

IV. ANALISA DATA HASIL PERCOBAAN

Seperti yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, langkah berikutnya yang sesuai dengan diagram alir adalah memplot gradasi. Plot gradasi dimasukkan pada bab IV karena termasuk analisa data.

1. PLOT GRADASI DI BAWAH FULLER UNTUK FRAKSI AGREGAT HALUS

Untuk memplot gradasi yang berada dibawah fuller, maka dipakai batas-batas sebagai berikut:

Batas atas diambil dari :

- untuk ukuran \leq # 8 dari garis Fuller (di luar daerah larangan)
- untuk ukuran $>$ #8 dari gradasi teratas dari negara – negara bagian USA

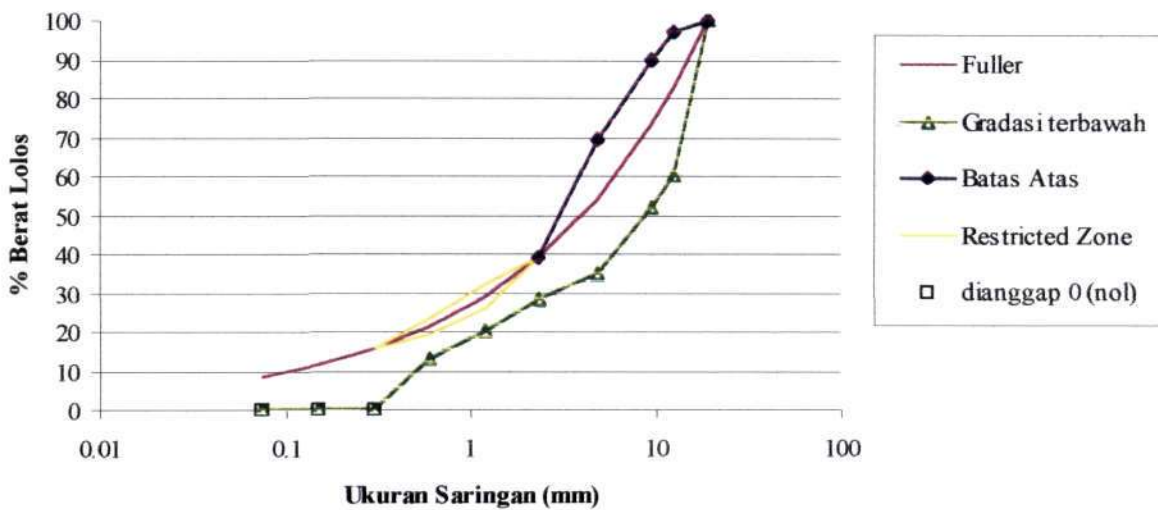
Batas bawah diambil dari :

- gradasi terbawah dari negara – negara bagian USA

Salah satu hasil plot dapat dilihat pada Gambar 4.1.

2. MEMBUAT AMPLOP USULAN

Gradasi yang dipakai adalah gradasi – gradasi dari negara bagian USA di bawah garis Fuller, di mana Superpave maupun Puslitbang juga kebetulan menganjurkan memakai gradasi di bawah fuller (yang telah dijelaskan pada Bab II) dan dari hasil percobaan diperoleh bahwa gradasi diatas garis fuller umumnya memiliki Marshall Quotient $>$ 5 KN/mm, hal ini melebihi batas Spesifikasi.



Gambar 4.1

Plot Gradasi USA ukuran Butir Maksimum 3/4"

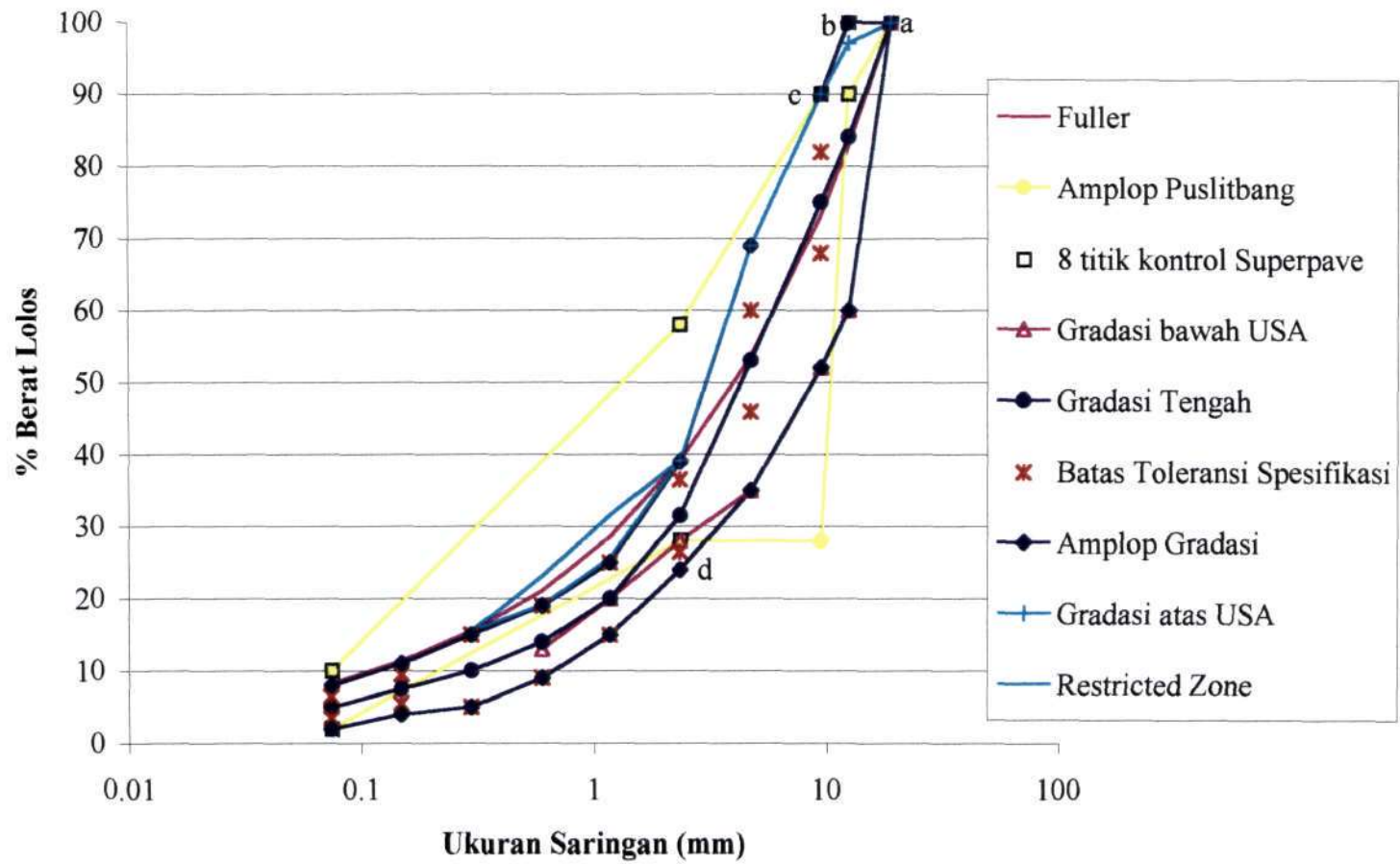
Untuk menentukan amplop usulan gradasi, digunakan batas-batas sebagai berikut:

