

BAB IV

ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Penelitian yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kualitas dari bahan yang akan digunakan, terdiri dari pemeriksaan aspal dan agregat sebagai pemeriksaan dasar dan pemeriksaan benda uji dengan alat Marshall sebagai tujuan pokok penelitian. Hasil pemeriksaan bahan seperti yang tercantum pada tabel 4.1 s/d 4.3. berikut ini :

4.1.1. Hasil Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal keras dengan penetrasi 60/70. Pengujian terhadap aspal dilakukan sesuai dengan standar Bina Marga dan harus memenuhi persyaratan yang telah diberikan oleh standar Bina Marga tersebut untuk dapat digunakan sebagai bahan pengikat dalam campuran perkerasan. Hasil pengujian dari sifat-sifat fisik dari aspal penetrasi 60/70 dapat dilihat pada tabel 4.1. berikut:

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Aspal

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Spesifikasi Pengujian		Satuan	Hasil Pengujian	Keterangan
			Min	Max			
1.	Penetrasi (25°C, 5 detik)	PA – 0301 – 76	60	79	0.1 mm	66,8	Hasil data praktikum
2.	Titik Lembek Aspal	PA – 0302 – 76	48	58	°C	52,5	Hasil saat penelitian
3.	Kehilangan Berat (163°C, 5 jam)	PA – 0304 – 76	-	0.4	%	0,02665	Hasil data praktikum
4.	Daktilitas (25°C, 5 cm/menit)	PA – 0306 – 76	100	-	Cm	> 110,3	Hasil data praktikum
5.	Berat Jenis (25°C)	PA – 0307 – 76	1	-	-	1,07	Hasil data praktikum

Sumber: Hasil Penelitian

Pengujian-pengujian terhadap aspal penetrasi 60/70 menghasilkan penetrasi aspal 66,8 yaitu memenuhi syarat standar Bina Marga. Pengujian titik lembek aspal menghasilkan titik lembek aspal pada suhu 52,5°C yang memenuhi standar Bina Marga yaitu minimal 48°C dan maksimal 58°C. Pengujian kehilangan berat aspal menghasilkan kehilangan berat aspal sebesar 0,02665%, memenuhi persyaratan

yaitu 0,4%. Pengujian daktilitas menghasilkan daktilitas aspal >110,3 cm. Pengujian daktilitas aspal telah memenuhi persyaratan Bina Marga yaitu minimal 100 cm. Pengujian berat jenis aspal menghasilkan berat jenis 1,07 memenuhi persyaratan Bina Marga yaitu berat jenis aspal minimal 1.

4.1.2. Hasil Pengujian Agregat

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat dari Cangkang Sawit dan disesuaikan dengan gradasi batas tengah gradasi tipe IX campuran agregat dari Bina Marga seperti yang diperlihatkan pada tabel 3.1.

Hasil pengujian analisa saringan cangkang sawit pada gradasi asli dan hasil perhitungan matrik gradasi 7(tujuh) fraksi serta grafik gradasi agregat gabungan dengan batas spek area IX dapat dilihat pada lampiran.

Hasil-hasil pengujian fisik terhadap agregat dari Cangkang Sawit dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Agregat dari Cangkang Sawit

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Spesifikasi		Satuan	Hasil Pengujian
			Min	Max		
1	2	3	4	5	6	7
1	Berat Jenis Agregat Kasar	PB – 0202 – 76				
	- Berat jenis <i>bulk</i>		2,5	-	-	1,189
	- Berat jenis <i>SSD</i>		-	-	-	1,337
	- Berat jenis <i>apparent</i>		-	-	-	1,395
	- Berat jenis <i>efektif</i>		-	-	-	1,292
	- Penyerapan		-	3 %	-	12,49
2	Pengujian Abrasi <i>Los Angeles</i>	PB – 0206 – 76	-	40	%	2,014
3	<i>Aggregate Impact Value</i> (AIV)	BD 812 : Part 3:1975	-	30	%	5,536
4	Berat Jenis Agregat Halus	PB – 0203 – 76				
	- Berat jenis <i>bulk</i>		2,5	-	-	1,25
	- Berat jenis <i>SSD</i>		-	-	-	1,36
1	2	3	4	5	6	7
	- Berat jenis <i>apparent</i>		-	-	-	1,40
	- Berat jenis <i>efektif</i>		-	-	-	1,325
	- Penyerapan		-	3	%	8,7

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Agregat dari Sungai Kampar

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Spesifikasi		Satuan	Hasil Pengujian
			Min	Max		
1	Berat Jenis Agregat Kasar	PB – 0202 – 76				
	- Berat jenis <i>bulk</i>		2,5	-	-	2,56
	- Berat jenis <i>SSD</i>		-	-	-	2,57
	- Berat jenis <i>apparent</i>		-	-	-	2,60
	- Berat jenis <i>efektif</i>		-	-	-	2,58
	- Penyerapan		-	3 %	-	0,68
2	Pengujian Abrasi <i>Los Angeles</i>	PB – 0206 – 76	-	40	%	26,44
3	<i>Aggregate Impact Value</i> (AIV)	BD 812 : Part 3:1975	-	30	%	18,33
4	Berat Jenis Agregat Halus	PB – 0203 – 76				
	- Berat jenis <i>bulk</i>		2,5	-	-	2,45
	- Berat jenis <i>SSD</i>		-	-	-	2,51
	- Berat jenis <i>apparent</i>		-	-	-	2,60
	- Berat jenis <i>efektif</i>		-	-	-	2,525
	- Penyerapan		-	3	%	2,20

Sumber : Hasil Penelitian

4.1.3. Hasil Pengujian Marshall Campuran Cangkang Sawit Sebagai Agregat Kasar, Medium dan Halus.

Tabel 4.4. Hasil analisa Pegujian Marshall Cangkang Sawit sebagai Agregat Kasar dan Halus

Karakteristik	Kadar Aspal (%)						
Marshall	10,0%	10,5%	11,0%	11,5%	12,0%	12,5%	13,0%
VMA (%)	27.633	27.835	23.507	21.310	25.988	23.831	22.729
VFA (%)	33.461	34.695	45.830	54.728	44.307	52.241	58.234
VIM (%)	23.413	23.117	17.958	15.033	19.543	16.634	14.849
Stabilitas (kg)	126.96	140.95	162.14	233.329	154.985	174.64	169.83
Flow (mm)	7.83	7.33	6.833	6.167	5.833	6.66	7.50
Unit Wght	0.980	0.983	1.048	1.084	1.025	1.061	1.083
MQ (Kg/mm)	16.23	19.25	23.72	37.86	26.53	26.31	22.71

Sumber : Hasil Penelitian

4.1.4. Hasil Pengujian Marshall Campuran Cangkang Sawit Sebagai Agregat Kasar, Medium dan Halus Dengan Variasi Suhu Perendaman.

Tabel 4.5. Hasil analisa Pegujian Marshall Cangkang Sawit sebagai Agregat Kasar dan Halus Variasi Suhu

Karakteristik	Variasi Suhu Perendaman				
	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C
Marshall					
VMA (%)	20.304	19.065	20.017	21.31	18.36
VFA (%)	58.125	63.305	59.614	54.728	66.257
VIM (%)	13.94	12.60	13.63	15.03	11.85
Stabilitas (kg)	520.46	354.95	297.32	233.52	191.63
Flow (mm)	5.16	6	6.66	6.167	6.933
QM (Kg/mm)	101.13	59.16	44.96	37.86	27.63

Sumber : Hasil Penelitian

4.1.5. Hasil Pengujian Marshall Campuran Cangkang Sawit Sebagai Agregat Kasar, Medium dan Halus Dengan Variasi Penumbukan.

Tabel 4.6. Hasil analisa Pegujian Marshall Cangkang Sawit sebagai Agregat Kasar dan Halus Variasi Suhu

Karakteristik	Variasi Penumbukan		
	35 x	75 x	100 x
Marshall			
VMA (%)	21.15	20.71	18.07
VFA (%)	56.04	57.21	67.55
VIM (%)	14.86	14.39	11.54
Stabilitas (kg)	215.44	220.85	192.53
Flow (mm)	8.4	9.1	9.4
QM (KN/mm)	25.8	24.22	20.48

Sumber : Hasil Penelitian

4.1.6. Hasil Pengujian Marshall Campuran Cangkang Sawit Sebagai Agregat Kasar dengan Natural Agregat Sebagai Medium dan Fine Agregat

Tabel 4.7. Hasil analisa Pegujian Marshall Variasi Campuran I

Karakteristik	Kadar Aspal (%)						
	6,0%	6,5%	7,0%	7,5%	8,0%	8,5%	9,0%
Marshall							
VMA (%)	15,999	14,132	13,516	15,298	14,526	15,055	15,042
VFA (%)	57,092	72,330	81,605	77,608	86,874	88,826	94,782
VIM (%)	11,534	8,741	7,243	8,320	6,634	6,356	5,478
Stabilitas (kg)	378,813	374,669	443,532	612,342	474,711	366,102	322,524
Flow (mm)	3,167	4,667	4,267	4,783	4,500	4,100	4,667

QM (KN/mm)	120,26	80,49	103,86	127,79	108,28	89,39	69,35
------------	--------	-------	--------	--------	--------	-------	-------

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 4.8. Hasil analisa Pegujian Marshall Variasi Campuran II.

