menentukan kadar bitumen yang larut dalam karbon tetra klorida. Prosedur pemeriksaan mengikuti AASTHO T-44-70.

CARA PELAKSANAAN

1) Peralatan

Peralatan yang dipergunakan adalah :

- a) kertas saring (cawan porselen berdiameter atas 4,4 cm, mengecil kebawah dengan diameter dasar sekurang-kurangnya 3,6 cm dengan tinggi bagian dalam 2,5 cm.
 - b) alas dari asbes dengan panjang serat kira-kira 1 cm yang telah dicuci dengan asam.
 - c) labu Erlenmeyer dengan kapasitas 125 ml.
 - d) Labu penyaring.
 - e) Tabung penyaring.
 - f) tabung karet untuk menahan gooch-crucible
 - g) oven
 - h) timbangan
 - i) pembakar gas
 - j) pompa hampa udara (vacuum)
 - k) desikator
 - l) batang pembersih (polisman)
- ##### 2) Benda Uji
- a. Aspal keras

b. Karbon tetra klorida (CCL_4)

3) Penyiapan Benda Uji

- a. Mengambil contoh bitumen yang telah dikeringkan dibawah suhu penguapan air sekurang-kurangnya 2 gram
- b. Apabila contoh bitumen tersebut keras, ditumbuk sekurang-kurangnya 4 gram sampai halus dan diambil 2 gram sebagai benda uji.
- c. Memanaskan aspal keras pada suhu 110°C sampai menjadi cair.
- d. Didiamkan pada suhu ruang 25°C .

3) Cara Pengujian

- a) menimbang labu elenmeyer.
- b) memasukkan benda uji dan dituangkan 300 cm^3 karbon tetra klorida sedikit demi sedikit sambil diaduk sehingga bitumen larut.
- c) masukkan tabung penyaring dalam mulut labu penyaring dan masukkan kertas saring ke dalam tabung penyaring kemudian hubungkan labu penyaring dengan pompa hampa udara. Isi kertas saring dengan suspensi asbes dalam air, isap dengan menggunakan pompa hampa udara hingga terbentuk lapisan halus asbes pada dasar kertas saring. Kemudian angkat dan bakar kertas saring dengan menggunakan pembakar gas dan menimbang setelah didinginkan dalam desikator. Mengulangi beberapa kali pekerjaan ini sampai mendapatkan asbes kering sebanyak $(0,5\pm 0,1)$ gram. Selanjutnya memasukkan kertas saring tersebut kedalam tabung penyaring.

- d) simpan dalam lemari sekurang-kurangnya 2 jam
- e) tuangkan larutan (a) ke dalam kertas saring yang telah dipersiapkan dan isap dengan pompa hampa udara. Atur kran pengisapan sehingga asbes dan endapan tidak ikut terhisap.
- f) bersihkan dinding labu elenmeyer dengan batang pembersih dan karbon tetra klorida, sedikit kemudian pindahkan endapan ini kedalam kertas saring.
- g) cuci bagian dalam kertas saring dengan karbon tetra klorida hingga filtrate menjadi jernih, kemudian isap dengan pompa udara hingga kering.
- h) keringkan kertas saring didalam oven pada suhu 100°C sampai 125°C selam 20 menit.
- i) dinginkan dalam desikator dan timbang.
- j) apabila terdapat sisa-sisa endapan pada dinding labu elenmeyer, maka labu dikeringkan dan ditimbang.
- k) tambahkan hasil perbedaan timbangan labu elenmeyer tersebut (j) sebagai zat yang tidak larut dalam CCL_4 . jika ada keragu-raguan mengenai terbawanya mineral dalam filtrate, maka filtrate tersebut diuapkan dan dibakar sisa-sisa ini dalam porselen. Apabila terdapat mineral karbonat, maka pada labu ditambahkan beberapa tetes larutan $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ pekat dan dikeringkan pada suhu 100°C , kemudian dibakar untuk kedua kalinya hingga warnanya menjadi

merah tua dan didinginkan dalam desikator dan menambahkan berat labu ini pada berat endapan kertas saring.

4) Laporan

Laporan berupa persen aspal yang larut.

- f. Pemeriksaan berat jenis bitumen keras, bertujuan untuk menentukan berat jenis bitumen keras dengan piknometer. Berat jenis bitumen atau ter adalah perbandingan antara berat bitumen dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Prosedur pemeriksaan mengikuti SNI-M-30-1990-F. Langkah-langkahnya adalah :

CARA PELAKSANAAN

1) Peralatan

Peralatan yang dipergunakan adalah :

- a) termometer
- b) bak perendam yang dilengkapi pengatur suhu dengan ketelitian ($25^{\circ} + 0,1$)C.
- c) piknometer 30 ml.
- d) air suling sebanyak 1000 ml.
- e) bejana gelas, kapasitas 1000 ml.

2) Benda Uji

Benda uji adalah contoh aspal padat sebanyak 100 gram.

3) Cara Pengujian

Urutan proses pengujian ini adalah :

- a) isi bejana dengan air suling sehingga diperkirakan bagian atas piknometer yang tidak terendam 40 mm, kemudian rendam dan jepit bejana tersebut dalam bak perendam sehingga terendam sekurang-kurangnya 100 mm, atur pula suhu bak perendam pada suhu 25°C.
- b) bersihkan, keringkan, dan timbang pula piknometer dengan ketelitian 1 mg (A)
- c) angkat bejana dan bak perendam dan isi piknometer dengan air suling kemudian piknometer ditutup tanpa ditekan.
- d) letakkan piknometer kedalam bejana dan tekan penutup sehingga rapat. Lalu kembalikan bejana berisi piknometer kedalam bak perendam, diamkan bejana tersebut di dalam bak perendam selama sekurang-kurangnya 30 menit, kemudian angkat dan keringkan dengan lap, kemudian piknometer ditimbang dengan ketelitian 1 mg. (B)
- e) panaskan contoh bitumen keras atau ter sejumlah 100 gram, sampai menjadi cair dan aduk untuk mencegah pemanasan setempat, pemanasan tidak boleh lebih dari 30 menit pada suhu 111°C diatas titik lembek aspal.
- f) tuang benda uji tersebut kedalam piknometer yang telah kering hingga terisi 3/4 bagian.
- g) biarkan piknometer sampai dingin, selama tidak kurang dari 40 menit dan timbang dengan penutupnya dengan ketelitian 1 mg.(C)

h) isi piknometer yang berisi benda uji dengan air suling dan kita tutup tanpa ditekan, diamkan agar gelembung-gelembung udara keluar.

i) angkat bejana dan bak perendam dan letakkan piknometer di dalamnya, kemudian tekan penutup hingga rapat, lalu masukkan dan diamkan bejana kedalam bak perendam selama sekurang-kurangnya 30 menit, keringkan, dan timbang piknometer. (D)

4) Perhitungan

Perhitungan berat jenis dengan rumus : (C-A)

Keterangan :

V = berat jenis aspal

A = berat piknometer (dengan penutup) (gram)

B = berat piknometer berisi air (gram)

C = berat piknometer berisi aspal (gram)

D = berat piknometer berisi aspal dan air (gram)

5) Laporan

Laporan berat jenis aspal padat sampai tiga angka di belakang koma.

G. Perancangan Benda Uji Campuran Beton Aspal

Benda uji yang dibuat dalam penelitian ini menggunakan kadar aspal optimum dengan interval $\pm 0,5\%$. Untuk penelitian ini campuran dilakukan dengan menggunakan kadar aspal untuk ukuran butiran maksimum 12,5 mm menggunakan kadar aspal 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; 6,5%.

H. Pembuatan Benda Uji

Pemadatan benda uji dengan alat penumbuk sebanyak 2 x 75 tumbukan.

Sedangkan peralatan yang digunakan antara lain :

- a. Alat penumbuk untuk memadat benda uji, dengan berat 4,536 kg (10 pound) dan tinggi tumbukan 45,7 cm (18”).
- b. Cetakan benda uji yang terbuat dari besi baja berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 7,5 cm. pada bagian bawah silinder terdapat plat serta dilengkapi dengan peralatan berbentuk silinder yang berfungsi sebagai penyambung silinder yang satu dengan silinder yang lain.
- c. Sebuah alat *ejector manual* untuk melepas benda uji.

Dan peralatan pendukung lainnya adalah :

- a. *Spatula* dan timbangan dengan ketelitian 0,10 gr.
- b. Panci untuk memanaskan benda uji.
- c. Wajan untuk pencampuran aspal dengan agregat diatas kompor gas.
- d. Thermometer 250°C dan sendok pengaduk.
- e. *Oven* untuk memanaskan bahan secara konstan.
- f. *Water bath* (bak perendam) dilengkapi dengan alat pengatur suhu minimum 20°C.
- g. Kaleng untuk memanaskan aspal.

I. Perlakuan Benda Uji

Setelah benda uji selesai dibuat, maka benda uji tersebut diperlakukan khusus sesuai dengan waktu curing yang akan diteliti. Lamanya waktu curing

adalah 12 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam, 60 jam, dan 72 jam. Setelah mencapai waktu yang ditentukan maka benda uji tersebut dapat langsung diuji dengan menggunakan alat Marshall.

J. Pengujian Benda Uji dengan *Marshall Test*

Setelah benda uji selesai dirancang dan dibuat, dan telah mencapai waktu curing yang telah ditentukan maka dilakukan pengujian dengan alat *Marshall* untuk mendapatkan nilai stabilitas, *flow*, dan MQ. Sedangkan nilai *density*, VMA, VFWA, VIM didapatkan dari hasil perhitungan. Nilai-nilai yang didapat harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Apabila tidak memenuhi persyaratan yang ada maka langkah penelitian kembali ke perancangan campuran beton aspal. Untuk lebih jelasnya tentang persyaratan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.6 dan Tabel 2.7.

Peralatan yang kita butuhkan adalah Mesin tekan *Marshall* lengkap dengan :

1. Alat untuk menekan benda uji berbentuk setengah lingkaran satu pasang.
2. Arloji sebagai penunjuk kelelahan.
3. Alat penekan benda uji berbentuk cincin dengan kapasitas 2500 kg (5000 pound) dengan ketelitian 12,5 kg (25 pound) dan arloji untuk penekan benda uji dengan tingkat ketelitian 0,0025 cm (0,0001”).

K. Analisa Perhitungan Karakteristik *Marshall*

Data-data hasil analisa yang diperoleh dari hasil tes laboratorium adalah :

a. Berat jenis benda uji

1. Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat bitumen dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

$$\text{BJ Aspal} = \frac{\text{Berat}}{\text{Volume}} \text{ pada suhu } 25^{\circ}\text{C} \text{ (gr / cm}^3\text{)}$$

2. Berat jenis agregat adalah hasil gabungan antara berat jenis agregat kasar dan agregat halus. Untuk memudahkan perhitungan berat jenis *bulk* dari total agregat yang ada dinyatakan dalam Gsb.

$$\text{Gsb} = \frac{100}{\frac{\% \text{BP}_1}{\text{BJ BULK}} + \frac{\% \text{BP}_2}{\text{BJ BULK}} + \frac{\% \text{PSR}}{\text{BJ BULK}} + \frac{\% \text{ABU}}{\text{BJ BULK}}} \text{ (gr / cm}^3\text{)}$$

Berat jebis semu dari total agregat yang ada dinyatakan dalam Gsa

$$\text{Gsa} = \frac{100}{\frac{\% \text{BP}_1}{\text{BJ APP}} + \frac{\% \text{BP}_2}{\text{BJ APP}} + \frac{\% \text{PSR}}{\text{BJ APP}} + \frac{\% \text{ABU}}{\text{BJ APP}}} \text{ (gr / cm}^3\text{)}$$

Berat jenis efektif dari total agregat :

$$\text{Gse} = \frac{\text{Gsb} - \text{Gsa}}{2} \text{ (gr / cm}^3\text{)}$$

Berat jenis maksimum dari campuran :

$$\text{Gmm} = \frac{100}{\frac{100 - \% \text{ aspal}}{\text{Gse}} + \frac{\% \text{ aspal}}{\text{BJ aspal}}} \text{ (gr / cm}^3\text{)}$$

b. *Density* (kerapatan)

Nilai dari *density* (berat jenis *bulk* campuran) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{BJ Bulk Campuran} = \frac{\text{Berat di udara}}{\text{SSD} - \text{Berat dalam air}} \quad (\text{gr} / \text{cm}^3)$$

c. *Void In The Mix* (VIM)

VIM adalah nilai prosentase rongga udara yang ada dalam campuran, didapat dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{VIM} = \frac{\text{BJ Maks. Camp} - \text{BJ Bulk Camp}}{\text{BJ Maks Camp.}} \times 100 \quad (\%)$$

d. *Void In Mineral Aggregate* (VMA)

Nilai dari VMA dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{VMA} = \frac{100 - \text{BJ Bulk camp.} (100 - \% \text{ aspal})}{\text{Gsb}} \quad (\%)$$

e. *Void Filled With Aspal* (VFWA)

VFWA adalah nilai prosentase rongga yang terisi aspal efektif, didapat dari rumus sebagai berikut :

$$\text{VFWA} = \frac{\left[\frac{\% \text{ aspal} \times \text{BJ Bulk camp.}}{\text{BJ aspal}} \right]}{\left[\frac{\% \text{ aspal} \times \text{BJ Bulk camp.}}{\text{BJ aspal}} \right] + \text{VIM}} \times 100 \quad (\%)$$

f. Stabilitas

Nilai stabilitas dari benda uji didapat dari pembacaan arloji stabilitas alat tekan *Marshall*. Angka ini dikoreksi dengan angka kalibrasi alat dan angka koreksi ketebalan benda uji.

