

AC-WC Mixed Characterstics With Temperature Version of Mixing

Rainal¹⁾
Priyo Pratomo²⁾
Rahayu Sulistyorini³⁾

Abstract

This study was conducted to determine the effect of temperature variations on the mixing process of the hot mix asphalt (hot mix asphalt) to Marshall parameters with reference to the specification of Bina Marga, 2010.

Variations in mixing temperature 125°C, 135°C, 145°C, 155°C, 160°C AC-WC layer smooth gradations center limit with asphalt content of 5.7%, at a mixing temperature of 125 oC does not meet the Bina Marga specifications, because the value of the air voids in the mix (VIM) at a temperature of 125°C at 5.611%, which exceeds the minimum standards at 3.5% to 5%. As for the temperature variation of 135°C to 160°C mixing has met the minimum value of the Marshall parameter. Next to the mixing temperature variations upper limit 6.8% asphalt content temperatures are not eligible to be in a temperature of 125°C. Due to a temperature of 125°C value of the cavity filled with asphalt (VFA) of 62.718% below the minimum standard value that is equal to 65%. As for the value of air voids in the mix (VIM) which exceeds the minimum value of 5% is in the temperature 125°C, 135°C, 145°C which each value by 7.778%, 6.8919%, 6.2490%, and then at a temperature of 160°C for 3 , 1429% of the value below the minimum value of 3.5%. Only at a temperature of 155°C which meet Marshall parameter values.

Keywords : *Temperature, Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC), Marshall Parameter ,Bina Marga Specification 2010.*

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur pada proses pencampuran terhadap campuran aspal panas (*asphalt hotmix*) terhadap parameter *Marshall* dengan acuan kepada Spesifikasi Bina Marga, (2010).

Variasi suhu pencampuran 125°C, 135°C, 145°C, 155°C, 160°C lapisan AC-WC gradasi halus batas tengah dengan kadar aspal 5,7%, pada temperatur pencampuran 125 °C tidak memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga, dikarenakan nilai rongga udara di dalam campuran (VIM) disuhu 125°C sebesar 5,611% yang melebihi nilai standar minimum yaitu 3,5% samapai 5%. Sedangkan untuk variasi suhu pencampuran 135°C sampai 160°C telah memenuhi nilai minimum parameter *Marshall*. Selanjutnya untuk variasi suhu pencampuran batas atas kadar aspal 6.8% temperatur yang tidak memenuhi syarat berada di suhu 125 °C. Dikarenakan disuhu 125°C nilai rongga terisi aspal (VFA) sebsar 62,718% dibawah nilai standar minimum yaitu sebesar 65%. Sedangkan untuk nilai rongga udara di dalam campuran (VIM) yangmelebihi nilai minimum 5% berada di temperatur 125°C, 135°C, 145°C yaitu masing-masing nilainya sebesar 7,778%, 6,8919%, 6,2490%, selanjutnya di suhu 160°C sebesar 3,1429% nilai tersebut dibawah nilai minimum sebesar 3,5%. Hanya disuhu 155°C yang memenuhi nilai parameter *marshall*.

Kata kunci: *Temperatur/suhu, Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC), Parameter Marshall, Spesifikasi Bina Marga, (2010).*

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedung Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedung Meneng Bandar Lampung.

1. PENDAHULUAN

Lapisan beton aspal (Laston) adalah lapisan permukaan konstruksi perkerasan lentur jalan yang mempunyai nilai struktural. Lapisan tersebut terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dengan aspal keras. Laston memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi sehingga penempatan langsung di atas lapisan seperti lapisan aus (AC-Wearing Course), membuat lapisan ini rentang terhadap kerusakan akibat temperatur yang tinggi dan beban lalu lintas berat. Jenis kerusakan yang sering terjadi pada Laston adalah pelepasan butiran dan retak, disamping hal tersebut, kerusakan jalan juga karena terlalu tingginya viskositas aspal keras saat pencampuran dengan agregat akibat tidak berjalannya pengendalian mutu di AMP sehingga temperatur aspal tidak terkontrol, dari permasalahan diatas, perlu dilakukan penelitian dengan melakukan uji laboratorium tentang “Kinerja Aspal Pertamina Pen 60/70 pada Campuran Aspal Panas AC-WC” dengan mengacu pada Spesifikasi beton aspal campuran panas, (2010).

Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian terhadap pengaruh pemanasan pada campuran lapis aspal beton, yaitu *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*. Untuk mengetahui hal tersebut dilakukan penelitian terhadap peningkatan suhu standar maksimal sebesar 160 °C (Bina Marga, 2010). Dengan variasi suhu 125 °C, 135 °C, 145 °C, 155 °C 160 °C, Menggunakan aspal keras penetrasi 60/70, dan hasilnya akan dibandingkan dengan parameter *Marshall* yang mengacu kepada Spesifikasi Bina Marga, (2010).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lapisan Aspal Beton (LASTON)

Lapisan aspal beton adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat, dicampur dan dihampar dalam keadaan panas serta dipadatkan pada suhu tertentu (Sukirman, 1992).

Ciri lainnya adalah memiliki sedikit rongga dalam struktur agregatnya, saling mengunci satu dengan yang lainnya, oleh karena itu aspal beton memiliki sifat stabilitas tinggi dan relatif kaku.

2.2. Campuran Aspal Panas (*Asphalt Hot Mix*)

Aspal adalah material utama pada konstruksi lapis perkerasan lentur (*flexible pavement*) jalan raya, yang berfungsi sebagai campuran bahan pengikat agregat, karena mempunyai daya lekat yang kuat, mempunyai sifat adhesif, kedap air, dan mudah dikerjakan. Aspal merupakan bahan yang plastis yang dengan kelenturannya mudah diawasi untuk dicampur dengan agregat. Lebih jauh lagi, aspal sangat tahan terhadap asam, alkali, dan garam. (Hendarsin, 2000).

