



# PENGARUH TINGKAT KEPADATAN TERHADAP VOLUMETRIK CAMPURAN BETON ASPAL DENGAN ANALISIS JALUR

*Madi Hermadi*

*N o n o*

## **RINGKASAN**

Kinerja campuran beraspal selain tergantung pada sifat bahan yang digunakan juga tergantung pada besaran volumetrik yang direncanakan. Besaran volumetrik ini dapat tercapai apabila tidak terjadi penyimpangan tingkat kepadatan. Ada beberapa hal yang mengakibatkan tingkat kepadatan campuran tidak tercapai, yaitu diantaranya: proporsi kadar aspal tidak tepat, temperatur pemadatan rendah, terjadi segregasi dan jumlah lintasan pemadatan tidak sesuai serta alat pemadat tidak sesuai ketentuan. Pada tulisan ini, penulis telah mengevaluasi pengaruh penyimpangan tingkat kepadatan terhadap besaran volumetrik campuran skala laboratorium dan untuk menganalisa data digunakan Path Analysis (analisis jalur) menggunakan program SPSS. Hasil pengujian menunjukkan bahwa menurunnya tingkat kepadatan mengakibatkan rongga dalam campuran (VIM) dan rongga dalam agregat (VMA) meningkat. Sedangkan pengaruhnya terhadap rongga terisi aspal (VFB) adalah menurun dengan signifikan. Hal tersebut, menunjukkan bahwa dengan meningkatnya VIM dan VMA serta menurunnya VFB kinerja campuran beraspal menjadi rendah sehingga rentan terhadap terjadinya pelepasan butir dan retak.

## **SUMMARY**

Performance of asphalt mixtures depend on the used of material properties level and design volumetric. To achieving volumetric of asphalt mixtures appropriate with design is depend on level of compaction. Many factors caused the decreasing of compaction level are asphalt content, compaction temperature, segregation, number of passing and type of compactor. This paper is based on research on the effect of compaction level to volumetric of asphalt mixture at laboratory scale and for data analysis used Path Analysis by SPSS program. Test result shown that the decreasing of compaction level on asphalt mixture caused the increasing of void in mix (VIM) and void in mineral aggregate (VMA) and the decreasing of void filled bitumen (VFB). These are illustrated that performance of asphalt mixtures is low so sensitive to raveling and cracking.

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Volumetrik campuran beton aspal sangat menentukan kinerja campuran beraspal. Yang dimaksud besaran volumetrik campuran beraspal antara lain rongga dalam campuran (VIM), rongga di antara agregat (VMA) dan rongga terisi aspal (VFB). Perubahan besaran volumetrik campuran beraspal tersebut berpengaruh langsung terhadap kinerja campuran (SHRP, 1994). Berkaitan dengan hal-hal tersebut lembaga penelitian Asphalt Institute, yaitu SHRP, telah mengembangkan penentuan kinerja campuran beraspal dengan hanya mempertimbangkan besaran volumetrik campurannya saja dan bukan besaran stabilitas atau parameter Marshall lainnya.

Besaran volumetrik campuran beraspal yang direncanakan dapat terjadi penyimpangan terutama

jika pemadatan yang kurang optimal, baik selama pelaksanaan pemadatan di laboratorium ataupun di lapangan pada saat konstruksi.

Pada penelitian ini, akan dicoba mengevaluasi pengaruh penyimpangan volumetrik campuran beraspal untuk lapis permukaan (AC-WC) sebagai akibat pelaksanaan pemadatan campuran beraspal yang kurang optimal untuk skala di laboratorium.

### **1.2. Pembatasan Masalah**

Pada penelitian ini untuk mengetahui pengaruh kurang optimalnya pemadatan terhadap volumetrik campuran beraspal dibatasi hanya pada campuran beraspal untuk lapis permukaan (AC-WC) dengan menggunakan agregat yang bersumber dari Tomo dan aspal yang digunakan adalah aspal keras Pen 60 ex Pertamina.

### 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi besarnya pengaruh penyimpangan pemadatan, sehingga terjadi variasi tingkat kepadatan, terhadap penyimpangan besaran volumetrik campuran beraspal (VIM, VMA dan VFB).