Rumus stabilitas adalah

$$S = P \times \text{koreksi tebal benda uji (kg)}$$

$$P = \text{Kalibrasi proving ring pada O}$$

$$O = \text{Nilai pembacaan arloji stabilitas}$$

g. Kelelahan (*flow*)

Nilai *flow* = *r* didapat dari pembacaan arloji *flow* yang menyatakan deformasi benda uji dalam satuan 0,01 mm

h. Hasilbagi *Marshall* (*Marshall Quotient*)

Perhitungan nilai *Marshall Quotient* didasarkan atas rumus :

$$MQ = \frac{\text{Stabilitas}}{102 \times \text{Flow strip} \times 0,01} \quad (\text{kg / mm})$$

BAB IV

HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

A. Pengujian Agregat

Hasil dari pengujian agregat dapat dilihat pada Tabel 4.1 :

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Agregat

Parameter Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Keterangan
Agregat Kasar			
1. Berat Jenis	2,703 gr/ml	> 2,5 gr/ml	Memenuhi
2. Penyerapan	1,437 %	< 3%	Memenuhi
3. Abrasi dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	20,2%	< 40%	Memenuhi
4. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	> 95%	> 95%	Memenuhi
Agregat Halus			
1. Berat Jenis	2,758 gr/ml	> 2,5 gr/ml	Memenuhi
2. Penyerapan	1,999 %	< 3%	Memenuhi

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dan semua persyaratan spesifikasi memenuhi persyaratan maka agregat tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran pembuatan briket.

B. Pengujian Aspal

Hasil dari pengujian aspal dapat dilihat pada tabel 4.2 :

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Aspal

Parameter Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Keterangan
Aspal			
1. Penetrasi	65,5	60 – 70	Memenuhi
2. Daktilitas	105 cm	> 100 cm	Memenuhi
3. Titik Lembek	53°C	48 – 58°C	Memenuhi
4. Titik Nyala	232°C	> 200°C	Memenuhi
5. Titik Bakar	234°C	> 200°C	Memenuhi
6. Berat Jenis Aspal	1,04 gr/ml	> 1 gr/ml	Memenuhi
7. Kelarutan Bitumen dalam <i>Carbon Tetra Chlorida</i> (<i>CCL₄</i>)	99,34%	> 99%	Memenuhi

Dari semua pengujian aspal yang telah dilakukan, semua parameter hasilnya memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Maka aspal tersebut memenuhi persyaratan untuk digunakan dalam pembuatan campuran briket.

C. Pencarian Kadar Aspal Optimum

Setelah semua bahan diuji dan memenuhi persyaratan maka selanjutnya dilakukan pengujian untuk mencari kadar aspal yang optimum (antara 4,5 % -

6,5 %), yang nantinya kadar aspal optimum tersebut digunakan untuk mencari curing time yang optimum. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4. 3



Tabel 4.3 Hasil Pengujian Untuk Pencarian Kadar Aspal Optimum

ANGKA PENETRASI ASPAL : 60/70
 BERAT JENIS ASPAL : 1.040

NOMOR BENDA UJI	KADAR ASPAL	BJ MAKS CAMPURAN	ISI BENDA UJI	BERAT (GRAM)			BJ BULK CAMP	RONGGA UDARA %	RONGGA DLM MIN. AGG (%)	RONGGA TERISI ASPAL (%)	STABILITAS		KELELEHAN PLASTIS (MM)	HASIL BAGI MARSHALL
				DI UDARA	DALAM AIR	SSD					DIBACA STRIP	DISESUAI KAN (KG)		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A	4.5	2.536	503	1189.9	698.0	1200.8	2.367				112	1254.2	2.67	
B	4.5	2.536	502	1186.9	694.5	1196	2.367				120	1343.7	2.72	
C	4.5	2.536	504	1188.6	694.2	1198.5	2.357				115	1288.6	2.34	
		2.536					2.363	6.814	14.917	60.011		1295.5	2.58	492.92
D	5.0	2.517	502	1189.8	696.5	1198.4	2.371				119	1333.3	2.65	
E	5.0	2.517	501	1188.6	696.2	1196.8	2.374				111	1243.8	2.73	
F	5.0	2.517	498	1185.5	699.3	1196.9	2.382				110	1232.4	2.84	
		2.517					2.376	5.620	14.918	67.023		1269.8	2.74	454.36

G	5.5	2.499	501	1191	697.6	1198.2	2.379			107	1198.1	3.47	
H	5.5	2.499	497	1192.5	699.9	1197.3	2.397			100	1120.1	3.24	
I	5.5	2.499	495	1184	696.7	1192	2.390			105	1232.8	3.54	
		2.499					2.389	4.385	14.894	74.237	1183.7	3.42	339.64
J	6.0	2.480	493	1185.5	698.9	1191.5	2.407			100	1173.9	3.92	
K	6.0	2.480	492	1187	699.6	1191.7	2.412			98	1150.0	3.72	
L	6.0	2.480	496	1194	701.9	1197.9	2.407			100	1120.1	3.83	
		2.480					2.409	2.883	14.649	82.816	1148.0	3.82	294.37
M	6.5	2.462	490	1187.5	702.1	1192.5	2.421			87	1021.3	4.02	
N	6.5	2.462	491	1187.9	702.9	1193.6	2.421			96	1127.1	3.86	
O	6.5	2.462	487	1180	702.6	1189.6	2.423			88	1033.3	4.02	
		2.462					2.422	1.636	14.641	90.248	1060.6	3.97	262.13

KOMPOSISI AGREGAT		BULK	APP
BATU PECAH 3/4"	35	2.702	2.8
BATU PECAH 3/8"	27	2.705	2.8
ABU BATU	15	2.758	2.9
PASIR	23	2.467	2.6

$$G_{sb} = \frac{100}{\frac{\% \text{BP3/4}}{2.8} + \frac{\% \text{BP3/8}}{2.8} + \frac{\% \text{PSR}}{2.9} + \frac{\% \text{ABU}}{2.6}} \quad \boxed{2.653}$$

$G_{sb} =$

$$\frac{100}{\frac{\% \text{BP3/4}}{2.8} + \frac{\% \text{BP3/8}}{2.8} + \frac{\% \text{PSR}}{2.9} + \frac{\% \text{ABU}}{2.6}}$$

BJ

$$\frac{G_{sb}}{2.8} \quad \frac{G_{sb}}{2.8} \quad \frac{G_{sb}}{2.9} \quad \frac{G_{sb}}{2.6}$$

$$G_{se} = \frac{G_{sb} + G_{sa}}{2} \quad \boxed{2.721}$$

2

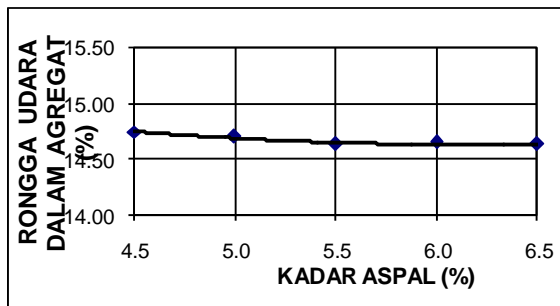
$$G_{sa} = \frac{100}{\frac{\% \text{BP3/4}}{2.8} + \frac{\% \text{BP3/8}}{2.8} + \frac{\% \text{PSR}}{2.9} + \frac{\% \text{ABU}}{2.6}} \quad \boxed{2.789}$$

$G_{sa} =$

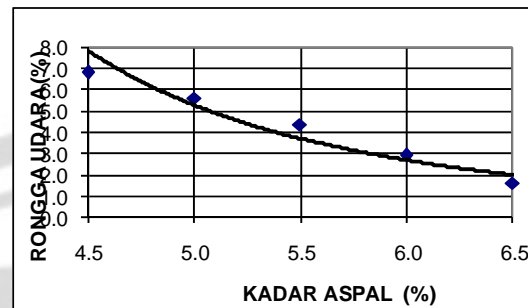
$$\frac{100}{\frac{\% \text{BP3/4}}{2.8} + \frac{\% \text{BP3/8}}{2.8} + \frac{\% \text{PSR}}{2.9} + \frac{\% \text{ABU}}{2.6}}$$

BJ

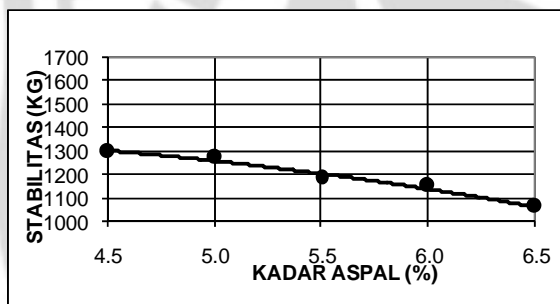
$$\frac{G_{sa}}{2.8} \quad \frac{G_{sa}}{2.8} \quad \frac{G_{sa}}{2.9} \quad \frac{G_{sa}}{2.6}$$



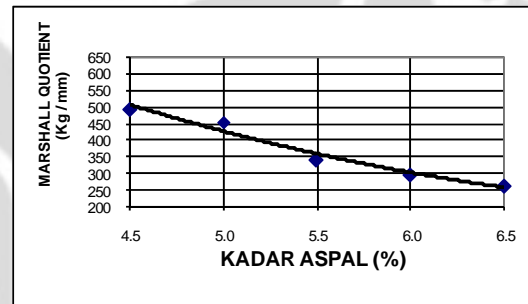
Gambar 4.1 Hubungan antara nilai Rongga Udara dalam Agregat dengan Kadar Aspal



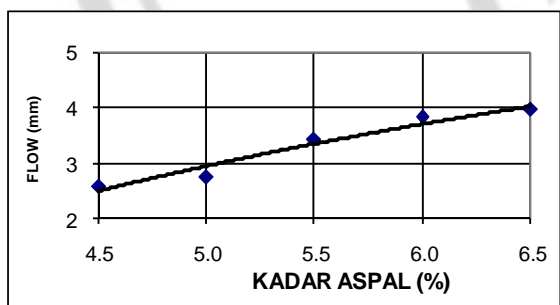
Gambar 4.2 Hubungan antara nilai Rongga Udara dengan Kadar Aspal



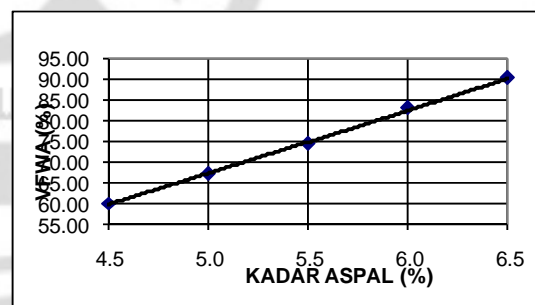
Gambar 4.3 Hubungan antara nilai Stabilitas dengan Kadar Aspal



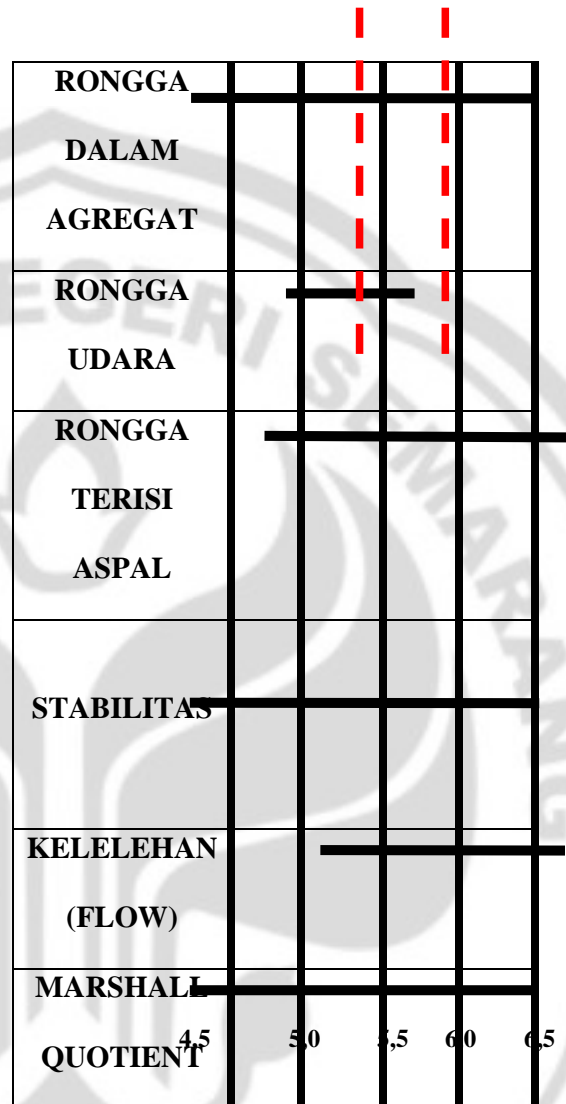
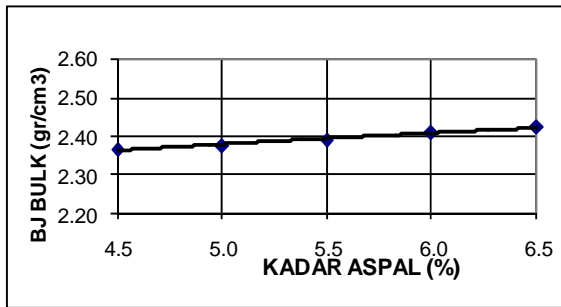
Gambar 4.4 Hubungan antara nilai Marshall Quotient dengan Kadar Aspal