Karakteristik	Kadar Aspal (%)				
Marshall	8,0%	8,5%	9,0%	9,5%	10,0%
VMA (%)	15,786	14,988	15,046	15,733	15,804
VFA (%)	72,176	81,964	86,999	88,525	92,442
VIM (%)	9,306	7,661	6,931	6,888	6,162
Stabilitas (kg)	219,785	462,052	448,952	435,229	280,727
Flow (mm)	4,500	5,167	4,833	5,833	6,500
QM (KN/mm)	48,84	89,57	93,17	75,93	43,56

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 4.9. Hasil analisa Pegujian Marshall Variasi Campuran III.

Karakteristik	Kadar Aspal (%)				
Marshall	8,5%	9,0%	9,5%	10,0%	10,5%
VMA (%)	18,381	17,815	17,426	18,357	18,214
VFA (%)	58,474	64,775	70,519	70,037	74,646
VIM (%)	12,670	11,364	10,234	10,537	9,661
Stabilitas (kg)	275,492	377,651	465,853	330,076	321,247
Flow (mm)	5,000	5,500	6,000	5,667	6,333
QM (KN/mm)	55,49	69,12	77,87	58,94	51,41

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 4.10. Hasil analisa Pegujian Marshall Variasi Campuran IV.

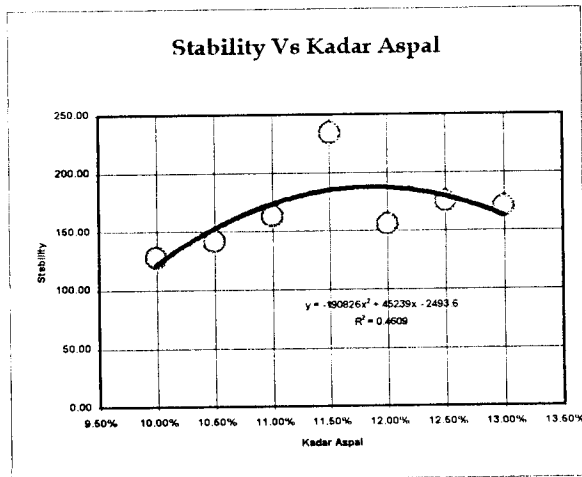
Karakteristik	Kadar Aspal (%)				
Marshall	9,5%	10,0%	10,5%	11,0%	11,5%
VMA (%)	19,654	18,601	17,560	19,884	18,900
VFA (%)	54,848	62,247	70,443	63,715	71,274
VIM (%)	14,094	12,329	10,554	12,433	10,699
Stabilitas (kg)	223,494	243,231	299,426	260,128	220,602
Flow (mm)	4,600	5,450	5,833	5,767	6,500
QM (KN/mm)	48,76	44,65	51,44	45,20	33,94

Sumber : Hasil Penelitian

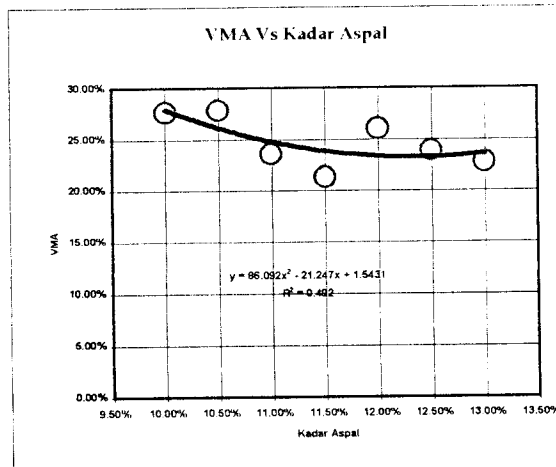
4.2. Pembahasan

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai analisa dari parameter-parameter marshall yang di dapat dari hasil percobaan terhadap hubungannya dengan sifat-sifat dan perilaku campuran Hot Mix tersebut berdasarkan teori-teori dari beberapa referensi yang ada.

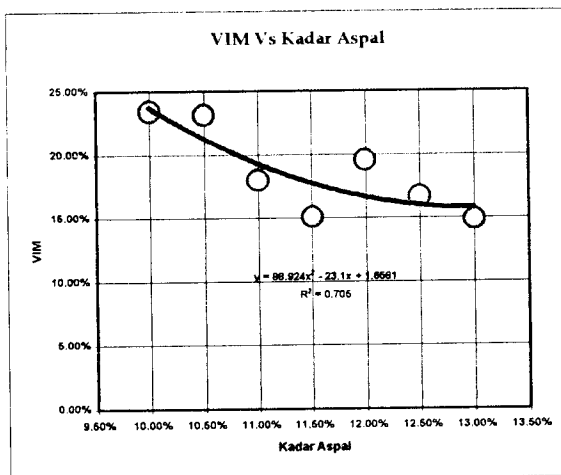
4.2.1. Campuran Cangkang Sawit Sebagai Agregat Kasar, Medium dan Halus.



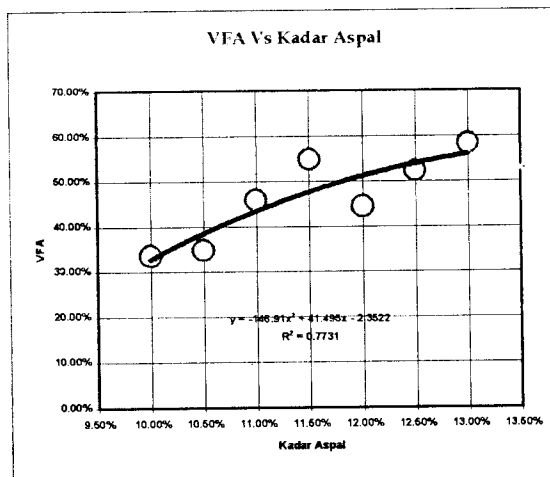
Grafik 4.1. Stabilitas vs Kadar Aspal Tanpa Perlakuan



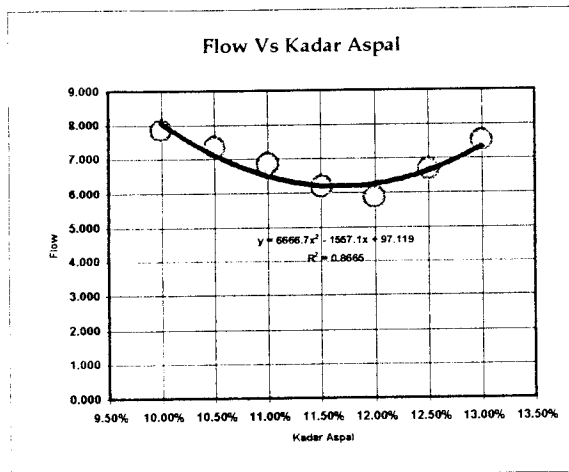
Grafik 4.2. VMA vs Kadar Aspal Tanpa Perlakuan



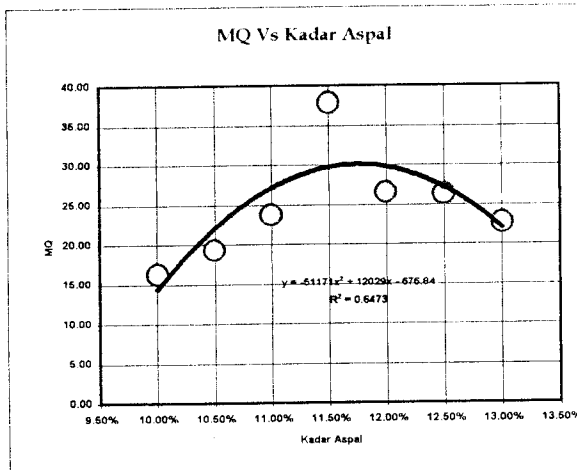
Grafik 4.3. VIM vs Kadar Aspal Tanpa Perlakuan



Grafik 4.4. VFA vs Kadar Aspal Tanpa Perlakuan



Grafik 4.5. Flow vs Kadar Aspal Tanpa Perlakuan



Grafik 4.6. MQ vs Kadar Aspal Tanpa Perlakuan

4.2.1.1. Analisa campuran terhadap Stabilitas

Nilai stabilitas merupakan parameter yang sering digunakan untuk mengukur ketahanan terhadap kelelahan plastis dari suatu campuran aspal. Dengan ini pula dapat menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan dalam menahan terjadinya deformasi (ruting, shoving, corrugating, cracking/retak-retak) akibat beban lalu-lintas yang bekerja di atasnya. Faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas adalah *internal friction* dan *cohesion* atau gaya saling mengunci dan melekat antar agregat. *Internal friction* tergantung pada *surface texture* (tekstur permukaan), *gradation* (gradasi), *particel shape* (bentuk permukaan), *density* (kepadatan campuran), *aspahalt content* (kadar aspal). Sifat *internal friction* ini merupakan kombinasi antara *friction* (gesekan) dan *interlocking resistance* (tahanan ikat) pada campuran agregat. Tahanan gesek naik dengan permukaan agregat yang semakin kasar. Tahanan ikat tergantung pada ukuran dan bentuk partikel agregat. Besarnya kohesi berbanding terbalik dengan temperatur, pada temperatur tinggi kohesi menjadi rendah akibat menurunnya viskositas aspal.

