

Studi Kadar Aspal Optimum Menggunakan Alat Marshall dan Alat *Percentage Refusal Density*

YUSUF MAULANA¹, SILVIA SUKIRMAN², RAHMI ZURNI²

¹ Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional

² Dosen, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional

Email : yusufmaulana.ym91@gmail.com

ABSTRAK

Pertumbuhan ekonomi dan industri yang berkembang, berdampak pada peningkatan pergerakan lalu lintas. Kerusakan lapisan perkerasan umumnya dipengaruhi pori dan rongga yang besar akibat pemadatan pelaksanaan kurang baik, mengakibatkan air masuk ke struktur perkerasan melalui retak dan celah sehingga membentuk lubang. Kepadatan mutlak dimaksudkan sebagai kepadatan tertinggi yang dapat dicapai oleh campuran sehingga campuran tersebut tidak dapat menjadi padat lagi, untuk memperkecil pori dan rongga pada campuran perkerasan digunakan metode pemadatan alat Marshall dan Percentage Refusal Density. Kadar aspal yang memenuhi spesifikasi Marshall berada pada rentang 5,95% dan 6,85% sehingga KAO diperoleh sebesar 6,4% dibulatkan 6,5%. Benda uji campuran Percentage Refusal Density menggunakan KAO sebesar 6%, 6,5% dan 7%, untuk membandingkan nilai VIM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemadatan menggunakan alat Percentage Refusal Density nilai kepadatan lebih besar, kepadatan semakin besar nilai $VIM_{refusal}$ lebih kecil dibandingkan dengan VIM Marshall dan $KAO_{refusal}$ diperoleh 6,2%.

Kata Kunci: Kadar Aspal Optimum, Percentage Refusal Density, $VIM_{refusal}$

ABSTRACT

Economic growth and industry development impacted to the enhancement to traffic movement. Pavement damage generally affected by large pore and void due to poor compaction, which resulted the water could get into the pavement structure through crack and gap and forming holes. The absolute density means the highest density (maximum) that can be achieved by the mixture that the mixture cannot become more solid, to minimize voids and pores in the mixture then used the method of Marshall tool compaction and Percentage Refusal Density. Asphalt content that meets the specification of Marshall is in the range of 5,95% and 6,85% that OBC value gained is 6,4% rounded to 6,5%. The specimen of Percentage Refusal Density used OBC value of 6%, 6,5%, and 7% to compare the value of VIM obtained. The result showed that compaction using Percentage Refusal Density tools produce bigger density value, with bigger density it means that the value $VIM_{refusal}$ is smaller than VIM Marshall and $OBC_{refusal}$ value obtained is 6,2%.

Keywords: Optimum Bitumen Content, Percentage Refusal Density, $VIM_{refusal}$

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi dan industri yang berkembang dengan pesat, maka berdampak pada peningkatan pergerakan lalu lintas baik orang maupun barang. Salah satu yang mendukung perkembangan tersebut yaitu sarana jalan yang sangat baik. Konstruksi perkerasan jalan yang baik terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Beban yang diterima masing-masing lapisan berbeda, semakin kebawah semakin kecil, oleh karena itu lapisan permukaan adalah bagian konstruksi jalan yang dipengaruhi oleh beban lalu lintas maupun cuaca iklim, sehingga lapisan permukaan harus direncanakan sedemikian rupa agar memenuhi fungsinya, untuk menjaga perkerasan jalan lebih kuat dan memiliki waktu layan yang panjang dengan mempertimbangkan keawetan, fleksibilas, kedap air, mudah dilaksanakan, beban lalu lintas, maka salah satunya dilakukan suatu inovasi dalam pelaksanaan perkerasan jalan.

Kerusakan lapisan perkerasan yang sering terjadi pada lapisan permukaan aus (*wearing course*). Kerusakan tersebut dipengaruhi oleh lapisan yang memiliki pori dan rongga besar akibat pemadatan pada pelaksanaan kurang baik, pada rongga yang besar air dapat masuk ke struktur perkerasan melalui retak dan celah sehingga membentuk lubang. Air yang terjebak di dalam struktur perkerasan dapat mempercepat rusaknya perkerasan jalan, sehingga mengakibatkan lapisan perkerasan kurang mampu menerima beban lalu lintas. Salah satu inovasi untuk memperkecil rongga dan pori pada campuran perkerasan yaitu menggunakan aspal modifikasi atau bahan tambah pada campuran beton aspal.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian menggunakan metode pemadatan alat Marshall dan PRD (*Percentage Refusal Density*) untuk mengetahui rongga dan pori pada campuran.

Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan persentase pori udara dalam campuran (*Void In Mix*) akibat pengaruh pemadatan dengan menggunakan metode alat PRD (*Percentage Refusal Density*) dan alat Marshall.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jenis Pekerjaan Jalan

Perkerasan jalan berdasarkan bahan pengikatnya menurut Sukirman, S., (2010) dibedakan menjadi 3 yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*), perkerasan kaku (*rigid pavement*), perkerasan komposit (*composite pavement*).

2.2 Agregat

Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan, mempunyai peranan yang sangat penting dalam perkerasan jalan, karena jumlah yang dibutuhkan dalam campuran perkerasan umumnya berkisar antara 90% - 95% dari berat total campuran, atau 75% - 85% dari volume campuran yang sebagian besar ditentukan oleh karakteristik agregat yang digunakan. Agregat yang baik maka agregat dapat diklasifikasikan dan diidentifikasi menurut ukuran dan gradasi, kebersihan, kekuatan atau kekerasan, bentuk butiran, tekstur permukaan, porositas, kemampuan menyerap air, berat jenis dan kekekatannya terhadap aspal. Lebih luas lagi, pemilihan agregat untuk material perkerasan jalan meliputi juga mengenai ketersediaan agregat, kemudahan mendapatkannya, harga dan jenis gradasi agregat yang digunakan. Oleh karena itu pemilihan jenis agregat merupakan hal yang penting dalam campuran beraspal karena berkaitan dengan kestabilan dari konstruksi jalan.

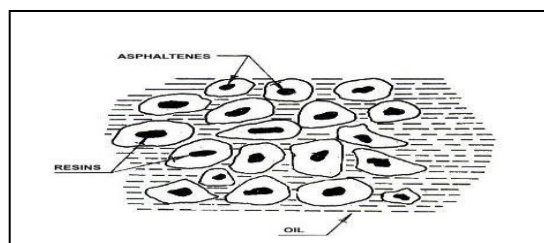
Tabel 1 Spesifikasi Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal (Sumber: Bina Marga, 2010 revisi 3)

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran		
	Laston (AC)		
	WC	BC	Base
37,5	-	-	100
25	-	100	90-100
19	100	90-100	76-90
12,5	90-100	75-90	60-78
9,5	77-90	66-82	52-71
4,75	53-69	46-64	35-54
2,36	33-53	30-49	23-41
1,18	21-40	18-38	13-30
0,600	14-30	12-28	10-22
0,300	9-22	7-20	6-15
0,150	6-15	5-13	4-10
0,075	4-9	4-8	3-7

2.3 Bahan Pengikat (Aspal)

Aspal merupakan campuran dari bitumen dan mineral, yang sering juga disebut bitumen, hal tersebut disebabkan karena bahan dasar utama dari aspal adalah bitumen. Aspal merupakan unsur hidrokarbon yang sangat kompleks, sangat sukar untuk memisahkan molekul-molekul yang membentuk aspal tersebut. Komposisi aspal terdiri dari *asphaltene* dan *maltene*. *Asphaltene* sebagai *filler* merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam *heptane*. *Maltenes* larut dalam *heptane*, *heptane* merupakan material cairan kental yang terdiri dari resin dan oil. *Resin* merupakan prapolimer yang memiliki plastisitas tinggi, berwarna kuning atau coklat yang memberikan sifat adhesi dari aspal, merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan. Sedangkan oil yang berwarna lebih muda merupakan media dari *asphaltene* dan *resin*. *Maltenes* merupakan komposisi yang mudah berubah sesuai perubahan temperatur dan umur pelayanan.

Proporsi dari asphaltene, resin, dan oil berbeda-beda tergantung dari banyak faktor seperti kemungkinan beroksidasi, proses pembuatannya, dan ketebalan lapisan aspal dalam campuran. Bagian komposisi aspal dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Komposisi Aspal (Sumber: Sukirman, S., 2012)

Aspal yang akan dipergunakan adalah aspal yang memenuhi persyaratan spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum, 2010 revisi 3. Pengujian yang dilakukan meliputi Berat Jenis, Titik Lembek, Penetrasi, Viskositas.