Gambar 4.5 Hubungan antara nilai Flow dengan Kadar Aspal



Gambar 4.6 Hubungan antara nilai VFA dengan Kadar Aspal



Gambar 4.7 Hubungan antara nilai Bj Bulk

dengan Kadar Aspal

Kadar Aspal

Gambar 4.8 Diagram Pemilihan

Kadar Aspal

Pencarian kadar aspal optimum berdasarkan gambar 4.7 dan persyaratan sifat-sifat campuran AC-BC menurut Bina Marga pada Tabel 2.7 adalah

$$\text{KAO} = \frac{A + B}{2} = \frac{5,08 + 5,58}{2} = 5,33\%$$

Untuk penelitian selanjutnya Kadar Aspal Optimum (KAO) nya diambil 5,25%. Mengacu pada buku Asphalt Institut ms 2 bahwa untukantisipasi durabilitas, Kadar Aspal Optimum (KAO) dapat ditambah 0,5 % sampai dengan 1 %. Untuk pengujian selanjutnya Kadar Aspal Optimum (KAO) akan ditambah 0,5 %, sehingga Kadar Aspal pada pengujian selanjutnya adalah 5,75%

D. Analisis Pengaruh Variasi *Curing Time* Terhadap Kinerja Campuran Beraspal pada Kadar Aspal 5,75 %

Setelah kita mendapatkan Kadar Aspal tersebut, maka kita akan membuat sejumlah benda uji sesuai dengan yang dibutuhkan dengan menggunakan kadar aspal 5,75 % tersebut. Hasilnya dapat kita lihat dalam tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil Pengujian dengan Alat *Marshall* dengan Menggunakan Kadar Aspal 5,75%

ANGKA PENETRASI ASPAL : 60/70

BERAT JENIS ASPAL : 1.040

BENDA UJI	KADAR ASPAL	BJ MAKS CAMPURAN	ISI BENDA UJI	BERAT (GRAM)			BJ BULK CAMP	RONGGA UDARA %	RONGGA DLM MIN. AGG (%)	RONGGA TERISI ASPAL (%)	STABILITAS		KELELEHAN PLASTIS (MM)	HASIL BAGI MARSHALL
				DI UDARA	DALAM AIR	SSD					DIBACA STRIP	DISESUAI KAN (KG)		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
12A	5.75	2.489	487	1187.9	702.6	1190	2.437				105	1232.8	2.20	
12B	5.75	2.489	495	1185.7	696.0	1190.6	2.397				98	1150.0	2.80	
12C	5.75	2.489	489	1180.5	696.9	1185.7	2.415				100	1173.9	2.30	
		2.489					2.417	2.925	14.142	82.040		1185.6	2.4	477.66
24A	5.75	2.489	490	1184.5	699.0	1189.4	2.415				104	1220.8	1.98	
24B	5.75	2.489	496	1186.3	684.3	1180	2.393				102	1131.5	2.24	
24C	5.75	2.489	491	1184.6	698.4	1189	2.415				113	1326.5	2.78	
		2.489					2.408	3.279	14.455	80.236		1226.3	2.33	515.25

36A	5.75	2.489	497	1193.4	698.2	1195.1	2.402			123	1378.0	1.98	
36B	5.75	2.489	484	1182.2	699.1	1182.8	2.444			120	1326.5	3.84	
36C	5.75	2.489	495	1184.5	691.0	1186.2	2.392			116	1361.4	1.36	
		2.489					2.413	3.084	14.283	81.222	1355.3	2.4	555.18
48A	5.75	2.489	492	1184.6	696.5	1188.3	2.409			130	1526.0	2.50	
48B	5.75	2.489	496	1186.3	694.2	1189.7	2.394			132	1478.9	2.18	
48C	5.75	2.489	492	1191.2	699.2	1191.3	2.421			125	1467.1	2.10	
		2.489					2.408	3.274	14.451	80.259	1490.7	2.26	646.66
60A	5.75	2.489	488	1186.2	694.8	1183.2	2.429			128	1503.1	1.98	
60B	5.75	2.489	496	1188.8	692.3	1188.2	2.397			130	1456.0	3.84	
60C	5.75	2.489	493	1190.2	693.2	1186.5	2.413			136	1596.9	1.36	
		2.489					2.413	3.070	14.271	81.291	1518.7	2.39	622.09
72A	5.75	2.489	487	1185.0	699.6	1186.1	2.436			142	1666.6	2.24	
72B	5.75	2.489	492	1180	695.8	1187.6	2.399			140	1643.7	2.32	
72C	5.75	2.489	493	1181.5	693.4	1186.4	2.397			138	1619.7	2.40	
		2.489					2.411	3.165	14.355	80.809	1643.4	2.32	694.45

KOMPOSISI AGREGAT

BULK

APP

Gsb =

100

2.653

BATU PECAH 3/4"	35	2.702	2.8
BATU PECAH 3/8"	27	2.705	2.8
ABU BATU	15	2.758	2.9
PASIR	23	2.467	2.6

$$Gsa = \frac{\frac{\% BP3/4}{BJ BULK} + \frac{\% BP3/8}{BJ BULK} + \frac{\% PSR}{BJ BULK} + \frac{\% ABU}{BJ BULK}}{100}$$

2.789

$$Gse = \frac{Gsb + Gsa}{2} = \frac{\quad + 2.721}{2}$$

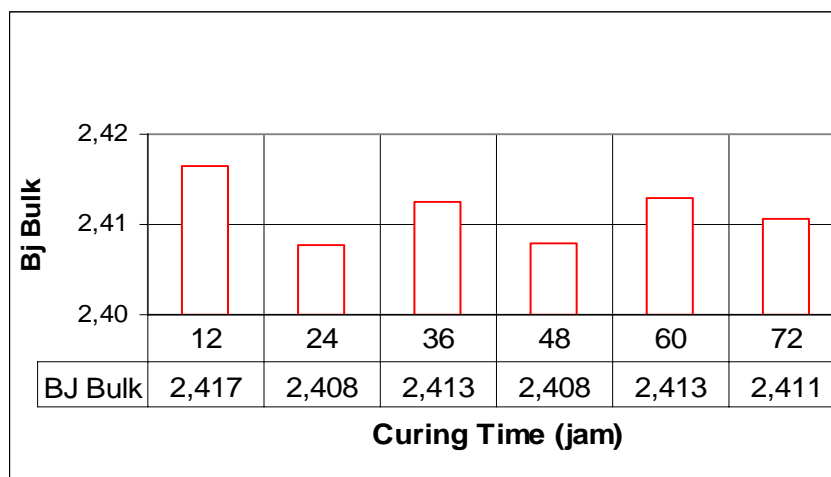


Dari tabel di atas analisis serta grafiknya dapat dilihat pada gambar 4.8 – 4.14

:

1. Analisis Density

Dari hasil pengujian dengan kadar aspal 5,75% didapatkan nilai *bj bulk* yang grafiknya dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Hubungan antara nilai *Bj Bulk* dengan Curing Time pada Kadar Aspal 5,75 %

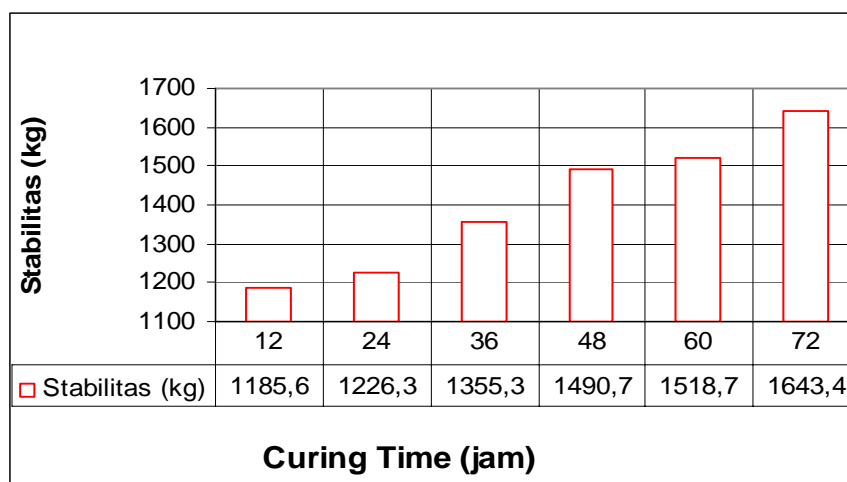
Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa adanya variasi *curing time* tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai *bj bulk* yang didapatkan. Nilai *bj bulk* pada grafik ini cenderung rata dan tidak ada perubahan yang terlalu mencolok. Perubahan (kenaikan dan penurunan) nilainya hanya terpaut sedikit.

Nilai density menunjukkan besarnya derajat kerapatan campuran yang sudah dipadatkan. Density disebut juga sebagai rasio antara berat benda uji kering dengan volume benda uji tersebut jika nilai density semakin besar maka kepadatannya semakin baik.

Bahwa ada kecenderungan semakin besar kadar aspalnya maka nilai density-nya akan semakin besar pula, atau dengan kata lain pertambahan nilai density seiring atau berbanding lurus dengan pertambahan kadar aspal.

2. Analisis Stabilitas

Dari pengujian dengan kadar aspal 5,75% didapatkan nilai stabilitas yang grafiknya dapat dilihat pada Gambar 4.9



Gambar 4.9 Hubungan antara nilai Stabilitas dengan Curing Time pada Kadar Aspal 5,75 %

Pada gambar stabilitas vs curing time di atas dapat dilihat dengan adanya variasi lamanya curing time, nilai stabilitas mengalami perbedaan. Ada kecenderungan bahwa semakin lama curing time nilai stabilitas semakin besar.

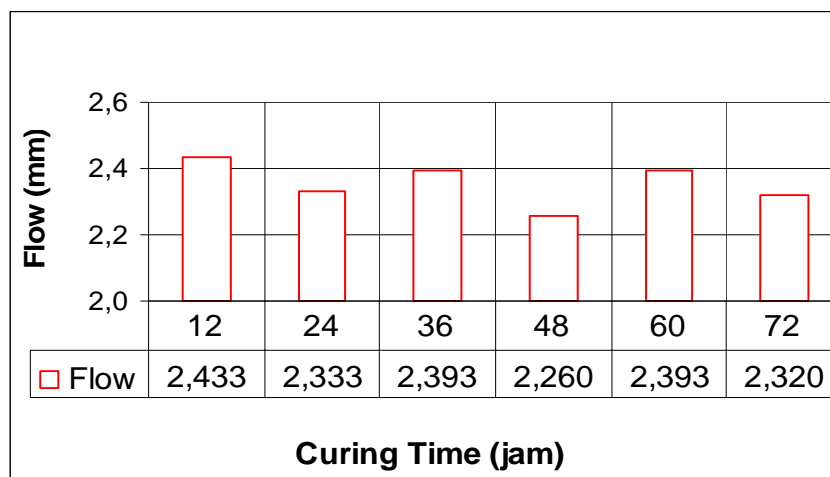
Stabilitas lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk seperti gelombang, alur, ataupun bleeding. Tetapi harus diusahakan pula kestabilannya agar jangan terlalu tinggi, karena bisa menyebabkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat

mengalami retak.

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa curing berpengaruh terhadap stabilitas, dari curing time 12 jam sampai curing waktu 72 jam mengalami kenaikan nilai stabilitas. Tetapi nilai tersebut akan mengalami nilai maksimal (masih terjadi naik turun tetapi perbedaannya tidak terlalu mencolok). Stabilitas juga dipengaruhi oleh kadar aspal, jika kadar aspal yang kita gunakan kecil maka kekuatan untuk mengikat antar agregat kecil, hal ini bisa mengakibatkan lapisan mudah diresapi oleh air, oksidasi mudah terjadi dan mengakibatkan stabilitas kecil dan perkerasan jadi mudah hancur. Tetapi jika kadar aspal yang kita gunakan juga terlalu banyak maka lapis tersebut akan mengalami kegemukan (terlalu banyak aspal) sehingga dengan kondisi alam di Indonesia yang suhu udaranya tinggi dan repetisi beban lalu lintas maka dapat mengakibatkan lapis tersebut mengalami bleeding.

3. Analisis Flow

Dari pengujian dengan kadar aspal 5,75 % didapatkan nilai-nilai flow yang grafiknya dapat dilihat pada Gambar 4.10.