Dari grafik hasil penelitian dapat dilihat nilai Stabilitas berada pada range 126.96 Kg sampai dengan 169.83 Kg pada kadar aspal mulai dari 10% sampai 13%. Nilai Stabilitas tertinggi dicapai pada kadar aspal 11.5% dengan nilai 233.32 Kg. Dari kurva regresi yang didapat dari grafik garis trend menunjukkan perilaku yang cenderung masih sama dengan campuran Hot Mix pada umumnya yaitu menurunnya nilai stabilitas pada kadar aspal yang rendah dan tinggi serta mencapai nilai maximum pada kadar aspal diantara nilai tadi. Stabilitas rendah pada kadar aspal rendah disebabkan rendahnya kohesi antar aspal dengan cangkang sedangkan pada kadar aspal tinggi

internal friksi antar cangkang menjadi terhalang oleh lapisan film yang tebal. Nilai stabilitas 233.32 Kg yang masih dibawah 350 Kg menunjukkan campuran Hot Mix ini tidak cocok digunakan sebagai lapisan perkerasan structural surface, base maupun sub base (Alternatif ATB dan ATSB) karena dengan adanya beban lalu lintas rendah sekalipun lapisan ini akan mudah mengalami cracking maupun distorsi dengan intensitas yang cukup besar. Nilai yang rendah ini disebabkan permukaan cangkang sawit yang licin sehingga mengurangi friksi antar permukaan agregat, disamping itu juga mengurangi nilai kohesi antara aspal dan agregat.

4.2.1.2. Analisa campuran terhadap Void in Mineral Aggregate (VMA)

VMA (Void in Mix Aggregate) menyatakan banyaknya rongga yang ada dalam campuran agregat yang belum terisi aspal. VMA yang besar akan memberikan ruang yang cukup besar pula untuk terisi aspal. Dengan adanya kadar aspal (VFA) yang tinggi akibat VMA yang tinggi akan menghasilkan campuran berflexibilitas tinggi. Disamping itu pemakaian aspal dengan penetrasi tinggi masih cukup memuaskan karena tidak diperlukan viscositas rendah aspal untuk mengintrusi rongga campuran karena telah tersedianya rongga yang cukup untuk mudah dilalui.

Dengan VMA yang tinggi lapisan aspal yang akan menyelimuti agregat menjadi lebih banyak sehingga agregat bisa terlindungi lebih maksimal terhadap terjadinya penetrasi air dan oksidasi yang pada akhirnya akan menghasilkan campuran yang lebih awet.

Dari hasil percobaan didapatkan nilai VMA dalam range 27.63% sampai dengan 22.72 % serta mencapai minimum pada kadar aspal 11.5% dengan nilai 21.31%, sedangkan dari beberapa persyaratan yang ada dengan ukuran agregat max 1 inch VMA min adalah sebesar 13 %. Hasil ini mengindikasikan bahawasanya campuran ini memang memiliki flexibilitas yang tinggi tetapi kemampuan stabilitasnya rendah karena interlocking dan friksi antar agregat akan berkurang seiring dengan besarnya rongga.

Fenomena ini disebabkan oleh bentuk (shape) dari cangkang sawit yang berperan sebagai agregat kasar mempunyai rongga di bagian tengah. Dengan diameter dan tertahan pada saringan yang sama dengan agregat alam cangkang sawit memiliki rongga yang lebih banyak karena faktor bentuk cekungan tadi. Perilaku agregat halus hasil crusher cangkang sawit yang cenderung menggumpal terhadap aspal (daya

absorpsi tinggi) juga mengurangi kemampuan dari agregat secara keseluruhan untuk saling mengisi antar rongga yang ada.

4.2.1.3. Analisa campuran terhadap Void in Mix (VIM)

VIM (*Void In Mix*) menyatakan banyaknya rongga dalam campuran yang dinyatakan dalam persentase (%). Besarnya VIM dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi agregat, jenis aspal dan suhu pemadatan. Nilai VIM sangat berpengaruh terhadap kekakuan campuran, jika nilai VIM suatu campuran rendah maka nilai kekakuan akan tinggi. Perkerasan yang terlalu kaku apabila menerima beban lalu-lintas akan mudah mengalami retak-retak (*cracking*), karena tidak cukup lentur menahan deformasi yang terjadi.

Dari hasil percobaan yang ada nilai VIM berada dalam range 23.41% sampai dengan 14.84 %, sedangkan berdasarkan beberapa persyaratan nilai VIM harus berada dalam Range 3%-5%. Dengan hasil ini mengindikasikan campuran ini akan memiliki nilai flow yang tinggi (kekakuan rendah) karena tingkat deformasi dan pergeseran antar agregat dan aspal dalam campuran masih relatif besar mungkin terjadi. Dalam aplikasi distorsi (ruting, shoving dan corrugating), oksidasi dan pelapukan sangat rentan menyerang campuran ini.

Perilaku VIM yang turun seiring dengan penambahan kadar aspal merupakan konsekuensi logis yang memang seharusnya terjadi. Hasil ini sesuai dengan perilaku campuran panas lainnya. Adapun data yang sedikit menyimpang pada kadar aspal 12% bisa jadi dikarenakan pemadatan yang dilakukan tidak pada suhu optimum (keterlambatan pemadatan) dan kurang sempurnanya penumbukan.

4.2.1.4. Analisa campuran terhadap Void Filled with Asphalt (VFA)

Nilai VFA (*Void Filled With Asphalt*) menunjukkan banyaknya prosen dari rongga yang terisi aspal. Faktor-faktor yang mempengaruhi VFA antara lain, jumlah kadar aspal, Jenis aspal, pemadatan dan daya serap agregat. Nilai VFA tinggi apabila jumlah kadar aspal besar atau banyak, nilai visikositasnya rendah dan pemadatan sempurna, maka erat kaitannya dengan keawetan dan umur suatu konstruksi perkerasan jalan. Suatu campuran yang mempunyai nilai VFA yang rendah, daya ikat antar butir-butir agregat akan rendah, sehingga akan memberikan stabilitas yang kurang baik. Sebaliknya jika

VFA terlalu tinggi akan berakibat lapis perkerasan mudah menalami *bleeding*. Nilai VFA erat kaitannya dengan kekuatan ikatan campuran (*adhesi*). Kekedapan terhadap udara dan air serta menentukan stabilitas, durabilitas, dan fleksibilitas campuran. Nilai VFA yang disyaratkan oleh bina marga, berkisar antara 75% - 82%, untuk lalu lintas berat.

Jika nilai VFA rendah juga akan menyebabkan campuran menjadi porous (rongga-rongga dalam campuran hanya sedikit yang terisi aspal) yang menyebabkan mudahnya air dan udara masuk/menembus campuran, yang dapat melarutkan dan mengoksidasi aspal, berakibat berubahnya sifat aspal menjadi getas. Sebaliknya apabila nilai $VFA > 82\%$ akan berakibat lapis keras akan mudah mengalami *bleeding*. Disebabkan suhu pada perkerasan tinggi, aspal akan mencair (visikositas turun), jika menerima beban lalu-lintas aspal mencari tempat yang kosong.

Dikarenakan prosen rongga terisi aspal tinggi, maka tidak tersedia cukup ruang untuk aspal, yang menyebabkan aspal naik kepermukaan dan selanjutnya akan memudahkan terjadinya *bleeding* yaitu suatu lapis aspal keluar/meleleh dari permukaan perkerasan.

Dari hasil percobaan nilai VFA berada dalam range 33,46% sampai dengan 58.23%. Kecenderungan perilaku VFA meningkat sesuai dengan penambahan kadar aspal merupakan hal yang logis dan memang umum terjadi pada semua campuran panas. Tetapi dengan range yang berada dibawah persyaratan mengindikasikan perilaku yang sama dengan analisa kajian VIM sebelumnya.

4.2.1.5. Analisa campuran terhadap Flow

Nilai kelelahan menunjukan tingkat kelenturan suatu lapis perkerasan yang dinyatakan dalam milimeter. Kelelahan menunjukkan besarnya *deformasi* (penurunan) yang terjadi pada lapis perkerasan karena menahan bahan yang diterimanya. Tingkat kelelahan tersebut lebih banyak ditentukan oleh konsistensi aspalnya, terutama sifat daktilitasnya (kemuluran). Aspal yang mempunyai sifat daktilitas rendah dalam campuran akan menghasilkan lapis perkerasan yang fleksibilitasnya rendah. Juga Nilai VIM, VMA, dan stabilitas akan mempengaruhi deformasi yang terjadi pada campuran panas (Hot Mix).