2.4 Campuran Beton Aspal

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan atau tanpa bahan tambahan. Untuk mendapatkan beton aspal yang memenuhi mutu yang diharapkan, hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain adalah pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan agregat. Di samping itu, pengetahuan tentang sifat bahan pengikat seperti aspal menjadi dasar untuk merancang campuran sesuai jenis perkerasan yang diinginkan. Kekuatan dari perkerasan beton aspal diperoleh melalui struktur agregat yang saling mengunci (*interlocking*), sehingga menghasilkan geseran internal yang tinggi dan saling melekat bersama oleh lapis tipis aspal diantara butiran agregat. Adapun karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal yaitu Stabilitas, Keawetan (*durability*), Mudah dilaksanakan (*workability*), Kedap air (*impermeabilitas*), Kelenturan (*flexibility*), Kekesatan (*skid resistance*), Ketahanan.

2.5 Pengujian Marshall

Pengujian perendaman Marshall dilakukan untuk memeriksa kerentanan campuran terhadap kerusakan yang disebabkan oleh air. Konsep dari percobaan Marshall dikembangkan oleh Bruce Marshall, seorang tenaga ahli dibidang aspal pada *Mississippi State Highway Departement*. Prosedur percobaan Marshall di Indonesia mengikuti SNI 06-2489. Tujuan dari pengujian Marshall adalah untuk mendapatkan nilai stabilitas dan *flow* dari benda uji dengan menggunakan parameter lainnya seperti, volume rongga dalam beton aspal padat (VIM), volume rongga diantara butir agregat (VMA), volume rongga beton aspal yang terisi oleh aspal (VFA), dan diperoleh kadar aspal optimum (KAO).

2.6 Kepadatan Mutlak

Departemen Pekerjaan Umum mengeluarkan Pedoman Teknik Perencanaan Campuran Beraspal Panas dengan Pedekatan Kepadatan Mutlak yang merupakan usaha penyempurnaan dari metode Marshall konvensional. Kepadatan mutlak ini dimaksudkan sebagai kepadatan tertinggi (maksimum) yang dapat dicapai oleh campuran sehingga campuran tersebut tidak dapat menjadi padat lagi.

Studi yang dilakukan menunjukkan adanya kaitan yang erat antara deformasi plastis dengan tingginya kadar aspal dan penurunan rongga udara dalam campuran (VIM) selama masa pelayanan jalan. Rongga udara dalam campuran setelah dilalui lalu lintas dalam beberapa tahun mencapai kurang dari 1% sehingga terjadi perubahan bentuk plastis.

Untuk mengatasi masalah tersebut dibuat pengujian tambahan yaitu pemadatan ultimit pada benda uji dengan kadar aspal yang didapat dari nilai VIM pada pengujian Marshall konvensional, sampai mencapai kepadatan mutlak (*Refusal Density*). Pencantuman batas maksimum VIM sangat penting untuk mendapatkan keseimbangan antara VIM dan kadar aspal. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat pemadat getar listrik (BS 598 Part 104, 1989).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Rencana Kerja

Penyusunan rencana kerja penelitian dilakukan terlebih dahulu, hal ini dimaksudkan untuk mempermudah pelaksanaan penelitian. Langkah yang dilakukan mengidentifikasi masalah, Tujuan, Studi Pustaka dan Persiapan Alat dan Bahan. Mempersiapkan alat *Percentage Refusal Density* dan bahan yang digunakan agregat dan aspal pen.60. Pengujian terhadap agregat adalah Berat Jenis dan penyerapan. Pengujian terhadap aspal adalah Berat Jenis, Titik Lembek, Penetrasi, dan Viskositas. Penentuan Nilai KAA menggunakan rumus $KAA =$

$0,035(\%CA)+0,045(\%FA)+0,18(\%filler)+K$. Pembuatan benda uji menggunakan KAA dimana dibuat masing-masing 3 buah benda uji pada KAA-1%, KAA-0,5%, KAA %, KAA+0,5%, KAA+1%, KAA+1,5%. Kemudian dilakukan Pengujian Marshall untuk mengetahui kadar aspal yang memenuhi spesifikasi parameter Marshall untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO). Pembuatan benda uji pada pengujian dengan alat *Percentage Refusal Density* menggunakan KAO-0,5%, KAO%, KAO+0,5%, dan kadar aspal yang didapat pada pengujian ini ialah Kadar Aspal Optimum *Refusal*. Analisis yang dilakukan membandingkan nilai Kadar Aspal Optimum pada pengujian Marshall dan nilai Kadar Aspal Optimum pada pengujian *Percentage Refusal Density*.