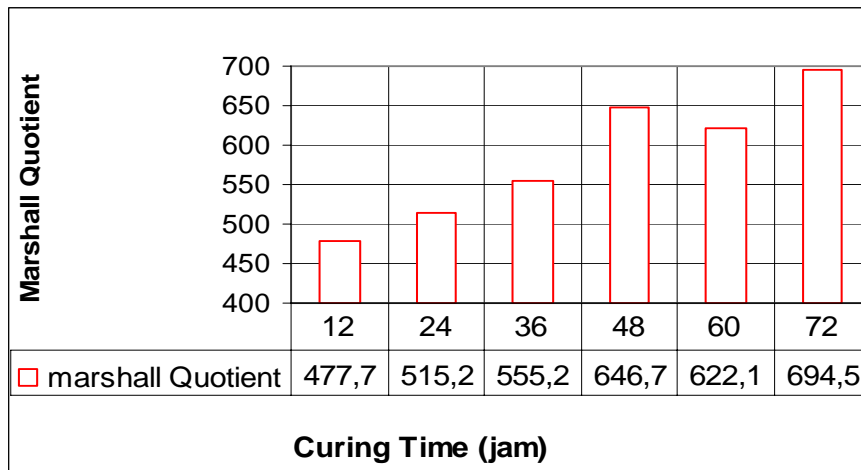
Gambar 4.10 Hubungan antara nilai Flow dengan Curing Time
pada Kadar Aspal 5,75 %

Pada gambar 4.10 dapat dilihat bahwa nilai flow pada grafik ini cenderung rata dan tidak ada perubahan yang terlalu mencolok. Adanya variasi daripada curing time tidak berpengaruh terhadap nilai flow nya, dan hasil dari flow ini nantinya akan berpengaruh terhadap nilai MQ. Jika nilai flow besar maka nilai daripada MQ akan kecil, dan jika nilai flow nya kecil maka nilai daripada MQ besar. Flow adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm. Flow juga dapat juga merupakan indikator terhadap lentur.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan jika VIM tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat, dan jika VMA yang tinggi dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel. Tetapi perlu diingat bahwa terlalu rendah kadar aspal akan mengakibatkan daya ikat kurang sehingga akan cepat merusak lapisan perkerasan, dan jika kadar aspal terlalu tinggi maka akan mengakibatkan kegemukan (mudah terjadi bleeding). Oleh karena itu harus digunakan kadar aspal yang paling optimal.

4. Analisis Marshal Quotient

Dari hasil pengujian dengan kadar aspal 5,75 % didapatkan nilai-nilai Marshall Quotient yang grafiknya dapat dilihat pada Gambar 4.11.

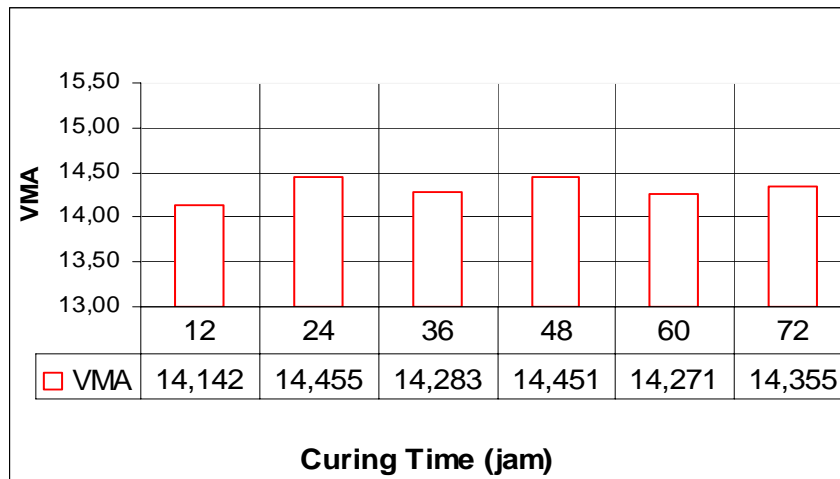


Gambar 4.11 Hubungan antara nilai Marshall Quotient dengan Curing Time pada Kadar Aspal 5,75 %

Nilai-nilai dari MQ tergantung dari nilai stabilitas dan flow. Jika nilai stabilitas cenderung mengalami kenaikan sedangkan flow cenderung menurun maka akan didapatkan nilai MQ yang cenderung merata. Apabila nilai stabilitas besar dan nilai flow kecil maka nilai MQ akan besar, sedangkan apabila nilai stabilitas kecil dan nilai flow besar maka nilai MQ akan kecil. Dari hasil analisis dan grafik 4.11 dapat diketahui bahwa nilai MQ mengalami kenaikan, ini dikarenakan nilai stabilitas yang mengalami kenaikan sedangkan nilai flownya cenderung stabil sehingga nilai MQ nya juga mengalami kenaikan.

5. Analisis VMA

Dari hasil pengujian dengan kadar aspal 5,75 % didapatkan nilai-nilai VMA yang grafiknya dapat dilihat pada Gambar 4.12

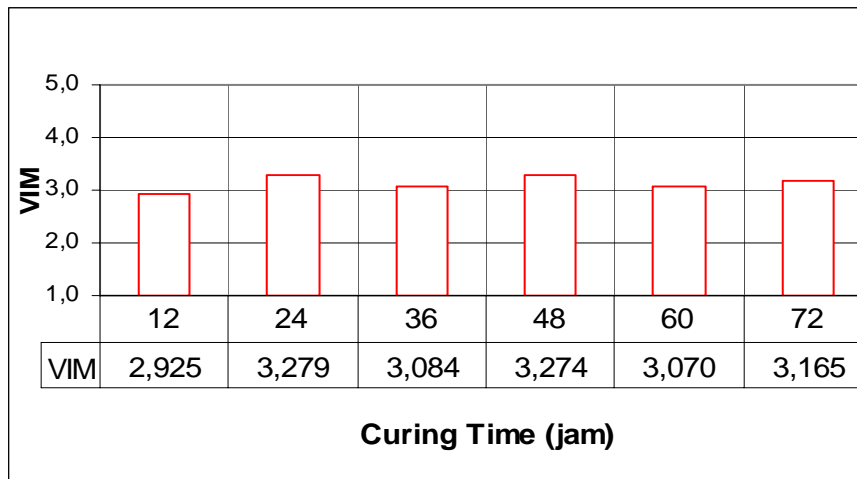


Gambar 4.12 Hubungan antara nilai VMA dengan Curing Time pada Kadar Aspal 5,75 %

Pada grafik 4.12 dapat dilihat bahwa adanya variasi curing time tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai VMA yang didapatkan, nilai VMA pada grafik ini cenderung rata dan tidak ada perubahan yang mencolok.

6. Analisis VIM

Dari hasil pengujian dengan kadar aspal 5,75% didapatkan nilai-nilai VIM yang grafiknya dapat dilihat pada Gambar 4.13.



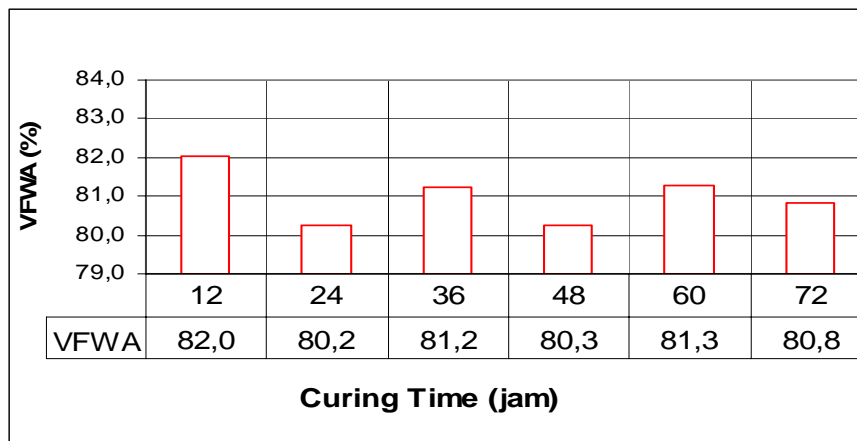
Gambar 4.13 Hubungan antara nilai VIM dengan Curing Time pada Kadar Aspal 5,75 %

VIM (void in the mix) adalah volume pori yang masih tersisa setelah campuran aspal beton dipadatkan. Nilai VIM pada grafik ini cenderung rata dan tidak ada perubahan yang terlalu mencolok. Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa adanya variasi curing time tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai VIM yang didapatkan. Nilai daripada VIM nya cenderung stabil. VIM ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat, akibat adanya pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas, atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. VIM yang terlalu besar akan menyebabkan beton aspal padat berkurang kedekatan airnya, sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal yang dapat mempercepat penuaan aspal dan menurunkan sifat durabilitas beton aspal. VIM yang terlalu kecil akan mengakibatkan perkerasan mengalami bleeding jika temperature meningkat. Perubahan nilai VIM

tergantung pada kadar aspal, nilai VIM akan semakin menurun dengan semakin bertambahnya kadar aspal.

7. Analisis VFWA

Dari hasil pengujian dengan kadar aspal 5,75 % didapatkan nilai-nilai VFWA yang grafiknya dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Hubungan antara nilai VFWA dengan Curing Time pada Kadar Aspal 5,75 %

Pada grafik 4.14 dapat dilihat bahwa adanya variasi curing time tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai VFWA yang didapatkan, nilai VFWA pada grafik ini cenderung rata dan tidak ada perubahan yang terlalu mencolok. Nilainya berkisar antara 80 sampai 83 %. VFWA (Void Filled With Asphalt) adalah volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal, atau volume film/selimut aspal. VFWA adalah bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, tidak termasuk didalamnya aspal yang terabsorpsi oleh masing-masing butir agregat. Dengan demikian aspal yang mengisi VFWA adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir

agregat didalam beton aspal padat, atau dengan kata lain VFWA inilah yang merupakan persentase volume beton aspal padat yang menjadi film atau selimut aspal. Bahwa nilai VFWA tergantung pada kadar aspal, semakin besar kadar aspal nilai VFWA akan semakin besar. Hal ini mungkin disebabkan pada kondisi kadar aspal kecil akan lebih banyak agregat sehingga sampel lebih keras dan lebih kuat tetapi dampaknya akan terjadi lebih mudah pecah/hancur.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan berbagai macam percobaan, dari penyediaan bahan, pengujian awal terhadap material, pembuatan benda uji, hingga didapatkan data-data yang kemudian dilakukan proses perhitungan dan analisis terhadap data yang telah didapat maka akhirnya dapat ditarik beberapa kesimpulan dan dapat juga diberikan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya yang sekiranya dapat meningkatkan kinerja campuran beraspal.

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil-hasil yang telah didapatkan dari berbagai pengujian dan sudah dibahas pada bab IV, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Variasi curing time tidak terlalu berpengaruh terhadap beberapa karakteristik Marshall yaitu bj Bulk, Flow, VIM, VMA, VFWA, MQ.
2. Nilai karakteristik Marshall telah memenuhi persyaratan yang ditentukan oleh Bina Marga.
3. Variasi curing time mempengaruhi stabilitas. Dari variasi curing time yang diteliti (12 jam-72 jam), semakin lama waktu curing nilai stabilitas cenderung mengalami kenaikan.
4. Dari beberapa variasi curing time yang diteliti (12 jam-72 jam), didapatkan bahwa nilai stabilitas tertinggi pada curing time 72 jam.

B. Saran

1. Perlunya kalibrasi alat – alat yang digunakan agar nantinya hasil test atau pengukuran bias lebih akurat.
2. Perlunya ketelitian dari peneliti, agar ketepatan ukuran dan hasilnya bisa lebih tepat dan maksimal.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan variasi curing time dan agregat yang berbeda.
4. Agar nantinya dapat dilakukan juga penelitian yang sama tetapi menggunakan material aspal yang berbeda.
5. Dapat pula dilakukan penelitian yang sama dengan agregat yang berbeda asalnya/jenisnya
6. Dalam pelaksanaan di lapangan dapat dilakukan dengan melaksanakan pekerjaan secara bertahap dan menutup arus lalu-lintas pada lajur jalan yang sedang dikerjakan.

DAFTAR PUSTAKA

- . 1998. *Panduan Praktikum Pemeriksaan dan Pengujian Bahan Perkerasan Jalan*, Laboratorium Transportasi Teknik Sipil UNDIP. Semarang
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) untuk Jalan Raya*, SNI 03-1737-1989; SKBI-2.4.26.1987, Direktorat Jenderal Bina Marga
- Dinas Bina Marga, 2008, *Buku Tiga Spesifikasi Umum*, Dinas Bina Marga, Jawa Tengah
- Kurniawan, R., 2003, *Analisa Perbandingan Antara Superpave dan AC Konvensional dengan Diameter yang Sama (19 mm)*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDIP, Semarang
- Subekti. A, 2004. "Pengaruh Curing Time Terhadap Kinerja dan Durabilitas Campuran Beraspal". *Tugas Akhir*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Subroto. S, 1994. "Modified Marshall Characteristics of a Denseaded Asphalt Emulsion". S2-Highway System Engineering
- Sukirman. S, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Granit, Jakarta
- Sukirman. S, 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1