2.2.1. Aspal

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat *viskoelastic* sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya. Sifat *viskoelastis* inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya. Pada dasarnya aspal terbuat dari suatu rantai hidrokarbon yang disebut bitumen, oleh sebab itu aspal sering disebut material berbituminous. (Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas, Buku 1. Petunjuk umum).

Suhu variasi sangat berpengaruh dalam pemanasan Aspal dikarenakan material yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan

akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur kepekaan terhadap temperatur dari setiap jenis aspal berbeda-beda, yang dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspalnya, walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya antara 145°-155° C, sehingga disebut aspal beton campuran panas. Campuran ini dikenal juga dengan nama hotmix.

Tabel 1. Ketetapan *Viskositas* dan Temperatur Aspal untuk Pencampuran dan Pematatan.

No.	Prosedur Pelaksanaan	Viskositas aspal (PA.S)	Suhu Campuran (°C) Pen 60/70
1	Pencampuran benda uji Marshall	0,2	155 ± 1
2	Pematatan benda uji Marshall	0,4	140 ± 1
4	Pencampuran rentang temperatur sasaran	0,2 – 0,5	145 – 155
5	Menuangkan campuran dari AMP ke dalam truk	± 0,5	135 – 150
6	Pasokan ke alat penghamparan (<i>paver</i>)	0,5 – 1,0	130 – 150
7	Penggilasan awal (roda baja)	1 – 2	125 – 145
8	Penggilasan kedua (roda karet)	2 – 20	100 – 125
9	Penggilasan akhir (roda baja)	< 20	> 95

Sumber :Speksifikasi Umum Bina Marga, 2010,

Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase berat masing-masing contoh yang lolos pada saringan tertentu. Persentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan. (Buku 1: Petunjuk umum, Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas)

Tabel 2. Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal.

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang Lolos Terhadap Total Agregat dalam Campuran					
	Lapis Aspal Beton (AC)					
	Gradasi Halus			Gradasi Kasar		
	WC	BC	Base	WC	BC	Base
37,5	-	-	100	-	-	100
25	-	100	90 - 100	-	100	90 - 100
19	100	90 – 100	73 – 90	100	90 – 100	73 – 90
12,5	90 – 100	74 – 90	61 – 79	90 – 100	71 – 90	55 – 76
9,5	72 – 90	64 – 82	47 – 67	72 – 90	58 – 80	45 – 66
4,75	54 – 69	47 – 64	39,5 – 50	43 – 63	37 – 56	28 – 39,5
2,36	39,1 – 53	34,6 – 49	30,8 – 37	28 – 39,1	23 – 34,6	19 – 26,8
1,18	31,6 – 40	28,3 – 38	24,1 – 28	19 – 25,6	15 – 22,3	12 – 18,1
0,600	23,1 – 30	20,7 – 28	17,6 – 22	13 – 19,1	10 – 16,7	7 – 13,6
0,300	15,5 – 22	13,7 – 20	11,4 – 16	9 – 15,5	7 – 13,7	5 – 11,4
0,150	9 – 15	4 – 13	4 – 10	6 – 13	5 – 11	4,5 – 9
0,075	4 - 10	4 – 8	3 - 6	4 – 10	4 - 8	3 - 7

Sumber :Speksifikasi Umum Bina Marga (2010)

3. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Inti Jalan Raya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

3.2. Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini :

- Agregat kasar yang digunakan berasal dari PT. Sumber Batu Berkah, Tarahan, Lampung Selatan
- Agregat halus yang digunakan berasal dari PT. Sumber Batu Berkah, Tarahan, Lampung Selatan (agregat baru).
- *Filler* atau material lolos saringan No. 200 yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Portland Cement*.
- Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal keras produksi Pertamina pen 60/70.

3.3. Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- Alat Uji Pemeriksaan Aspal
- Alat Uji Pemeriksaan Agregat
- Alat Uji Karakteristik Campuran Beraspal

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Persiapan

3.4.1.1. Persiapan aspal

Persiapkan aspal pertamina yang akan di uji dan panaskan aspal dengan suhu tertentu hingga cair, dan masukan aspal ke kontainer.

3.4.1.2. Persiapan agregat

Persiapan agregat di bagi menjadi dua macam :

- Pengujian agregat kasar yang lolos di saringan no.19 dan tertahan di saringan no.9,5.
- Pengujian agregat halus yang lolos di saringan 2,36.

3.4.1.3. Pengujian Aspal

- Uji penetrasi
- Titik lembek aspal
- Pemeriksaan berat minyak dan aspal
- Daktilitas bahan-bahan aspal
- Berat jenis aspal

3.4.2. Pembuatan Benda Uji Campuran Beraspal

3.4.2.1. Menghitung perkiraan awal kadar aspal (P_b)

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (FF) + \text{Konstanta} \quad (1)$$

Setelah didapat nilai kadar aspal, selanjutnya berat jenis maksimum (BJ Max) dihitung dengan mengambil data dari percobaan berat jenis agregat halus dan agregat kasar.

Tabel 3. Menentukan Kadar Aspal Rencana.

Kadar Aspal (%)	Jumlah Benda Uji	Gradasi Batas Tengah	Gradasi Batas Atas	Keterangan
Pb – 1,0	3 buah	3 buah	3 buah	Campuran agregat dengan spesifikasi AC WC + kadar aspal minyak Pb – 1,0 (%)
Pb – 0,5	3 buah	3 buah	3 buah	Campuran agregat dengan spesifikasi AC WC + kadar aspal minyak Pb – 0,5 (%)
Pb	3 buah	3 buah	3 buah	Campuran agregat dengan spesifikasi AC WC + kadar aspal minyak Pb (%)
Pb + 0,5	3 buah	3 buah	3 buah	Campuran agregat dengan spesifikasi AC WC + kadar aspal minyak Pb + 0,5 (%)
Pb + 1,0	3 buah	3 buah	3 buah	Campuran agregat dengan spesifikasi AC WC + kadar aspal minyak Pb +1,0 (%)

Tabel 4. Pembuatan Benda Uji Variasi Suhu Campuran.