## II. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1. Campuran beraspal

Secara umum campuran beraspal panas didefinisikan sebagai kombinasi antara agregat yang dicampur merata dan dilapis dengan aspal keras. Untuk mengeringkan agregat dan mencairkan aspal agar mudah dicampur dan dipadatkan dengan baik maka sebelum pencampuran bahan tersebut harus dipanaskan.

Berdasarkan definisi di atas, ada tiga faktor utama yang mempengaruhi kinerja campuran beraspal, yaitu mutu aspal; mutu agregat; dan mutu campuran (sifat volumetrik dan sifat mekanis campuran).

Ke tiga faktor tersebut merupakan syarat utama yang harus dipenuhi agar diperoleh suatu campuran beraspal panas yang awet, kuat, memiliki kelenturan yang cukup, tahan terhadap retak, kedap air dan mudah dalam pelaksanaannya (TAI, 1985).

Berdasarkan TAI Manual Series 2, 1993, bahwa kinerja campuran beraspal tergantung dari rongga dalam campuran (VIM) dan Stabilitas Marshall. Kedua parameter tersebut akan mempengaruhi kinerja campuran beraspal. Pengaruh variasi besarnya rongga dalam campuran dan Stabilitas Marshall adalah sebagai berikut:

- o Bila VIM rendah dan Stabilitas cukup

Kinerja campuran beraspal kurang baik atau tidak stabil sehingga setelah melayani lalu lintas pada periode waktu tertentu atau mengalami pemadatan tambahan oleh lalu lintas maka akan terjadi deformasi plastis atau sungkur.

- o Bila VIM tinggi dan Stabilitas rendah

Rongga dalam campuran tinggi mengakibatkan campuran memiliki permeabilitas tinggi. Apabila permeabilitas tinggi maka sirkulasi udara dan air terjadi pada campuran beraspal tersebut. Hal demikian dapat mengakibatkan aspal lebih cepat mengalami penuaan sehingga pada campuran tersebut kemungkinan terjadi pelepasan butir atau retak.

Ada beberapa hal yang kemungkinan dapat mempengaruhi tingkat kepadatan sehingga volumetrik campuran beraspal tidak sesuai dengan rencana, diantaranya adalah :

- o Proporsi kadar aspal yang tidak sesuai dengan rencana.

- o Temperatur pemadatan rendah.
- o Lintasan pemadatan atau jumlah tumbukan tidak sesuai ketentuan.
- o Alat pemadat tidak sesuai dengan yang ditetapkan.
- o Terjadinya segregasi.

Untuk mengatasi terjadinya perbedaan kepadatan dilaboratorium misalnya saat pembuatan formula campuran rancangan, maka untuk benda uji yang telah dipadatkan tingginya melebihi 1,5 mm dari 63,5 mm (untuk berat benda uji 1.200 gram) maka tidak boleh digunakan (BS 594, 1973).

SHRP telah melakukan penelitian campuran beraspal untuk mengontrol kinerja campuran yaitu dengan mengutamakan besaran volumetrik dan penggunaan bahan sesuai dengan kondisi lapangan (temperatur dan lalu lintas). Adapun hasil penelitian SHRP ini dikenal dengan Spesifikasi Superpave. Tujuan dari pembuatan spesifikasi tersebut adalah untuk mengatasi deformasi permanen, deformasi plastis, kelelahan retak dan retak pada temperatur rendah, yaitu melalui karakteristik campuran yang mempunyai :

- o Kadar aspal yang cukup untuk keawetan;
- o Rongga dalam agregat (VMA) dan rongga dalam campuran (VIM) yang cukup;
- o Kemudahan pengerjaan yang cukup; dan
- o Kinerja yang memuaskan selama umur rencana perkerasan
- o Persyaratan gradasi agregat gabungan dibatasi dengan titik control dan tidak boleh memotong daerah hitam atau daerah larangan (restriction zone). Untuk membuat gradasi agregat gabungan berpedoman pada kurva Fuller (untuk kepadatan tertinggi dengan nilai  $n = 0,45$ ) dan untuk memperoleh rongga yang cukup maka gradasi yang direncanakan harus sejauh mungkin dari kurva Fuller.

### 2.2. Spesifikasi Yang Diacu

Pada penelian ini semua persyaratan mengacu pada spesifikasi Kimpraswil (Divisi 6.3 Buku III tahun 2003).

Adapun persyaratan aspal dan agregat masing-masing ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Sedangkan persyaratan gradasi agregat gabungan untuk AC-Wearing Course sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 1.