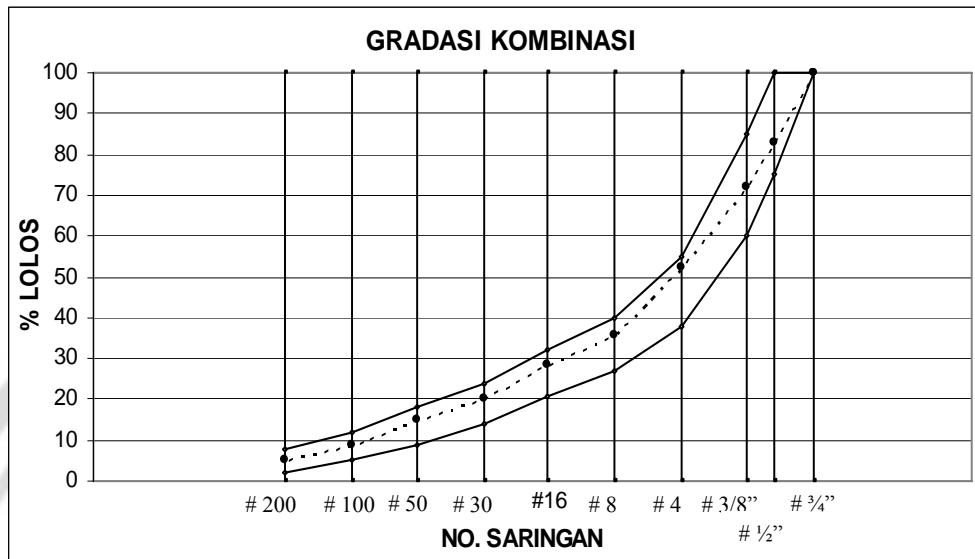
Pengujian Agregat

a. Analisis Saringan Agregat Kasar dan Halus

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butiran (gradasi) agregat kasar dan agregat halus, sehingga dapat ditentukan persentase kombinasi gradasi agregat kasar dan agregat halus untuk pembuatan campuran hot mix AC. Salah satu cara yang digunakan adalah dengan analisis saringan. Pengujian yang dilakukan terhadap agregat kasar berupa batu pecah dengan ukuran maksimal 3/4" dan 3/8" serta agregat halus berupa pasir dan abu batu lolos saringan no. 4. hasil kombinasi analisis saringan agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 1 dan grafiknya dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1.a Kombinasi Analisis Saringan

NOMOR SARINGAN	100%				KOMBI NASI	SPESIFIKASI	
	35.0%	27.0%	15.0%	23.0%		BAWAH	ATAS
	BP. Maks. 3/4" (%) tertahan	BP. Maks. 3/8" (%) tertahan	Abu Batu (%) tertahan	Pasir (%) tertahan			
1"	100	100	100	100	100	100	100
3/4"	100.00	100.00	100.00	100.00	100	100	100
1/2"	51.67	100.00	100.00	100.00	83.08	75	100
3/8"	20.61	100.00	100.00	100.00	72.21	60	85
#4	3.92	48.80	100.00	100.00	52.55	38	55
#8	2.50	6.25	77.0	93.1	35.53	27	40
#16	1.98	4.10	55.8	78.7	28.27	–	–
#30	1.59	3.91	38.6	56.4	20.37	14	24
#50	1.32	3.81	28.5	40.6	15.10	9	18
#100	0.96	3.59	17.2	22.3	9.01	5	12
#200	0.67	3.35	10.5	9.8	4.97	2	8



Gambar 1.a Grafik Kombinasi Analisis Saringan

b. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry / SSD*) dan berat jenis semu (*apparent*) dan penyerapan (*absorbtion*) dari agregat kasar. Hasil penimbangan untuk pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

Tabel 1.b Hasil Penimbangan Untuk Pengujian Agregat Kasar 3/4"

Keterangan	I	II	Rata – Rata
Berat kering oven (BK)	2559 gr	3344 gr	
Berat kering permukaan jenuh (SSD) (BJ)	2592 gr	3397 gr	
Berat dalam air (BA)	1649 gr	2155 gr	

Perhitungan Berat Jenis agregat kasar 3/4" percobaan I

1. Berat Jenis (*bulk specific gravity*)

$$\begin{aligned}
 & \text{BK} && 2559 \\
 = & \frac{\text{BK}}{\text{BJ} - \text{BA}} = \frac{2559}{2592 - 1649} = 2,714 \text{ gr/ml}
 \end{aligned}$$

2. Berat jenis permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*)

$$= \frac{BJ}{BJ - BA} = \frac{2592}{2592 - 1649} = 2,749 \text{ gr/ml}$$

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

$$= \frac{BK}{BK - BA} = \frac{2559}{2559 - 1649} = 2,812 \text{ gr/ml}$$

4. Penyerapan (*absorbtion*)

$$= \frac{BJ - BK}{BK} \times 100\% = \frac{2592 - 2559}{2559} \times 100\% = 1,29 \text{ gr/ml}$$

Perhitungan Berat Jenis agregat kasar 3/4" percobaan II

1. Berat Jenis (*bulk specific gravity*)

$$= \frac{BK}{BJ - BA} = \frac{3344}{3397 - 2155} = 2,692 \text{ gr/ml}$$

2. Berat jenis permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*)

$$= \frac{BJ}{BJ - BA} = \frac{3397}{3397 - 2155} = 2,735 \text{ gr/ml}$$

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

$$= \frac{BK}{BK - BA} = \frac{3344}{3344 - 2155} = 2,812 \text{ gr/ml}$$

4. Penyerapan (*absorbption*)

$$= \frac{BJ - BK}{BK} \times 100\% = \frac{3397 - 3344}{3344} \times 100\% = 1,584 \text{ gr/ml}$$

Perhitungan Berat Jenis agregat kasar 3/4” Rata – Rata

1. Berat Jenis (*bulk specific gravity*)

$$\begin{aligned} & \text{BJ1} + \text{BJ2} && 2,714 + 2,692 \\ = & \frac{\quad}{2} = \frac{\quad}{2} = && \mathbf{2,703 \text{ gr/ml}} \end{aligned}$$

2. Berat jenis permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*)

$$\begin{aligned} & \text{SSD1} + \text{SSD2} && 2,749 + 2,735 \\ = & \frac{\quad}{2} = \frac{\quad}{2} = && \mathbf{2,742 \text{ gr/ml}} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} & \text{APP1} + \text{APP2} && 2,812 + 2,812 \\ = & \frac{\quad}{2} = \frac{\quad}{2} = && \mathbf{2,812 \text{ gr/ml}} \end{aligned}$$

4. Penyerapan (*absorbtion*)

$$\begin{aligned} & \text{ABS1} + \text{ABS2} && 1,29 + 1,584 \\ = & \frac{\quad}{2} = \frac{\quad}{2} = && \mathbf{1,437 \text{ gr/ml}} \end{aligned}$$

Tabel 1.c Hasil Penimbangan Untuk Pengujian Agregat Kasar 3/8”

Keterangan	I	II	Rata – Rata
Berat kering oven (BK)	1363,5 gr	1020 gr	
Berat kering permukaan jenuh (SSD) (BJ)	1385 gr	1035 gr	
Berat dalam air (BA)	880 gr	659 gr	

Perhitungan Berat Jenis agregat kasar 3/8” percobaan I

1. Berat Jenis (*bulk specific gravity*)

$$\begin{aligned} & \text{BK} && 1363,5 \\ = & \frac{\quad}{\text{BJ} - \text{BA}} = \frac{\quad}{1385 - 880} = && \mathbf{2,700 \text{ gr/ml}} \end{aligned}$$

2. Berat jenis permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*)

$$= \frac{\text{BJ}}{\text{BJ} - \text{BA}} = \frac{1385}{1385 - 880} = 2,743 \text{ gr/ml}$$

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

$$= \frac{\text{BK}}{\text{BK} - \text{BA}} = \frac{1363,5}{1363,5 - 880} = 2,820 \text{ gr/ml}$$

4. Penyerapan (*absorbtion*)

$$= \frac{\text{BJ} - \text{BK}}{\text{BK}} \times 100\% = \frac{1385 - 1363,5}{1363,5} \times 100\% = 1,577 \text{ gr/ml}$$

Perhitungan Berat Jenis agregat kasar 3/8" percobaan II

1. Berat Jenis (*bulk specific gravity*)

$$= \frac{\text{BK}}{\text{BJ} - \text{BA}} = \frac{1020}{1035 - 659} = 2,713 \text{ gr/ml}$$

2. Berat jenis permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*)

$$= \frac{\text{BJ}}{\text{BJ} - \text{BA}} = \frac{1035}{1035 - 659} = 2,753 \text{ gr/ml}$$

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

$$= \frac{\text{BK}}{\text{BK} - \text{BA}} = \frac{1020}{1020 - 659} = 2,825 \text{ gr/ml}$$

4. Penyerapan (*absorbtion*)

$$= \frac{\text{BJ} - \text{BK}}{\text{BK}} \times 100\% = \frac{1035 - 1020}{1020} \times 100\% = 1,471 \text{ gr/ml}$$

Perhitungan Berat Jenis agregat kasar 3/8" Rata – Rata

1. Berat Jenis (*bulk specific gravity*)

$$= \frac{BJ1 + BJ2}{2} = \frac{2,700 + 2,713}{2} = \mathbf{2,706 \text{ gr/ml}}$$

2. Berat jenis permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*)

$$= \frac{SSD1 + SSD2}{2} = \frac{2,743 + 2,753}{2} = \mathbf{2,748 \text{ gr/ml}}$$

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

$$= \frac{APP1 + APP2}{2} = \frac{2,820 + 2,825}{2} = \mathbf{2,823 \text{ gr/ml}}$$

4. Penyerapan (*absorbtion*)

$$= \frac{ABS1 + ABS2}{2} = \frac{1,577 + 1,471}{2} = \mathbf{1,524 \text{ gr/ml}}$$

c. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry / SSD*) dan berat jenis semu (*apparent*) dan penyerapan (*absorbtion*) dari agregat kasar. Hasil penimbangan untuk pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5.

Tabel 1.d Hasil Penimbangan Untuk Pengujian Abu Batu

Keterangan	I	II	Rata – Rata
Berat kering permukaan jenuh (SSD) (BJ)	500 gr	500 gr	
Berat kering oven (BK)	490 gr	490,4 gr	
Berat Piknometer diisi air 25°C (B)	667,1 gr	663,5 gr	
Berat Piknometer + Berat uji SSD + air 25°C (Bt)	993 gr	982 gr	

Perhitungan Berat Jenis Abu Batu percobaan I

1. Berat Jenis (
- bulk specific gravity*
-)

$$= \frac{\text{BK}}{(B + 500 - B_t)} = \frac{490}{(667,1 + 500 - 993)} = 2,814 \text{ gr/ml}$$

2. Berat jenis permukaan jenuh (
- Saturated Surface Dry = SSD*
-)

$$= \frac{500}{(B + 500 - B_t)} = \frac{500}{(667,1 + 500 - 993)} = 2,872 \text{ gr/ml}$$

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

$$= \frac{\text{BK}}{(B + \text{BK} - B_t)} = \frac{490}{(667,1 + 490 - 993)} = 2,986 \text{ gr/ml}$$

4. Penyerapan (
- absorbtion*
-)

$$= \frac{(500 - \text{BK})}{\text{BK}} \times 100\% = \frac{(500 - 490)}{490} \times 100\% = 2.041 \text{ gr/ml}$$

Perhitungan Berat Jenis Abu Batu percobaan II

1. Berat Jenis (
- bulk specific gravity*
-)

$$= \frac{\text{BK}}{(B + 500 - B_t)} = \frac{490,4}{(663,5 + 500 - 993)} = 2,702 \text{ gr/ml}$$

2. Berat jenis permukaan jenuh (
- Saturated Surface Dry = SSD*
-)

$$= \frac{500}{(B + 500 - B_t)} = \frac{500}{(663,5 + 500 - 993)} = 2,755 \text{ gr/ml}$$

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

$$= \frac{\text{BK}}{(B + \text{BK} - B_t)} = \frac{490,4}{(667,1 + 490,4 - 993)} = 2,853 \text{ gr/ml}$$

4. Penyerapan (*absorbtion*)

$$= \frac{(500 - BK)}{BK} \times 100\% = \frac{(500 - 490,4)}{490,4} \times 100\% = 1,958 \text{ gr/ml}$$

Perhitungan Berat Jenis Abu Batu Rata – Rata

1. Berat Jenis (*bulk specific gravity*)

$$= \frac{BJ1 + BJ2}{2} = \frac{2,814 + 2,702}{2} = \mathbf{2,758 \text{ gr/ml}}$$

2. Berat jenis permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*)

$$= \frac{SSD1 + SSD2}{2} = \frac{2,872 + 2,755}{2} = \mathbf{2,813 \text{ gr/ml}}$$

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

$$= \frac{APP1 + APP2}{2} = \frac{2,986 + 2,853}{2} = \mathbf{2,919 \text{ gr/ml}}$$

4. Penyerapan (*absorbtion*)

$$= \frac{ABS1 + ABS2}{2} = \frac{2,041 + 1,958}{2} = \mathbf{1,999 \text{ gr/ml}}$$

Keterangan :

BK = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat piknometer berisi air (gram)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji + air (gram)

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

Tabel 1.e Hasil Penimbangan Untuk Pengujian Pasir

Keterangan	I	II	Rata – Rata
Berat kering permukaan jenuh (SSD) (BJ)	500 gr	500 gr	
Berat kering oven (BK)	488 gr	486 gr	
Berat Piknometer diisi air 25°C (B)	667,1 gr	663,5 gr	
Berat Piknometer + Berat uji SSD + air 25°C (Bt)	967 gr	969 gr	

Perhitungan Berat Jenis Pasir percobaan I

1. Berat Jenis (*bulk specific gravity*)

$$= \frac{\text{BK}}{(B + 500 - Bt)} = \frac{488}{(667,1 + 500 - 967)} = 2,439 \text{ gr/ml}$$

2. Berat jenis permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*)

$$= \frac{500}{(B + 500 - Bt)} = \frac{500}{(667,1 + 500 - 967)} = 2,499 \text{ gr/ml}$$

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

$$= \frac{\text{BK}}{(B + \text{BK} - Bt)} = \frac{488}{(667,1 + 488 - 967)} = 2,594 \text{ gr/ml}$$

4. Penyerapan (*absorbtion*)

$$= \frac{(500 - \text{BK})}{\text{BK}} \times 100\% = \frac{(500 - 488)}{488} \times 100\% = 2,459 \text{ gr/ml}$$