Suhu Variasi (°C)	Gradasi Batas Tengah	Gradasi Batas Atas
125	3 buah	3 buah
135	3 buah	3 buah
145	3 buah	3 buah
155	3 buah	3 buah
160	3 buah	3 buah
Jumlah	21 buah	21 buah

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pembahasan Hasil Pengujian Aspal dan Agregat

4.1.1. Pengujian Aspal

Aspal yang akan digunakan pada penelitian ini adalah aspal Pertamina penetrasi 60/70. Pengujian aspal ini untuk mengetahui mutu aspal yang akan digunakan sebagai pengikat agregat, untuk campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC). Hasil pengujian terhadap aspal terlihat bahwa hasil pengujian menunjukkan aspal telah memenuhi persyaratan spesifikasi. Pemeriksaan aspal Pertamina penetrasi 60/70 dapat dilihat selengkapnya dalam Tabel 5. di bawah ini:

Tabel 5. Hasil Pengujian Aspal Batas Tengah dan Batas Atas.

No.	Jenis Pengujian	Metode	Hasil	Persyaratan Pen 60/70	Ket.
1.	Penetrasi 25°C, 5 detik (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	68	60-70	Memenuhi
2.	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	48	≥ 48	Memenuhi
3.	Daktilitas 25°C (cm)	SNI 06-2432-1991	> 100	>100	Memenuhi
4.	a. Berat Jenis Batas Atas (gr/cm ³)	SNI 06-2441-1991	a.1,0360	≥ 1,0	Memenuhi
	b. Berat Jenis batas Atas (gr/cm ³)		b.1,0387		
5.	Kehilangan Berat 163°C (%)	SNI 06-2440-1991	0,7194	Max. 0,8	Memenuhi

4.1.2. Pengujian Agregat Kasar dan Halus

Agregat kasar dan halus yang di gunakan berasal dari PT. Sumber Bumi Berkah (SBB) Tanjungan Lampung Selatan. Hasil dari pengujian agregat ini meliputi pengujian agregat kasar dan pengujian agregat halus.

Agregat kasar yang akan digunakan adalah agregat yang lolos saringan diameter 19 dan tertahan saringan diameter 2,36. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan berat jenis agregat dengan spesifikasi Bina Marga pengujian berat jenis *bulk*, berat jenis jenuh kering permukaan (SSD), berat jenis semu (*apparent*) dan penyerapan air.

Pengujian agregat kasar memiliki kebutuhan yang sama dan saling terkait, yaitu berat agregat kasar kering oven, agregat kasar kering permukaan jenuh dan berat agregat kasar dalam air. Sehingga saat pengujian tersebut dapat dilakukan pada hari yang bersamaan dan menjadi satu paket pengujian, sedangkan pengujian yang lain dilakukan berlainan waktu. Hasil pengujian agregat dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 6. Hasil Pengujian Agregat Kasar Batas Tengah.

Karakteristik	Standar Pengujian	Spesifikasi	Hasil Uji	Keterangan
1.BJ curah (<i>bulk</i>)	AASHTO T-85-81	Min. 2,5 gr/cm ³	2,6607 ₃ gr/cm	Memenuhi
2.BJ SSD	AASHTO T-85-81	-	2,6649 ₃ gr/cm	Memenuhi
3.BJ semu (<i>apparent</i>)	AASHTO T-85-81	-	2,6178 ₃ gr/cm	Memenuhi
4. Penyerapan air	SNI 03-1969-1990	Maks. 3%	0,1560 %	Memenuhi
5. <i>Los angele</i> test	SNI 03-2417-1990	Maks. 40%	14,33 %	Memenuhi

Tabel 7. Hasil Pengujian Agregat Kasar Batas Atas.

Karakteristik	Standar Pengujian	Spesifikasi	Hasil Uji	Keterangan
1. BJ curah (<i>bulk</i>)	AASHTO T-85-81	Min. 2,5 gr/cm ²	2,6558gr/cm ₃	Memenuhi
2. BJ SSD	AASHTO T-85-81	-	2,6785gr/cm ₃	Memenuhi
3. BJ semu(<i>apparent</i>)	AASHTO T-85-81	-	2,7159gr/cm ₃	Memenuhi
4. Penyerapan air	SNI 03-1969-1990	Maks. 3%	0,8335 %	Memenuhi
5. <i>Los angele</i> test	SNI 03-2417-1990	Maks. 40%	14,33 %	Memenuhi

Tabel 8. Hasil Pengujian Agregat Halus Batas Tengah.

Karakteristik	Standar Pengujian	Spesifikasi	Hasil Uji	Keterangan
1. BJ curah (<i>bulk</i>)	AASHTO T-85-81	Min. 2,5 gr/cm ²	2,5355gr/cm ₃	Memenuhi
2. BJ SSD	AASHTO T-85-81	-	2,6226gr/cm ₃	Memenuhi
3. BJ semu(<i>apparent</i>)	AASHTO T-85-81	-	2,7774gr/cm ₃	Memenuhi
4. Penyerapan air	SNI 03-1969-1990	Maks. 5%	3,4340%	Memenuhi

Tabel 9. Hasil Pengujian Agregat Halus Batas Atas.

Karakteristik	Standar Pengujian	Spesifikasi	Hasil Uji	Keterangan
1. BJ curah (<i>bulk</i>)	AASHTO T-85-81	Min. 2,5 gr/cm ²	2,5986/cm ³	Memenuhi
2. BJ SSD	AASHTO T-85-81	-	2,6641gr/cm ³	Memenuhi
3. BJ semu (<i>apparent</i>)	AASHTO T-85-81	-	2,7807/cm ³	Memenuhi
4. Penyerapan air	SNI 03-1969-1990	Maks. 3%	2,5199%	Memenuhi

Tabel 10. Hasil Pengujian *Filler* Batas Tengah dan Batas Atas.

