

PENGARUH GETAH PINUS PADA STABILITAS, PELELEHAN, DAN DURABILITAS LAPIS PENGIKAT BETON ASPAL

Dea Putri Perceka¹, Tan Lie Ing²

¹ Alumni Program Studi S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha

² Dosen Program Studi S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha

Jalan Prof. Drg. Suria Sumantri No. 65, Bandung 40164

e-mail: lieing.tan@yahoo.com

ABSTRAK

Perkembangan berbagai sektor mengakibatkan peningkatan pergerakan lalu lintas, baik pergerakan barang maupun manusia. Untuk menunjang kelancaran dalam pergerakan lalu lintas dibutuhkan sarana dan prasarana pendukung. Salah satu prasarana transportasi yang memiliki peranan penting yaitu jalan. Upaya meningkatkan kinerja pelayanan sektor prasarana transportasi dihadapkan pada keterbatasan dalam sumber bahan material pembentuk jalan. Untuk mengoptimalkan keterbatasan tersebut diperlukan inovasi terbaru, seperti aspal yang dimodifikasi. Salah satunya adalah menambahkan getah pinus pada campuran aspal.

Penelitian yang dilakukan adalah pengujian penetrasi, pengujian viskositas, pengujian Marshall, dan pengujian durabilitas pada campuran aspal panas lapis pengikat beton aspal. Aspal yang digunakan adalah pen 80-100. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh getah pinus terhadap nilai stabilitas, pelelehan, dan durabilitas dari lapis pengikat beton aspal. Penambahan getah pinus dengan kadar 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% dari berat aspal mempengaruhi nilai penetrasi dan nilai viskositas. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) diperoleh sebesar 5,65%. Berdasarkan hasil pengujian penetrasi dan viskositas terlihat perubahan karakteristik saat penambahan getah pinus sebesar 4%.

Penambahan getah pinus cenderung menurunkan nilai stabilitas sebesar 317kg, menaikkan nilai pelelehan sebesar 1,04mm, dan menaikkan nilai durabilitas sebesar 14,12%.

Kata kunci: lapis pengikat beton aspal, stabilitas, pelelehan, durabilitas, getah pinus

ABSTRACT

The development on various sectors resulted in the increase of traffic movement, both of goods and people. To support the movement of traffic, needs infrastructure and facility. One of the transport infrastructure which has an important role is road. Efforts to improve the performance on this transport infrastructure service sector are faced with limited sources road forming materials. To optimize these limitations, new innovations are essential such as modified asphalts. One of them is by adding pine resin asphalt mixtures.

Research conducted is penetration testing, viscosity testing, Marshall testing, and durability testing of hot mix asphalt with asphalt concrete binder course. Bitumen used is 80-100 penetration. Tests conducted to determine the effect of pine resin to the aspect of stability, flow, and durability of the asphalt concrete binder course. Adding pine resin with concentration of 1%, 2%, 3%, 4%, and 5% of the weight of the asphalt affects the value of the penetration and viscosity grades. The optimum asphalt content is obtained as much as 5,65%. Based on the results of penetration testing and viscosity the changes of characteristic could be observed during the addition the pine resin as much as 4%.

The addition pine resin would decrease the value of the stability of 317kg, increase flow value of 1.04mm, and increase durability value of 14.12%.

Keywords: asphalt concrete binder course, stability, flow, durability, pine resin.

1. PENDAHULUAN

Salah satu prasarana transportasi yang memiliki peranan penting yaitu jalan. Saat ini di Indonesia prasarana ini sangat diperlukan dalam penyebaran pembangunan di Indonesia baik di bidang sosial maupun ekonomi. Untuk mengatasi permasalahan jalan-jalan yang rusak akibat beban lalu lintas, cuaca, dan berbagai faktor lain maka dibutuhkan perbaikan jalan pada jalan yang rusak atau dengan cara membuat jalan yang baru. Dalam upaya meningkatkan kinerja pelayanan dalam sektor prasarana transportasi dihadapkan dengan kenyataan kendala yang ada, salah satunya adalah keterbatasan dalam sumber bahan material khususnya sumber bahan material pembentuk jalan. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut maka diperlukan inovasi terbaru seperti aspal yang dimodifikasi.

Beberapa penelitian mengenai aspal modifikasi yang telah dilakukan menggunakan bahan polimer atau getah. Penelitian-penelitian sebelumnya yang memiliki relevansi terhadap penambahan material pada aspal telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Wardoyo (2003) menyatakan bahwa penambahan bahan *gilsonite* menghasilkan penurunan nilai penetrasi, peningkatan stabilitas campuran AC-WC, dan temperatur 200°C memenuhi batas untuk kondisi perilaku elastis. Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana (2001) melakukan percobaan lapangan dengan aspal modifikasi dengan bahan polimer. Hasil percobaan bahan polimer tersebut dapat menurunkan penetrasi dan menaikkan titik lembek sehingga kepekaan terhadap temperatur akan naik dan menaikkan angka stabilitas dinamis serta menurunkan angka deformasi permanen pada uji *wheel tracking*. Himawan dan Adi (2005) menyatakan laston dengan penambahan *lateks*, *roadcel*, dan *lateks roadcel* menyebabkan peningkatan angka kekuatan sisa yang berarti dan meningkatnya daya tahan terhadap kerusakan akibat terendam air. Rianung (2007), melakukan aspal modifikasi dengan bahan campuran gondorukem dengan aspal panas jenis *asphalt concrete-binder course* (AC-BC) menyatakan bahwa penambahan bahan gondorukem sebanyak 2% menyebabkan semua parameter uji aspal dapat dipenuhi dan mempunyai karakteristik Marshall yang paling optimal.