- batas atas : garis Fuller dan di luar daerah larangan (Restricted Zone)
- batas bawah diambil dari modifikasi superposisi : hasil plot gradasi – gradasi negara bagian USA, toleransi gradasi dari Spesifikasi, amplop Puslitbang dan juga batas dari Superpave yaitu 8 titik kontrol.

Batas Toleransi dari Spesifikasi yaitu :

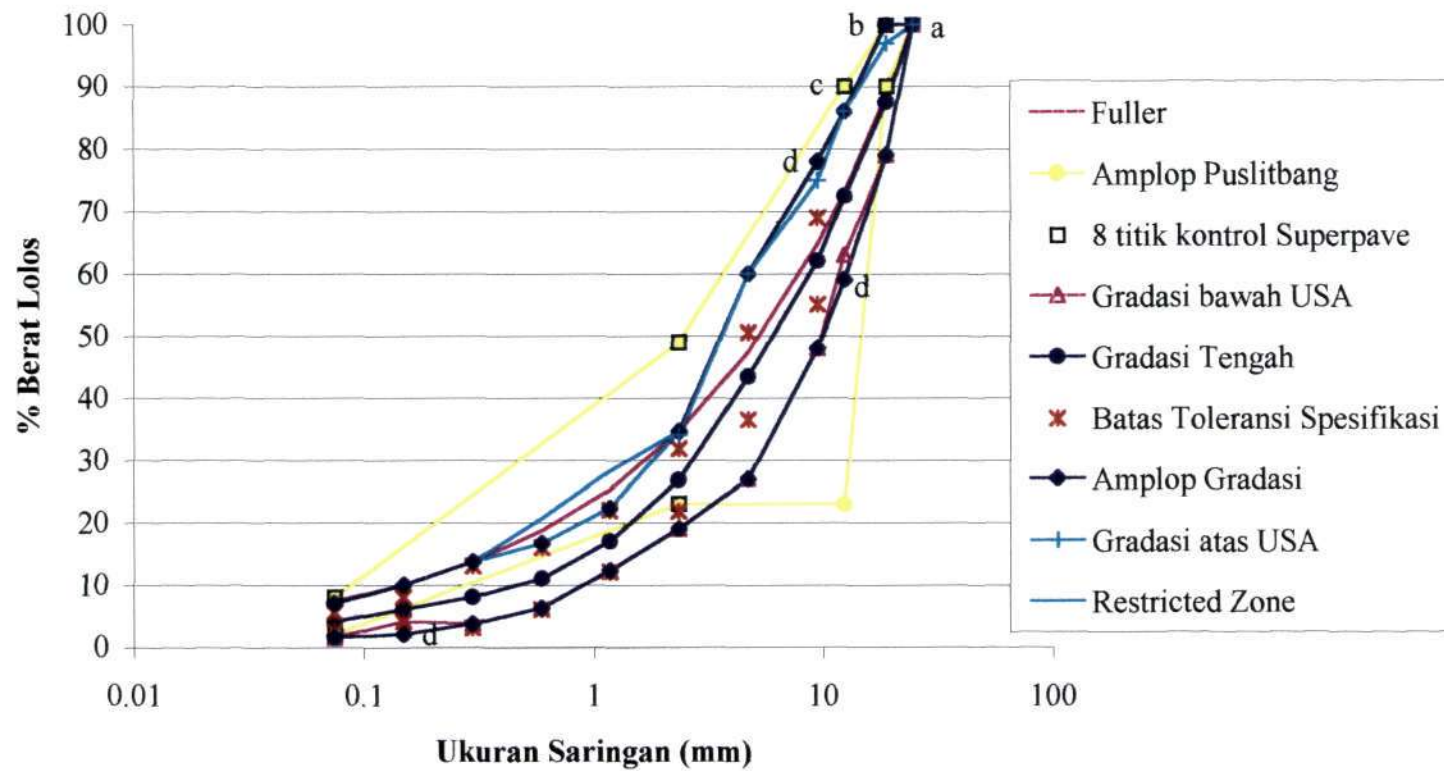
- untuk ukuran 3/8" - #8 : $\pm 7\%$
- untuk ukuran #8 - #100 : $\pm 5\%$
- untuk ukuran #100 - #200 : $\pm 2\%$
- untuk ukuran #200 : $\pm 1,5\%$

Gambar modifikasi superposisi dari gradasi USA terbawah, garis fuller dan daerah larangan (Restricted Zone), 8 titik kontrol Superpave, amplop Puslitbang, toleransi gradasi dari Spesifikasi dapat dilihat pada gambar 4.2.1 – 4.2.3