Jenis <i>Filler</i>	Pengujian	Standar	Hasil	Spesifikasi	Ket.
Semen Portland	Berat Jenis	AASHTO T 85-81	-	-	Memenuhi
	Loossaringan No.200	SNI-03-1968-1990	100 %	Min.75 %	Memenuhi

4.1.3. Pengujian Campuran Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui proporsi dari setiap bahan yang digunakan. Rencana persentase agregat campuran ini bertujuan untuk mengetahui jumlah kebutuhan agregat yang akan digunakan dalam campuran aspal beton. Pada penelitian ini gradasi campuran yang digunakan adalah gradasi kasar pada Lapis Aspal Beton (AC-WC) dengan menggunakan gradasi batas tengah.

Tabel 11. Gradasi Agregat untuk Campuran Laston AC-WC.

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos Gradasi Halus		
(inchi)	(mm)	AC-WC	% Lolos Batas Atas	% Lolos Batas Tengah
1 _{1/2} "	37.5	-	-	-
1"	25	-	-	-
3/4"	19	100	100	100
1/2"	12.5	90 - 100	95	100
3/8"	9.5	72 - 90	81	90
No.4	4.75	43 - 63	61,5	69
No.8	2.36	28 - 39,1	46,05	53
No.16	1.18	19 - 25,6	35,8	40
No.30	0.6	13 - 19,1	25,55	30
No.50	0.3	9 - 15,5	18,75	22
No.100	0.15	6 - 13	12	15
No.200	0.075	4 - 10	7	10

Tabel 12. Persentase Agregat Campuran Gradasi.

Saringan	Diameter	% Lolos Batas Tengah	%Tertahan Batas Tengah	% Lolos Batas Atas	%Tertahan Batas Atas
3/4"	19	100	-	100	0
1/2"	12.5	95	5	100	0
3/8"	9.5	81	14	90	10
No.4	4.75	61,5	19,5	69	21
No.8	2.36	46,05	15,45	53	16
No.16	1.18	35,8	10,25	40	13
No.30	0.6	25,55	10,25	30	10
No.50	0.3	18,75	6,8	22	8
No.100	0.15	12	6,75	15	7
No.200	0.075	7	5	10	5
Pan	-	0	7	0	10

Tabel 13. Jumlah Proporsi Agregat Pada Setiap Fraksi.

Batas Gradasi Kasar Campuran Laston Ac-Wc	Proporsi Agregat (%)		
	Agregat Kasar	Agregat Halus	Filler
Batas Tengah	53,95	39,05	7
Batas Atas	47	43	10

Tabel 14. Perkiraan Nilai Kadar Aspal Batas Tengah.

Pb – 1 %	Pb – 0,5 %	Pb	Pb + 0.5 %	Pb + 1%
4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%

Tabel 15. Perkiraan Nilai Kadar Aspal Batas Atas.

Pb – 1 %	Pb – 0,5 %	Pb	Pb + 0.5 %	Pb + 1%
5%	5,5%	6%	6,5%	7%

Tabel 16. Perhitungan Berat Jenis Agregat Halus dan Kasar Batas Tengah.

Fraksi	% Tertahan	Berat Jenis			% Penyerapan	BJ Terpakai	[2]/[7]
		Bulk	SSD	Apparent			
1	2	3	4	5	6	7	8
Kasar	53,95	2,6607	2,6647	2,6178	0,1560	2,6178	20,61
Halus	39,05	2,5355	2,6226	2,7774	3,4340	2,6565	14,70
Filler	7,00					3,1500	2,22
Total							37,53

Tabel 17. Perhitungan Berat Jenis Agregat Halus dan Kasar Batas Atas.

Fraksi	% Tertahan	Berat Jenis			% Penyerapan	BJ Terpakai	[2] / [7]
		Bulk	SSD	Apparent			
1	2	3	4	5	6	7	8
Kasar	4,7	2,6558	2,6785	2,7159	0,8335	2,7159	17,31
Halus	43	2,5986	2,6641	2,7807	2,5199	2,6879	15,99
Filler	10,00					3,1500	3,17
Total							36,47

Tabel 18. Perhitungan Berat Jenis Teori Maksimum pada Batas Tengah.

Kadar Aspal (%)	BJ Aspal (gr/cm ³)	[9] / [10]	$\Sigma[8] \times \{(100-[9])/100\}$	[11] + [12]	BJ Teori Max 100 / [13]
9	10	11	12	13	14
4.50	1.0360	4.36	35.84	40.19	2.4884
5.00	1.0360	4.83	35.65	40.48	2.4703
5.50	1.0360	5.31	35.47	40.78	2.4524
6.00	1.0360	5.79	35.28	41.07	2.4348
6.50	1.0360	6.27	34.09	41.37	2.4175

Tabel 19. Perhitungan Berat Jenis Meori Maksimum pada Batas Atas.

Kadar Aspal (%)	BJ Aspal (gr/cm ³)	[9] / [10]	$\Sigma[8] \times \{(100-[9])/100\}$	[11] + [12]	BJ Teori Max 100 / [13]
9	10	11	12	13	14
5,00	1.0387	4,81	36,64	39,46	2,5334
5,50	1.0387	5,30	34,46	439,76	2,5153
6,00	1.0387	5,78	34,28	40,06	2,4965
6,50	1.0387	6,26	34,10	40,35	2,4780
7,00	1.0387	6,74	33,91	40,64	2,4598

Tabel 20. Berat Masing-Masing Agregat untuk Batas Atas.

Saringan	%	%	Kadar Aspal (%)				
	Lolos	Tertahan	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
19	100	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12,5	100	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9,5	90	10	118,99	117,47	115,98	114,51	113,06
4,75	69	21	249,88	246,70	243,56	240,47	237,42
2,36	53	16	190,39	187,96	185,57	183,21	180,89
1,18	40	13	154,69	152,72	150,77	148,86	146,98
0,6	30	10	118,99	117,47	115,98	114,51	113,06
0,3	22	8	95,19	93,98	92,78	91,61	90,45
0,15	15	7	83,29	82,23	81,19	80,16	79,14
0,075	10	5	59,50	58,74	57,99	57,25	56,53
Pan	0	10	118,99	117,47	115,98	114,51	113,06
Berat Total Agregat (gr)			1189,9	1174,7	1159,8	1145,1	1130,6
Berat Aspal (gr)			62,6	68,4	74,0	79,6	85,1
Berat Total Benda Uji (gr)			1252,5	1243,1	1233,8	1224,7	1215,7
BJ Teori Max			2,5344	2,5153	2,4965	2,4780	2,4598

Tabel 21. Hasil Pengujian Kadar Aspal pada BatasTengah.