4. PENYAJIAN DAN ANALISI DATA

4.1 Data Pengujian Aspal

Pemeriksaan aspal mengikuti prosedur pengujian SNI. Hasil pengujian aspal dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Aspal Penetrasi 60

Jenis Pemeriksaan	Persyaratan		Hasil Aspal Pen. 60	Satuan
	Min	Max		
1. Penetrasi	60	70	65,5	0,1 mm
2. Titik Lembek	48	-	51	°C
3. Viskositas	>300	-	528	Cst
4. Berat Jenis	1	-	1,040	-

4.2 Hasil Pengujian Agregat

Agregat diuji mengikuti prosedur SNI yang meliputi beberapa jenis pengujian. Pengujian meliputi berat jenis agregat kasar, berat jenis agregat halus dan *filler*

4.2.1 Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar dilakukan berdasarkan petunjuk pelaksanaan SNI 1969-2008, hasil pengujian agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Ukuran Ayakan			
	1/2 "	3/8 "	No.4 "	No.8
Berat Jenis (<i>bulk</i>)	2,513	2,512	2,444	2,335
Berat Jenis Permukaan Jenuh (<i>SSD</i>)	2,565	2,565	2,500	2,385
Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	2,651	2,653	2,588	2,458
Penyerapan (<i>Absorption</i>) (%)	2,066	2,124	2,273	2,151
Berat Jenis Efektif	2,582	2,583	2,516	2,396

4.2.2 Berat Jenis Agregat Halus dan Bahan Pengisi (*filler*)

Pemeriksaan agregat halus dilakukan berdasarkan petunjuk pelaksanaan SNI 1969-2008, hasil pemeriksaan agregat halus dan *filler* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus dan Filler

Jenis Pengujian	Ukuran Ayakan				
	No.16	No.30	No.50	No.100	No.200
Berat Jenis (<i>bulk</i>)	2,371	2,245	2,287	2,584	2,387
Berat Jenis Permukaan Jenuh	2,424	2,293	2,336	2,640	2,437
Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	2,502	2,357	2,405	2,737	2,512
Penyerapan (<i>Absorbtion</i>) (%)	2,208	2,103	2,145	2,166	2,082
Berat Jenis Efektif	2,437	2,301	2,346	2,661	2,449
Berat Jenis Filler	2,525				

4.2.2 Berat Jenis Agregat Campuran

Nilai berat jenis agregat campuran sesuai gradasi target seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Persentase Gradasi Target

Ukuran Ayakan (mm)	No Ayakan	Persentase Masing-masing Ayakan	% Tertahan
19	3/4"	-	-
12,5	1/2"	P1	5
9,5	3/8"	P2	11,5
4,75	4	P3	22,5
2,36	8	P4	18
1,18	16	P5	12,5
0,6	30	P6	8,5
0,3	50	P7	6,5
0,15	100	P8	5
0,075	200	P9	4
Pan		P10	6,5

Berat Jenis Bulk Campuran = 2,406

Berat Jenis Efektif Campuran = 2,468

4.3 Perhitungan Kadar Aspal Acuan

Pembuatan benda uji untuk campuran beton aspal Laston AC-WC dimulai dari kadar aspal acuan. Gradasi target dapat dilihat pada Tabel 5

Contoh perhitungan Kadar Aspal Acuan (KAA) sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 \text{KAA} &= 0,035(\%CA)+0,045(\%FA)+0,18(\%Filler)+K \\
 &= 0,035(39\%)+0,045(54,5\%)+0,18(6,5\%)+0,5 \\
 &= 5,5 \%
 \end{aligned}$$

Benda uji yang dibuat untuk menentukan Kadar aspal Optimum adalah kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%. Masing-masing kadar aspal dibuat 3 buah benda uji.