**Tabel 1.**  
**Persyaratan sifat fisik aspal**

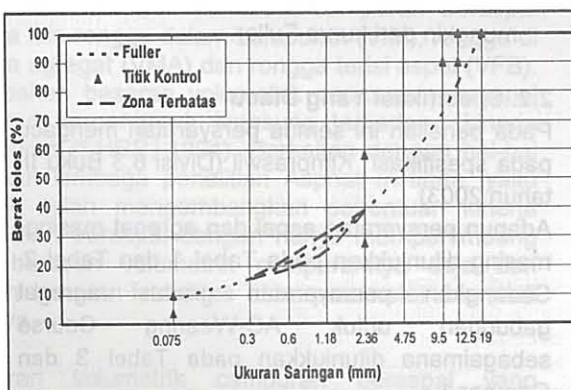
JENIS PENGUJIAN	PERSYARATAN ASPAL PEN 60
• Penetrasi, 0,1 mm	60-79
• Titik lembek, °C	48-58
• Daktilitas, cm	min. 100
• Kelarutan dlm C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub> , %	min. 99
• Titik nyala, °C	min. 200
• Kehilangan berat, %	maks. 0,8
• Penetrasi stlh keh. brt., %	min. 54
• Daktilitas stlh keh. brt., cm	min. 50
• Berat Jenis, gr/cm <sup>3</sup>	min. 1,0

**Tabel 2.**  
**Persyaratan Agregat**

No	Jenis Pengujian	Persyaratan
1.	Berat Jenis	>2,5
	Curah	
	Jenuh	
	Semu	
	Penyerapan, %	< 3%
2.	Abrasi	< 40%
3.	Setara Pasir	> 50%
4.	Kepipihan	-
5.	Kelekatan terh.aspal	> 95%

**Tabel 3.**  
**Persyaratan Gradasai**

UKURAN SARINGAN (mm)	PERSYARATAN (% berat lolos)			
	Titik Kontrol		Daerah Larangan	
	min	max	min	max
19	100	100		
12,5	90	100		
9,5		90		
4,75				
2,36	28	58	39,1	39,1
1,18			25,6	31,6
0,6			19,1	23,1
0,3			15,5	15,5
0,075	4	10		



**Gambar 1.** Contoh gradasi AC-WC

Persyaratan campuran mengacu pada persyaratan campuran untuk Laston dengan bahan pengikat aspal keras Pen 60. Spesifikasi ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4.**  
**Persyaratan Campuran**

Sifat-sifat Campuran	Persyaratan
• Penyerapan kadar aspal	Maks.1,7
• Jumlah tumbukan per bidang	75
• Rongga dalam campuran (%)	3,5-5,5
• Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.15
• Rongga terisi aspal (%)	Min. 65
• Stabilitas Marshall (kg)	Min. 800
• Kelelahan (mm)	Min. 3
• Marshall Quotient (kg/mm)	Min. 250
• Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min. 75
• Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min. 2,5

### 2.3. Hipotesa

Penyimpangan tingkat kepadatan campuran beraspal mempengaruhi besaran volumetrik campuran yang dapat mengurangi kinerja campuran beraspal.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Umum

Kegiatan pengkajian ini dilakukan di laboratorium meliputi pengujian sifat agregat, sifat bahan pengikat dan sifat campuran beraspal.

Bahan pengikat yang digunakan adalah aspal keras Pen 60 ex Pertamina yang diperoleh dari pemasok. Sedangkan agregat yang digunakan pada penelitian ini berasal dari mesin pemecah batu yang berada di Tomo Kabupaten Sumedang.

Dalam rangka pengkajian di atas, dilakukan pembuatan campuran beraspal dengan 8 (delapan) variasi gradasi dan pengujian yang digunakan adalah alat Marshall dan PRD.

### 3.2. Tahapan Penelitian

Untuk mendapatkan tujuan penelitian telah dilakukan tahap-tahap kegiatan sebagai berikut

- Melakukan pengujian mutu agregat dan bahan pengikat.
- Pembuatan campuran beraspal. dengan 4 (empat) variasi gradasi diatas kurva Fuller dan di atas aerah hitam (restriction zone) dan 4 (empat) variasi gradasi lagi memotong kurva Fuller dan di bawah daerah hitam.