Kadar aspal (%)	Stabilitas (kg)	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
	1865,50	17,46	8,36	52,14	3,70	504,189
4.5	1375,58	18,55	9,56	48,44	4,70	292,676
	1521,29	18,88	9,94	47,37	2,20	691,494
Rata-rata	1587,45	18,30	9,29	49,31	3,53	496,120
	1551,43	17,19	6,90	59,88	3,30	470,132
5	1789,07	17,36	7,09	59,17	3,20	559,084
	1783,14	17,26	6,97	59,60	2,90	614,874
Rata-rata	1707,88	17,27	6,99	59,55	3,13	548,030
	1229,28	15,49	3,79	75,54	4,80	256,099
5.5	1479,02	15,54	3,84	75,26	4,20	352,149
	1458,25	15,38	3,67	76,16	3,90	373,911
Rata-rata	1388,85	15,47	3,77	75,65	4,30	327,386
	1331,92	16,98	4,98	70,68	3,90	341,518
6	1442,50	16,02	3,19	80,09	3,50	412,142
	1529,24	16,58	3,83	76,90	3,50	436,926
Rata-rata	1434,55	16,53	4,00	75,89	3,63	396,862
	1362,92	15,97	1,91	88,04	3,00	454,306
6.5	1407,81	16,43	2,45	85,08	4,00	351,951
	1441,59	17,19	3,34	80,59	4,50	320,353
Rata-rata	1404,10	16,530	2,566	84,571	3,83	375,537

a. Gradasi Kasar Batas Atas

Penentuan kadar aspal optimum ini berdasarkan hasil dari kadar aspal rencana yang dilihat dari nilai parameter *marshall*. Pada tabel di bawah ini dapat di lihat hasil pengujian sampel pada batas atas dengan kadar aspal 5% sampai dengan 7%.

Tabel 22. Hasil Pengujian Kadar Aspal Batas Atas.

Kadar aspal (%)	Stabilitas (kg)	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
	867,404	23,161	14,710	36,4864	2,7	321,261
5	843,227	21,573	12,948	39,9813	1,6	527,017
	958,669	22,763	14,269	37,3165	4,7	203,972
Rata-rata	889,767	22,499	13,976	37,928	3,0	350,750
	1173,394	20,484	10,599	48,2557	1,7	690,232
5,5	1476,824	19,655	9,668	50,8136	2,0	738,412
	1456,940	27,987	19,036	31,9848	2,3	633,452
Rata-rata	1369,053	22,709	13,1008	43,6847	2,0	687,365
	1356,016	19,422	8,238	57,5814	4,4	308,185
6	1391,218	18,879	7,620	59,6377	1,7	818,364
	1323,894	18,636	7,343	60,5964	2,8	472,819
Rata-rata	1357,043	18,979	7,7338	59,2718	3,0	533,123
	1257,616	18,533	6,730	63,6862	3,1	405,683
6,5	1379,567	17,964	5,377	70,0662	3,3	418,051
	1146,006	18,787	6,327	66,3221	1,9	603,161
Rata-rata	1261,063	18,428	6,1448	66,6915	2,8	475,631
	1294,987	17,667	3,817	78,3963	3,3	392,420
7	1184,431	18,715	5,042	73,0610	3,7	320,116
	1218,290	18,012	4,220	76,5717	2,7	451,219
Rata-rata	1232,569	18,131	4,3595	76,0097	3,2	387,918

A. Pembahasan Hasil Penelitian

Pembahasan hasil penelitian ini berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan di Laboratorium Inti Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Pembahasan ini dilakukan setelah didapat nilai kadar aspal optimum pada batas tengah dan batas atas pada Campuran Lapis Aspal Beton AC-WC gradasi halus, kemudian dilakukan variasi temperatur pada proses pencampuran aspal panas dari suhu 125 °C, 135 °C, 145 °C, 155 °C, 160 °C dengan suhu pemandatan 125°C. Didapat hasil percobaan sebagai berikut

1. Variasi temeptratur pada Campuran lapis aspal beton AC-WC gradasi halus batas tengah (batas ideal), ini menggunakan Kadar Aspal Optimum (KAO) yang telah didapat yaitu 5,7%. Hasil dari percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 23. berikut ini:

Tabel 23. Hasil Pengujian Sampel Kadar Aspal Optimum dengan Variasi Suhu PencampuranBatas Tengah.

Variasi Temperatur (°C)	Stabilitas (kg)	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
	1140,558	17,796	5,941	66,616	3,60	316,822
125	1265,600	17,605	5,723	67,494	4,00	316,400
	1242,677	17,121	5,169	69,807	3,20	388,337
Rata-rata	1216,278	17,507	5,611	67,972	3,60	340,519
	1222,569	16,647	4,627	72,205	3,80	321,729
135	1168,710	17,441	5,535	68,264	3,60	324,642
	1189,431	16,449	4,401	73,247	4,10	290,105
Rata-rata	1193,570	16,846	4,854	71,239	3,83	312,159
	1136,917	16,274	4,199	74,195	3,40	334,387
145	1163,156	16,236	4,156	74,402	4,00	290,789
	1104,068	16,509	4,469	72,930	3,50	315,448
Rata-rata	1134,714	16,339	4,275	73,842	3,63	313,542
	998,567	15,379	3,175	79,351	3,10	322,118
155	1037,255	16,385	4,327	73,591	3,30	314,320
	1068,879	15,742	3,591	77,186	3,30	323,903
Rata-rata	1034,901	15,835	3,698	76,710	3,23	320,114
	1016,298	15,539	3,359	78,383	4,20	241,976
160	974,798	16,056	3,951	75,394	4,50	216,622
	969,674	16,024	3,914	75,573	3,90	248,634
Rata-rata	986,924	15,873	3,741	76,450	4,20	235,744

Berdasarkan dari Tabel 4.35 di atas bahwa suhu 125°C – 160°C hampir semua memenuhi parameter *marshall*, hanya di suhu 125 °C di nilai VIM, dan 160 °C di nilai MQ yang tidak memenuhiparameter *marshall* yang sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010.