Perhitungan Berat Jenis Pasir percobaan II

1. Berat Jenis (
- bulk specific gravity*
-)

$$= \frac{\text{BK}}{(B + 500 - B_t)} = \frac{486}{(663,5 + 500 - 969)} = 2,499 \text{ gr/ml}$$

2. Berat jenis permukaan jenuh (
- Saturated Surface Dry = SSD*
-)

$$= \frac{500}{(B + 500 - B_t)} = \frac{500}{(663,5 + 500 - 969)} = 2,571 \text{ gr/ml}$$

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

$$= \frac{\text{BK}}{(B + \text{BK} - B_t)} = \frac{486}{(667,1 + 486 - 969)} = 2,693 \text{ gr/ml}$$

4. Penyerapan (
- absorbtion*
-)

$$= \frac{(500 - \text{BK})}{\text{BK}} \times 100\% = \frac{(500 - 486)}{486} \times 100\% = 2,881 \text{ gr/ml}$$

Perhitungan Berat Jenis Pasir Rata – Rata

1. Berat Jenis (
- bulk specific gravity*
-)

$$= \frac{\text{BJ1} + \text{BJ2}}{2} = \frac{2,439 + 2,499}{2} = \mathbf{2,469 \text{ gr/ml}}$$

2. Berat jenis permukaan jenuh (
- Saturated Surface Dry = SSD*
-)

$$= \frac{\text{SSD1} + \text{SSD2}}{2} = \frac{2,499 + 2,571}{2} = \mathbf{2,535 \text{ gr/ml}}$$

$$3. \text{ Berat jenis semu (} \textit{apparent specific gravity} \text{)}$$

$$= \frac{\text{APP1} + \text{APP2}}{2} = \frac{2,594 + 2,693}{2} = \mathbf{2,643 \text{ gr/ml}}$$

$$4. \text{ Penyerapan (} \textit{absorbtion} \text{)}$$

$$= \frac{\text{ABS1} + \text{ABS2}}{2} = \frac{2,459 + 2,881}{2} = \mathbf{2,670 \text{ gr/ml}}$$

Keterangan :

BK = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat piknometer berisi air (gram)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji + air (gram)

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

d. Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

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

Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas permukaan benda uji yang masih terselaput aspal adalah >95%.

e. Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi *Los Angeles*

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan mempergunakan Mesin *Los Angeles*.

Percobaan I

a = 5.000 gram

b = 3.975 gram

$$\begin{aligned} \text{Keausan} &= \frac{a-b}{b} \times 100\% \\ &= \frac{5.000 - 3.975}{5.000} \times 100\% \\ &= 20,5\% \text{ (I)} \end{aligned}$$

Percobaan II

a = 5.000 gram

b = 4.005 gram

$$\begin{aligned} \text{Keausan} &= \frac{a-b}{b} \times 100\% \\ &= \frac{5.000 - 4.005}{5.000} \times 100\% \\ &= 19,9\% \text{ (II)} \end{aligned}$$

$$\text{Hasil rata - rata} = \frac{I + II}{2} = \frac{20,5\% + 19,9\%}{2} = 20,2\%$$

Lampiran 2

Pengujian Aspal

a. Pengujian Penetrasi Bahan – Bahan Bitumen

pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan tingkat penetrasi bitumen keras atau lembek (*solid* atau *semi solid*). Pemeriksaan dilakukan dengan membebani jarum penetrasi yang mempunyai ukuran tertentu, dengan beban seberat 100 gram selama waktu 5 detik pada suhu 25°C. Hasil pengujian penetrasi dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 2.a Hasil Pengujian Penetrasi

Penetrasi pada 25°C, 100gr, 5 detik		Penetrasi	
		I	II
Pengamatan	1	68	65
	2	66	67
	3	64	64
	4	65	65
	5	67	64
		66	65
Rata – Rata		65,5	

b. Pengujian Titik Lembek Aspal

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal yang berkisar antara 48°C sampai 58°C. Yang dimaksud dengan titik lembek adalah suhu pada saat bola baja, dengan berat ±3,5 gram, diameter 9,53 mm mendesak turun suatu lapisan aspal yang tertahan dalam cincin dengan diameter 10 mm,

sehingga aspal tersebut jatuh dengan ketinggian 25,4 mm. Hasil pengujian titik lembek aspal dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 2.b Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal

No	Suhu yang Diamati		Waktu (detik)		Titik Lembek (°C)	
	°C	°F	I	II	I	II
1	5	41	0	6	7	9
2	10	50	1	7	12	14
3	15	59	2	8	17	19
4	20	68	3	9	22	24
5	25	77	4	10	27	29
6	30	86	5	11	32	34
7	35	95	6	12	37	39
8	40	104	7	13	42	44
9	45	113	8	14	47	49
10	50	122	9	15	52	54
11	55	131		16		

Rata – rata = 53°C

c. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar dengan *Cleveland Open Cup*

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar dari semua jenis hasil minyak bumi kecuali minyak bakar dan bahan lainnya yang mempunyai titik nyala *open cup* kurang dari 79°C. Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan aspal. Titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang – kurangnya 5 detik pada suatu titik di atas permukaan aspal. Hasil pengujian titik nyala dan titik bakar dengan *Cleveland Open Cup* dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 2.c Hasil pengujian titik nyala dan titik bakar dengan *Cleveland Open Cup*

°C di bawah titik nyala	Waktu	°C	Titik Nyala
56		176	
51		181	
46		186	
41		191	
36		196	
31		201	
26		206	
21		211	
16		216	
11		221	
6		226	
1		231+1	232°C

Titik Bakar terjadi 2 menit setelah titik nyala pada suhu 234°C

d. Pengujian Daktilitas Bahan – Bahan Bitumen

Maksud dari pengujian ini adalah mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus pada bak daktilitas yang berisi campuran air dengan gliserin. Fungsi dari gliserin adalah sebagai campuran dalam air agar aspal melayang, karena berat jenis gliserin lebih besar daripada berat jenis aspal. Pengujian daktilitas dilakukan pada suhu 25°C dan dengan kecepatan tarik 5 cm/menit. Hasil pengujian daktilitas bahan – bahan bitumen dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 2.d Hasil Pengujian Daktilitas

Daktilitas pada 25°C 5 cm/menit	Pembacaan Pengukuran pada Alat
Pengamatan I	104 cm
Pengamatan II	106 cm
Rata - Rata	105 cm

e. Pengujian Kelarutan Bitumen dalam *Carbon Tetra Clorida (CCL₄)*

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar bitumen yang larut dalam karbon tetra klorida (CCL₄). Jika semua bitumen yang diuji larut dalam CCL₄ maka bitumen tersebut adalah murni. Disyaratkan bitumen yang digunakan untuk perkerasan jalan mempunyai kemurnian > 99%. Hasil pengujian kelarutan bitumen dalam *Carbon Tetra Clorida (CCL₄)* dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 2.e Hasil Pengujian Kelarutan Bitumen dalam CCL₄

Berat Erlemeyer + Aspal	= 106 gr
Berat Erlemeyer Kosong	= 103 gr
Berat Aspal	= 3 gr
Berat Aspal	= 3 gr
Berat Kertas Saring + Endapan	= 1,67 gr
Berat Kertas Saring Kosong	= 1,65 gr
Berat Endapan	= 0,02 gr
Berat Endapan	= 0,02 gr
Atau	= 0,66 %
Rata – Rata	= –
Yang Larut	= (100 – 0,66) % = 99,34%

f. Pengujian Berat Jenis Bitumen Keras

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis bitumen keras dengan piknometer. Berat jenis bitumen adalah perbandingan antara berat bitumen dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Hasil pengujian berat jenis bitumen keras dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 2.f Hasil Penimbangan dan Perhitungan Pengujian Berat Jenis Aspal

BERAT JENIS ASPAL	
A = Berat Piknometer + Tutup =	A ₁ = 28,22 gram A ₂ = 26,45 gram
B = A + Air Sampai Penuh =	B ₁ = 77,76 gram B ₂ = 76,36 gram
C = A + Aspal 50 ml =	C ₁ = 50,58 gram C ₂ = 48,28 gram
D = C + Air Sampai Penuh =	D ₁ = 78,58 gram D ₂ = 77,27 gram
Perhitungan	
$BJ_1 = \frac{A_1 - B_1}{(C_1 - B_1) - (D_1 - A_1)}$	$BJ_2 = \frac{A_2 - B_2}{(C_2 - B_2) - (D_2 - A_2)}$
$= \frac{50,58 - 28,22}{(77,76 - 28,22) - (78,58 - 50,58)}$	$= \frac{48,28 - 26,45}{(76,36 - 26,45) - (77,27 - 48,28)}$
$= \frac{22,36}{49,54 - 28,00}$	$= \frac{21,83}{49,91 - 28,99}$
$= \frac{22,36}{21,54}$	$= \frac{21,83}{20,92}$
$= 1,038 \text{ gr/ml}$	$= 1,043 \text{ gr/ml}$

$$\text{Rata - Rata} = \frac{1,038 + 1,043}{2} = 1,04 \text{ gr/ml}$$

Lampiran 3

Resume Hasil Pengujian

Tabel 3.a Resume Hasil Pengujian

Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Keterangan
Aspal			
* Penetrasi	65,5	60 – 70	Memenuhi
* Daktilitas	105 cm	> 100 cm	Memenuhi
* Titik Lembek	53°C	48 – 58°C	Memenuhi
* Titik Nyala	232°C	> 200°C	Memenuhi
* Titik Bakar	234°C	> 200°C	Memenuhi
* Berat Jenis Aspal	1,04 gr/ml	> 1 gr/ml	Memenuhi
* Kelarutan Bitumen dalam <i>Carbon Tetra Chlorida (CCL₄)</i>	99,34%	> 99%	Memenuhi
Agregat Kasar			
* Berat Jenis	2,703 gr/ml	> 2,5 gr/ml	Memenuhi
* Penyerapan	1,437 %	< 3%	Memenuhi
* Abrasi dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	20,2%	< 40%	Memenuhi
* Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	> 95%	> 95%	Memenuhi
Agregat Halus			
* Berat Jenis	2,758 gr/ml	> 2,5 gr/ml	Memenuhi
* Penyerapan	1,999 %	< 3%	Memenuhi

*Lampiran 4***Pencarian Kadar Aspal**

Setelah semua syarat memenuhi maka selanjutnya dilakukan pengujian untuk mencari kadar aspal yang optimum (antara 4,5 % - 6,5 %), yang nantinya kadar aspal optimum tersebut digunakan untuk mencari curing time yang optimum. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.a serta grafiknya dapat dilihat pada Gambar 4.a sampai Gambar 4.f



Tabel 4.a Hasil Pengujian Untuk Pencarian Kadar Aspal Optimum

ANGKA PENETRASI ASPAL : 60/70
 BERAT JENIS ASPAL : 1.040

NOMOR BENDA UJI	KADAR ASPAL A	BJ MAKS CAMPURAN B	ISI BENDA UJI C	BERAT (GRAM)			BJ BULK CAMP G	RONGGA UDARA % H	RONGGA DLM MIN. AGG (%) I	RONGGA TERISI ASPAL (%) J	STABILITAS		KELELEHAN PLASTIS (MM) M	HASIL BAGI MARSHALL N
				DI UDARA D	DALAM AIR E	SSD F					DIBACA STRIP K	DISESUAI KAN (KG) L		
A	4.5	2.536	503	1189.9	698.0	1200.8	2.367				112	1254.2	2.67	
B	4.5	2.536	502	1186.9	694.5	1196	2.367				120	1343.7	2.72	
C	4.5	2.536	504	1188.6	694.2	1198.5	2.357				115	1288.6	2.34	
		2.536					2.363	6.814	14.744	60.011		1295.5	2.58	492.92
D	5.0	2.517	502	1189.8	696.5	1198.4	2.371				119	1333.3	2.65	
E	5.0	2.517	501	1188.6	696.2	1196.8	2.374				111	1243.8	2.73	
F	5.0	2.517	498	1185.5	699.3	1196.9	2.382				110	1232.4	2.84	
		2.517					2.376	5.620	14.705	67.023		1269.8	2.74	454.36
G	5.5	2.499	501	1191	697.6	1198.2	2.379				107	1198.1	3.47	
H	5.5	2.499	497	1192.5	699.9	1197.3	2.397				100	1120.1	3.24	
I	5.5	2.499	495	1184	696.7	1192	2.390				105	1232.8	3.54	
		2.499					2.389	4.385	14.636	74.237		1183.7	3.42	339.64
J	6.0	2.480	493	1185.5	698.9	1191.5	2.407				100	1173.9	3.92	
K	6.0	2.480	492	1187	699.6	1191.7	2.412				98	1150.0	3.72	

L	6.0	2.480	496	1194	701.9	1197.9	2.407			100	1120.1	3.83		
		2.480					2.409	2.883	14.649	82.816		1148.0	3.82	294.37
M	6.5	2.462	490	1187.5	702.1	1192.5	2.421			87	1021.3	4.02		
N	6.5	2.462	491	1187.9	702.9	1193.6	2.421			96	1127.1	3.86		
O	6.5	2.462	487	1180	702.6	1189.6	2.423			88	1033.3	4.02		
		2.462					2.422	1.636	14.641	90.248		1060.6	3.97	262.13

KOMPOSISI AGREGAT		BULK	APP
BATU PECAH 3/4"	35	2.702	2.8
BATU PECAH 3/8"	27	2.705	2.8
ABU BATU	15	2.758	2.9
PASIR	23	2.467	2.6