- Melakukan pengujian Marshall dan PRD untuk menentukan kadar aspal optimum dan besaran volumetrik serta parameter Marshall lainnya.
- Pada kadar aspal optimum untuk masing-masing variasi gradasi dibuatkan benda uji dengan beberapa variasi tingkat kepadatan. Selanjutnya untuk masing-masing benda uji yang dibuat dengan tingkat kepadatan yang diperoleh pada setiap gradasi, dihitung besaran volumetriknya
- Sebagai tahapan kegiatan akhir dari penelitian ini adalah melakukan analisa data terhadap pengaruh tingkat kepadatan dengan besaran volumetrik campuran beraspal. Metoda analisa yang digunakan adalah secara statistik dengan menggunakan analisis jalur (path analysis).

**Tabel 6.**  
**Sifat Agregat**

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian Agregat			
		Kasar 1	Kasar 2	Sedang	A.Batu
1.	Berat Jenis				
	Curah	2,575	2,597	2,539	2,591
	Jenuh	2,638	2,659	2,616	2,662
	Semu	2,750	2,770	2,752	2,789
	Penyerapan, %	2,482	2,611	2,824	2,733
2.	Abrasi	29,07	29,76	-	-
3.	Setara Pasir	-	-	-	51
4.	Pipih dan Lonjuong				
5.	Kelekatkan terh.aspal	95+	95+	-	-

#### IV. HASIL PENGUJIAN

##### 4.1. Sifat-sifat Agregat dan Bahan Pengikat

Sesuai dengan pengujian yang telah dilakukan, sifat-sifat Aspal Pen 60 pada Tabel 5. Sedangkan sifat agregat ditunjukkan pada Tabel 6.

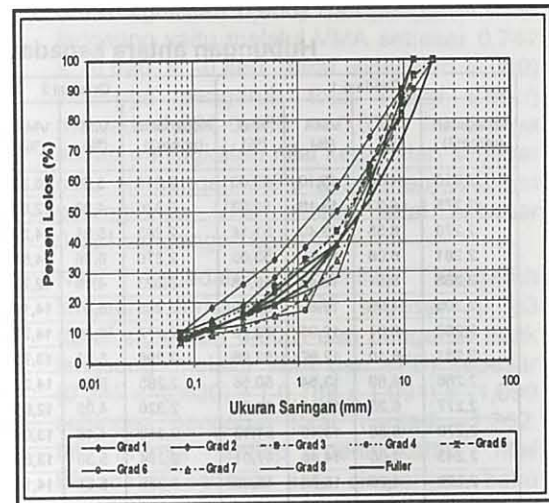
Dari Tabel 5 dan Tabel 6 terlihat bahwa agregat dan bahan pengikat yang digunakan memenuhi persyaratan Spesifikasi Kimpraswil (buku III-2003).

Dalam pembuatan rancangan campuran, gradasi agregat gabungan yang digunakan adalah didasarkan atas berat pada setiap ukuran saringan (by size) atau tidak berdasarkan penggabungan dengan formula tertentu untuk masing-masing fraksi agregat.

Variasi gradasi yang digunakan adalah sebagai mana ditunjukkan pada Gambar 2.

**Tabel 5.**  
**Sifat-sifat Aspal Pen 60**

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
✓ Penetrasi pada 25°C, 100 gr, 5 detik, 0,1 mm	63
✓ Titik lembek, °C	48,5
✓ Daktilitas pada 25°C, 5 cm/menit, Cm	> 140
✓ Kelarutan dalam C <sub>2</sub> HCL <sub>3</sub> , %	99,87
✓ Titik nyala (COC), °C	310
✓ Berat jenis, gr/ml	1,032
✓ Kehilangan berat (TFOT), %	0,092
✓ Penetrasi setelah TFOT, % asli	87,3
✓ Daktilitas setelah TFOT, Cm	> 140
✓ Titik lembek setelah TFOT, °C	50,1
✓ Temperatur pencampuran, °C	161
✓ Temperatur pemadatan, °C	148



**Gambar 2.** Gradasi agregat gabungan

##### 4.2. Sifat campuran

Sifat campuran yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian dengan alat Marshall dan PRD, yaitu pada kadar aspal optimum ditunjukkan pada Tabel 7. Sedangkan besaran volumetrik campuran, yaitu rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam agregat (VMA) dan rongga terisi aspal (VFB) ditunjukkan pada Tabel 8.