Pada penelitian ini digunakan aspal modifikasi yaitu dengan menggunakan penambahan getah pinus. Getah pinus yang digunakan memiliki sifat elastis menyerupai sifat aspal, mempunyai daya lekat terhadap material lain, dan bersifat kedap air. Perkerasan dengan aspal modifikasi diharapkan dapat mengatasi permasalahan keterbatasan sumber bahan material dan menghasilkan perkerasan yang memenuhi persyaratan. Tujuan penelitian adalah mengevaluasi pengaruh penambahan getah pinus pada stabilitas, pelelehan, dan durabilitas lapis pengikat beton aspal. Material yang

digunakan adalah aspal pen 80-100 dan aspal modifikasi dengan penambahan getah pinus (100% aspal+1% getah pinus, 100% aspal+2% getah pinus, 100% aspal+3% getah pinus, 100% aspal+4% getah pinus, dan 100% aspal+5% getah pinus). Standar pengujian aspal, agregat, dan campuran berdasarkan Standar Nasional Indonesia dan Spesifikasi 2010.

2. PERKERASAN LENTUR (*FLEXIBLE PAVEMENT*)

Perkerasan lentur atau perkerasan aspal, umumnya terdiri dari lapis permukaan aspal yang berada di atas lapis fondasi dan lapis fondasi bawah granuler yang dihamparkan di atas tanah dasar. Secara umum, perkerasan lentur terdiri dari tiga lapisan utama, yaitu:

a. Lapis permukaan (*surface course*)

Lapis permukaan merupakan lapis paling atas dari struktur perkerasan jalan. Fungsi utamanya adalah sebagai penahan beban vertikal dari kendaraan, lapis kedap air, dan lapis yang menyebarkan beban ke lapis fondasi.

b. Lapis fondasi (*base course*)

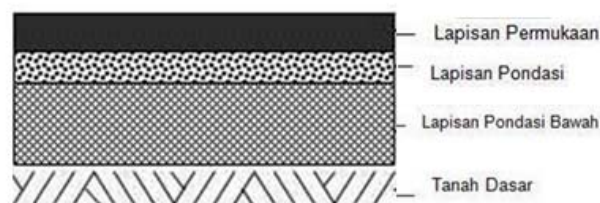
Lapis fondasi terletak antara lapis fondasi bawah dan lapis permukaan. Fungsi dari lapis fondasi adalah sebagai bagian struktur perkerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapis bawahnya, lapis peresap untuk lapis fondasi bawah, dan perletakan lapis permukaan.

c. Lapis fondasi bawah (*subbase course*)

Lapis fondasi bawah terletak antara lapis fondasi dan tanah dasar. Fungsi dari lapis fondasi bawah antara lain sebagai lapis *filter* untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis fondasi.

d. Lapis tanah dasar (*subgrade*)

Lapis tanah dasar terletak di bawah lapis fondasi bawah. Lapis tanah dasar memiliki ketebalan sebesar 50-100cm. Mutu persiapan lapis tanah dasar sebagai perletakan struktur dalam perkerasan jalan sangat menentukan ketahanan struktur dalam menerima beban lalu lintas selama masa pelayanan. Struktur perkerasan lentur dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur Perkerasan Lentur

Lapis permukaan pada struktur perkerasan lentur dapat dibedakan menjadi tiga lapisan yaitu:

a. Lapis aus (*wearing course*)

Lapis aus ini adalah sebagai pelindung bagi lapis permukaan untuk mencegah masuknya air dan untuk memberikan kekesatan (*skid resistance*) permukaan jalan. Lapis aus ini memiliki ketebalan minimal sebesar 4cm dan lapis aus tidak ikut diperhitungkan untuk memikul beban lalu lintas.

b. Lapis pengikat (*binder course*)

Lapis pengikat beton aspal (AC-BC) merupakan lapisan antara lapis aus beton aspal (AC-WC) dengan lapis fondasi beton aspal (AC-base), yang berhubungan langsung dengan lapis di atasnya dan lapis di bawahnya. Ukuran agregat dalam laston lapis pengikat beton aspal memiliki ukuran agregat maksimum sebesar 25,4mm dan tebal nominal minimum lapis pengikat beton aspal sebesar 5cm.

c. Lapis fondasi (*base course*).

Lapis beton aspal ini berfungsi sebagai fondasi dan memiliki ketebalan minimum sebesar 6cm.

Struktur perkerasan lentur dengan lapis aus, lapis pengikat, dan lapis fondasi dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur Perkerasan Lentur dengan Lapis Aus, Lapis Pengikat, dan Lapis Fondasi

2.1 Lapis Beton Aspal (Laston)

Lapis beton aspal adalah lapisan permukaan bernilai struktural. 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. Menurut spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010, campuran beraspal laston (AC) terdiri dari tiga macam, yaitu: laston lapis aus (AC-WC), laston lapis pengikat (AC-BC),

dan laston lapis fondasi (*AC-base*) dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19mm, 25mm, 37,5mm dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Untuk setiap jenis beton aspal yang dimodifikasi menggunakan bahan aspal polimer atau aspal dimodifikasi dengan aspal alam disebut masing-masing sebagai *AC-WC modified*, *AC-BC modified*, dan *AC-base modified*. Ketentuan mengenai sifat-sifat dari campuran laston modifikasi (*AC-Modified*) dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston					
		Lapis Aus		Lapis Pengikat		Fondasi	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)		5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan aspal (%)	Maks.	1,2					
Jumlah tumbukan per bidang		75				112	
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,5					
	Maks.	5,0					
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min.	15		14		13	
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65		63		60	
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800				1800	
	Maks.	-				-	
Pelelehan (mm)	Min.	3				4,5	
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min.	250				300	
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.	90					
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (<i>Refusal</i>)	Min.	2,5					

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2010

Tabel 2.2 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston yang Dimodifikasi (AC-Mod)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Pengikat	Lapis Fondasi
Kadar aspal efektif (%)		4,5	4,2	4,2
Penyerapan aspal (%)	Maks.	1,2		
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0		
	Maks.	5,5		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65	63	60
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	1000		2250
	Maks.	-		-
Pelelehan (mm)	Min.	3		4,5
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	300		350
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24jam, 60 °C ⁽³⁾	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (<i>refusal</i>)	Min.	2,5		
Stabilitas dinamis, lintasan/mm	Min.	2500		