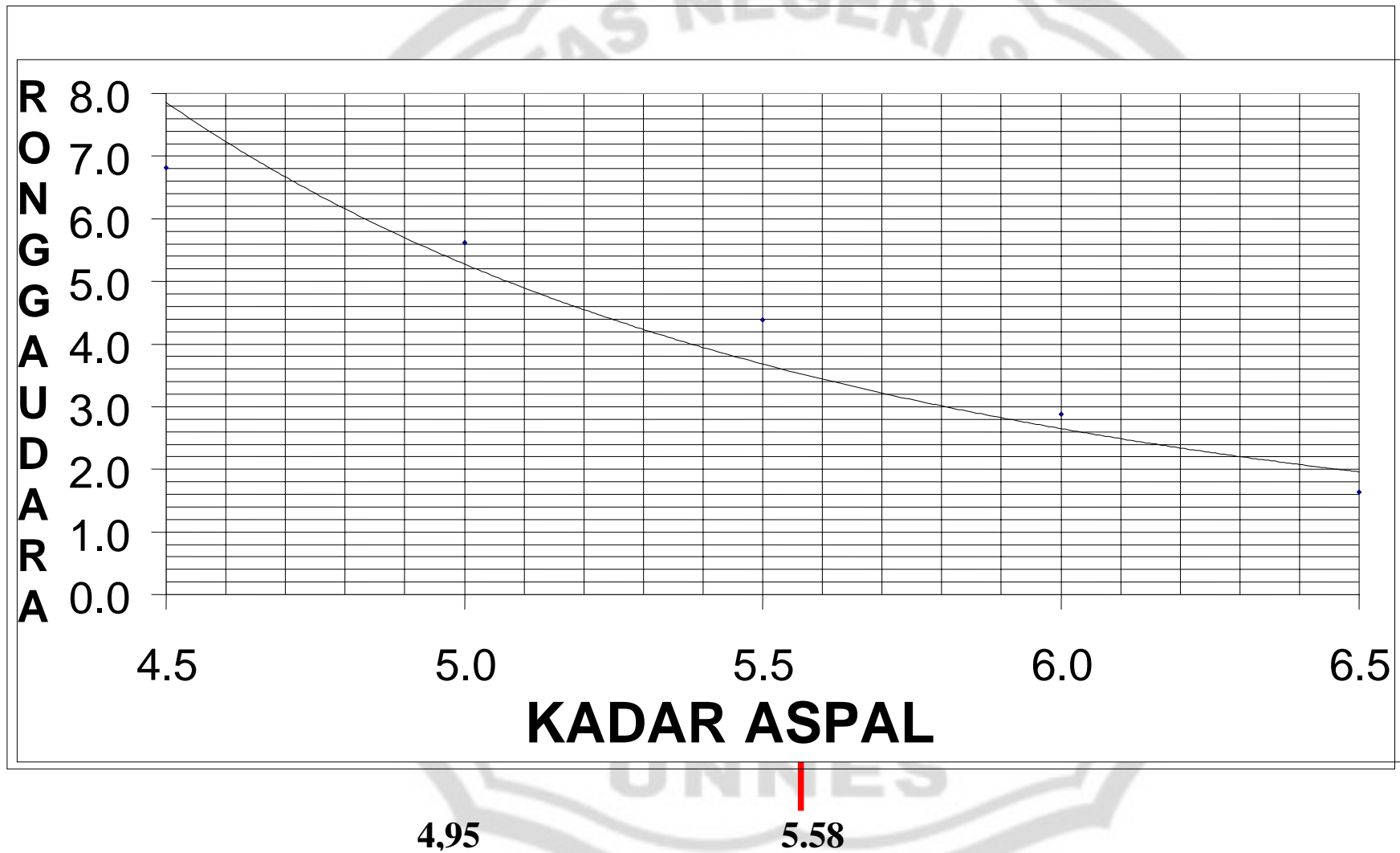
$$Gsb = \frac{100}{\frac{\% BP3/4}{BJ} + \frac{\% BP3/8}{BJ} + \frac{\% PSR}{BJ} + \frac{\% ABU}{BJ}} = \frac{100}{2.653}$$

$$Gsa = \frac{100}{\frac{\% BP3/4}{BJ APP} + \frac{\% BP3/8}{BJ APP} + \frac{\% PSR}{BJ APP} + \frac{\% ABU}{BJ APP}} = \frac{100}{2.789}$$

$$Gse = \frac{Gsb + Gsa}{2} = \frac{2.653 + 2.789}{2} = 2.721$$

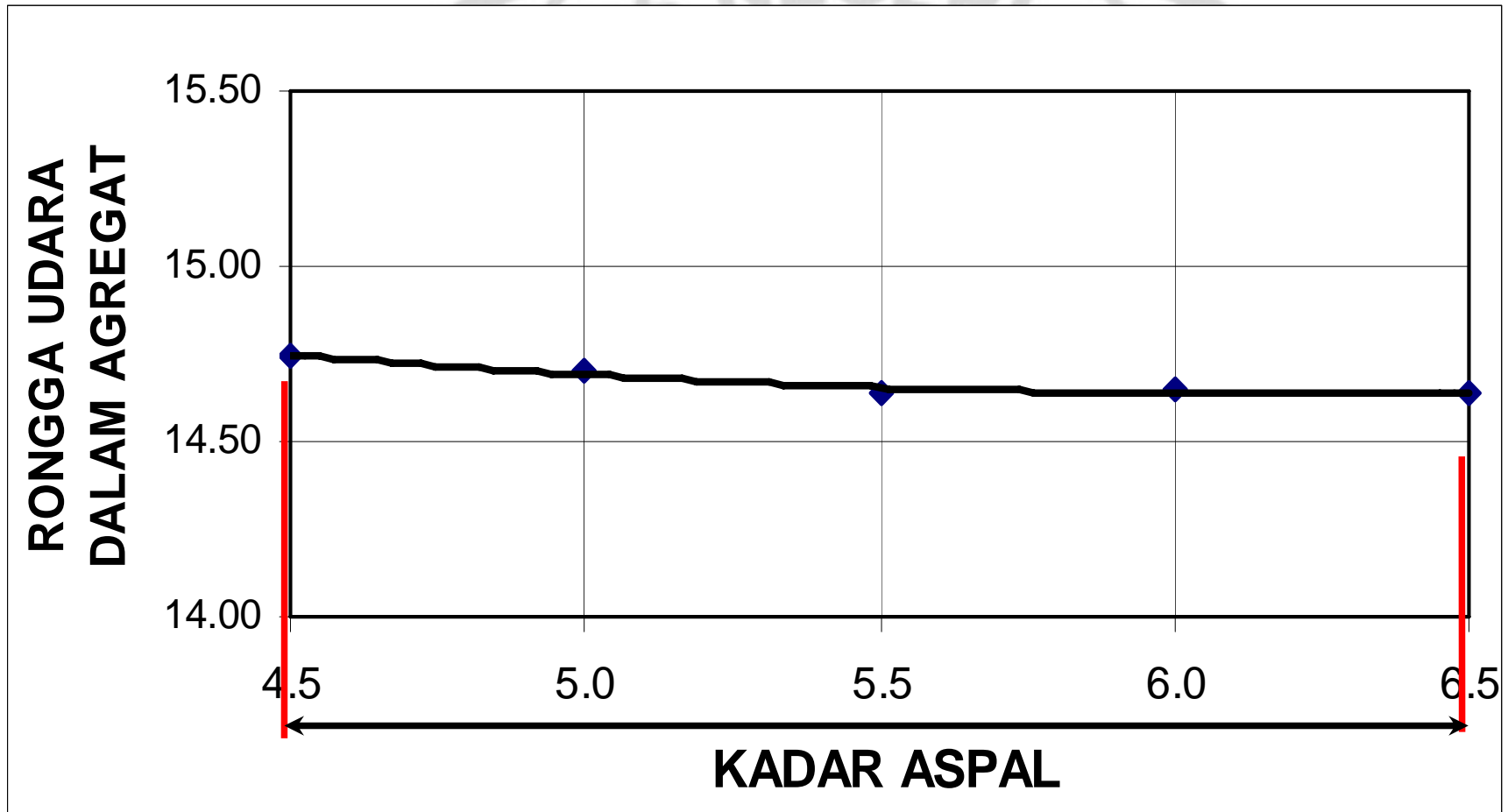
Dari data – data di atas sesuai dengan syarat campuran lapis aspal beton pada Tabel 2.7 maka data tersebut dimasukkan dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.a sampai 4.f berikut ini :