Tabel 7.  
Sifat Campuran

NO	SIFAT CAMPURAN	HASIL PENGUJIAN							
		Grad 1	Grad 2	Grad 3	Grad 4	Grad 5	Grad 6	Grad 7	Grad 8
1.	Kadar Aspal, (%)	6,25	6,25	6,17	5,80	6,45	6,35	6,35	6,25
2.	Kepadatan, (t/m <sup>3</sup> )	2,310	2,311	2,305	2,309	2,289	2,280	2,280	2,296
3.	VFB (%)	69,00	70,0	71,0	71,0	68,0	69,0	70,5	70,0
4.	VMA (%)	15,10	16,3	16,8	17,8	16,5	17,0	17,4	15,4
5.	VIM Marshall (%)	4,6	5,0	4,9	5,1	5,2	5,1	5,2	4,8
6.	VIM PRD (%)	3,0	2,6	2,9	2,9	2,9	2,7	2,8	2,9
7.	Stabilitas, (kg)	1330	1450	1450	1470	1390	1210	1220	1320
8.	Pelelehan, (mm)	3,9	3,3	3,9	3,4	4,0	3,7	3,6	3,8
9.	MQ (kg/mm)	341	439	372	432	348	327	339	347
10.	Stabilitas Sisa (%)	91,10	88,26	87,92	84,48	93,81	86,67	83,33	96,67

Tabel 8.  
Hubungan antara kepadatan dan volumetrik campuran beraspal

Gradasi 1				Gradasi 2				Gradasi 3				Gradasi 4			
Kepadatan (gr/cm <sup>3</sup> )	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	Kepadatan (gr/cm <sup>3</sup> )	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	Kepadatan (gr/cm <sup>3</sup> )	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	Kepadatan (gr/cm <sup>3</sup> )	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)
2,310	4,60	15,10	69,00	2,311	5,00	16,30	70,00	2,305	4,90	16,80	71,00	2,309	5,10	17,80	71,00
2,275	6,33	13,19	52,03	2,320	4,30	12,88	66,64	2,303	5,09	13,68	62,78	2,291	5,62	15,47	63,65
2,270	6,55	13,40	51,14	2,283	5,81	14,29	59,37	2,293	5,53	14,09	60,75	2,268	6,53	16,30	59,93
2,281	6,08	12,95	53,06	2,270	6,36	14,81	57,05	2,290	5,64	14,19	60,28	2,261	6,85	16,60	58,70
2,268	6,64	13,48	50,78	2,323	4,18	12,77	67,26	2,312	4,72	13,33	64,60	2,278	6,14	15,94	61,49
2,308	4,96	11,89	58,25	2,288	5,61	14,10	60,25	2,295	5,45	14,01	61,12	2,268	6,56	16,32	59,84
2,282	6,07	12,95	53,10	2,272	6,26	14,72	57,44	2,296	5,41	13,98	61,29	2,300	5,21	15,09	65,45
2,281	6,10	12,97	52,98	2,298	5,21	13,73	62,06	2,280	6,08	14,60	58,38	2,297	5,34	15,21	64,88
2,266	6,69	13,54	50,56	2,285	5,73	14,22	59,69	2,305	5,02	13,61	63,13	2,304	5,05	14,94	66,19
2,277	6,25	13,11	52,36	2,326	4,05	12,65	67,98	2,268	6,56	15,06	56,40	2,277	6,19	15,99	61,27
2,270	6,55	13,40	51,13	2,316	4,46	13,03	65,76	2,232	8,03	16,43	51,11	2,284	5,89	15,71	62,51
2,243	7,66	14,46	47,01	2,294	5,38	13,89	61,25	2,233	7,98	16,38	51,27	2,246	7,47	17,17	56,47
2,228	8,26	15,03	45,06	2,288	5,61	14,11	60,21	2,288	5,74	14,28	59,83	2,275	6,26	16,05	61,02
2,255	7,17	14,00	48,74	2,289	5,59	14,08	60,33	2,252	7,21	15,66	53,94	2,290	5,66	15,50	63,47
2,264	6,79	13,63	50,18	2,295	5,32	13,83	61,56	2,270	6,48	14,98	56,73	2,276	6,21	16,01	61,18
2,250	7,38	14,19	48,00	2,286	5,69	14,18	59,86	2,330	4,00	12,66	68,39	2,274	6,28	16,07	60,91
2,254	7,20	14,02	48,65	2,288	5,62	14,11	60,19	2,325	4,22	12,87	67,20	2,249	7,35	17,06	56,89