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2010

2.2 Campuran Beton Aspal

Campuran beton aspal merupakan campuran yang terdiri dari material aspal dan agregat, dengan menggunakan bahan tambahan atau tanpa menggunakan bahan tambahan. Sifat campuran ini sangat dipengaruhi oleh sifat bahan-bahan pembentuknya. Campuran beton aspal akan berfungsi dengan baik apabila direncanakan, diproduksi, dan dikerjakan pada tempat yang sesuai dengan kondisi yang ada. Spesifikasi gradasi laston dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Spesifikasi Gradasi Laston (AC)

Ukuran Saringan (mm)	No Saringan	% Lolos					
		Gradasi Halus			Gradasi Kasar		
		AC-WC	AC-BC	AC-Base	AC-WC	AC-BC	AC-Base
37,5	1 $\frac{1}{2}$ inci			100			100
25	1 inci		100	90-100		100	90-100
19	$\frac{3}{4}$ inci	100	90-100	7-90	100	90-100	73-90
12,5	$\frac{1}{2}$ inci	90-100	74-90	61-79	90-100	71-90	55-76
9,5	$\frac{3}{8}$ inci	72-90	64-82	47-67	72-90	58-80	45-66
4,75	No. 4	54-69	47-64	39,5-50	43-63	37-56	28-39,5

2,36	No. 8	39,2-53	34,6-49	30,8-37	28-39,1	23-34,6	19-26,8
1,18	No. 16	31,6-40	28,4-38	24,1-28	19-25,6	15-22,3	12-18,1
0,600	No. 30	23,1-30	20,7-28	17,6-22	13-19,1	10-16,7	7-13,6
0,300	No. 50	15,5-22	13,7-20	11,4 -16	9-15,5	7-13,7	2-11,4
0,150	No. 100	9-15	4-13	4-10	6 -13	5-11	4,5-9
0,075	No. 200	4-10	4-8	3-6	4 - 10	4-8	3-7

Sumber: Spesifikasi Teknis Bina Marga, 2010

2.3 Getah Pinus

Getah pinus adalah zat cair pekat dari pohon pinus. Getah pinus yang digunakan diperoleh dari hasil penyadapan di Kota Sukabumi tepatnya daerah Jampang Kulon. Pohon pinus di lokasi tersebut cukup banyak, menurut data dari Perum Perhutani luas daerah yang dimiliki ±12.327,58hektar dengan jumlah pohon ±2.105.207batang dan produksi getah pinus per tahun 5.057,43ton. Mutu getah pinus yang dipakai adalah mutu 1. Mutu getah pinus dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Mutu Getah Pinus

No	Karakteristik	satuan	Mutu	
			1	2
1	Warna	-	Putih	putih sampai keruh kecoklatan-coklatan
2	Kadar Air	%	<7	7<ka<9
3	Kadar Kotoran	%	<7	7<kk<9
4	Kadar Air + Kadar Kotoran	%	<14	14<ka+kk<18
Keterangan: ka adalah kadar air kk adalah kadar kotoran				

Sumber: www.rosisnet.com

3. METODE PENELITIAN

Pengujian dilakukan pada campuran tanpa getah pinus dan pada campuran dengan getah pinus. Pengujian awal yang dilakukan adalah pengujian aspal tanpa getah pinus. Pengujian ini dimaksudkan untuk mendapatkan nilai-nilai yang dibutuhkan dan menjadi acuan untuk melakukan penelitian selanjutnya. Aspal yang digunakan merupakan aspal pen 80-100. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian penetrasi, berat jenis, dan viskositas.

Pengujian selanjutnya adalah pengujian campuran aspal dengan getah pinus. Pembuatan campuran getah pinus dilakukan dengan cara menambahkan getah pinus

terlebih dahulu ke dalam aspal sehingga terbentuk campuran aspal yang homogen. Agar diperoleh penyebaran partikel getah pinus dengan baik dan cepat, maka pencampuran getah pinus dan aspal sebaiknya dilakukan dalam keadaan panas atau dengan cara pemanasan kembali. Dalam penelitian ini dilakukan pencampuran aspal pen 80-100 dengan getah pinus yang berkadar 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% terhadap berat aspal. Selanjutnya dilakukan pengujian campuran aspal dengan getah pinus tersebut. Pada pengujian aspal dengan getah pinus, langkah-langkah percobaan sama dengan pengujian aspal tanpa getah pinus. Pengujian dimulai dengan melakukan percobaan pengujian penetrasi dan viskositas.

Setelah parameter Marshall didapat kemudian, nilai kadar aspal optimum ditentukan dari hubungan antara kadar aspal terhadap nilai parameter Marshall dan persyaratan yang telah ditentukan. Kadar aspal optimum merupakan nilai persentase berat aspal terhadap campuran yang paling ideal dan memenuhi spesifikasi campuran. Durabilitas campuran beton aspal dapat ditinjau dari besaran nilai stabilitas pada uji Marshall setelah dilakukan perendaman. Uji perendaman dilakukan di dalam air pada temperatur 60°C selama 24jam. Pengujian durabilitas dilakukan pada kondisi kadar aspal optimum yang didapat dari penelitian sebelumnya.

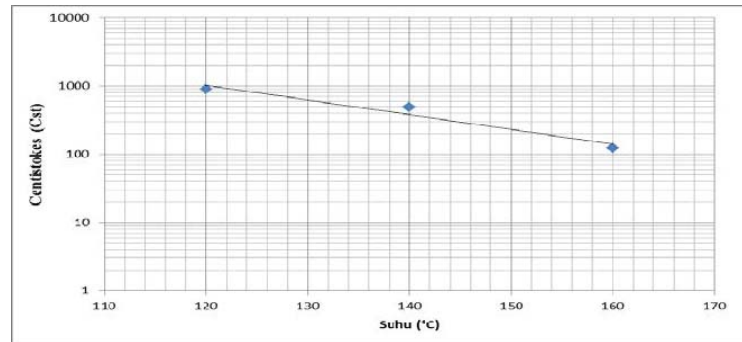
4. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Aspal, Pengujian Viskositas, dan Pengujian Berat Jenis Tanpa Getah Pinus