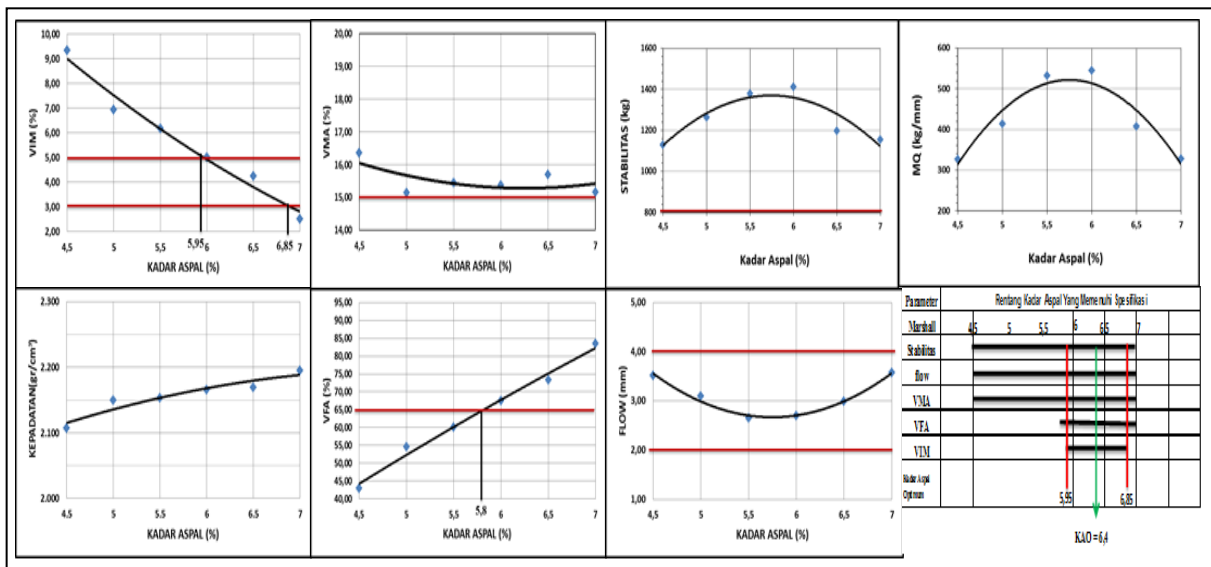
4.4 Data Hasil Pengujian Marshall

Hasil pengujian Marshall dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Marshall

Kadar Aspal (%)	VFA (%)	VIM (%)	VMA (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)
4.5	46,85	9,24	17,38	1074	3,89
	48,58	8,67	16,87	1206	3,79
	45,43	9,73	17,83	1107	2,92
5	56,18	7,25	16,56	1318	3,12
	65,13	5,10	14,61	1328	2,72
	53,40	8,05	17,27	1141	3,45
5.5	65,21	5,58	16,03	1273	2,92
	65,03	5,62	16,07	1611	2,30
	59,75	6,94	17,24	1248	2,72
6	73,35	4,21	15,80	1200	2,82
	69,22	5,11	16,59	1584	2,12
	68,32	5,31	16,77	1451	3,15
6.5	72,05	4,82	17,33	1292	3,10
	71,77	4,91	17,38	1257	3,53
	83,12	2,60	15,37	1042	2,33
7	83,56	2,70	16,45	1134	3,45
	86,20	2,21	16,02	948	3,98
	86,01	2,25	16,05	1380	3,30

Data dari Tabel 6 dibuat grafik hubungan antara parameter Marshall dan kadar aspal. Masing-masing dari parameter Marshall digambarkan batasan kadar aspal yang memenuhi batasan spesifikasi campuran. Kadar aspal optimum adalah kadar aspal tengah dari rentang yang memenuhi spesifikasi parameter Marshall.



Gambar 2. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal seperti pada Gambar 2 yang memenuhi spesifikasi Laston AC-WC berada pada rentang 5,9% dan 6,8% sehingga kadar aspal optimum diperoleh sebesar 6,35% dibulatkan 6,5%.