1. Variasi temperatur pada Campuran lapis aspal beton AC-WC gradasi halus batas atas, ini menggunakan Kadar Aspal Optimum (KAO) yang telah didapat yaitu 6,9%. Hasil dari percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 24. berikut ini:

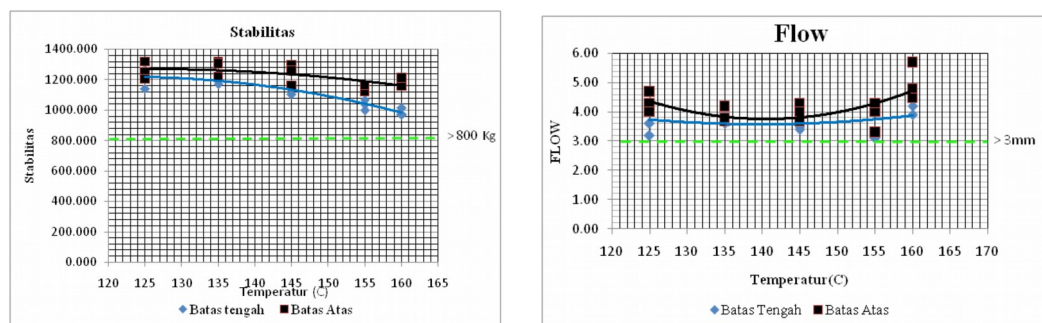
Tabel 24. Hasil Pengujian Sampel Kadar Aspal Optimum dengan Variasi Suhu Pencampuran Batas Atas.

Variasi Temperatur (°C)	Stabilitas	VMA	VIM	VFA	Flow	MQ
	1249,662	20,732	7,633	63,1822	4,3	290,619
125	1317,562	21,201	8,179	61,4209	4,7	280,332
	1204,603	20,636	7,522	63,5517	4,0	301,151
Rata-rata	1257,276	20,856	7,778	62,718	4,3	290,701
	1314,805	19,934	6,703	66,3739	3,7	355,353
135	1306,830	20,163	6,970	65,4300	4,2	311,150
	1216,338	20,191	7,002	65,3192	3,8	320,089
Rata-rata	1279,325	20,096	6,8919	65,7077	3,9	328,864
	1296,065	19,280	5,942	69,1835	3,7	350,288
145	1257,049	19,612	6,328	67,7333	4,3	292,337
	1162,764	19,740	6,477	67,1876	4,0	290,691
Rata-rata	1238,626	19,544	6,2490	68,0348	4,0	311,105
	1152,585	16,514	2,718	83,5416	4,0	288,146
155	1119,792	16,888	3,154	81,3225	3,3	339,331
	1162,941	20,264	7,088	65,0233	4,3	270,451
Rata-rata	1145,106	17,889	4,3200	76,6291	3,9	299,309
	1194,402	16,309	2,480	84,7959	4,5	265,423
160	1159,132	17,336	3,675	78,7984	5,7	203,357
	1212,876	16,991	3,273	80,7340	4,8	252,682
Rata-rata	1188,803	16,879	3,1429	81,4428	5,0	240,487

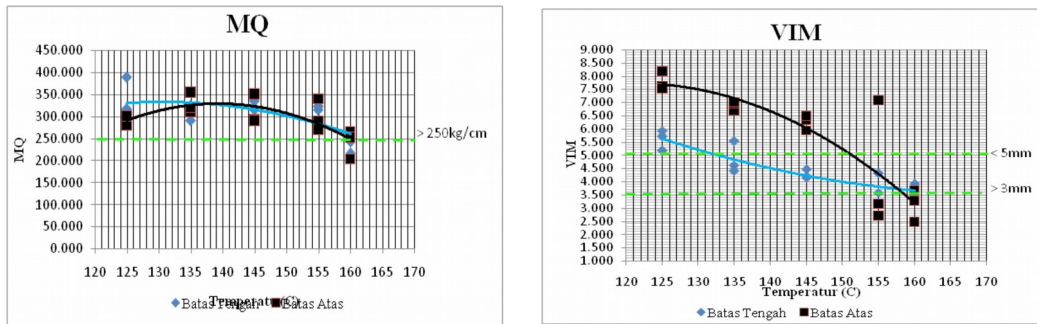
Berdasarkan dari Tabel 36 di atas bahwa suhu 125°C – 145°C tidak memenuhi dari parameter *marshall*, hanya di suhu 155 °C sampai 160 °C yang memenuhi dari parameter *marshall* yang sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2010.

1. Analisa Pengujian *Marshall*

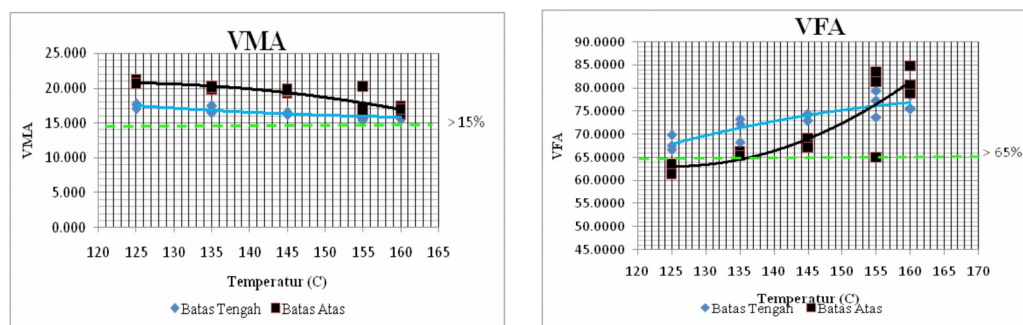
Analisa pengujian *marshall* ini berdasarkan hasil perhitungan dari variasi suhu 125°C – 180°C yang ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara temperatur dengan parameter *marshall* yang dijelaskan sebagai berikut



Gambar 1. Grafik Hubungan Suhu Variasi Pencampuran Batas Tengah dan Batas Atas Terhadap Stabilitas dan *Flow*.