Pengujian penetrasi, pengujian berat jenis, dan pengujian viskositas dilakukan pada aspal tanpa getah pinus. Spesifikasi persyaratan aspal pen 80-100 adalah minimal 80 dan maksimal 99. Hasil pengujian penetrasi yang dilakukan adalah 81,5, sehingga nilai pen memenuhi persyaratan spesifikasi SNI 06-2456-1991. Pengujian viskositas berdasarkan SNI 06-6721-2002 dan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1. Dari hasil pengujian viskositas diperoleh hubungan temperatur dengan nilai viskositas seperti pada Gambar 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Viskositas Dengan Alat *Saybolt Furol*

No		Suhu (°C)	Waktu	Cst
			(detik)	
1	Contoh 1	120	437	909,5
2		140	232	488,75
3		160	60	124,08



Gambar 4.1 Hubungan Temperatur Dengan Viskositas

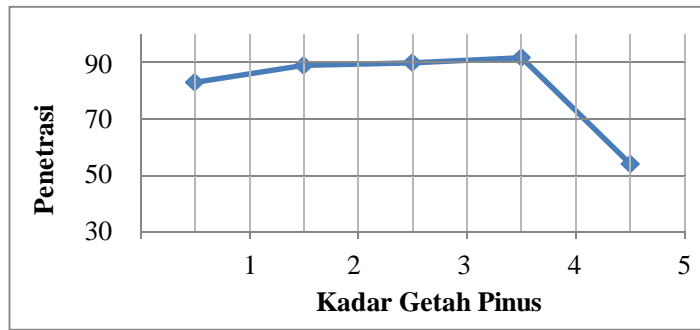
Pengujian berat jenis dimaksudkan untuk menentukan berat jenis aspal dengan piknometer. Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dan air suling dengan isi yang sama pada temperatur tertentu. Hasil pengujian berat jenis aspal adalah 1,029 dan pengujian sesuai dengan ketentuan SNI 06-2441-1991.

4.2 Pengujian Aspal dan Pengujian Viskositas Dengan Getah Pinus

Benda uji yang diuji adalah benda uji yang sudah dicampur dengan penambahan getah pinus sebanyak 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian penetrasi dan pengujian viskositas. Pada pengujian penetrasi aspal dengan getah pinus dilakukan pengujian sebanyak 2 benda uji untuk masing-masing aspal dengan kadar getah pinus tertentu. Hasil pengujian aspal dengan getah pinus adalah sebagai berikut:

1. Penetrasi aspal dengan kadar 1% getah pinus adalah 81,6mm.
2. Penetrasi aspal dengan kadar 2% getah pinus adalah 87,9mm.
3. Penetrasi aspal dengan kadar 3% getah pinus adalah 88,9mm.
4. Penetrasi aspal dengan kadar 4% getah pinus adalah 90,8mm.
5. Penetrasi aspal dengan kadar 5% getah pinus adalah 51mm.

Hasil pengujian yang dilakukan terhadap masing-masing kadar getah pinus dapat dilihat pada Gambar 4.2. Dari hasil pengujian penetrasi yang dilakukan, semakin besar kadar getah pinus yang ditambahkan maka nilai penetrasi tersebut semakin besar, namun terdapat perubahan karakteristik pada penambahan kadar 4% getah pinus. Hasil penetrasi yang dihasilkan masih dalam batas persyaratan nilai penetrasi menurut SNI 06-2456-1991.



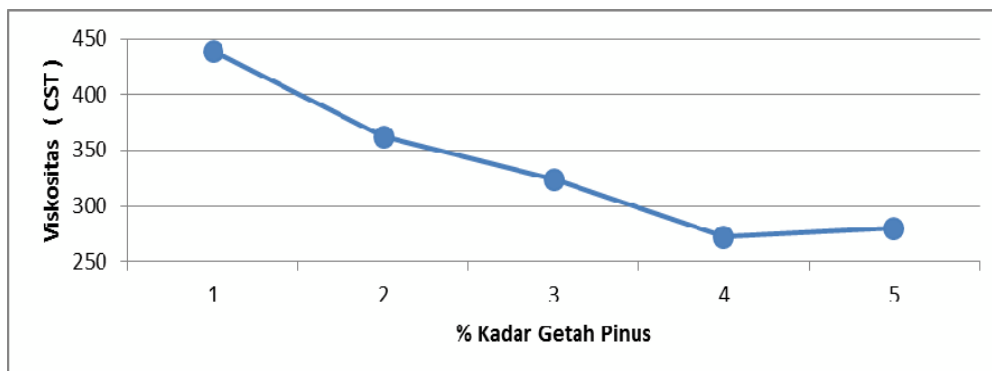
Gambar 4.2 Hubungan Penetrasi Dengan Kadar Getah Pinus

Pengujian viskositas dimaksudkan untuk mengetahui kekentalan aspal serta besarnya temperatur pemanasan dan pemadatan aspal. Pada proses pengujian ini aspal yang digunakan sudah bercampur dengan getah pinus kadar tertentu. Hasil pengujian viskositas dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Viskositas Dengan Getah Pinus

No	Kadar getah %	Suhu °C	Waktu (detik)	Cst
1	1	140	208	438,75
2	2	140	172	362,50
3	3	140	154	323,91
4	4	140	131	272,54
5	5	140	180	280,41

Berdasarkan hasil pengujian viskositas dapat terlihat bahwa dengan penambahan getah pinus kadar tertentu membuat aspal semakin cair sehingga waktu yang dibutuhkan menjadi sangat cepat, namun terdapat perubahan karakteristik saat penambahan kadar 4% getah pinus. Hubungan viskositas dengan kadar getah pinus dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Hubungan Viskositas dengan Kadar Getah Pinus

4.3 Penentuan Persentase Getah Pinus Terbaik

Hasil pengujian viskositas dan pengujian penetrasi pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 adalah hasil pengujian pada aspal dengan kadar getah pinus 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%. Penambahan kadar getah pinus pada pengujian penetrasi terlihat bahwa semakin besar penambahan getah pinus, nilai penetrasinya semakin naik, namun pada penambahan getah pinus setelah 4% nilai penetrasi mengalami penurunan. Penambahan kadar getah pinus pada pengujian viskositas terlihat bahwa semakin besar penambahan getah pinus, nilai viskositasnya semakin turun, namun pada penambahan getah pinus setelah 4% nilai viskositas mengalami kenaikan. Berdasarkan kedua hasil pengujian dapat terlihat bahwa ada perubahan karakteristik pada saat penambahan kadar getah pinus setelah 4% sehingga disimpulkan bahwa kadar getah terbaik adalah 4%.