Tabel 8.  
Hubungan antara kepadatan dan volumetrik campuran beraspal (lanjutan)

Gradasi 5				Gradasi 6				Gradasi 7				Gradasi 8			
Kepadatan (gr/cm <sup>3</sup> )	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	Kepadatan (gr/cm <sup>3</sup> )	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	Kepadatan (gr/cm <sup>3</sup> )	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	Kepadatan (gr/cm <sup>3</sup> )	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)
2,289	5,20	16,50	68,00	2,280	5,10	17,00	69,00	2,280	5,20	17,40	70,50	2,296	4,80	15,40	70,00
2,270	8,04	13,49	40,43	2,254	6,86	14,99	54,28	2,219	8,01	16,52	51,55	2,239	7,43	14,47	48,64
2,265	8,24	13,68	39,80	2,265	6,40	14,56	56,07	2,207	8,52	17,00	49,89	2,275	5,96	13,07	54,41
2,268	8,10	13,55	40,22	2,285	5,56	13,78	59,63	2,200	8,81	17,27	49,00	2,258	6,66	13,74	51,52
2,288	7,29	12,76	42,91	2,281	5,76	13,96	58,76	2,192	9,11	17,56	48,09	2,255	6,76	13,84	51,11
2,252	8,74	14,17	38,32	2,275	6,01	14,20	57,69	2,232	7,48	16,03	53,34	2,275	5,96	13,07	54,42
2,271	8,00	13,45	40,55	2,295	5,15	13,40	61,52	2,193	9,07	17,52	48,21	2,230	7,81	14,83	47,33
2,251	8,81	14,24	38,12	2,294	5,19	13,43	61,34	2,209	8,44	16,92	50,15	2,260	6,59	13,67	51,80
2,270	8,04	13,49	40,41	2,222	8,19	16,25	49,59	2,221	7,94	16,46	51,78	2,258	6,64	13,72	51,60
2,220	10,05	15,44	34,90	2,285	5,59	13,81	59,51	2,188	9,27	17,70	47,63	2,241	7,35	14,40	48,92
2,301	6,77	12,26	44,79	2,285	5,56	13,78	59,65	2,191	9,14	17,58	48,01	2,249	7,04	14,10	50,07
2,262	8,33	13,78	39,51	2,277	5,89	14,09	58,18	2,209	8,42	16,91	50,19	2,262	6,48	13,57	52,23
2,283	7,51	12,98	42,14	2,291	5,33	13,56	60,72	2,201	8,75	17,22	49,16	2,289	5,39	12,53	57,01
2,265	8,21	13,66	39,88	2,305	4,77	13,04	63,41	2,192	9,13	17,57	48,05	2,258	6,64	13,72	51,61
2,263	8,31	13,75	39,59	2,257	6,76	14,90	54,66	2,202	8,70	17,17	49,33	2,283	5,64	12,77	55,82
2,251	8,78	14,20	38,22	2,283	5,66	13,87	59,19	2,186	9,36	17,79	47,38	2,259	6,61	13,69	51,72
2,302	6,72	12,22	44,97	2,274	6,02	14,21	57,64	2,223	7,83	16,36	52,13	2,262	6,48	13,57	52,23



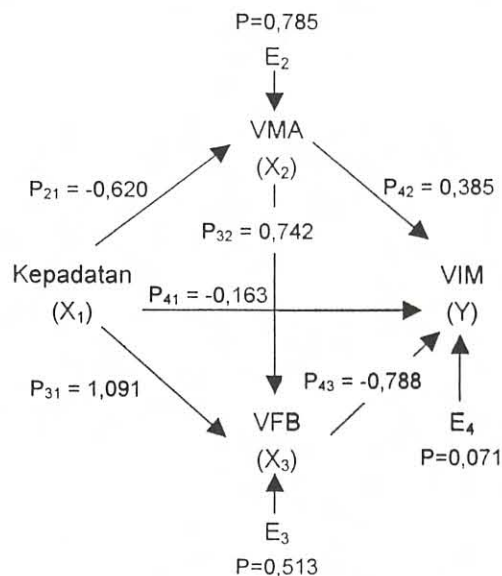
## V. PEMBAHASAN

Analisa korelasi parsial dari kepadatan, VMA, VFB dan VIM pada Tabel 8 disajikan pada Tabel 9 berikut.