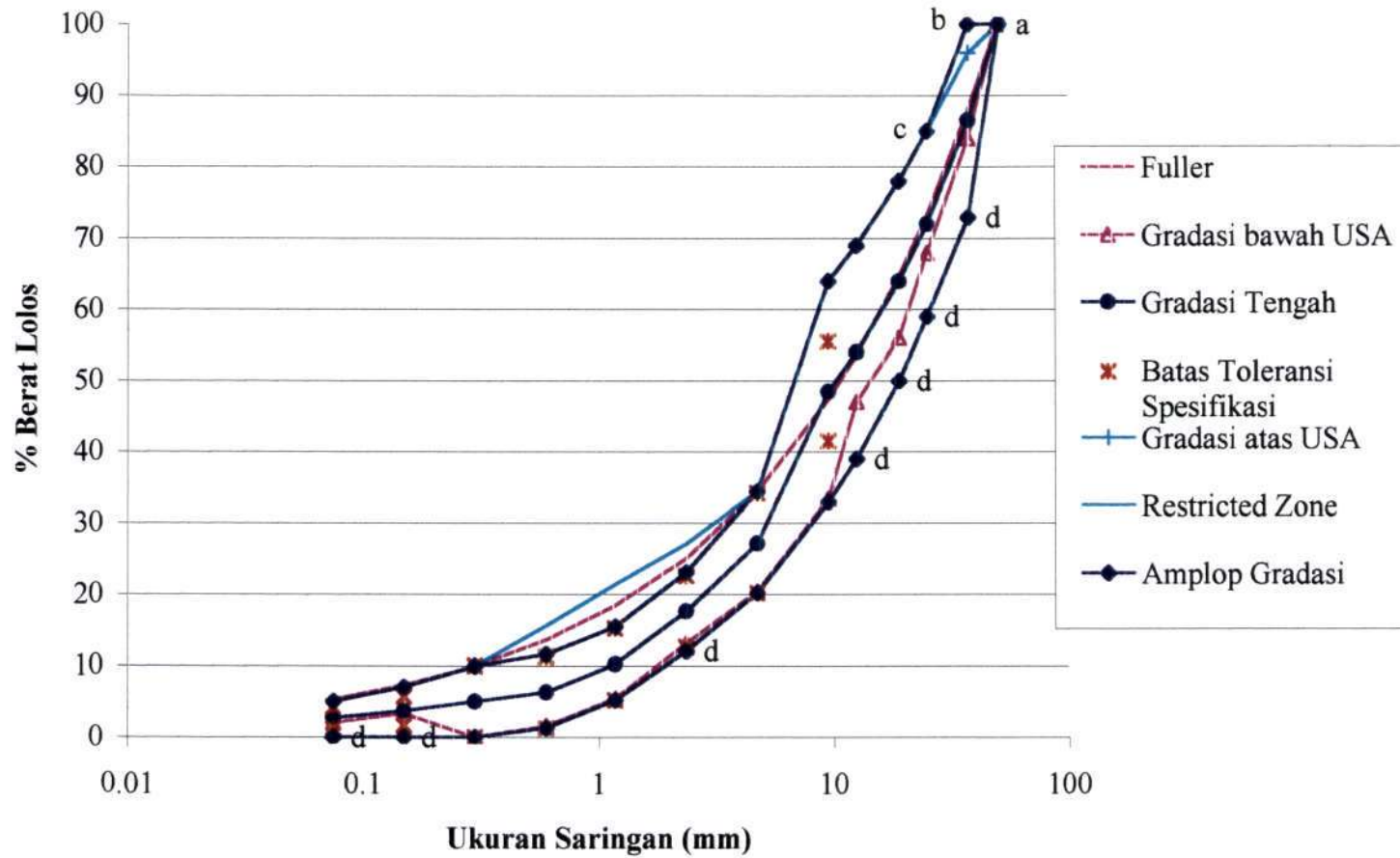
Gambar 4.2.1

Superposisi dari Gradasi USA terkecil, Fuller dan Daerah larangan (Restricted Zone)
 8 titik kontrol superpave, Amplop Puslitbang, toleransi Spesifikasi
 untuk butiran maksimum 3/4"



Gambar 4.2.2

Superposisi dari Gradasi USA terkecil, Fuller dan daerah larangan (Restricted Zone),
 8 titik kontrol superpave, Amplop Puslitbang, toleransi Spesifikasi
 untuk butiran maksimum 1"



Gambar 4.2.3

Superposisi dari Gradasi USA terkecil, Fuller dan daerah larangan (Restricted Zone), toleransi spesifikasi untuk butiran maksimum 2"

Titik a menunjukkan ukuran butiran maksimum, titik b adalah butiran nominal maksimum yang nilainya maksimum sama dengan butiran maksimum. Ditarik garis abc karena titik b merupakan butiran nominal maksimum. Titik d merupakan titik penghalusan amplop gradasi.

Kemudian diambil gradasi di tengah – tengah amplop usulan.

3. PEMBUATAN DAN KONTROL BENDA UJI

Berdasarkan gradasi tengah-tengah amplop yang diperoleh dari modifikasi superposisi maka dibuat benda uji dengan menggunakan kadar aspal bervariasi, antara lain:

- Ø 3/4" kadar aspal : 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, 7,5%
- Ø 1" kadar aspal : 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, 7,5%
- Ø 2" kadar aspal : 3,5%, 4%, 4,5%, 5%, 5,5%

Pembagian agregat atau komposisi agregat dapat dilihat pada lampiran II.

Untuk memudahkan kontrol benda uji maka hasil pengujian dengan alat Marshall yang diperoleh dari perhitungan di plot ke bentuk grafik, tujuannya :

- memudahkan pengontrolan berdasarkan spesifikasi yang diijinkan.
- untuk mendapatkan kadar aspal yang diinginkan.

Grafik pengontrolan benda uji meliputi:

rongga udara (*air void*), kepadatan (*bulk density*), stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), % rongga terisi aspal (*% voids filled*), Marshall Quotient

Grafik kontrol benda uji untuk ukuran butir maksimum 3/4" dapat dilihat pada gambar 4.3 – 4.8. Untuk ukuran butir maksimum 1" dan 2" dapat dilihat pada lampiran II.

Selain itu pengontrolan benda uji juga melalui tebal film aspal. Dari pengalaman yang ada tebal film aspal untuk campuran yang awet (durable) $8\mu\text{m} - 10\mu\text{m}$, bilamana tebal film aspal $\geq 8\mu\text{m}$ maka campuran aspal akan lebih awet tetapi tebal film aspal dibatasi maksimum $10\mu\text{m}$ karena aspal mempunyai kestabilan alami, kalau lebih besar dari $10\mu\text{m}$ maka aspal akan mengalir (drain), oleh karena itu perlu dilakukan pengontrolan perhitungan tebal film dengan rumusan :

$$\text{Tebal film} = \frac{1000 (A - R)}{Q T (100 - A)}$$

Di mana :