Gambar 2. Grafik Hubungan Suhu Variasi Pencampuran Batas Tengah dan Batas Atas Terhadap MQ (Marshall Quotient) dan Terhadap VIM.



Gambar 4.20 Grafik Hubungan Suhu Variasi Pencampuran Batas Tengah dan Batas Atas Terhadap VMA dan Terhadap VFA.

a. Pengaruh Temperatur Terhadap Stabilitas Pada Campuran Lapis Aspal Beton AC-WC

Berdasarkan Gambar 4.16 di atas terlihat bahwa nilai stabilitas untuk batas tengah Grafik cenderung menurun dari suhu 125°C sampai 160°C. Dikarenakan pada variasi suhu 145°C sampai 160°C lamanya proses penurunan suhu penumbukan sampai 125°C. Lamanya penurunan suhu mengakibatkan aspal dan agregat menggumpal, sehingga pada saat penumbukan tidak sempurna aspal menyelimuti agregat. Seharusnya nilai stabilitas akan meningkat di suhu 135°C sampai 145°C dan akan kembali turun di suhu 155°C sampai 160°C seiring bertambahnya variasi suhu campuran. Nilai stabilitas terbesar di batas tengah pada suhu 125 °C sebesar 1216,278 kg dan nilai terendah pada suhu 160°C sebesar 986,924 kg.

Sedangkan untuk batas atas hampir sama dengan batas tengah yang di akibatkan lamanya proses penurunan suhu penumbukan 125°C. Nilai tertinggi di suhu variasi 125°C sebesar 1257,276 kg dan nilai terendah pada suhu 160°C sebesar 1188,803 kg.

2. a. Pengaruh Temperatur Terhadap Flow Pada Campuran Lapis Aspal Beton AC-WC

Berdasarkan Gambar 4.17 di pada batas atas di variasi suhu 125°C cenderung menurun samapai di suhu variasi 135°C sampai suhu 145°C. Dikarenakan pada proses melakukan variasi suhu kurangnya ketelitian sehingga tidak sempurna aspal menyelimuti agregat dan lamanya penurunan suhu penumbukan sehingga aspal mulai menggumpal.

Selanjutnya kembali meningkat di suhu variasi 155°C sampai 160°C dikarenakan nilai *flow* akan meningkat seiring bertambahnya variasi suhu campuran. Nilai *flow* terbesar pada batas atas di variasi suhu 160°C sebesar 5 mm dan nilai terkecil berada di variasi suhu 135°C sebesar 3,9 mm

Selanjutnya pada batas tengah penjelasannya hampir sama dengan batas atas. Namun batas tengah nilai *flow* lebih kecil dibandingkan batas atas dikarenakan kadar aspal batas tengah lebih sedikit sehingga batas tengah nilainya rendah. Nilai *flow* terbesar pada batas tengah di variasi suhu 160°C sebesar 4,20 mm dan nilai terkecil berada di variasi suhu 135°C sebesar 3,83 mm

1..Pengaruh Temperatur Terhadap *Marshall Quotient* (MQ) Pada Campuran Lapis Aspal BetonAC-WC

Berdasarkan Gambar 4.18 di atas pada batas tengah variasi suhu 125°C sampai suhu 160°C cenderung menurun. Dikarenakan rendahnya nilai stabilitas dan *flow* karena MQ di pengaruhi nilai stabilitas terkoreksi dibagi *flow* sehingga nilai MQ menurun sampai pada variasi suhu 160°C. Seharusnya pada suhu 125°C sampai 145°C akan meningkat dan akan kembali menurun di variasi suhu 155°C sampai 160°C dikarenakan MQ yang tinggi akan bersifat kaku dan tidak lentur. Nilai MQ terbesar ada pada suhu 125°C sebesar 340,519 kg/mm, sedangkan nilai terkecil berada di suhu 160°C sebesar 235,744 kg/mm.

Selanjutnya untuk batas atas penjelasan hampir sama dengan batas tengah bahwa MQ di pengaruhi nilai stabilitas terkoreksi dibagi *flow*. Variasi di suhu 125°C sampai 145°C cenderung meningkat hal ini disebabkan aspal yang mengikat agregat cukup sempurna dan akan kembali turun di suhu 155°C sampai 160°C dikarenakan suhu terlalu tinggi hingga lapisan menjadi kaku dan tidak lentur. Nilai MQ terbesar ada di suhu 125 °C sebesar 290,701 kg/mm, sedangkan nilai terkecil berada di suhu 160°C sebesar 240,487 kg/mm

a. Pengaruh Temperatur Terhadap *Voids In The Mix* (VIM) pada Campuran Lapis Aspal BetonAC-WC.

Berdasarkan Gambar 4.19 di atas pada batas tengah nilai pada variasi suhu 125°C cenderung menurun sampai suhu 160°C, tetapi di variasi suhu 125°C tidak cukup panas sehingga aspal dan agregat belum cukup menyatuh, aspal tidak mendapatkan tempat yang cukup pada campuran aspal, ketika menerima beban aspal akan terdesak keluar permukaan, untuk variasi suhu 135°C sampai 160°C cenderung meningkat dikarenakan suhu yang tinggi akan menyebabkan nilai VIM turun. Nilai VIM tertinggi pada suhu 125 °C sebesar 5,611%, sedangkan nilai terendah pada suhu 160°C sebesar 3,741%.