4.5 Benda Uji Dengan Alat PRD

Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan uji Marshall diperoleh 6,5%. Setelah didapat nilai KAO campuran beton aspal maka dilakukan pembuatan benda uji kepadatan mutlak pada Kadar Aspal Optimum dengan rentang 6%, 6,5%, dan 7%, menggunakan alat PRD untuk mendapatkan $VIM_{refusal}$.

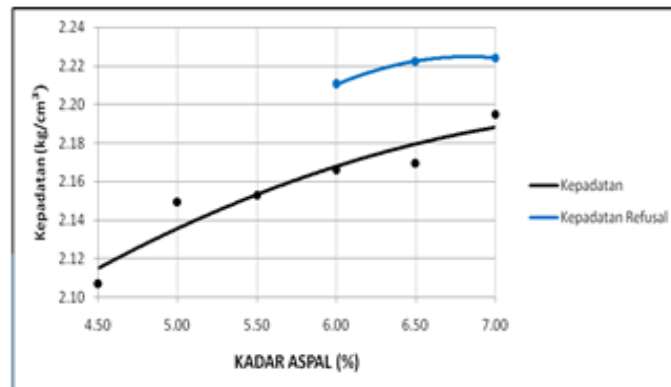
4.6 Perbandingan Nilai VIM Marshall Dengan $VIM_{refusal}$

Data yang diperlukan untuk mengetahui nilai kepadatan dan nilai $VIM_{refusal}$ dari pengujian PRD ialah Berat Kering, Berat dalam Air, dan Berat SSD. Metode alat PRD menggunakan cara pemadatan bergetar sedangkan metode Marshall menggunakan cara pemadatan ditumbuk *Hammer* pada jumlah tertentu. Hasil Pengujian PRD dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Nilai VIM

Kadar Aspal (%)	Marshall		PRD	
	Kepadatan Marshall	VIM Marshall (%)	Kepadatan <i>refusal</i>	VIM <i>refusal</i> (%)
6	2,18	4,34	2,21	2,94
	2,16	5,23	2,22	2,82
	2,16	5,44	2,22	2,55
6,5	2,15	4,97	2,22	1,98
	2,15	5,03	2,23	1,39
	2,20	2,72	2,22	2,08
7	2,19	2,83	2,23	1,09
	2,20	2,34	2,23	0,98
	2,20	2,37	2,23	1,06

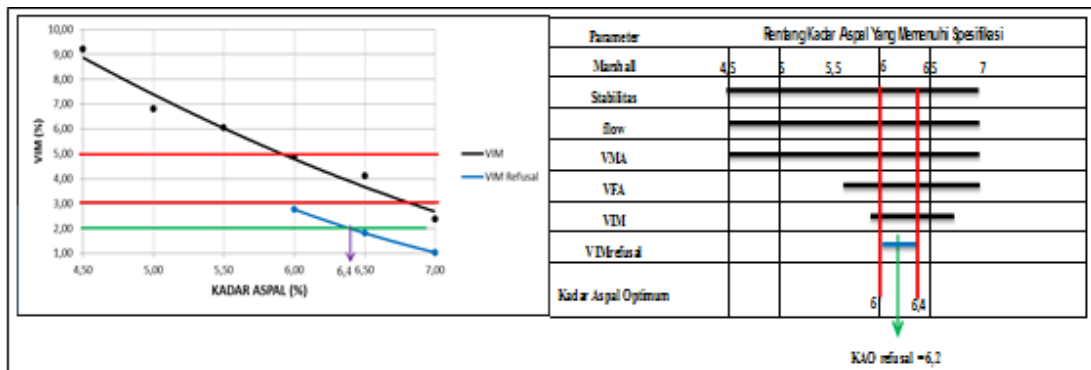
Data dari Tabel 7 dibuat grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai kepadatan dan nilai $VIM_{refusal}$. Kepadatan mutlak atau kepadatan refusal dengan Alat PRD untuk mengetahui kepadatan tertinggi (maksimum) yang dapat dicapai suatu campuran beton aspal. Nilai Kepadatan dapat dilihat seperti pada Gambar 3



Gambar 3. Perbandingan Nilai Kepadatan

Kepadatan suatu campuran beton aspal umumnya dikaitkan dengan durabilitas dan keawetan, maka dari itu semakin besar nilai kepadatan menunjukan bahwa campuran beton aspal tersebut semakin rapat.