4.4 Pengujian dengan Alat Uji Marshall

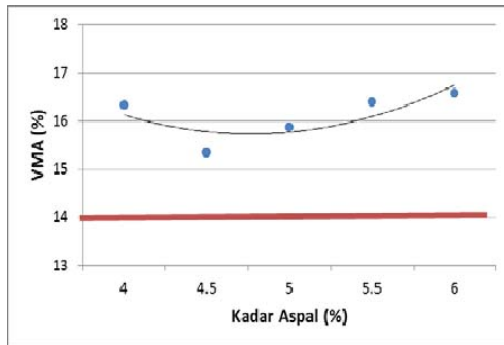
Pengujian campuran dibagi menjadi 2 pengujian yaitu pengujian campuran tanpa getah pinus dan campuran dengan getah pinus. Pengujian Marshall untuk campuran tanpa getah pinus dilakukan untuk mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dan nilai KAO tersebut selanjutnya akan digunakan pada pengujian campuran dengan getah pinus serta pengujian durabilitas. Hasil uji Marshall untuk campuran tanpa getah pinus dapat dilihat pada Tabel 4.3, dan hasil rerata nilai parameter Marshall dapat dilihat pada Tabel 4.4. Hubungan kadar aspal dengan nilai VMA, VIM, VFA, pelelehan, stabilitas, dan MQ dapat dilihat pada Gambar 4.4 sampai dengan Gambar 4.9.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Marshall untuk Campuran Tanpa Getah Pinus

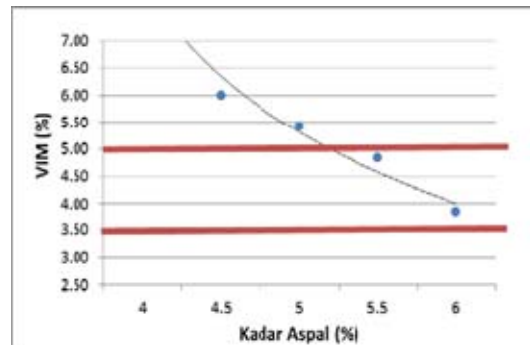
Tanggal :		23	OKT	2014	Agregat :		Kasar				Aspal :		Shell							
Jenis Campuran :		AC-BC			Berat Jenis Bulk		2.57				Penetrasi :		80							
											Berat Jenis (T) :		1.02							
No Benda Uji	Kadar Aspal		Berat Jenis		Berat (gram)			Volume Bulk (cm ³)	Berat Jenis Bulk	% Volume		% Pori			Stabilitas			FLOW	MQ (kg/mm)	
	% berat	% berat	Gmm	Gse	Berat kerin	dlim air	kering permuk			Aspal thdp	Agregat efektif	VMA	VIM	VFA	Bacaan dial	Justifikasi	Koreksi Volume			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1	4.17	4.0	2.443	2.594	1238.2	690.5	1242.4	551.90	2.24	8.80	83.03	16.26	8.17	49.74	94	1078.18	959.58	3.3	290.78	
2	4.17	4.0	2.443	2.594	1237.6	685.0	1241.2	556.20	2.23	8.73	82.35	16.95	8.93	47.33	90	1032.30	918.75	3.2	288.91	
3	4.17	4.0	2.443	2.594	1233.7	689.5	1236.2	546.70	2.26	8.85	83.51	15.77	7.64	51.58	95	1089.65	969.79	3.3	298.40	
1	4.71	4.5	2.426	2.594	1224.9	695.0	1229.4	534.40	2.29	10.11	84.39	14.89	5.50	63.05	114	1307.58	1229.1	3.4	364.73	
2	4.71	4.5	2.426	2.594	1218.3	688.0	1221.3	533.30	2.28	10.08	84.10	15.18	5.82	61.67	117	1341.99	1261.4	3.4	375.44	
3	4.71	4.5	2.426	2.594	1224.3	686.5	1227.3	540.80	2.26	9.99	83.35	15.94	6.67	58.18	115	1319.05	1213.5	3.3	371.11	
1	5.26	5.0	2.408	2.594	1227.3	697.0	1230.3	533.30	2.30	11.28	84.28	15.00	4.44	70.41	122	1399.34	1315.3	3.3	398.60	
2	5.26	5.0	2.408	2.594	1239.7	696.0	1242.7	546.70	2.27	11.12	83.05	16.24	5.84	64.06	120	1376.40	1225.0	3.5	353.02	
3	5.26	5.0	2.408	2.594	1247.5	699.5	1250.5	551.00	2.26	11.10	82.92	16.37	5.98	63.45	124	1422.28	1265.8	3.4	367.97	
1	5.82	5.5	2.391	2.594	1236.2	697.5	1239.2	541.70	2.28	12.31	83.14	16.15	4.56	71.78	99	1135.53	1044.6	3.5	298.48	
2	5.82	5.5	2.391	2.594	1241.2	698.0	1244.2	546.20	2.27	12.25	82.79	16.51	4.96	69.94	101	1158.47	1031.0	3.6	286.40	
3	5.82	5.5	2.391	2.594	1242.4	698.5	1245.4	546.90	2.27	12.25	82.76	16.53	4.99	69.81	100	1147.00	1020.8	3.7	276.65	
1	6.38	6	2.374	2.594	1239.6	699.0	1242.3	543.30	2.28	13.42	82.68	16.61	3.90	76.53	99	1135.53	1044.6	3.9	267.87	
2	6.38	6	2.374	2.594	1238.5	699.5	1244.5	544.97	2.27	13.37	82.35	16.94	4.28	74.75	97	1112.59	1023.5	3.8	269.36	
3	6.38	6	2.374	2.594	1232.2	689.0	1226.2	537.20	2.29	13.49	83.12	16.17	3.39	79.05	97	1112.59	1034.7	3.9	265.31	