**Tabel 9.**  
Hasil Analisa Korelasi Parsial

	Kepadatan	VMA	VFB
<b>VMA :</b>			
➤ Pearson Correlation	-0,620		
➤ Sig (2-tailed)	0,000		
➤ N	136		
<b>VFB :</b>			
➤ Pearson Correlation	0,630	0,066	
➤ Sig (2-tailed)	0,000	0,444	
➤ N	136	136	
<b>VIM :</b>			
➤ Pearson Correlation	-0,898	0,434	-0,865
➤ Sig (2-tailed)	0,000	0,000	0,000
➤ N	136	136	136

Hasil analisa korelasi parsial pada Tabel 9 menunjukkan bahwa kepadatan memiliki pengaruh nyata sebesar -0,620 terhadap VMA, sebesar 0,630 terhadap VFB dan sebesar -0,898 terhadap VIM. VMA memiliki pengaruh nyata sebesar 0,434 terhadap VIM sedangkan terhadap VFB pengaruhnya tidak nyata. FVB memiliki pengaruh nyata sebesar -0,865 terhadap VIM. Besarnya masing-masing pengaruh ini sebenarnya masih mengandung pengaruh palsu (*Spurious*) atau pengaruh yang disebabkan oleh faktor penyebab yang sama sehingga untuk mendekomposisi pengaruh tersebut dilakukan analisis jalur (*Path Analysis*) dengan model dan hasil analisis sebagaimana disajikan pada Gambar 3 berikut.



**Gambar 3.** Model Hubungan Pengaruh Kepadatan terhadap Volumetrik Campuran

Dari Gambar 3 di atas dapat diketahui pengaruh masing-masing variabel yang terdiri dari pengaruh langsung (*Direct Effect*), pengaruh tidak langsung (*Indirect Effect*), pengaruh palsu (*Spurious*) dan pengaruh yang tidak dapat dianalisis. Pengaruh-pengaruh tersebut yaitu sebagai berikut :

- Nilai kepadatan memiliki pengaruh langsung terhadap VMA sebesar -0,620 dengan signifikan karena memiliki taraf signifikan 0,000 atau lebih kecil dari batas maksimum 0,01. Ini artinya secara signifikan setiap peningkatan nilai kepadatan sebesar satu simpangan baku akan menyebabkan penurunan VMA sebesar 0,620 simpangan baku.
- Nilai kepadatan memiliki pengaruh langsung terhadap VFB sebesar 1,091 (taraf signifikan 0,000) dan pengaruh tidak langsung yaitu melalui VMA sebesar  $0,742 \times -0,620 = -0,460$  (taraf signifikan 0,000) sehingga pengaruh total (*Total Effect*) menjadi  $1,091 - 0,460 = 0,631$ . Ini artinya setiap peningkatan nilai kepadatan sebesar satu simpangan baku akan menyebabkan peningkatan VFB secara total sebesar 0,631 simpangan baku.
- Nilai kepadatan memiliki pengaruh langsung terhadap VIM sebesar -0,163 (taraf signifikan 0,000) dan pengaruh tidak langsung (melalui VMA dan VFB) sebesar  $(0,385 \times -0,620) + (-0,788 \times 1,091) = -1,099$  sehingga pengaruh total menjadi -1,262. Ini artinya setiap peningkatan nilai kepadatan sebesar satu simpangan baku akan menyebabkan penurunan VIM secara total sebesar 1,262 simpangan baku.
- Nilai VMA memiliki pengaruh langsung terhadap VFB sebesar 0,742 (taraf signifikan 0,000) dan pengaruh palsu (*Spurious*) sebesar  $1,091 \times -0,620 = -0,676$ . Sehingga pengaruh total tetap 0,742. Ini artinya setiap peningkatan nilai VMA sebesar satu simpangan baku akan menyebabkan peningkatan VFB secara total sebesar 0,742 simpangan baku.
- Nilai VMA memiliki pengaruh langsung terhadap VIM sebesar 0,385 (taraf signifikan 0,000), pengaruh tidak langsung (melalui VFB) sebesar  $-0,788 \times 0,742 = -0,585$  dan pengaruh palsu sebesar  $(-0,163 \times -0,620) + (-0,788 \times 1,091 \times -0,620) = 0,432$ . Dengan demikian maka pengaruh total sebesar  $0,385 - 0,585 = -0,200$ . Ini artinya setiap peningkatan nilai VMA sebesar satu simpangan baku akan menyebabkan penurunan VIM secara total sebesar 0,200 simpangan baku.
- Nilai VFB memiliki pengaruh langsung terhadap VIM sebesar -0,788 (taraf