A = Kadar aspal%

R = Penyerapan (Absorption).....%

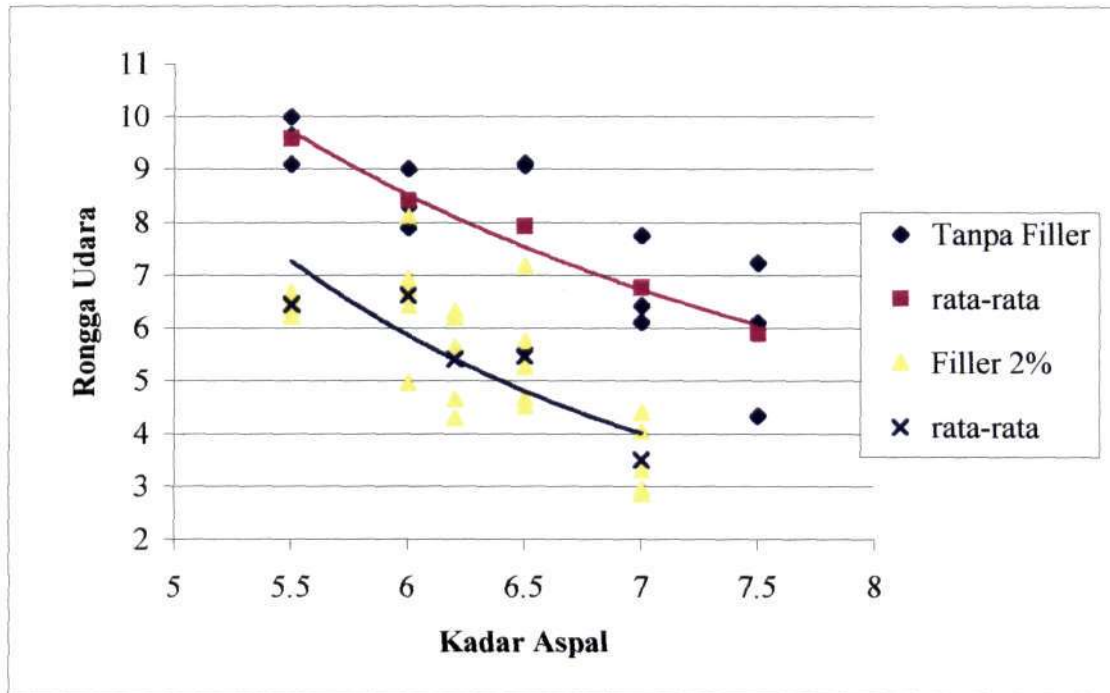
Q = luas permukaan (surface area)... kg/m^2

T = berat jenis aspal g/cm^2

Dari hasil grafik diperoleh :

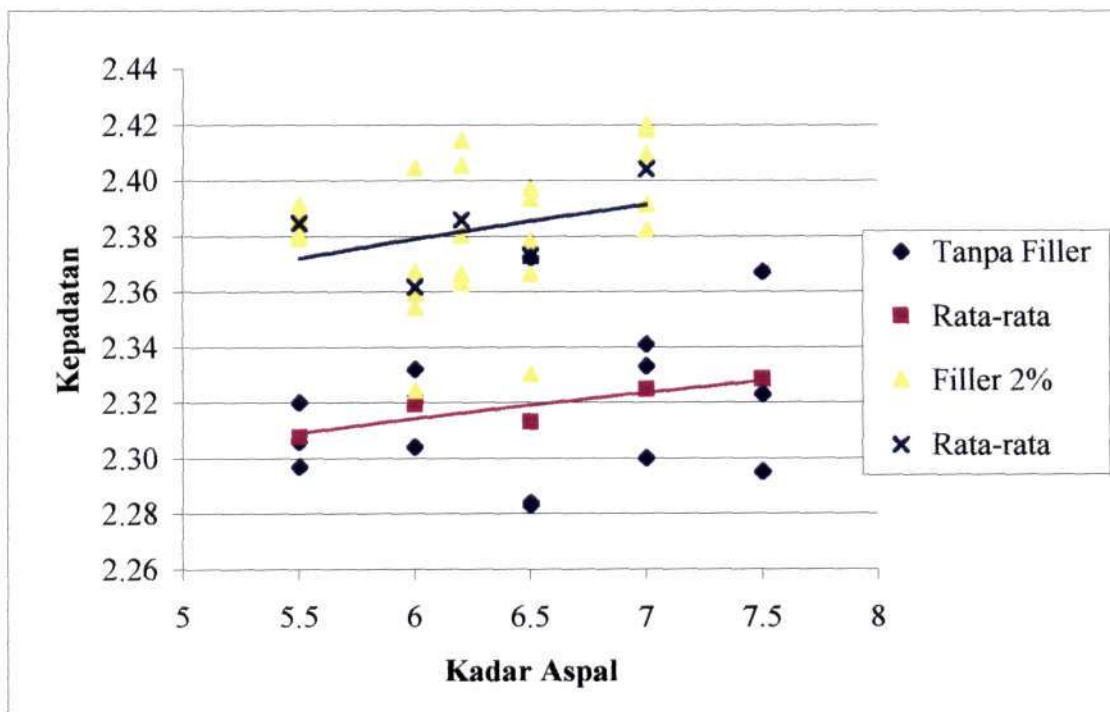
- Untuk ukuran butir maksimum $\frac{3}{4}$ "

Rongga udara 6 % didapatkan dari kadar aspal 7,5 % (lihat gambar 4.3). Kadar aspal 7,5 % mempunyai tebal film $14,675\mu\text{m}$. Padahal disyaratkan tebal film aspal $8\mu\text{m} - 10\mu\text{m}$. Biasanya untuk ukuran butir maksimum $\frac{3}{4}$ " memerlukan kadar aspal kira-kira 6 %, dari grafik dengan kadar aspal 6 % diperoleh rongga udara rata-rata 8,403 %. Untuk mencapai rongga udara 6 % diperlukan filler tambahan sekitar $8,403\% - 6\% = 2,403\%$, diambil filler 2 %. Kontrol dengan filler tambahan 2 %, tebal film aspal untuk kadar aspal 6 % adalah $9,21\mu\text{m}$. Jadi dilakukan pembuatan benda uji dengan filler tambahan 2 % dan mengurangi agregat halus pecah mesin (pasaran : abu batu) 2 %.