Dari hasil percobaan nilai flow berkisar antara 7.83mm sampai dengan 7.5 mm dengan nilai minimum 5.833mm pada kadar aspal 12%. Sesuai dengan kajian VMA dan

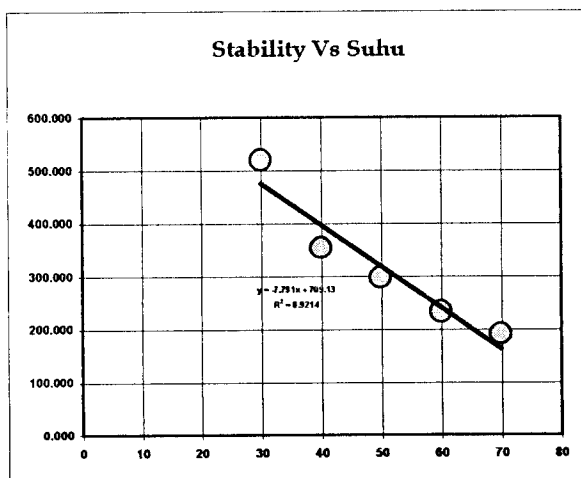
VIM diatas campuran ini memang cenderung akan memiliki nilai deformasi yang tinggi (diluar persyaratan 2mm – 5mm) dikarenakan besarnya rongga dan sedikitnya aspal yang sanggup mengisi rongga.

4.2.1.6. Analisa campuran terhadap Marshall Quotion (MQ)

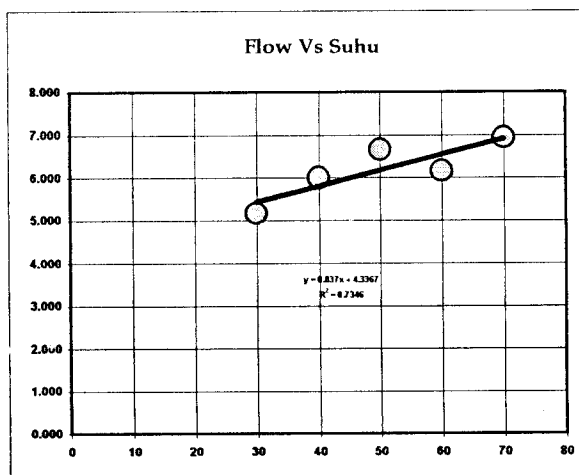
Marshall Quotion (MQ) adalah hasil bagi antara *stabilitas* dengan kelelahan, yang digunakan sebagai pendekatan terhadap kekakuan (*fleksibilitas*) campuran. Stabilitas yang tinggi disertai dengan kelelahan yang rendah akan menghasilkan perkerasan yang nilai *Marshall Quotion* (MQ) yang tinggi, sehingga campuran akan kaku dan flesibelitasnya rendah, menyebabkan mudah timbul retak-retak. Sebaliknya stabilitas yang rendah dengan kelelahan yang tinggi menunjukan campuran mempunyai nilai *Marshall Quotion* (QM) yang rendah, sehingga campuran terlalu *fleksibel* (plastis) yang akan berakibat perkerasan akan mudah mengalami *deformasi* pada waktu menerima beban lalu-lintas yang bekerja diatasnya.

Dari hasil percobaan nilai MQ antara 16.23 kg/mm sampai 22.71 kg/mm dengan nilai maximum 37.86 kg/mm pada kadar aspal 11.5%, angka ini jauh dibawah persyaratan yang bernilai antara 200 kg/mm – 350 kg/mm. Dengan demikian tingkat kekakuan campuran ini rendah dan berflexibilitas tinggi, hal ini mengindikasikan bahwasanya Hot mix ini rentan terhadap efek distorsi seperti yang sudah dibahas sebelumnya.

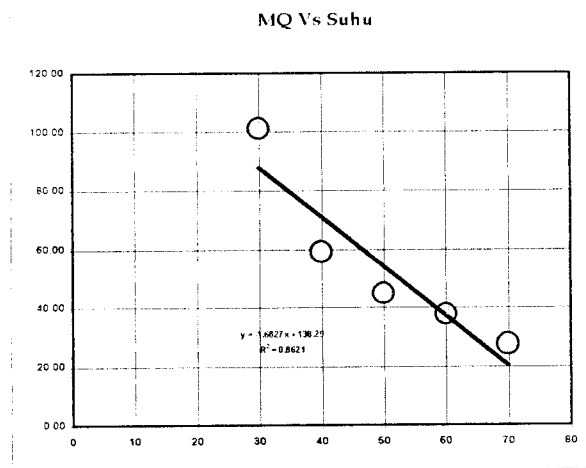
4.2.2. Campuran Cangkang Sawit Sebagai Agregat Kasar, Medium dan Halus dengan Variasi Suhu Perendaman.



Grafik 4.7. Stabilitas vs Kadar Aspal perlakuan variasi suhu perendaman



Grafik 4.8. flow vs Kadar Aspal perlakuan variasi suhu perendaman



Grafik 4.9. MQ vs Kadar Aspal perlakuan variasi suhu perendaman

4.2.2.1. Analisa Stabilitas Campuran dengan Perlakuan Variasi Suhu

Dari data hasil percobaan nilai stabilitas menurun seiring dengan peningkatan suhu perendaman. Viskositas (kekentalan) aspal menurun dengan adanya peningkatan suhu, secara langsung kohesi antara agregat dengan aspal juga menurun sehingga mengakibatkan rendahnya internal friction. Nilai stabilitas tertinggi sebesar 520.46 Kg terdapat pada suhu perendaman 30°C dan yang terendah pada suhu 70°C dengan nilai 191.63 Kg. Persentase penurunan (reduksi) tertinggi terjadi antara 30°C dan 40°C yaitu sebesar 31.8 %, sedangkan dalam rentang 40°C sampai dengan 70°C reduksi nilai stabilitas berkisar antara 16.24% sampai dengan 21.46%. Hal ini mengindikasikan bahwa hotmix dengan cangkang sawit sebagai agregat kasar dan halus sangat sensitive terhadap terjadinya perubahan suhu. Tingkat absorpsi agregat halus cangkang sawit yang tinggi terhadap aspal tentunya sangat peka dengan perubahan nilai viskositas dan dengan berkurangnya kohesi cangkang sawit yang bertekstur licin akan semakin mudah menggelincir.

4.2.2.2. Analisa Flow Campuran dengan Perlakuan Variasi Suhu

Dari data hasil percobaan nilai flow meningkat seiring dengan peningkatan suhu perendaman. Daktilitas aspal menurun dengan adanya peningkatan suhu, secara langsung juga mengakibatkan besarnya nilai fleksibilitas campuran. Nilai flow yang terjadi sebesar 5.16 mm pada suhu 30°C dan 6.93 mm pada suhu 70°C, persentase peningkatan flow berkisar antara 7.5 % sampai dengan 16.13% tidak sebesar yang terjadi pada angka stabilitas. Hal ini mengindikasikan hotmix dengan cangkang sawit sebagai agregat kasar dan halus tidak terlalu peka dengan adanya perubahan suhu, hal

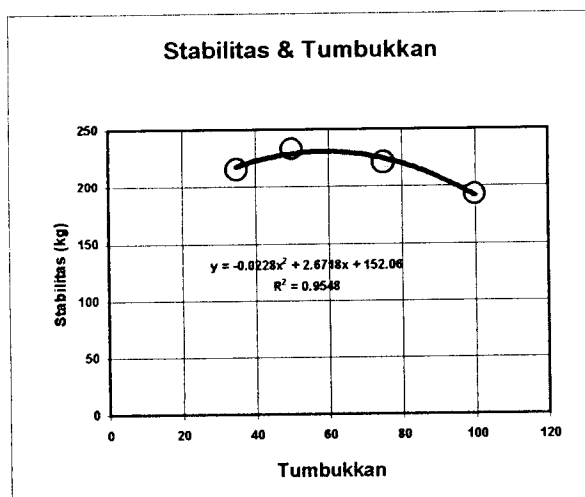
ini bisa disebabkan daktilitas yang menurun juga tidak signifikan penurunan viskositas.

4.2.2.3. Analisa Marshall Quotion Campuran dengan Perlakuan Variasi Suhu

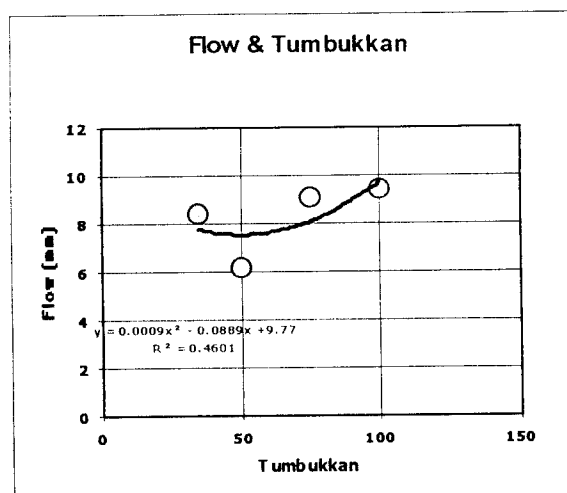
Dari hasil penelitian nilai MQ tertinggi pada suhu 30°C sebesar 101.13 Kg/mm dan terendah 27.63 kg/mm pada suhu 70°C. Persentase reduksi MQ terbesar pada rentang antara 30°C ke 40°C sebesar 41.5% dan antara 40°C sampai 70°C berkisar antara 15.72% sampai 27.08%. Penurunan ini relatif lebih signifikan jika dibandingkan dengan nilai stabilitas, hal ini dikarenakan pengaruh nilai flow yang cukup dominan dalam fungsi sebagai angka pembagi.

Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwasanya hotmix dengan cangkang sawit sebagai agregat kasar dan halus sensitif dengan adanya perubahan suhu. Kenaikan suhu mengakibatkan penurunan kekakuan dari campuran dan peningkatan fleksibilitas, hal ini dikarenakan aspal mengalami penurunan nilai viskositas yang cukup signifikan sedangkan penurunan nilai daktilitas tidak terlalu besar.

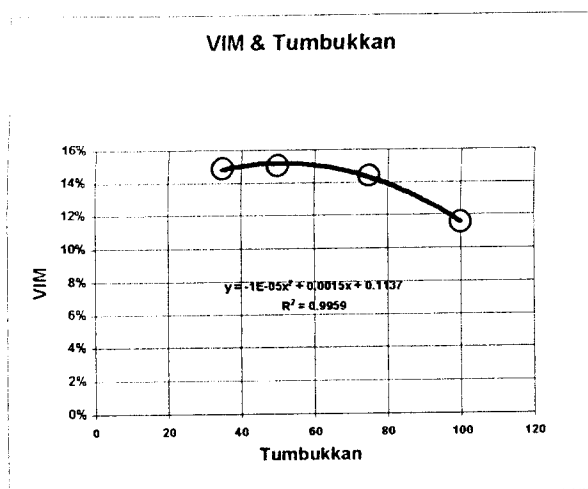
4.2.3. Campuran Cangkang Sawit Sebagai Agregat Kasar, Medium dan Halus dengan Variasi Penumbukan.



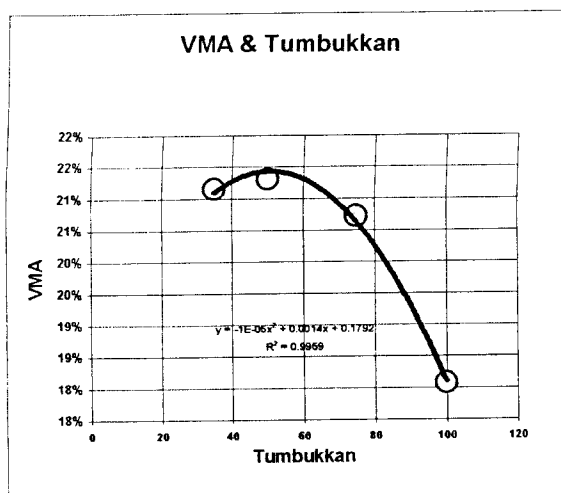
Grafik 4.10. Stabilitas vs Kadar Aspal perlakuan variasi penumbukan



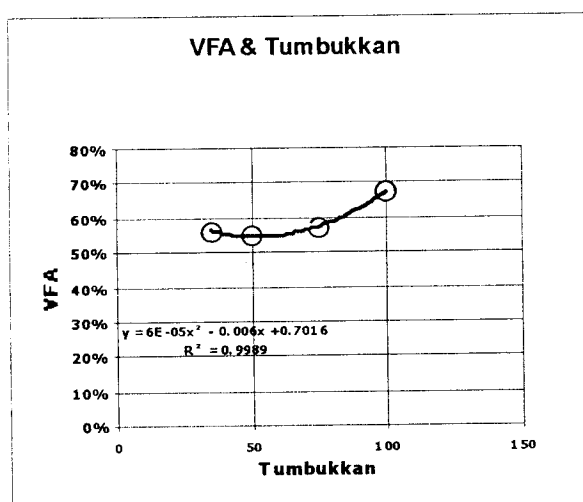
Grafik 4.11. Stabilitas vs Kadar Aspal perlakuan variasi penumbukan



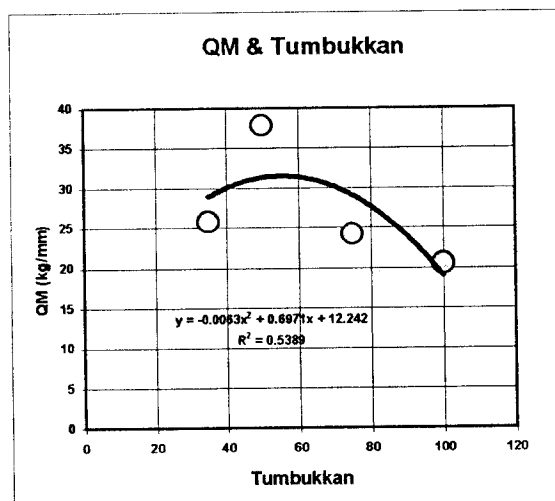
Grafik 4.12. VIM vs Kadar Aspal perlakuan variasi penumbukan



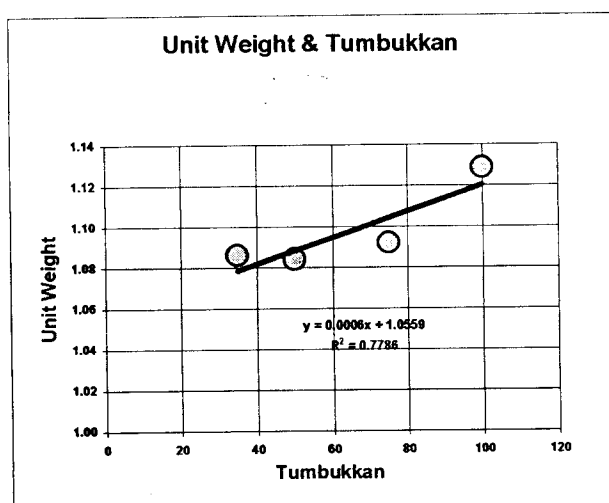
Grafik 4.13. VMA vs Kadar Aspal perlakuan variasi penumbukan



Grafik 4.14. VFA vs Kadar Aspal perlakuan variasi penumbukan



Grafik 4.15. MQ vs Kadar Aspal perlakuan variasi penumbukan



Grafik 4.16. Unit Weight vs Kadar Aspal perlakuan variasi penumbukan

4.2.3.1. Analisa Campuran Terhadap Stabilitas

Dari hasil penelitian nilai stabilitas meningkat sebesar 8.3 % dari perlakuan 35 kali tumbukan ke 50 kali tumbukan (215.44 Kg ke 233.32 Kg). Sedangkan dari 50 tumbukan berturut-turut ke 75 dan 100 kali tumbukan terjadi reduksi nilai sebesar 5.34% dan 12.82%. Pada tumbukan 35 kali campuran belum sempurna padatnya sehingga nilai VIM dan VMA tinggi, sedangkan penurunan yang terjadi pada 75 kali penumbukan dan yang paling drastis pada 100 kali penumbukan berkemungkinan besar disebabkan agregat yang tadinya sudah padat pada tumbukan ke 50 mengalami retak dan pecah sehingga internal friksi dan interlocking pada saat dilakukan pengujian tidak bekerja dengan baik.

4.2.3.2. Analisa Campuran Terhadap Flow

Dari hasil penelitian nilai flow menurun sebesar 26.58 % dari perlakuan 35 kali tumbukan ke 50 kali tumbukan (8.4mm ke 6.16mm). Sedangkan dari 50 tumbukan berturut-turut ke 75 dan 100 kali tumbukan terjadi peningkatan nilai sebesar 47.56 % dan 3.29%. Pada tumbukan 35 kali campuran belum sempurna padatnya sehingga nilai VIM dan VMA tinggi, sedangkan peningkatan yang terjadi pada 75 kali penumbukan dan yang paling drastis pada 100 kali penumbukan berkemungkinan besar disebabkan agregat yang tadinya sudah padat pada tumbukan ke 50 mengalami retak dan pecah sehingga aspal yang seharusnya melekat pada agregat (kohesi) tidak mengikat bagian yang terpecah saat dilakukan pengujian. Pada kasus ini tidak ada persamaan regresi yang bisa dianggap mewakili.

4.2.3.3. Analisa Campuran Terhadap Void in Mix (VIM)

Dari hasil penelitian nilai VIM meningkat sebesar 1.118 % dari perlakuan 35 kali tumbukan ke 50 kali tumbukan (14.86% ke 15.033%). Sedangkan dari 50 tumbukan berturut-turut ke 75 dan 100 kali tumbukan terjadi penurunan nilai sebesar 4.25 % dan 19.8%. Pada tumbukan 35 kali berkemungkinan adanya terjadi over kompaksi pada saat pemadatan sehingga nilai VIM dan VMA lebih rendah dari 50 kali, sedangkan penurunan yang terjadi pada 75 kali penumbukan dan yang paling drastis pada 100 kali penumbukan secara logis disebabkan agregat yang tadinya sudah padat pada tumbukan ke 50 bertambah padat dengan adanya penyesuaian butiran agregat yang saling mengisi rongga.

4.2.3.4. Analisa Campuran Terhadap Void in Mineral Aggregate (VMA)

Dari hasil penelitian nilai VMA meningkat sebesar 0.728 % dari perlakuan 35 kali tumbukan ke 50 kali tumbukan (21.15% ke 21.31%). Sedangkan dari 50 tumbukan berturut-turut ke 75 dan 100 kali tumbukan terjadi penurunan nilai sebesar 2.78 % dan 12.74%. Pada tumbukan 35 kali berkemungkinan adanya terjadi over kompaksi pada saat pemadatan sehingga nilai VIM dan VMA lebih rendah dari 50 kali, sedangkan penurunan yang terjadi pada 75 kali penumbukan dan yang paling drastis pada 100 kali penumbukan secara logis disebabkan agregat yang tadinya sudah padat pada tumbukan ke 50 bertambah padat dengan adanya penyesuaian butiran agregat yang saling mengisi rongga.