Selanjutnya untuk batas atas di suhu 125°C sampai 145°C tidak memenuhi standar. Dikarenakan kadar aspal yang tinggi sehingga di perlukan suhu 155°C untuk memenuhi nilai yang diinginkan, tetapi pada variasi suhu 160°C sudah mulai terjadi oksidasi dan retak sehingga turun nilai nya di bawah 3mm. Nilai VIM terbesar berada di variasi suhu 125°C sebesar 7,77%, sedangkan nilai terkecil berada di suhu 160°C sebesar 3,142%.

a. Pengaruh Temperatur Terhadap *Voids In Mineral Aggregate* (VMA) pada Campuran Lapis Aspal BetonAC-WC.

Berdasarkan Gambar 4.20 di atas pada batas tengah di variasi suhu 125°C cenderung menurun sampai suhu 160°C. Dikarenakan semakin meningkatnya variasi suhu campuran maka nilai VMA semakin menurun, dikarenakan suhu yang tinggi mengakibatkan aspal menjadi lebih cair sehingga aspal lebih mudah menyelimuti agregat. Nilai VMA tertinggi

berada di suhu variasi 125°C sebesar 17,507%, sedangkan untuk nilai terendah berada pada suhu 160°C sebesar 15,873%.

Selanjutnya untuk batas atas hampir sama penjelasannya dengan batas tengah. Hanya nilai VMA di batas atas lebih besar di bandingkan dengan batas tengah, karena semakin bertambahnya kadar aspal maka nilai VMA pada campuran makin tinggi, disebabkan rongga-rongga yang terisi aspal semakin banyak. Nilai VMA tertinggi berada di variasi suhu 125°C sebesar 20,856%, sedangkan nilai terendah berada di suhu 160°C sebesar 16,879%.

a. Pengaruh Temperatur Terhadap *Voids Filled With Asphalt* (VFA) pada Campuran Lapis Aspal Beton AC-WC

Berdasarkan Gambar 4.21 di atas pada batas tengah di variasi suhu 125°C cenderung meningkat sampai suhu 160°C. Dikarenakan variasi suhu pencampuran sangat mempengaruhi nilai VFA, disebabkan dengan meningkatnya variasi suhu pencampuran maka akan mengurangi rongga udara sehingga aspal yang mengisi rongga antar agregat semakin besar. Nilai VFA terbesar berada di variasi suhu 160°C sebesar 76,450%, sedangkan untuk nilai terendah berada di suhu 125°C sebesar 62,718%.

Selanjutnya untuk batas atas pada variasi suhu 125°C tidak memenuhi standar minimum, dikarenakan kadar aspal yang banyak pada batas tengah. Sehingga suhu yang rendah tidak mampu mengisi pori-pori antara butiran agregat dan rongga rongga udara semakin sedikit, kembali meningkat di suhu 135°C sampai suhu 160°C yang memenuhi standar minimum. Nilai VFA terbesar berada di variasi suhu 160°C sebesar 81,442%, sedangkan suhu terendah di suhu 125 °C sebesar 62,718%

5. Kesimpulan

Ini merupakan rangkuman dari uji Marshall standar terhadap campuran beraspal dengan penggunaan aspal keras penetrasi 60/70 dan suhu variasi suhu 125°C, 135°C, 145°C, 155°C, 160°C batas tengah dan batas atas sebagai pembandingnya, dengan menggunakan Spesifikasi Teknis Bina Marga, (2010). Berdasarkan hasil pembahasan tersebut maka dapat disimpulkan seperti dibawah ini :

1. Variasi suhu pencampuran pada batas tengah dengan kadar aspal 5,7% di suhu 135°C dan 145°C. Nilai Stabilitas rendah dikarenakan lamanya proses penurunan yang mengakibatkan aspal dan agregat menggumpal. Akan tetapi untuk lapisan AC-WC hanya diperlukan nilai VIM, dikarenakan lapisan AC-WC mementingkan nilai kenyamanan dan keamanan sehingga nilai stabilitas kurang diperhatikan. Nilai VIM untuk Batas tengah yang memenuhi syarat berada di suhu 135°C sampai 160°C
2. Variasi suhu pencampuran pada batas atas dengan kadar aspal 6,9%, di suhu 135°C dan 145°C. Stabilitas rendah dikarenakan lamanya proses penurunan yang mengakibatkan aspal dan agregat menggumpal. Akan tetapi untuk lapisan AC-WC hanya diperlukan nilai VIM dikarenakan lapisan AC-WC mementingkan nilai kenyamanan dan keamanan sehingga nilai stabilitas kurang diperhatikan. Nilai VIM untuk Batas Atas yang memenuhi syarat berada di suhu 155°C
3. Variasi suhu pencampuran pada lapisan AC-WC nilai VIM untuk batas tengah yang ideal berada di suhu 155°C sampai 160°C diambil suhu tertinggi.
4. Variasi suhu pencampuran pada lapisan AC-WC nilai VIM untuk batas Atas yang ideal berada di suhu 155°C diambil suhu yang tertinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- SNI 06-2441, 1991, Metode Pengujian Berat Jenis Aspal Padat, BSN Badan Standar Nasional.
- SNI 06-2456, 1991, Metode Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen. BSN Badan Standar Nasional.
- SNI 06-2432, 1991, Metode Pengujian Daktilitas Bahan-Bahan Aspal. BSN Badan Standar Nasional.
- Republik Indonesia Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010, Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Kontruksi.
- Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas, Buku 1: Petunjuk Umum, 2002.
- AASHTO, 1998a, Standard Specifications for Transfortation Materials and Methods of Sampling and Testing, Part I, Specifications, 19th ed. Washington D.C.
- ASTM, 1997, Road and Paving Materials Vehicle – Pavement System. Published By The American Society of Testing Material Officials, Washington D.C.
- AASHTO, 1998b, Standard Specifications for Transfortation Materials and Methods of Sampling and Testing, Part II, Test. 19th ed, Washington D. C.
- Hendarsin, Shirley L., 2000, Perencanaan Teknik Jalan Raya.
- Sukirman, S., 2003, Beton Aspal Campuran Panas, Jakarta, Granit, 164 hlm.