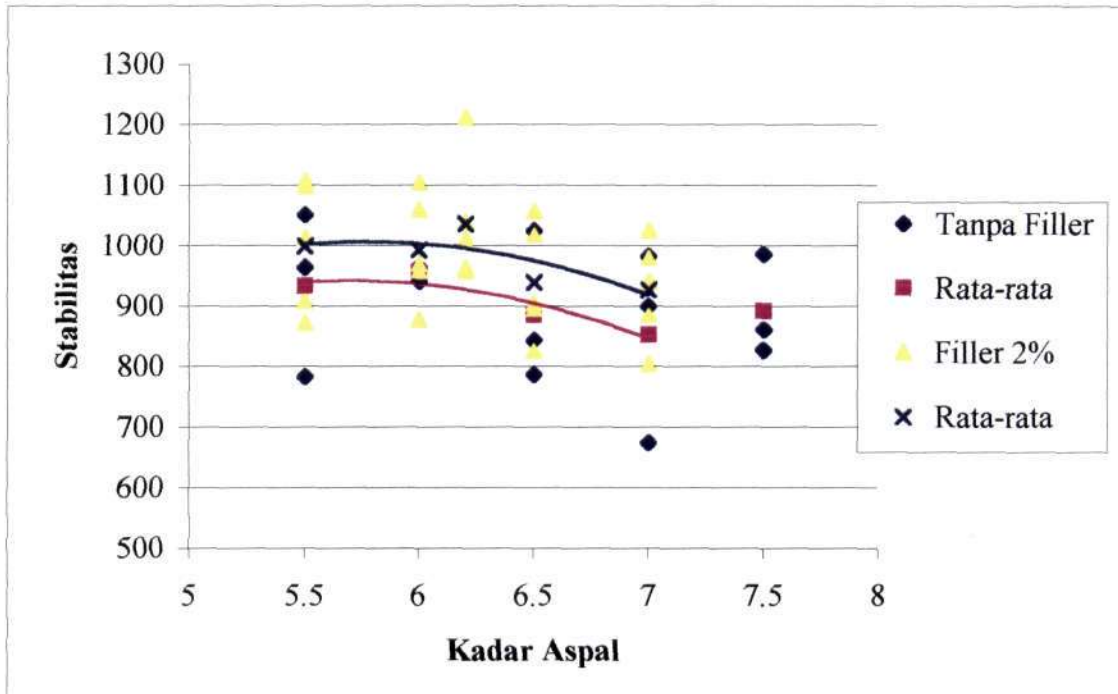
Gambar 4.3

Grafik Rongga Udara dan Kadar Aspal dengan Filler 0% dan 2% untuk butiran agregat maksimum ϕ 3/4"



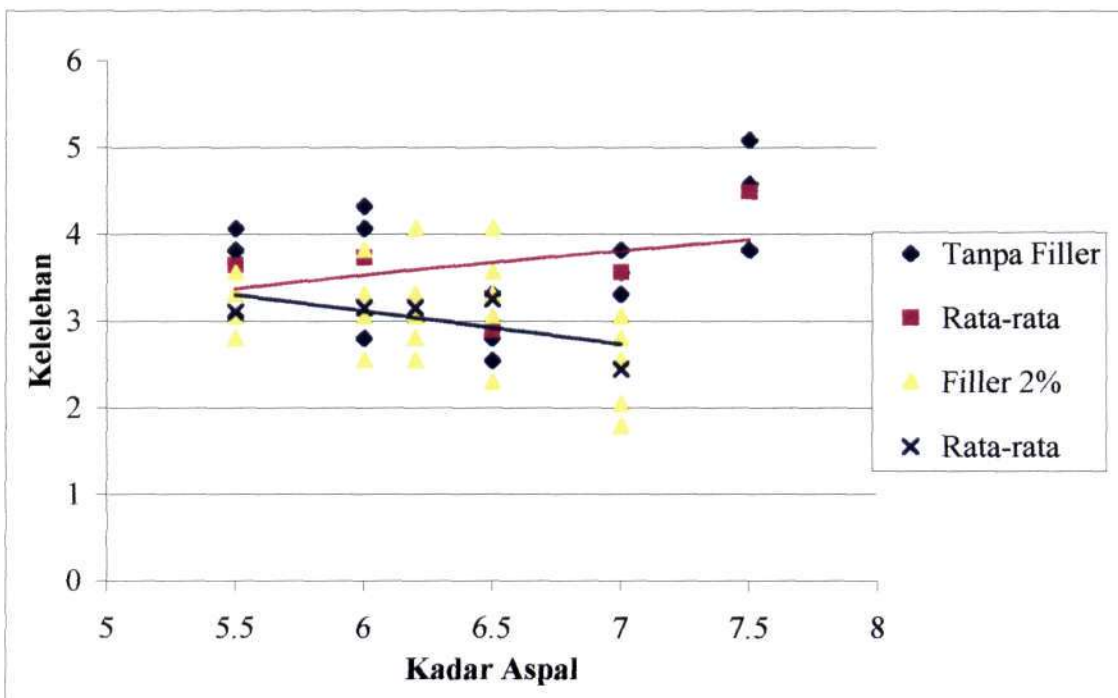
Gambar 4.4

Grafik Kepadatan dan Kadar Aspal dengan Filler 0% dan 2% untuk butiran agregat maksimum ϕ 3/4"



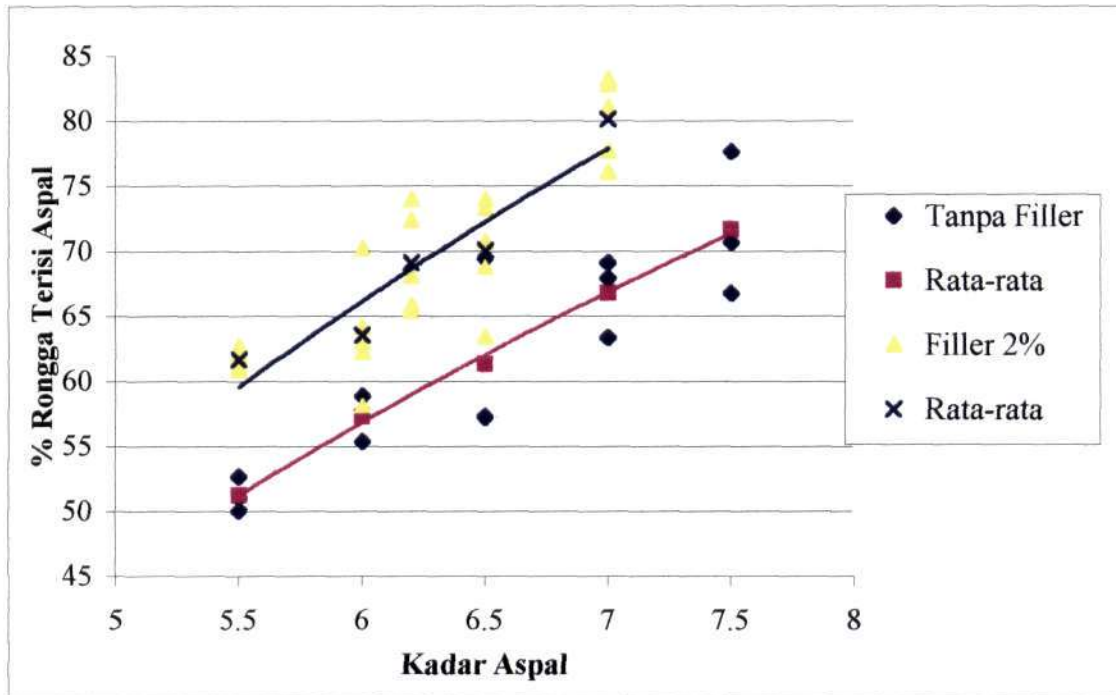
Gambar 4.5

Grafik Stabilitas dan Kadar Aspal dengan Filler 0% dan 2%
untuk butiran agregat maksimum ϕ 3/4"