4.2.3.5. Analisa Campuran Terhadap Void Filled with Asphalt (VFA)

Dari hasil penelitian nilai VFA menurun sebesar 2.353 % dari perlakuan 35 kali tumbukan ke 50 kali tumbukan (56.047% ke 54.728%). Sedangkan dari 50 tumbukan berturut-turut ke 75 dan 100 kali tumbukan terjadi peningkatan nilai sebesar 4.53 % dan 18.08%. Pada tumbukan 35 kali berkemungkinan adanya terjadi over kompaksi pada saat pemadatan sehingga nilai VIM lebih rendah dari 50 kali yang mengakibatkan tingginya nilai VFA, sedangkan peningkatan yang terjadi pada 75 kali penumbukan dan yang paling drastis pada 100 kali penumbukan secara logis disebabkan agregat yang tadinya sudah padat pada tumbukan ke 50 bertambah padat dengan adanya penyesuaian butiran agregat yang saling mengisi rongga dan dengan memaksa aspal masuk ke dalam rongga dengan repetisi penumbukan yang tinggi tersebut.

4.2.3.6. Analisa Campuran Terhadap Marshall Quotion (MQ)

Dari hasil penelitian nilai MQ meningkat sebesar 46.74 % dari perlakuan 35 kali tumbukan ke 50 kali tumbukan (25.8 Kg/mm ke 37.86 Kg/mm). Sedangkan dari 50 tumbukan berturut-turut ke 75 dan 100 kali tumbukan terjadi reduksi nilai sebesar 36.01 % dan 15.44%. Pada tumbukan 35 kali campuran belum sempurna padatnya sehingga nilai VIM dan VMA tinggi, sedangkan penurunan yang terjadi pada 75 kali penumbukan dan yang paling drastis pada 100 kali penumbukan berkemungkinan besar disebabkan agregat yang tadinya sudah padat pada tumbukan ke 50 mengalami retak dan pecah sehingga internal friksi dan interlocking pada saat dilakukan pengujian tidak

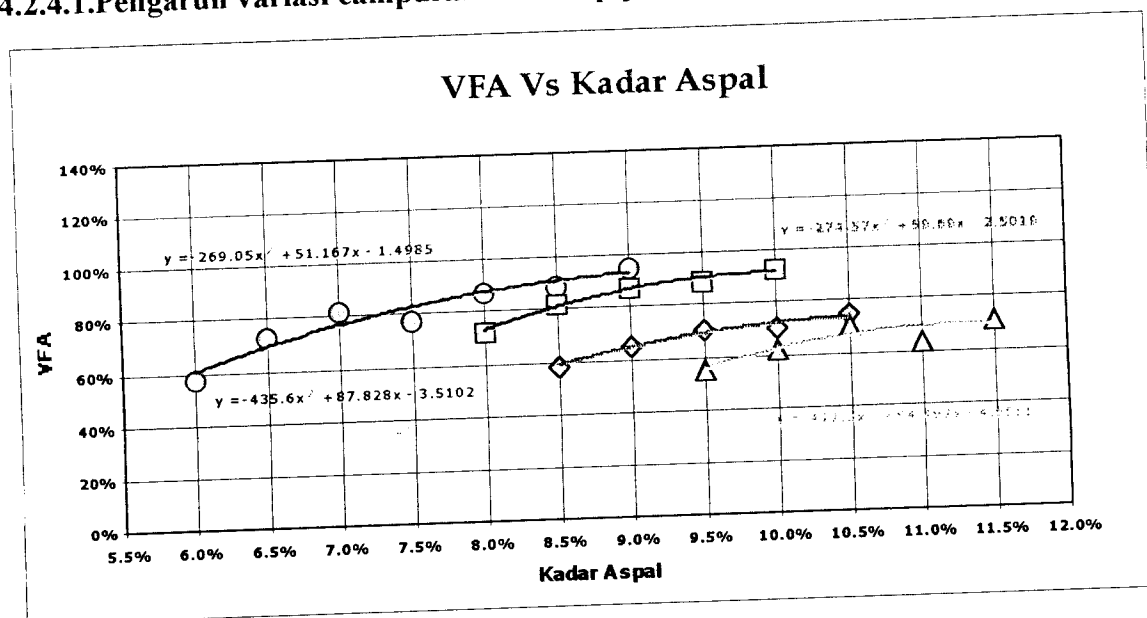
bekerja dengan baik. Nilai reduksi yang besar 36.016% dari 50 tumbukan ke 75 tumbukan sangat dipengaruhi oleh flow yang signifikan peningkatannya jika dibandingkan dengan peningkatan dari 75 kali tumbukan ke 100 kali.

4.2.3.7. Analisa Campuran Terhadap Unit Weight

Dari hasil penelitian nilai Unit weight turun sebesar 0.195 % dari perlakuan 35 kali tumbukan ke 50 kali tumbukan (1.086 ke 1.084). Sedangkan dari 50 tumbukan berturut-turut ke 75 dan 100 kali tumbukan terjadi peningkatan nilai sebesar 0.75 % dan 3.33%. Pada tumbukan 35 kali campuran terjadi sedikit anomaly yang berkemungkinan terjadinya overcompaction sehingga nilai VIM dan VMA nya lebih rendah dari 50 tumbukan, sedangkan peningkatan yang terjadi pada 75 kali penumbukan dan yang paling drastis pada 100 kali penumbukan disebabkan agregat yang tadinya sudah padat pada tumbukan ke 50 menjadi semakin padat dan rapat yang jelas sudah merupakan konsekuensi logisnya.

4.2.4. Campuran Cangkang Sawit Sebagai Agregat Kasar dengan Natural Agregat sebagai Agregat Medium dan Halus

4.2.4.1. Pengaruh variasi campuran terhadap prosen rongga terisi aspal (VFA)



Grafik 4.17. VFA vs Kadar Aspal Variasi I s/d IV campuran Agregat cangkang sawit dengan aggregate alam

- Variasi I (Fine Agregat 100% dan Cangkang Crush 0%, scatter ○)
- Variasi II (Fine Agregat 75% dan Cangkang Crush 25%, scatter ◻)

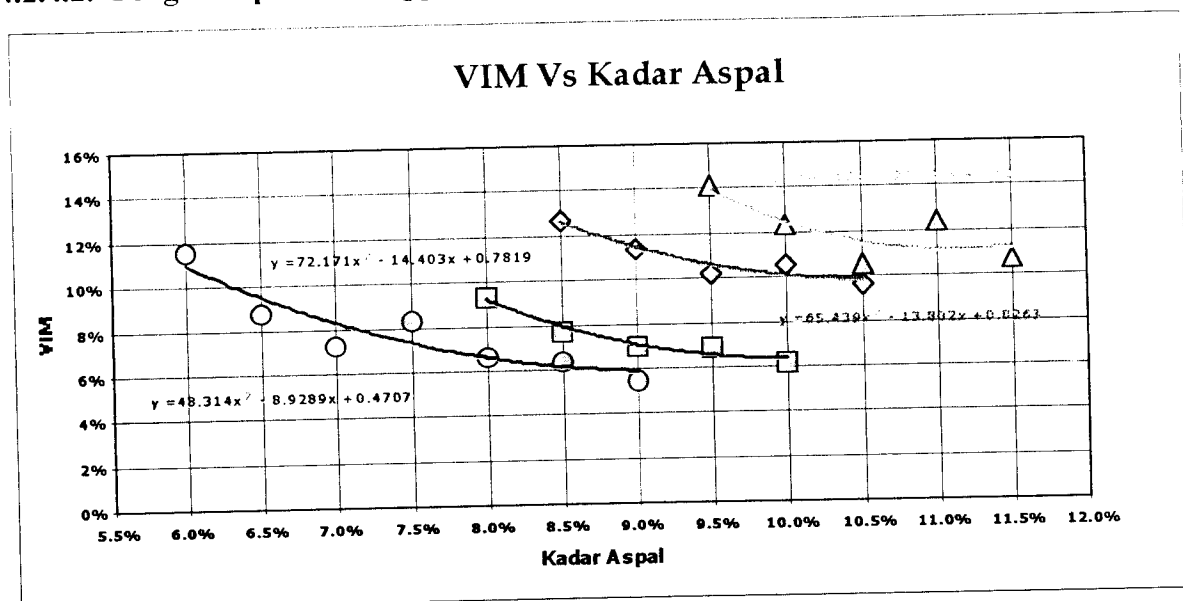
- c. Variasi III (Fine Agregat 50% dan Cangkang Crush 50%, scatter $\diamond$)
- d. Variasi IV (Fine Agregat 25% dan Cangkang Crush 75%, scatter $\triangle$)

Dari hasil penelitian didapat nilai VFA untuk masing-masing variasi sebagai berikut :

- a. Pada Variasi I nilai VFA yang di dapat adalah 57,092 % - 94,782 %
- b. Pada Variasi II nilai VFA yang di dapat adalah 72,176 % - 92,445 %
- c. Pada Variasi III nilai VFA yang di dapat adalah 58,474 % - 74,646 %
- d. Pada Variasi IV nilai VFA yang di dapat adalah 54,848 % - 71,274 %

Nilai VFA untuk tiap variasi cenderung meningkat sesuai dengan peningkatan kadar aspal. Pada variasi I VFA tertinggi 94.78 % terjadi pada kadar aspal 9%, pada variasi II VFA tertinggi 92.44% terjadi pada kadar aspal 10%, pada variasi III VFA tertinggi 74.64% terjadi pada kadar aspal 10.5% dan pada variasi IV VFA tertinggi 71.27% terjadi pada kadar aspal 11.5%. Dari hasil ini terlihat terjadi penurunan VFA jika variasi beranjak ke persentase agregat alam yang semakin sedikit. Hal ini dikarenakan campuran yang banyak mengandung cangkang crushing mempunyai absorpsi yang besar terhadap aspal dan saling menggumpal. Akibat terjadinya penggumpalan akan menimbulkan nilai VMA dan VIM yang besar sehingga nilai VFA semakin kecil. Nilai VFA pada variasi I dan II berada pada range 72% sampai dengan 85 % berarti untuk beberapa syarat kategori campuran hot mix bisa diterima.