Perbandingan nilai *Void In Mix* (VIM) dari pengujian pemadatan menggunakan alat *Percentage Refusal Density* (PRD) dan alat Marshall untuk menentukan kadar aspal optimum *refusal* ($KAO_{refusal}$) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Penentuan Kadar Aspal Optimum_{refusal}

Gambar 4 menunjukkan Nilai *Void In Mix* (VIM) turun dengan bertambahnya kadar aspal baik nilai VIM Marshall maupun $VIM_{refusal}$, pada kadar aspal yang sama nilai $VIM_{refusal}$ lebih kecil dibandingkan dengan VIM Marshall. Kecilnya $VIM_{refusal}$ dipengaruhi oleh pemadatan yang berbeda, nilai VIM kecil menunjukan campuran semakin padat dan didukung oleh nilai kepadatan yang lebih besar seperti pada gambar 4. Batasan untuk nilai VIM campuran beton aspal Laston AC-WC minimum 3% dan maksimum 5%, sedangkan untuk batasan $VIM_{refusal}$ minimum 2%. Kadar aspal optimum *refusal* ($KAO_{refusal}$) yang memenuhi persyaratan berada pada rentang 6% dan 6,4%, sehingga ($KAO_{refusal}$) diperoleh sebesar 6,2%.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dari data pengujian di laboratorium, maka dapat disimpulkan bahwa:

Aspal yang digunakan pada penelitian memenuhi spesifikasi aspal pen.60.

Nilai KAO pada pengujian Marshall diperoleh 6,4%

Nilai kepadatan lebih besar menunjukan campuran semakin padat maka nilai kepadatan makin tinggi nilai VIM semakin kecil, sebaliknya nilai kepadatan makin kecil nilai VIM semakin besar.

Nilai $VIM_{refusal}$ kepadatan mutlak lebih kecil dibandingkan nilai VIM Marshall, pori campuran $VIM_{refusal}$ dengan KAO Marshall 6,4% kadar aspal mampu mengisi pori akibat pemadatan bergetar menggunakan alat PRD

Nilai $KAO_{refusal}$ pada pengujian PRD diperoleh 6,2%.

DAFTAR RUJUKAN

- Departemen Pekerjaan Umum, (1999), "*Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak*", Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, (2010), "*Spesifikasi Umum Perkerasan Aspal*", Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Pradipta. W., (2011), "*Kinerja Modulus Resilien Dan Fatigue Dari Campuran Lapis Aus (AC-WC) Yang Memakai Material Hasil Daur Ulang (Reclaimed Asphalt Pavement) dan Polimer Sasobit® Dalam*

- Aspal Campuran Hangat (Warm Mix Asphalt)*”, Tesis, Program Magister Sistem Dan Teknik Jalan Raya, Institut Teknologi Bandung,
- Rahdiyana. O., (2014), *"Studi Penggunaan Aspal Polimer EVA Dan RAP Dalam Campuran Laston"*, Skripsi, Program Studi Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional,
- Sukirman, S., (2005), *"Panduan Praktikum Material Perkerasan Jalan"*, Bandung: Institut Teknologi Nasional,
- Sukirman, S., (2006), *"Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur"*, Bandung: Institut Teknologi Nasional,
- Sukirman. S., (2012), *"Beton Aspal Campuran Panas"*, Bandung: Institut Teknologi Nasional,
- Syamsi. Fajri N., (2014), *"Studi Penggunaan Aspal Modifikasi Dengan Getah Pinus Pada Campuran Beton Aspal"*, Skripsi, Program Studi Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional,
- Wirahaji. Ida B., (2012), *"Analisis Kadar Aspal Optimum Laston Lapis Aus Pada Ruas Jalan Simping Sakah – Simping Blahbatuh"*, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Universitas Hindu Indonesia*, www.google.co.id Search fyganverz.blogspot.co.id/2013/01/analisis-kadar-aspal-optimum-laston.html?m=1
- Zurni. R., (2013), *" Kinerja Modulus Resilien Dan Deformasi Campuran Lapis Pengikat (AC-BC) Yang Menggunakan Material Hasil Daur Ulang Dan Aspal Modifikasi Elvaloy "*, Tesis, Program Magister Sistem Dan Teknik Jalan Raya (STJR), Institut Teknologi Bandung,