signifikan 0,000) dan pengaruh palsu sebesar  $(0,385 \times 0,742) + (-0,163 \times 1,091) + (0,385 \times -0,620 \times 1,091) = -0,152$ . Dengan demikian maka pengaruh total sebesar -0,788. Ini artinya setiap peningkatan nilai VFB sebesar satu simpangan baku akan menyebabkan penurunan VIM secara total sebesar 0,788 simpangan baku.

- g) Pengaruh yang tidak teranalisis adalah terhadap VMA sebesar 0,785 simpangan baku, terhadap VFB sebesar 0,513 simpangan baku dan terhadap VIM sebesar 0,071 simpangan baku.

Dengan adanya pengaruh yang signifikan antara kepadatan dengan volumetrik campuran maka penyimpangan tingkat kepadatan campuran akan merubah volumetrik campuran beraspal. Makin tinggi penyimpangan kepadatan (kepadatan makin rendah) menyebabkan VIM dan VMA makin tinggi namun VFB makin rendah. VIM tinggi dapat menyebabkan penetrasi air dan udara ke dalam campuran lebih tinggi sehingga campuran mudah mengalami penuaan (akibat oksidasi) dan pada saat hujan air akan terperangkap diantara rongga yang tersedia serta pada saat beban lalu-lintas akan terjadi pemompaan yang kemungkinan terjadinya pelepasan butir atau retak.

## VI. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium dan analisa data dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

- Sifat bahan yang digunakan pada pengkajian ini, baik aspal Pen 60 maupun agregat kasar, sedang dan agregat halus memenuhi persyaratan.
- Sifat campuran beraspal untuk ke delapan variasi gradasi memenuhi persyaratan campuran Laston lapis permukaan (AC-WC).
- Dari hasil analisis data dengan menggunakan analisis jalur dapat diketahui bahwa secara signifikan Kepadatan memiliki pengaruh total terhadap VMA sebesar -0,620, terhadap VFB sebesar 0,631 dan terhadap VIM sebesar -1,262. Secara signifikan VMA memiliki pengaruh total terhadap VFB sebesar 0,742 dan terhadap VIM sebesar -0,200. Secara signifikan VFB memiliki pengaruh total terhadap VIM sebesar -0,788.

- Dengan adanya pengaruh yang signifikan antara kepadatan dengan volumetrik campuran maka tampak penyimpangan tingkat kepadatan campuran akan merubah volumetrik campuran beraspal yang selanjutnya akan berpengaruh pula pada potensi kerusakan berupa penuaan, deformasi, retak atau lepas-lepas pada perkerasan jalan.

## DAFTAR PUSTAKA

- British Standard Specification (1973). Rolled Asphalt (hot process) for roads and Other Paved Areas, BS 594. United Kingdom.
- Kimpraswil (2004). Spesifikasi Campuran Beraspal Panas, Seksi 6.3 Buku 3, Jakarta.
- NAPA Research and Education Foundation (1996). Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction, Second Edition, Lanham, Maryland.
- SHRP (1994). Superior Performing Asphalt Pavements (Superpave): The Product of the SHRP Asphalt Research Program, SHRP-A-410. National Research Council, Washington DC.
- The Asphalt Institute's (1985). The Asphalt Institute Handbooks, Manual Series No. 4. The Asphalt Institute. USA
- The Asphalt Institute's (1994). Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Others Hot Mix Types, Manual Series No. 2. Second Edition, USA.
- The Asphalt Institute's (1994). Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Others Hot Mix Types, Manual. USA.
- Soehartono I, 2003, "Analisis Jalur (*Path Analysis*) dengan SPSS", Lemlit Unpas Press, Bandung.

### Penulis :

- *Drs. Madi Hermadi, SSI, Ajun Peneliti Madya bidang Prasarana Transportasi di Puslitbang Prasarana Transportasi.*
- *Ir. Nono, MEng Sc, Ajun Peneliti Muda, Pusat Litbang Prasarana Transportasi*