Tabel 4.4 Rerata Nilai Parameter Marshall

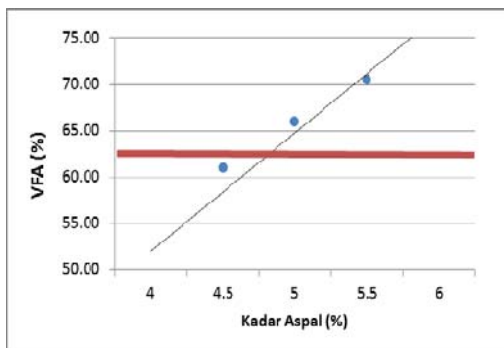
%	VMA	VIM	VFA	Flow	MQ	Stabilitas
4.00	16.33	8.25	49.55	3.2	292.70	949
4.50	15.34	6.00	60.97	3.3	370.42	1235
5.00	15.87	5.42	65.97	3.4	373.20	1269
5.50	16.40	4.84	70.51	3.6	287.18	1032
6.00	16.57	3.85	76.78	3.9	267.51	1034



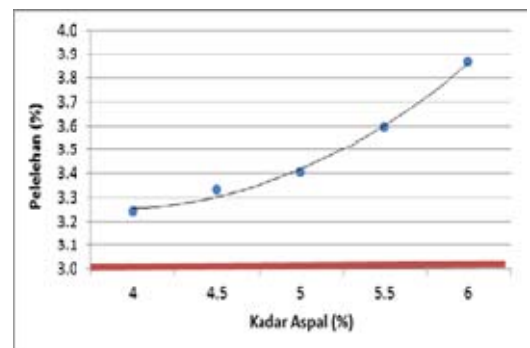
Gambar 4.4 Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai VMA



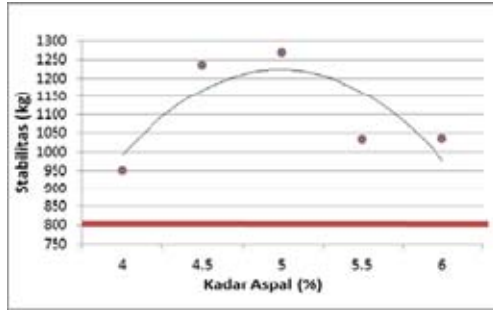
Gambar 4.5 Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai VIM



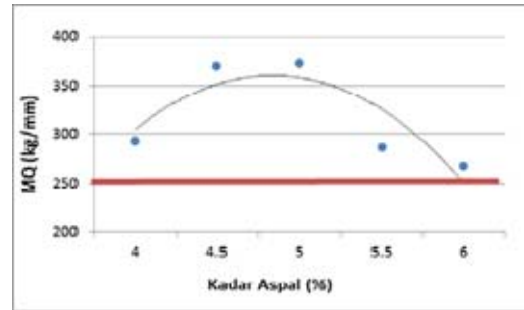
Gambar 4.6 Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai VFA



Gambar 4.7 Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai Pelelehan



Gambar 4.8 Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai Stabilitas



Gambar 4.9 Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai MQ (*Marshall Quotient*)

Tabel 4.5 Penentuan Nilai KAO

Parameter	Rentang Kadar Aspal Yang Memenuhi Spesifikasi				
	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
Stabilitas	[Blue bar from 4.0 to 6.0]				
Flow	[Green bar from 4.0 to 6.0]				
VMA	[Purple bar from 4.0 to 6.0]				
VIM	[Cyan bar from 5.5 to 6.0]				
MQ	[Red bar from 4.0 to 6.0]				
VFA	[Yellow bar from 4.5 to 6.0]				
Kadar Aspal Optimum	4		5		KAO = 5.65

Berdasarkan spesifikasi umum Direktorat Jenderal Bina Marga (2010), nilai stabilitas dan pelelehan pada campuran aspal tanpa getah pinus memenuhi standar umum spesifikasi tersebut. Dari hasil uji Marshall didapat nilai KAO sebesar 5,65, dan hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.5. Hasil pengujian Marshall untuk campuran tanpa getah pinus selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.6. Selanjutnya nilai KAO tersebut digunakan untuk pengujian campuran dengan getah pinus dan pengujian durabilitas campuran tanpa getah pinus maupun dengan campuran getah pinus.

Pada pengujian campuran dengan getah pinus digunakan KAO optimum (5,65%) dan juga kadar getah pinus terbaik (4%). Pengujian Marshall untuk campuran dengan getah pinus dilakukan menggunakan kadar aspal optimum yang sudah ditentukan pada pengujian sebelumnya. Hasil pengujian Marshall untuk campuran dengan getah pinus dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Hasil pengujian Marshall untuk campuran tanpa getah pinus diperoleh nilai stabilitas sebesar 1252kg. Hasil pengujian Marshall untuk campuran dengan getah pinus

diperoleh nilai stabilitas sebesar 935kg. Nilai stabilitas mengalami penurunan sebesar 317kg. Hasil pengujian Marshall untuk campuran dengan getah pinus diperoleh nilai pelepasan sebesar 4,64mm. Hasil pengujian Marshall untuk campuran tanpa getah pinus diperoleh nilai pelepasan sebesar 3,6mm. Nilai pelepasan mengalami kenaikan sebesar 1,04mm. Berdasarkan Tabel 2.2 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston yang dimodifikasi, nilai stabilitas dan nilai pelepasan memenuhi standar ketentuan sifat-sifat campuran laston yang dimodifikasi.