4.2.4.2. Pengaruh prosen rongga terhadap campuran (VIM)

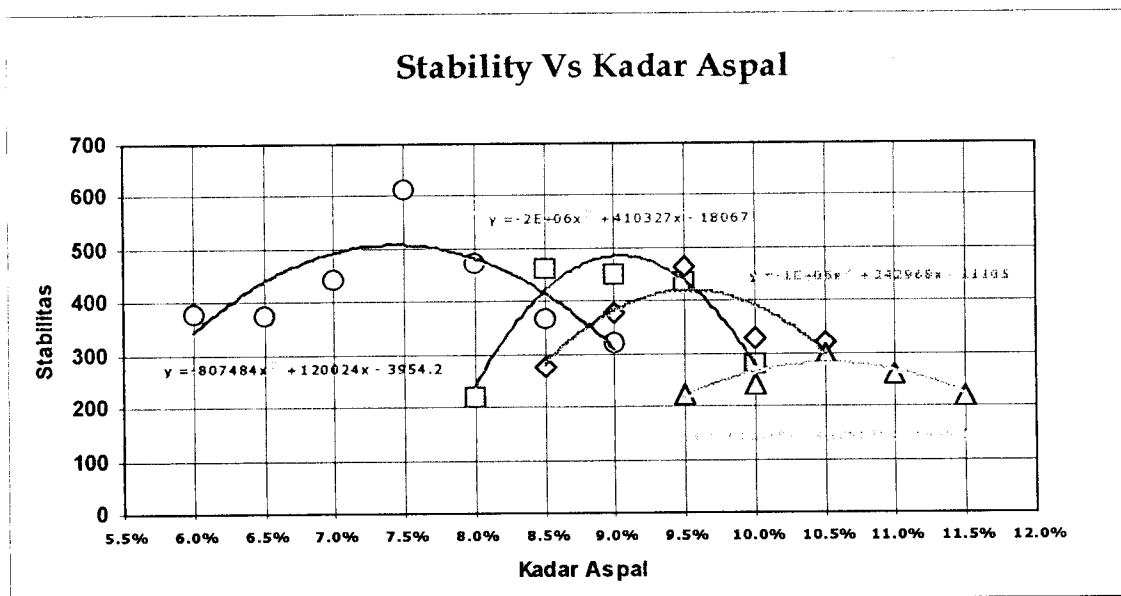


Grafik 4.18. VIM vs Kadar Aspal Variasi I s/d IV campuran Agregat cangkang sawit dengan aggregate alam

- Variasi I (Fine Agregat 100% dan Cangkang Crush 0%, scatter ○)
- Variasi II (Fine Agregat 75% dan Cangkang Crush 25%, scatter □)
- Variasi III (Fine Agregat 50% dan Cangkang Crush 50%, scatter ◇)
- Variasi IV (Fine Agregat 25% dan Cangkang Crush 75%, scatter △)

Terlihat pada grafik secara umum, hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan kadar aspal dapat menurunkan nilai VIM karena semakin banyak aspal yang mengisi rongga (VMA). Pada variasi I VIM terkecil 5.47%, pada variasi II VIM terkecil 6.16%, pada variasi III VIM terkecil 9.66% dan pada variasi IV VIM terkecil 10.69%. Campuran Hot Mix yang menggunakan cangkang sawit lebih banyak sebagai agregat halus (Variasi III dan IV) mempunyai nilai VIM yang relatif besar daripada campuran Hot Mix Variasi I dan II. Hal ini disebabkan aspal dan agregat halus dari cangkang cenderung menggumpal dan tidak sempurna menyelimuti aggregate halus yang lain sehingga campuran cenderung lebih berongga dan memperbesar nilai VMA dan otomatis VIM pun akan lebih besar. Nilai VIM yang berada diantara 3%-5% (salah satu spesifikasi hot mix) hanya bisa didekati oleh campuran Variasi I (5.47%)

4.2.4.3. Pengaruh variasi campuran terhadap Stabilitas



Grafik 4.19. Stability vs Kadar Aspal Variasi I s/d IV campuran Agregat cangkang sawit dengan aggregate alam

- Variasi I (Fine Agregat 100% dan Cangkang Crush 0%, scatter ○)
- Variasi II (Fine Agregat 75% dan Cangkang Crush 25%, scatter □)
- Variasi III (Fine Agregat 50% dan Cangkang Crush 50%, scatter ◇)

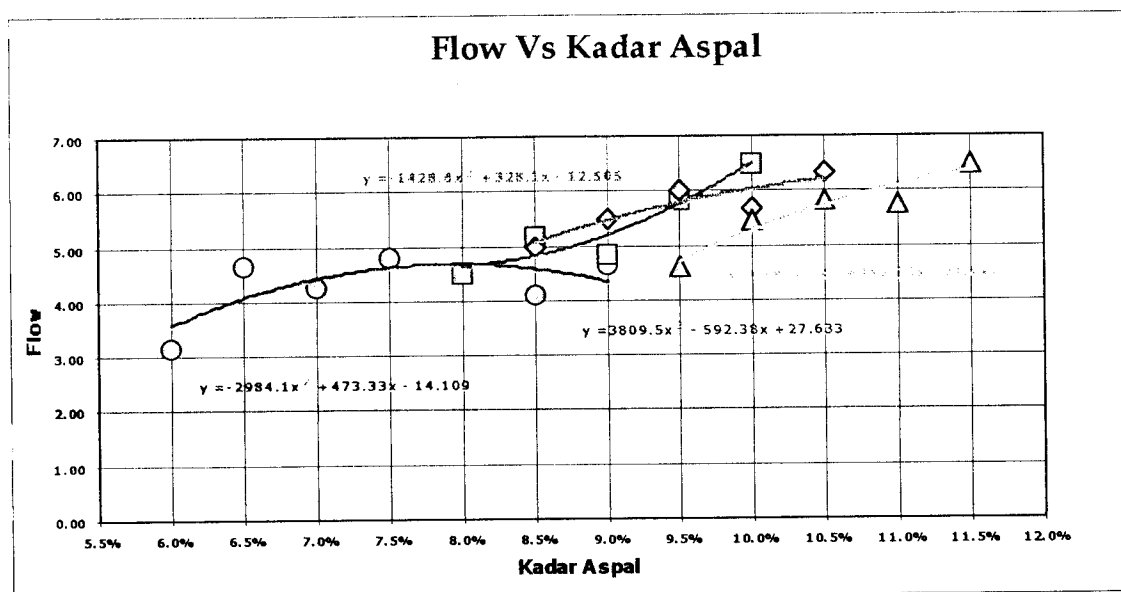
d. Variasi IV (Fine Agregat 25% dan Cangkang Crush 75%, scatter Δ)

Pengaruh kadar aspal terhadap stabilitas ditunjukkan oleh peningkatan stabilitas seiring bertambahnya kadar aspal (meningkat kohesivitas), hingga stabilitas mencapai batas maksimum. Selanjutnya penambahan kadar aspal akan membuat film aspal yang tebal sehingga membuat berkurangnya *internal friction* atau gesekan antar partikel, menyebabkan turunnya nilai stabilitas.

Dari grafik menunjukkan bahwa nilai stabilitas cenderung menurun dengan semakin dominannya campuran yang menggunakan cangkang sawit sebagai aggregate halus. Pada variasi I stabilitas tertinggi 612.342 kg terjadi pada kadar aspal 7.5%, pada variasi II stabilitas tertinggi 462.05 Kg terjadi pada kadar aspal 8.5%, pada variasi III stabilitas tertinggi 465.8 kg terjadi pada kadar aspal 9.5% dan pada variasi IV stabilitas tertinggi 299.42 kg terjadi pada kadar aspal 10.5%. Seperti pada uraian VFA dan VIM diatas dengan bertambah besarnya VIM dan berkurangnya VFA akan menurunkan kohesi antara aggregate dan aspal dan memperkecil internal friksi antar aggregate yang pada akhirnya menurunkan nilai stabilitas.