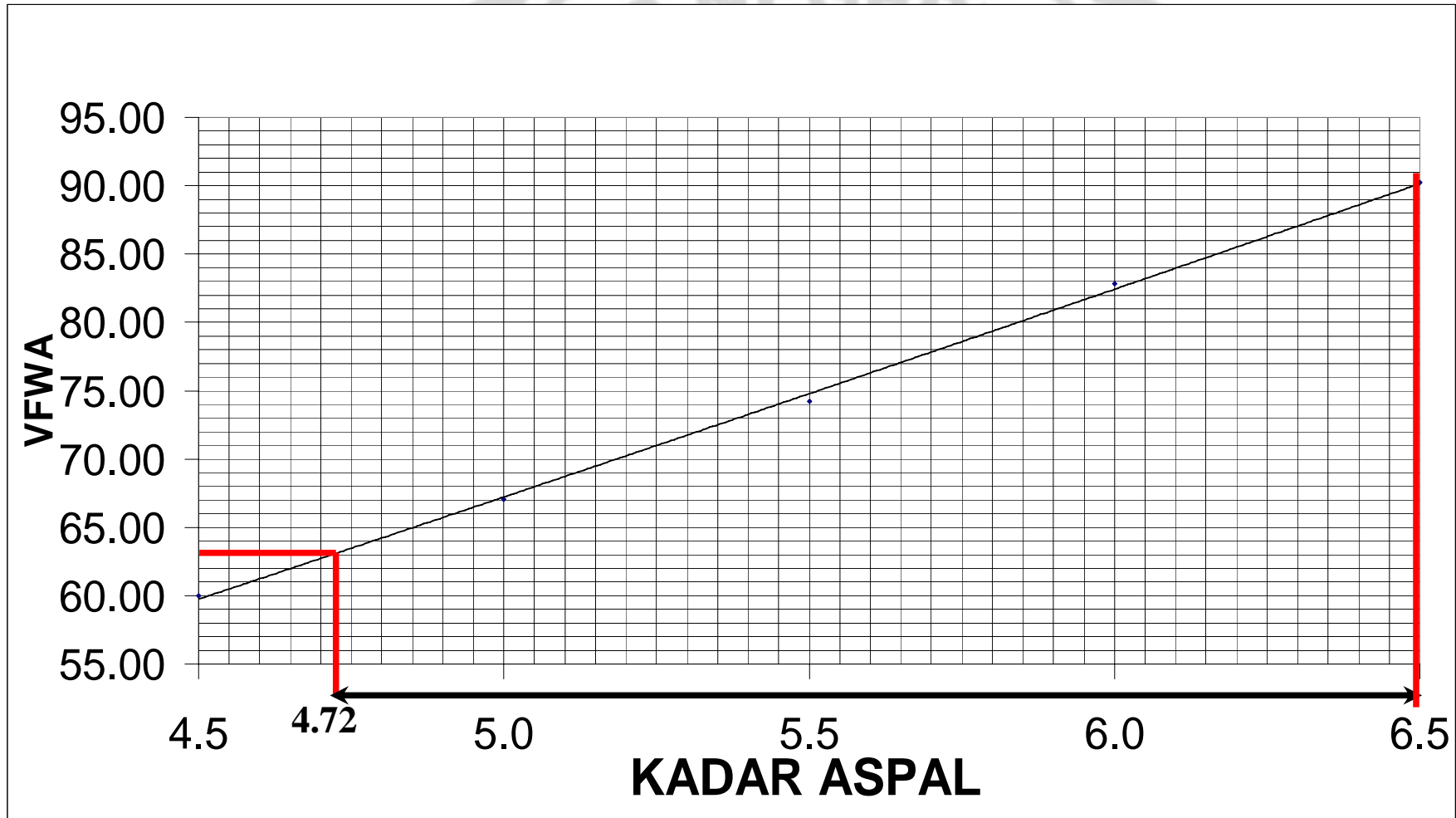


Gambar 4.1 Hubungan antara nilai Rongga Udara dengan Kadar Aspal

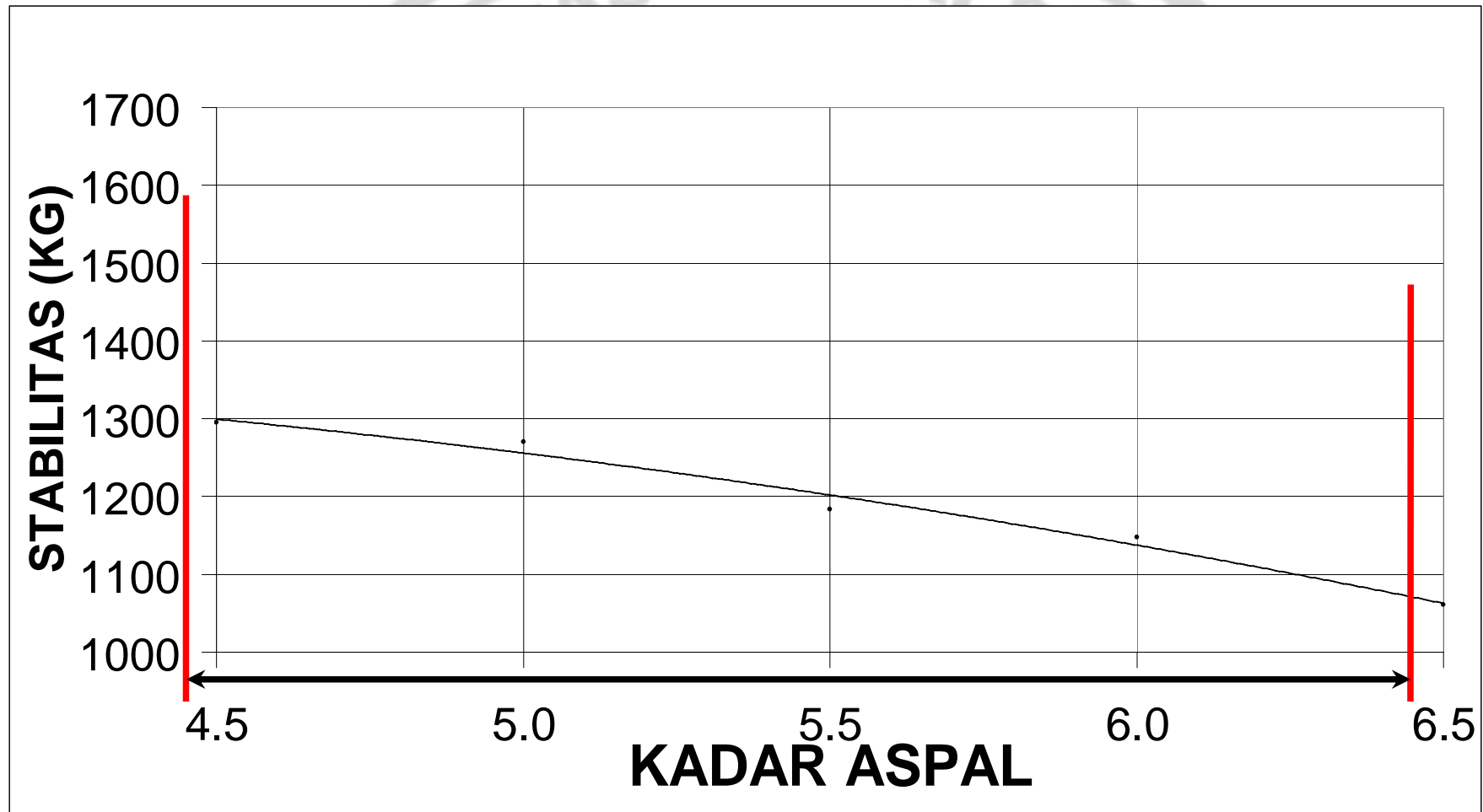


Gam

bar 4.2 Hubungan antara nilai Rongga Udara dalam Agregat dengan Kadar Aspal

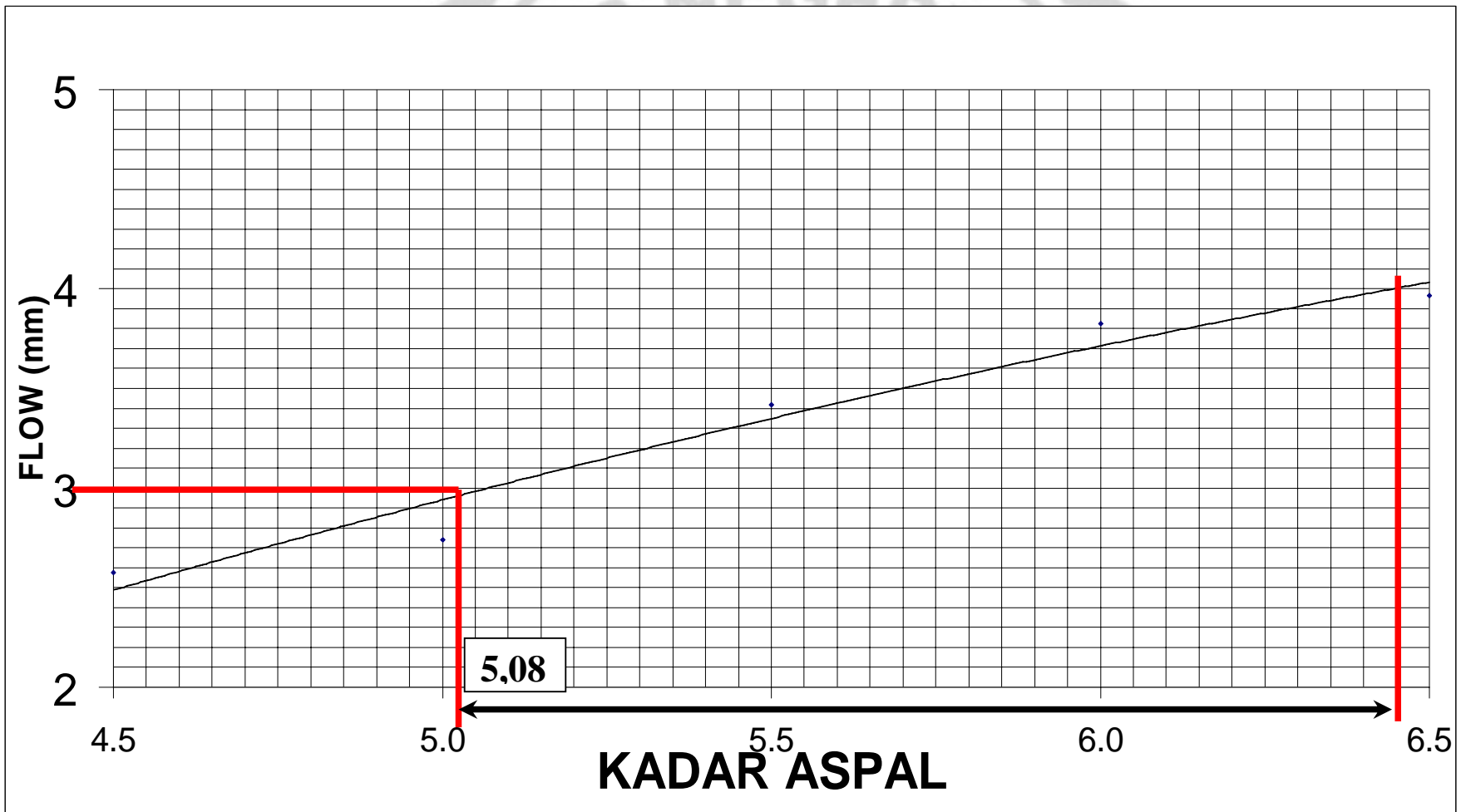


Gambar 4.3 Hubungan antara nilai VFWA dengan Kadar Aspal



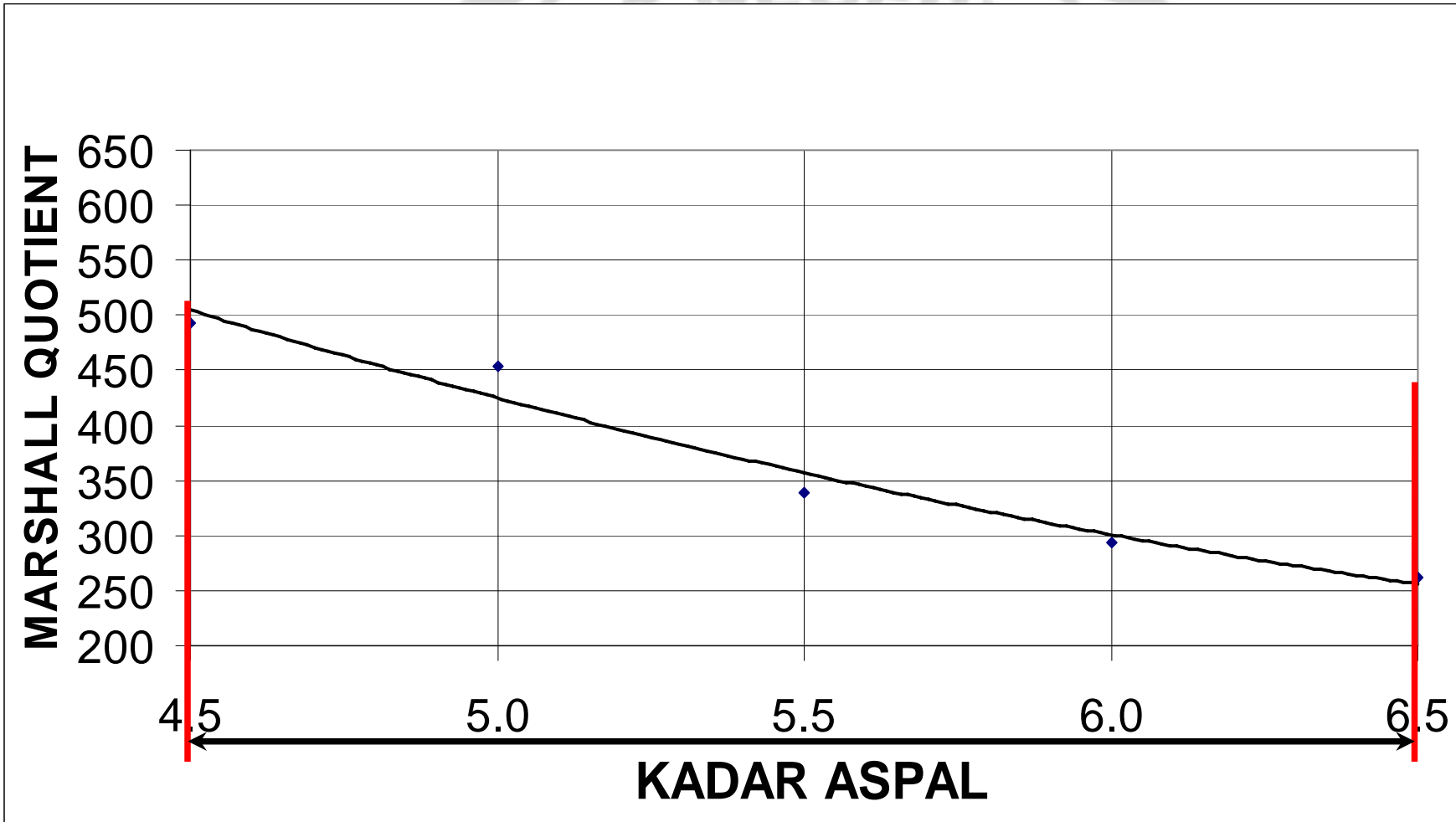
Gambar 4.4 Hubungan antara nilai Stabilitas dengan Kadar Aspal





Gambar 4.5 Hubungan antara nilai Flow dengan Kadar Aspal



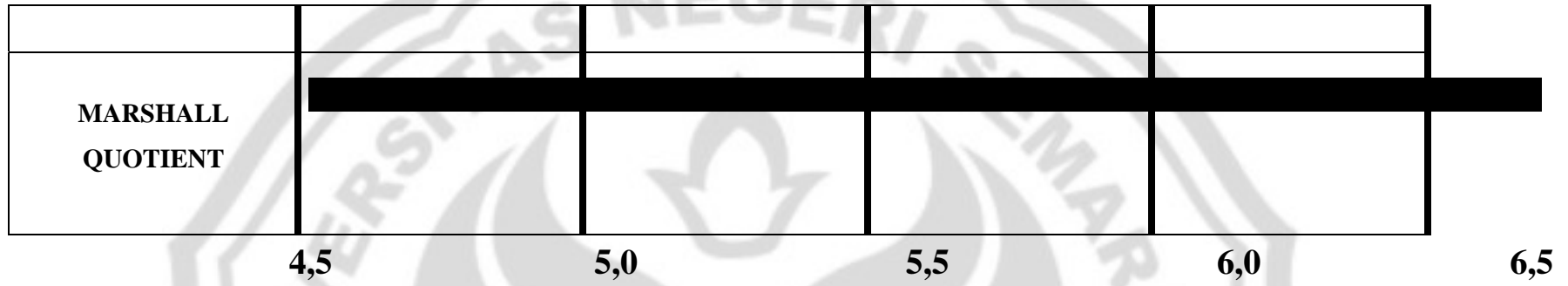


Gambar 4.6 Hubungan antara nilai Marshall Quotient dengan Kadar Aspal



DIAGRAM PEMILIHAN KADAR ASPAL

RONGGA DALAM AGREGAT					
RONGGA UDARA					
RONGGA TERISI ASPAL					
STABILITAS					
KELELEHAN (FLOW)					



Gambar 4.7 Diagram Pemilihan Kadar Aspal

Pencarian kadar aspal optimum berdasarkan gambar 4.7 dan persyaratan sifat-sifat campuran AC-BC menurut Bina Marga pada Tabel 2.7 adalah

$$\text{KAO} = \frac{A+B}{2} = \frac{5,08+5,58}{2} = 5,33\%$$

Untuk penelitian selanjutnya Kadar Aspal Optimum (KAO) nya diambil 5,25%. Mengacu pada buku Asphalt Institut ms 2 bahwa untuk antisipasi durabilitas, Kadar Aspal Optimum (KAO) dapat ditambah 0,5 % sampai dengan 1 %. Untuk pengujian selanjutnya Kadar Aspal Optimum (KAO) akan ditambah 0,5 %, sehingga Kadar Aspal pada pengujian selanjutnya adalah 5,75%