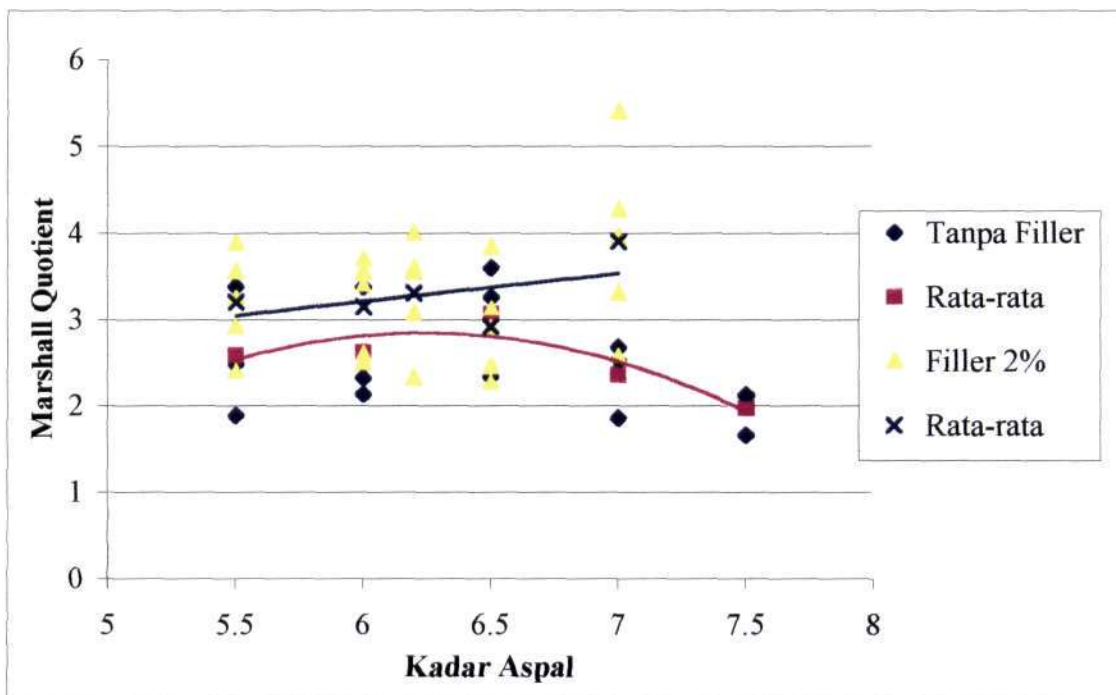
Gambar 4.6

Grafik Kelelahan dan Kadar Aspal dengan Filler 0% dan 2%
untuk butiran agregat maksimum ϕ 3/4"



Gambar 4.7

Grafik % Rongga Terisi Aspal dan Kadar Aspal dengan Filler 0% dan 2% untuk butiran agregat maksimum ϕ 3/4"



Gambar 4.8

Grafik Marshall Quotient dan Kadar Aspal dengan Filler 0% dan 2% untuk butiran agregat maksimum ϕ 3/4"

- Untuk ukuran butir maksimum 1”

Rongga udara 6 % didapatkan dari kadar aspal 6,3 % (lihat pada lampiran II). Kadar aspal 6,3 % mempunyai tebal film 13,402 μm . Disyaratkan tebal film aspal 8 μm – 10 μm . Biasanya untuk ukuran butir maksimum 1” memerlukan kadar aspal kira-kira 5,5 %, dari grafik dengan kadar aspal 5,5 % diperoleh rongga udara rata-rata 7,701 %. Untuk mencapai rongga udara 6 % diperlukan filler tambahan sekitar 7,701 % - 6 % = 1,701%, diambil filler 2 %. Kontrol dengan filler tambahan 2 %, tebal film aspal untuk kadar aspal 5,5 % adalah 9,24 μm . Jadi dilakukan pembuatan benda uji dengan filler tambahan 2 % dan mengurangi agregat halus pecah mesin (pasaran : abu batu) 2 %.

- Untuk ukuran butir maksimum 2”

Persyaratan rongga udara : 4% - 8%, rongga udara ideal 6 %, namun butir maksimum 2” dipakai sebagai lapisan bawah (ATB), sehingga rongga udara tidak terlalu penting. Rongga udara yang dipakai 8 % didapatkan dari kadar aspal 4,6 %. Kadar aspal 4,6 % mempunyai tebal film 12,565 μm . Disyaratkan tebal film aspal 8 μm – 10 μm . Biasanya untuk ukuran butir maksimum 2” memerlukan kadar aspal kira-kira 4 %, dari grafik rongga udara, kadar aspal 4 % diperoleh rongga udara rata-rata 8,770%. Untuk mencapai rongga udara 8% diperlukan filler tambahan sekitar 8,770 % - 8% = 0,770 %, diambil filler 1 %. Kontrol dengan filler tambahan 1 %, tebal film aspal untuk kadar aspal 4 % adalah 9,162 μm . Jadi dilakukan pembuatan benda uji dengan filler tambahan 1 % dan mengurangi agregat halus pecah mesin (pasaran : abu batu) 1 %.

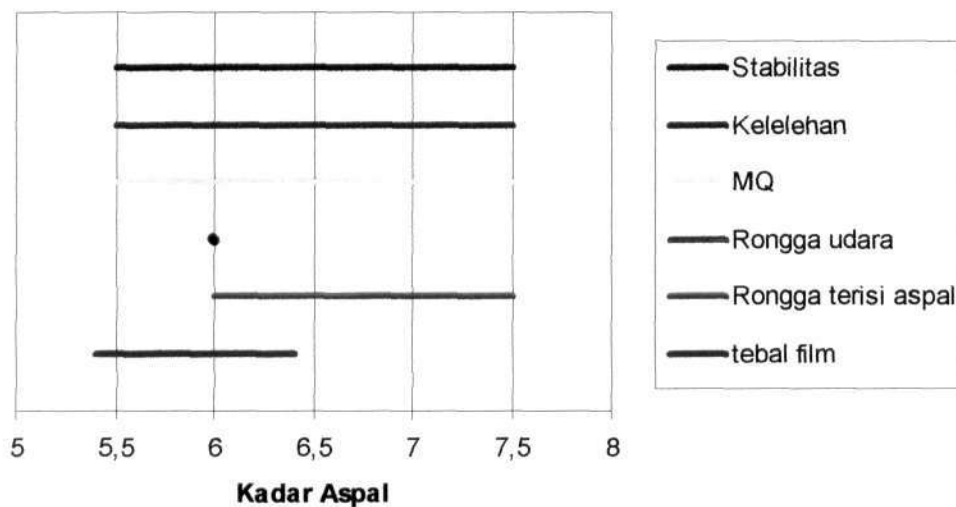
Hasil percobaan dengan menambah % filler ukuran butir maksimum ¾“ dapat dilihat pada gambar 4.3 – 4.8. Untuk butir maksimum 1” dan 2” pada lampiran II.