Berdasarkan angka stabilitas ini hanya variasi I dan II yang signifikan berada diatas 350 Kg, sehingga cukup memenuhi untuk dipakai pada lalu lintas yang rendah. Akan tetapi hasil ini masih harus di cek lagi terhadap flow dan MQ.

4.2.4.4. Pengaruh variasi campuran terhadap kelelahan (Flow)



Grafik 4.20. Flow vs Kadar Aspal Variasi I s/d IV campuran Agregat cangkang sawit dengan aggregate alam

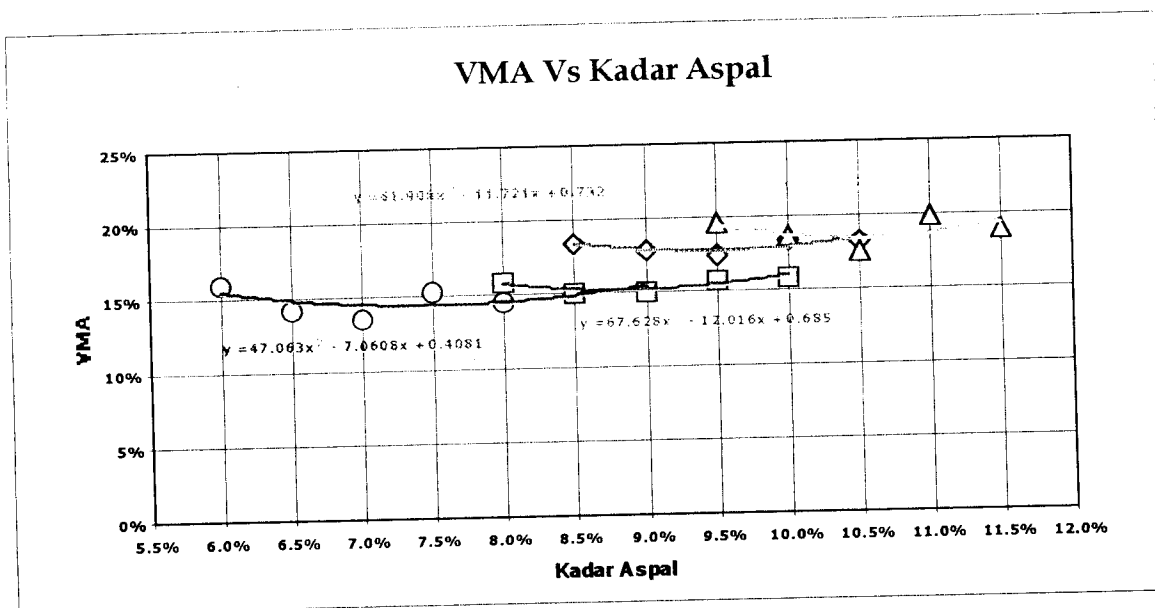
- Variasi I (Fine Agregat 100% dan Cangkang Crush 0%, scatter ○)
- Variasi II (Fine Agregat 75% dan Cangkang Crush 25%, scatter □)
- Variasi III (Fine Agregat 50% dan Cangkang Crush 50%, scatter ◇)
- Variasi IV (Fine Agregat 25% dan Cangkang Crush 75%, scatter △)

Nilai Flow dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain, gradasi, kadar aspal, bentuk dan permukaan batuan.

Dari hasil penelitian yang tampak pada grafik bahwa nilai flow yang dihasilkan dari pengujian cenderung naik untuk setiap variasi agregat dan kadar aspal. Hal ini terjadi karena dengan bertambahnya kadar aspal akan meningkatkan VFA yang juga akan meningkatkan fleksibilitas campuran. Interlocking antar agregat juga berkurang karena terhalang aspal yang banyak sehingga flow bertambah besar.

Sedangkan bertambah besarnya flow sebagai akibat bertambahnya persentase aggregate halus cangkang crushing terlebih karena sifat koagulasi cangkang tersebut yang akan meningkatkan nilai VMA dan VIM.

4.2.4.5. Pengaruh variasi campuran terhadap Void in Mineral Aggregate (VMA)



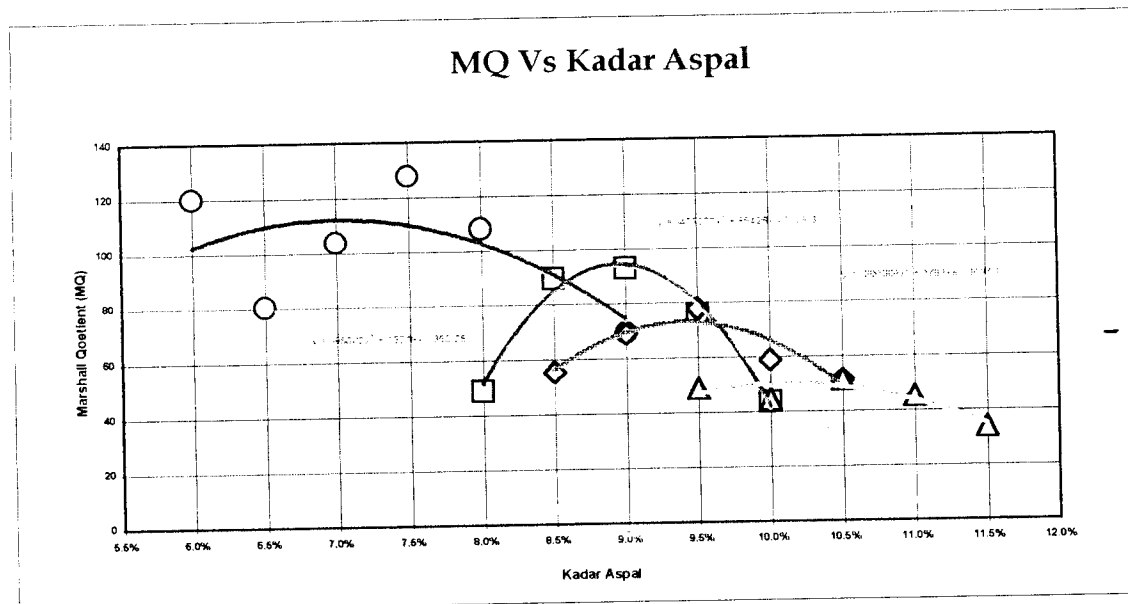
Grafik 4.21. VMA vs Kadar Aspal Variasi I s/d IV campuran Agregat cangkang sawit dengan aggregate alam

- Variasi I (Fine Agregat 100% dan Cangkang Crush 0%, scatter ○)
- Variasi II (Fine Agregat 75% dan Cangkang Crush 25%, scatter □)
- Variasi III (Fine Agregat 50% dan Cangkang Crush 50%, scatter ◇)
- Variasi IV (Fine Agregat 25% dan Cangkang Crush 75%, scatter △)

Dari hasil penelitian pada variasi I nilai VMA minimum 13.51%, pada variasi II nilai VMA minimum 14.98%, pada variasi III nilai VMA minimum 17.42 % dan pada variasi IV nilai VMA minimum 17.56 %. Kecenderungan nilai VMA meningkat dengan meningkatnya kadar campuran agregat halus cangkang sawit crushing, hal ini sesuai dengan pembahasan terdahulu yang berhubungan dengan sifat koagulatif cangkang crushing dengan aspal.

Berdasarkan beberapa spesifikasi VMA yang disyaratkan minimum adalah sebesar 13 % untuk aggregate max 1 Inchi. Dari hasil ini variasi I yang bisa mendekati.

4.2.4.6. Pengaruh variasi campuran terhadap Qoutient Marshall (QM)



Grafik 4.22. MQ vs Kadar Aspal Variasi I s/d IV campuran Agregat cangkang sawit dengan aggregate alam

- Variasi I (Fine Agregat 100% dan Cangkang Crush 0%, scatter ○)
- Variasi II (Fine Agregat 75% dan Cangkang Crush 25%, scatter □)
- Variasi III (Fine Agregat 50% dan Cangkang Crush 50%, scatter ◇)
- Variasi IV (Fine Agregat 25% dan Cangkang Crush 75%, scatter △)

Dari hasil percobaan nilai MQ terbesar untuk variasi I 127.79 kg/mm terjadi pada kadar aspal 7.5%, untuk variasi II 93.17 kg/mm terjadi pada kadar aspal 9%, untuk variasi III 77.87 kg/mm terjadi pada kadar aspal 9.5%, untuk variasi IV 51.44 kg/mm terjadi pada kadar aspal 10.5%.

Sesuai dengan analisa pada stabilitas, nilai MQ cenderung turun dengan bertambahnya kadar aggregate halus cangkang crushing. Hal ini disebabkan karena nilai flow yang bertambah tinggi dan nilai stabilitas yang cenderung turun untuk kecenderungan perlakuan variasi yang sama.

Fakta ini menunjukkan tingkat kekakuan hot mix dengan variasi I lebih besar dibandingkan dengan variasi yang lain, sehingga campuran variasi I ini lebih tahan distorsi, crack dan pelapukan. Akan tetapi dari beberapa spesifikasi MQ minimum sebesar 250 kg/mm belum bisa terpenuhi hanya bisa didekati oleh variasi I.