Pengujian durabilitas bertujuan untuk mengetahui kemampuan campuran mempertahankan kekuatannya setelah direndam dalam air dan pengaruh temperatur. Pengujian durabilitas ini dilakukan pada kadar aspal optimum yang didapat dari penelitian sebelumnya. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengubah waktu perendaman selama 24jam pada temperatur 60°C. Dalam hal ini pengujian dibagi menjadi 2, yaitu pengujian durabilitas campuran aspal tanpa getah pinus dan pengujian durabilitas campuran aspal dengan getah pinus. Hasil pengujian durabilitas tanpa getah dapat dilihat Tabel 4.8. Hasil pengujian durabilitas untuk campuran dengan getah pinus dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Marshall KAO untuk Campuran Aspal Tanpa Getah Pinus

Tanggal :		11	Maret	2015	Agregat :		Kasar			Aspal :										
Jenis Campuran :		AC-BC				Berat Jenis Bulk :		2.57			Penetrasi :		80							
						Berat Jenis Apparent :						Berat Jenis (T) :		1.02						
No Benda Uji	Kadar Aspal		Berat Jenis		Berat (gram)			Volume Bulk	Berat Jenis Bulk	% Volume		% Pori			Stabilitas			FLOW mm	MQ (kg/mm)	
	% berat thd total	% berat thd total	Gmm	Gse	berat kering	dlm air	kering permukaan	(cm ³)	(Gmb)	Aspal thdp	Agregat efektif	VMA	VIM	VFA	Bacaan kg	Justifikasi 11.47	Koreksi kg			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q			R
1-MM	5.99	5.65	2.386	2.594	1226.2	690	1230.7	540.7	2.27	12.56	82.49	16.81	4.95	70.53	118	1353.46	1245	3.6	345.88	
2-MM	5.99	5.65	2.386	2.594	1229.2	692	1233.7	541.7	2.27	12.57	82.53	16.76	4.90	70.79	116	1330.52	1224	3.5	349.74	
3-MM	5.99	5.65	2.386	2.594	1223.4	690	1228.6	538.6	2.27	12.58	82.62	16.68	4.80	71.21	118	1353.46	1286	3.7	347.51	

Rerata:

%	pelelehan	stabilitas
5.65	3.6	1252

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Marshall KAO untuk Campuran Aspal Dengan Getah Pinus

Tanggal :		11	Maret	2015	Agregat :		Kasar			Aspal :										
Jenis Campuran :		AC-BC				Berat Jenis Bulk :		2.57			Penetrasi :		80							
						Berat Jenis Apparent :						Berat Jenis (T) :		1.02						
No Benda Uji	Kadar Aspal		Berat Jenis		Berat (gram)			Volume Bulk	Berat Jenis Bulk	% Volume		% Pori			Stabilitas			FLOW mm	MQ (kg/mm)	
	% berat thd total	% berat thd total	Gmm	Gse	berat kering	dlm air	kering permukaan	(cm ³)	(Gmb)	Aspal thdp	Agregat efektif	VMA	VIM	VFA	Bacaan kg	Justifikasi 11.47	Koreksi kg			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q			R
1-GM	5.99	5.65	2.386	2.594	1228.4	694	1233.2	539.2	2.28	12.62	82.86	16.36	4.52	72.39	91	1043.77	960	4.67	205.62	
2-GM	5.99	5.65	2.386	2.594	1224.4	695	1227.8	532.8	2.30	12.73	83.59	15.63	3.69	76.43	87	997.89	938	4.72	198.73	
3-GM	5.99	5.65	2.386	2.594	1222.3	692	1227.2	535.2	2.28	12.65	83.07	16.16	4.28	73.50	85	974.95	907	4.53	200.16	

Rerata:

%	pelelehan	stabilitas
5.65	4.64	935.00

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Durabilitas KAO untuk Campuran Aspal Tanpa Getah Pinus

Tanggal :		11	Maret	2015	Agregat :		Kasar				Aspal :									
Jenis Campuran :		AC-BC			Berat Jenis Bulk :		2.57				Penetrasi :		80							
					Berat Jenis Apparent :						Berat Jenis (T) :		1.02							
No Benda Uji	Kadar Aspal		Berat Jenis		Berat (gram)			Volume Bulk (cm ³)	Berat Jenis Bulk (Gmb)	% Volume			% Pori			Stabilitas			FLOW mm	MQ (kg/mm)
	% berat thd total agregat	% berat thd total campuran	Gmm	Gse	berat kering	dln air	kering permukaan (SSD)			Aspal thdp Campuran	Agregat efektif thdp	VMA	VIM	VFA	Bacaan dial kg	Justifikasi 11.47	Koreksi Vol kg			
	A	B	C	D	E	F	G			H	I	J	K	L	M	N	O	P		
1-DM	5.99	5.65	2.386	2.594	1226.9	699	1232.2	533.2	2.30	12.75	83.69	15.59	3.56	77.16	82	940.54	884	4.2	210.50	
2-DM	5.99	5.65	2.386	2.594	1227.5	697.5	1232.9	535.4	2.29	12.70	83.39	15.90	3.91	75.40	83	952.01	885	4.4	203.07	
3-DM	5.99	5.65	2.386	2.594	1229.8	695.5	1234.1	538.6	2.28	12.65	83.05	16.24	4.30	73.51	82	940.54	865	4.9	178.41	

Rerata=

%	stabilitas
5.65	878.26

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Durabilitas KAO untuk Campuran Aspal Dengan Getah Pinus

Tanggal :		11	Maret	2015	Agregat :		Kasar				Aspal :									
Jenis Campuran :		AC-BC			Berat Jenis Bulk :		2.57				Penetrasi :		80							
					Berat Jenis Apparent :						Berat Jenis (T) :		1.02							
No Benda Uji	Kadar Aspal		Berat Jenis		Berat (gram)			Volume Bulk (cm ³)	Berat Jenis Bulk	% Volume			% Pori			Stabilitas			FLOW mm	MQ (kg/m)
	% berat thd total agregat	% berat thd total campuran	Gmm	Gse	berat kering	dln air	kering permukaan			Aspal thdp	Agregat efektif	VMA	VIM	VFA	Bacaan dial kg	Justifikasi 11.47	Koreksi Vol kg			
	A	B	C	D	E	F	G			H	I	J	K	L	M	N	O	P		
1-DG	5.99	5.65	2.386	2.594	1224.9	688.5	1229.5	541	2.26	12.54	82.35	16.88	5.11	69.75	75	860.25	791	5.36	147.65	
2-DG	5.99	5.65	2.386	2.594	1228.8	689	1232.7	543.7	2.26	12.52	82.20	17.03	5.28	69.01	76	871.72	802	5.48	146.35	
3-DG	5.99	5.65	2.386	2.594	1223.5	687.5	1227.6	540.1	2.27	12.55	82.40	16.84	5.06	69.96	73	837.31	770	5.64	136.58	