4. KOMPOSISI CAMPURAN AKHIR

Untuk butiran maksimum $\phi 3/4''$, komposisi campuran diambil yang berada di tengah tengah amplop adalah :

- Fraksi 10 – 15 = 40 %, Fraksi 5 – 10 = 30 %, Fraksi 0 – 5 = 22%, Pasir = 6 %, Filler = 2%
- Kadar Aspal yang dipakai = 6,2%
- Tebal Film = 9,605 μm

Pada gambar 4.9 dapat dilihat batas-batas aspal yang diijinkan berdasarkan stabilitas, kelelahan, MQ, rongga udara, rongga terisi aspal, tebal film.



Gambar 4.9

Rentang kadar aspal yang memenuhi persyaratan

Rongga udara yang ingin diperoleh kira-kira 6%. Dari hasil gambar diatas menunjukkan rentang kadar aspal yang memenuhi syarat antara 6% - 6,4% oleh karena itu diambil kadar aspal di tengah-tengah yaitu 6,2%. Kadar aspal yang diambil bukan yang 6% karena kadar aspal memiliki toleransi $\pm 0,3\%$, hal ini akan

menyebabkan fluktuasi kadar aspal dimana dapat di bawah 6% berarti tidak memenuhi persyaratan rongga terisi aspal.

Kemudian dilakukan percobaan Marshall dengan menggunakan jumlah tumbukan 400×2 , hasil yang diperoleh adalah rongga udara rata-rata sebesar 3,556%. Berarti memenuhi persyaratan yaitu antara 3% - 5%.

Untuk ukuran butir maksimum 1" adalah :

- Fraksi 10 – 20 = 35%, Fraksi 10 – 15 = 0%, Fraksi 5 - 10 = 40%, Fraksi 0 – 5 = 18 %, Pasir = 5%, Filler = 2%
- Kadar aspal = 5,4%
- Tebal Film = 9,028 μm

Cara pengambilan % kadar aspal untuk ukuran butir maksimum 1" hampir sama dengan ukuran butir maksimum $\frac{3}{4}$ ". Namun kadar aspal yang digunakan lebih sedikit. Kadar aspal ditentukan dengan acuan berikut :

- perhitungan tebal film aspal 9 μm dan diperoleh kadar aspal sebesar 5,4 %.
- penentuan kadar aspal juga dapat melalui grafik rongga udara (air void) dengan memperkirakan rongga udara 6%. Cara memperkirakannya adalah pada kadar aspal 5,4 % tanpa filler diperoleh rongga udara 8 %, maka dengan filler diperkirakan rongga udara 6%. Jadi diambil kadar aspal 5,4 %

Kemudian dilakukan percobaan Marshall dengan menggunakan jumlah tumbukan 400×2 , hasil yang diperoleh adalah rongga udara rata-rata sebesar 4,096%. Berarti memenuhi persyaratan yaitu antara 3% - 5%.

Untuk ukuran butir maksimum 2" adalah :

- Fraksi 20 – 40 = 35%, Fraksi 10 – 20 = 8%, Fraksi 10 – 15 = 20%, Fraksi 5 – 10 = 20%, Fraksi 0 – 5 = 16%, Pasir = 0%, Filler = 1%

- Kadar aspal = 4 %
- Tebal Film = 9,162 μ m

Cara pengambilan kadar aspal untuk ukuran butir maksimum 2” hampir sama dengan ukuran butir maksimum ¾” dan 1”. Namun kadar aspal yang digunakan tidak bermacam-macam. Melalui perhitungan tebal film 9 μ m diperoleh kadar aspal 4%.

Kemudian dilakukan percobaan Marshall dengan menggunakan jumlah tumbukan 600 x 2, hasil yang diperoleh adalah rongga udara rata-rata sebesar 7,042%. Berarti memenuhi persyaratan yaitu antara 4% - 8%.

5. HASIL PENGUJIAN MARSHALL

Hasil akhir perhitungan rata - rata percobaan Marshall :

	Hasil yang diperoleh					
	¾"		1"		2"	
Jumlah Tumbukan	75	400	75	400	112	600
% Rongga dalam Agregat (VMA)	17.42	15.808	16.286	14.755	15.442	14.702
Rongga Udara (%)	5.403	3.556	5.818	4.096	7.848	7.042
Kepadatan	2.386	2.431	2.398	2.442	2.405	2.426
Stabilitas (kg)	1034.56	1317.22	1171.70	1256.14	533.995	631.279
Kelelahan (mm)	3.15	3.099	3.912	3.353	1.829	1.693
% Rongga Terisi Aspal (%)	69.126	77.921	64.304	72.296	49.19	52.169
Marshall Quotient (KN/mm)	3.306	4.58	2.949	3.82	2.903	4.024

VMA berdasarkan rekomendasi Puslitbang untuk semua ukuran butir minimum 16%. Seharusnya nilai VMA untuk butiran yang berbeda nilainya juga berbeda karena menurut Asphalt Institute 1969 untuk butir ¾” nilai VMA minimum 14%, 1” minimum 13 % dan 2” minimum 11,5%. Untuk mengantisipasi lalu lintas berat maka nilai VMA dinaikkan, yaitu menjadi ¾” minimum 16%, 1” minimum 15% dan 2”

minimum 12. Pada 2” nilai VMA dinaikkan sedikit karena hasil perhitungan dari percobaan Marshall untuk jumlah tumbukan 112 dan 600 tidak berbeda jauh. Untuk nilai kelelahan butir maksimum 2” tidak sesuai dengan Spesifikasi hal ini disebabkan karena hasil percobaan Marshall yang bervariasi. Spesifikasi Puslitbang dan Asphalt Institute dapat dilihat pada lampiran III.

6. PROSEDUR PENGUJIAN TARIK TAK LANGSUNG

- Persiapan benda uji

Persiapan benda uji untuk pengujian tarik tak langsung sama seperti yang dilakukan dalam Marshall

- Persiapan pencampuran

Persiapan pencampuran untuk pengujian ini sama dengan persiapan pencampuran untuk pengujian dengan cara Marshall

- Pengujian benda uji

Pengujian tarik tak langsung dilakukan dengan pembebanan statis, yaitu dengan memberikan beban tekan tunggal yang sejajar dan sepanjang bidang dinding silinder benda uji. Kecepatan pembebanan relatif lambat, umumnya 1,14 mm/menit. Temperatur pengujian 28°C (sehubungan dengan temperatur bulanan rata-rata daerah tropis adalah 28°C). Deformasi horisontal total dan deformasi tekan vertikal harus diukur terus menerus selama pembebanan.

Untuk hasil pengujian tarik tak langsung tidak ada persyaratan

Hasil dari pengujian tarik tak langsung dapat dilihat pada lampiran II.

6.1. Hasil Pengujian Tarik Tak Langsung

Hasil yang diperoleh dari pengujian tarik tak langsung di laboratorium adalah modulus elastisitas statis (karena alat pengujian untuk mengetahui modulus elastisitas dinamis tidak tersedia). Untuk perhitungan perkerasan diperlukan modulus elastisitas dinamis, yaitu dengan cara mengalikan modulus elastisitas statis dengan 21,42 (sumber : tugas akhir oleh Andri Sugondo dan Lusie, 1994) sehingga dari gambar 4.10 didapatkan nilai koefisien relatif (a_1) untuk pemakaian benda uji ukuran butir maksimum $\frac{3}{4}$ " , 1" dan 2".

Hasil rata-rata pengujian tarik tak langsung diperoleh :

Ukuran butir	E rata-rata (Psi)	δ rata-rata (Psi)	E dinamis (Psi)	a_1
$\frac{3}{4}$ "	7214,155	0,015	154527,2	0,25
1"	7889,461	0,014	168996,1	0,27
2"	4770,675	0,009	102187,9	0,2

Keterangan untuk koefisien relatif (a_1) :

Sebagai pembandingan koefisien relatif yang diterapkan untuk perancangan tebal perkerasan pada AC adalah 0,3 sedangkan untuk ATB adalah 0,25. Bukan koefisien relatif menurut Bina Marga tahun 1987 yang masih berpedoman pada AASHO 1972 dimana pengujian dilakukan pada temperatur 20°C.

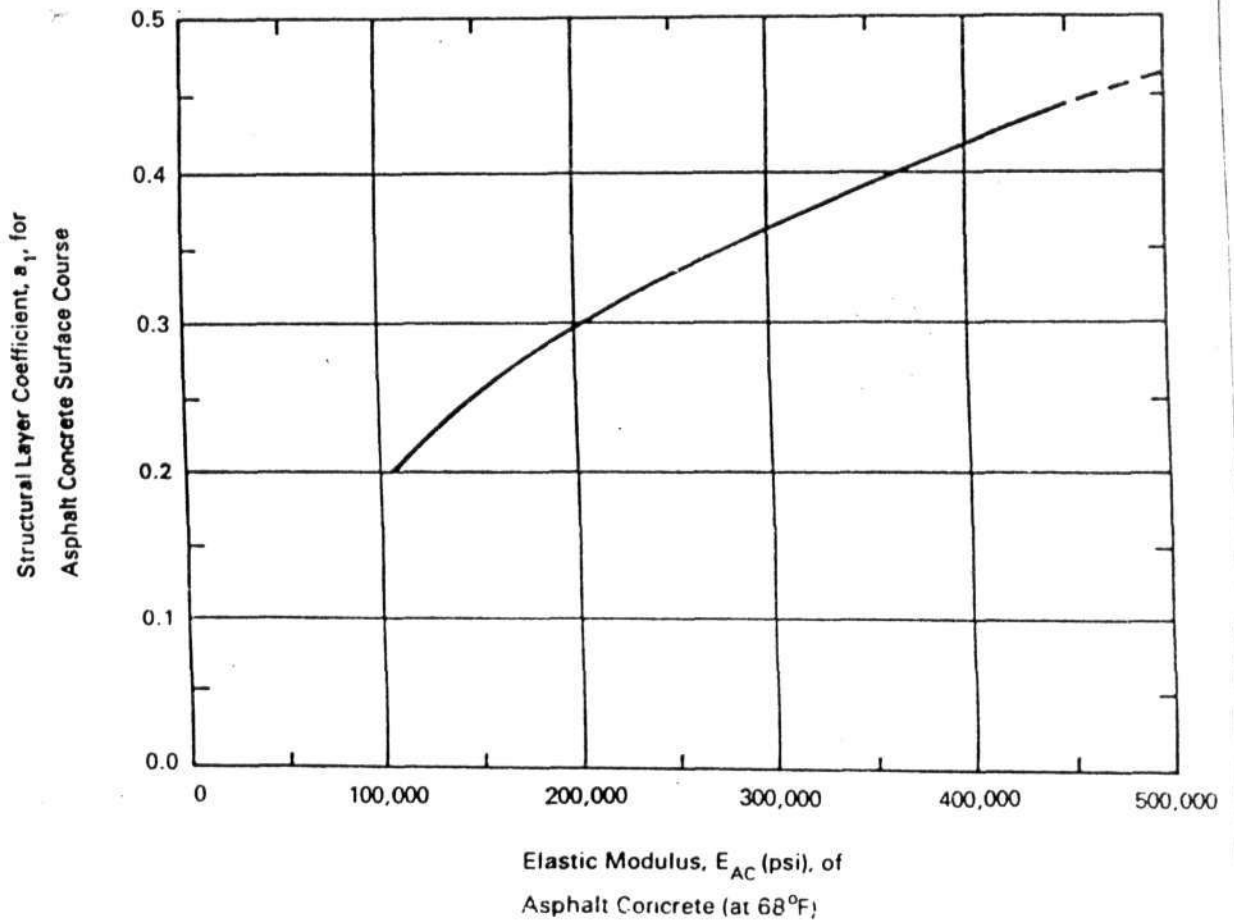
7. PERBANDINGAN HASIL PENGUJIAN MARSHALL DAN PENGUJIAN TARIK TAK LANGSUNG

Pengujian Marshall :

- Hasil pengujian Marshall menggunakan 75 x 2 tumbukan adalah ukuran butir maksimum 1" memiliki stabilitas dan kelelahan terbesar.

Pengujian tarik tak langsung :

- Ukuran butir maksimum 1" memiliki Modulus Elastisitas, koefisien relatif terbesar dan tegangan tarik yang relatif besar berarti ukuran butir maksimum 1" lebih kuat dan lentur.



Gambar 4.10

Grafik hubungan modulus dinamis dan koefisien relatif dari AASHTO 1986