Rerata=

%	stabilitas
5.65	787.91

Berdasarkan hasil pengujian durabilitas untuk campuran aspal tanpa getah pinus didapat indeks kekuatan sisa sebesar 70,14%. Hasil pengujian durabilitas untuk campuran aspal dengan getah pinus didapat indeks kekuatan sisa sebesar 84,26%. Penambahan getah pinus pada campuran aspal ternyata dapat meningkatkan nilai durabilitas sebesar 14,12%.

5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan terhadap pengujian campuran aspal tanpa getah pinus dan campuran aspal dengan penambahan getah pinus kadar 1%, 2%, 3%,4%, dan 5%, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh adalah 5,65%.
2. Kadar getah pinus terbaik yang deroleh adalah 4%.
3. Nilai stabilitas dari pengujian Marshall untuk campuran aspal tanpa getah pinus = 1252kg sedangkan pengujian Marshall untuk campuran aspal dengan getah pinus = 935kg. Nilai stabilitas mengalami penurunan sebesar 317kg.
4. Nilai pelelehan dari pengujian Marshall untuk campuran aspal tanpa getah pinus = 3,6mm sedangkan pengujian Marshall untuk campuran aspal dengan getah pinus = 4,64mm. Nilai pelelehan mengalami peningkatan sebesar 1,04mm.
5. Nilai durabilitas dari pengujian Marshall untuk campuran aspal tanpa getah pinus = 70,14% sedangkan pengujian Marshall untuk campuran aspal dengan getah pinus = 84,26%. Nilai durabilitas mengalami peningkatan sebesar 14,12%.
6. Penambahan getah pinus terhadap campuran aspal menyebabkan penurunan nilai stabilitas, peningkatan nilai pelelehan, dan peningkatan nilai indeks kekuatan sisa. Hal tersebut menunjukkan penambahan getah pinus terhadap campuran aspal sebaiknya tidak direkomendasikan untuk perkerasan lentur dengan lalu lintas berat, karena lapis perkerasan tidak stabil.

DAFTAR PUSTAKA

1. AASHTO, 1990, *Standart Specification For Transportation Material And Method of Sampling and Testing*, Part I, "Specifications", Fifteenth Edition, Washington, D.C.
2. Badan Standardisasi Nasional, 2012, *Standar Nasional Indonesia 7837-2012, Getah Pinus*, Jakarta.
3. Christady, H., 2011, *Perancangan Perkerasan Jalan Dan Penyelidikan Tanah*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

4. Departemen Pekerjaan Umum, 1990, Standar Nasional Indonesia 03-1969-1990, *Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar*, Badan Penelitian dan Pengembangan, Jakarta.
5. Departemen Pekerjaan Umum, 1990, Standar Nasional Indonesia 03-1970-1990, *Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*, Badan Penelitian dan Pengembangan, Jakarta.
6. Departemen Pekerjaan Umum, 1991, Standar Nasional Indonesia 06-2441-1991, *Metode Pengujian Berat Jenis Dan Aspal Padat*, Badan Penelitian dan Pengembangan, Jakarta.
7. Departemen Pekerjaan Umum, 1991, Standar Nasional Indonesia 06-2456-1991, *Metode Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen*, Badan Penelitian dan Pengembangan, Jakarta.
8. Departemen Pekerjaan Umum, 1991, Standar Nasional Indonesia 06-2489-1991, *Metode Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*, Badan Penelitian dan Pengembangan, Jakarta.
9. Departemen Pekerjaan Umum, 2002, Standar Nasional Indonesia 06-6721-2002, *Metode Pengujian Kekentalan Aspal Cair Dengan Alat Saybolt*, Badan Penelitian dan Pengembangan, Jakarta.
10. Departemen Pekerjaan Umum, 2003, Rancangan Standar Nasional Indonesia M-01-2003, *Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall*, Badan Penelitian Dan Pengembangan, Jakarta.
11. Departemen Pekerjaan Umum, 2010, *Spesifikasi Umum Perkerasan Aspal*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
12. Hadi, H., 2010, *Panduan Teknis Penyadapan Getah Pinus*, <http://satopepelakan.blogspot.com/2010/10/panduan-teknis-penyadapan-getah-pinus.html>, (diakses 1 Maret 2015).
13. Kementerian Pekerjaan Umum, 2012, *Daftar Standar Dan Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan Dan Rekayasa Sipil*, Panitia Teknis Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil, Jakarta.
14. Laboratorium Transportasi Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Kristen Maranatha, 2001, *Pedoman Praktikum Bahan Perkerasan Jalan*, Bandung.
15. Laboratorium Rekayasa Jalan dan Lalulintas Fakultas Teknik Jurusan Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, 2010, *Modul Praktikum Bahan Perkerasan Jalan*, Bandung.

16. Rianung, S., 2007, *Kajian Laboratorium Pengaruh Bahan Tambah Gondorukem Pada Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) Terhadap Nilai Properties Marshall Dan Durabilitas*, Skripsi Universitas Diponegoro, Semarang.
17. Sukirman, S., 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Granit, Jakarta.
18. Sukirman, S., 2007, *Beton Aspal Campuran Panas*, Granit, Jakarta.
19. Sukirman, S., 2007, *Beton Aspal Campuran Panas*, Institut Teknologi Nasional, Bandung.
20. Sukirman, S., 2010, *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*, Nova, Bandung.
21. *Transportation Research Board*, 2011, *A Manual Design of Hot Mix Asphalt with Commentary*, Washington, D.C.