

KARAKTERISASI KETAHANAN RUTTING ASPAL KERAS KELAS PENETRASI BERDASARKAN KRITERIA KELAS KINERJA (CHARACTERIZATION OF RUTTING RESISTANCE OF PENETRATION-GRADED ASPHALT CEMENT BASED ON PERFORMANCE-GRADED CRITERIA)

Nono¹⁾, Madi Hermadi²⁾

^{1), 2)} Pusat Litbang Jalan dan Jembatan

^{1), 2)} Jl. A.H. Nasution No. 264, Bandung 40294

¹⁾ e-mail: sunaryono_nn@yahoo.com

²⁾ e-mail: madi.hermadi@gmail.com

Diterima: 12 September 2012, disetujui: 04 Desember 2012

ABSTRAK

Di Indonesia, spesifikasi aspal keras saat ini masih berdasarkan kelas penetrasi. Nilai penetrasi mengindikasikan nilai konsistensi aspal yang pada perkerasan jalan beraspal digunakan sebagai indikator empiris dari sifat kerentanan rutting dan kelelahan bahan pengikat aspal. Secara mekanis, nilai penetrasi tidak dapat secara langsung digunakan dalam suatu perhitungan yang mengindikasikan kinerja perkerasan jalan, terutama rutting. Hal ini berbeda dengan spesifikasi bahan pengikat aspal berdasarkan kelas kinerja dalam Superior Performing Asphalt Pavement (SUPERPAVE), yang dikembangkan di bawah proyek the Strategic Highway Research Program (SHRP). Spesifikasi ini dikembangkan dengan menggunakan pendekatan mekanis dan berbasis kinerja, sehingga sudah mengakomodir perbedaan temperatur maksimum, medium dan minimum dari perkerasan jalan dalam kaitannya dengan kinerja. Meskipun spesifikasi kelas kinerja lebih realistis, namun penerapannya di Indonesia menghadapi kendala, di antaranya kendala keterbatasan peralatan uji yang memadai dari segi kualitas maupun kuantitas. Sebagai jalan keluar maka perlu dikaji karakteristik aspal keras kelas penetrasi yang memiliki kesetaraan karakteristik dengan spesifikasi kelas kinerja. Metodologi penelitian dilaksanakan dengan cara melakukan kajian literatur dan selanjutnya melaksanakan pengujian di laboratorium terhadap karakteristik beberapa contoh aspal keras, baik berdasarkan spesifikasi kelas penetrasi maupun kelas kinerja dengan menggunakan Dynamic Shear Rheometer (DSR) untuk Fresh Rutting, untuk kemudian dikorelasikan. Hasil penelitian menunjukkan korelasi yang signifikan antara temperatur maksimum kelas kinerja dengan nilai penetrasi dan titik lembek. Dengan demikian maka dapat diketahui bahwa setiap aspal keras kelas penetrasi dapat memiliki ketahanan rutting (deformasi) yang setara dengan kelas kinerja yang diinginkan dengan cara membatasi nilai titik lembeknya.

Kata kunci: aspal keras, spesifikasi kelas penetrasi, rutting, spesifikasi kelas kinerja, titik lembek

ABSTRACT

Recently, in Indonesia specification of asphalt cement is based on penetration grade. Penetration value indicates the consistency of asphalt that used as empirical indicator of rutting and fatigue susceptibilities of asphalt pavement. Mechanically, penetration value can not merely be used in calculation of pavement performance, especially for rutting. This category is different from specification of asphalt cement which based on performance grade in Superpave that developed in Strategic Highway Research Program [SHRP] project. This specification is developed using mechanical view and performance based, so it has been accommodated the maximum, medium and minimum temperature of road pavement performance. Although Performance Grade Specification is more realistic than Penetration Grade Specification, those applications face some difficulties in Indonesia, such as limited testing equipment in quality and quantity. For that reason, there should be a study of asphalt characteristics based on Penetration Grade which similar to Performance Grade. The study is done by literature review and then conducted laboratory test of characteristic to several asphalt samples, based on both Penetration Grade and Performance Grade specifications, and then correlated the results. The study shows significant correlation between maximum temperature of Performance Grade with penetration and softening

point values. By this way, it was found that Penetration Grade of asphalt could have similar deformation resistant with required performance grade by adjusting its softening point.

Keywords: *asphalt cement, penetration-grade specification, rutting, performance-grade specification, softening point*

PENDAHULUAN

Spesifikasi aspal keras di Indonesia saat ini masih menggunakan kelas Penetrasi. Uji penetrasi dilakukan pada 25°C. Penetrasi merupakan salah satu besaran dari sifat konsistensi aspal yang pada spesifikasi kelas penetrasi digunakan sebagai indikator dari kerentanan *rutting* dan kelelahan aspal keras namun secara empiris dan tidak berkaitan secara langsung dengan kinerja perkerasan jalan beraspal.

Saat ini, spesifikasi aspal keras kelas kinerja dianggap sebagai spesifikasi yang lebih memadai dibanding spesifikasi aspal keras lainnya yaitu spesifikasi kelas penetrasi dan spesifikasi kelas kekentalan.

Berdasarkan Asphalt Institute (2001), spesifikasi aspal keras kelas penetrasi dan kelas kekentalan tidak terdapat batasan yang mengakomodir karakteristik iklim atau temperatur perkerasan jalan di lapangan, tempat aspal akan digunakan, sehingga seolah-olah tidak ada perbedaan antara aspal yang digunakan di daerah yang beriklim tropis dengan aspal yang digunakan di daerah yang beriklim bukan tropis. Padahal pengaruh iklim terhadap aspal, khususnya temperatur, sangat besar sedangkan spesifikasi aspal keras kelas penetrasi yang diadopsi oleh Indonesia dibuat oleh negara yang beriklim tidak sama (subtropis) dengan iklim Indonesia. Hal ini berbeda dengan spesifikasi berdasarkan kelas kinerja. Pada spesifikasi kelas kinerja, aspal dibedakan justru berdasarkan temperatur maksimum rata-rata dan temperatur minimum rata-rata perkerasan jalan di tempat aspal akan digunakan.

Oleh karena itu di Indonesia sesuai dengan perkembangan teknologi terkini di bidang perkerasan jalan, khususnya untuk perkerasan jalan dengan karakteristik lalu lintas berat seperti jalan pantura di pulau Jawa dan

jalintim di pulau Sumatera, sebaiknya sudah mulai menerapkan spesifikasi aspal keras kelas kinerja hasil kajian *SUPERPAVE*.

Namun karena berbagai kendala, di antaranya kendala keterbatasan peralatan uji yang memadai dari segi kualitas maupun kuantitas untuk melayani seluruh wilayah Indonesia. Sebagai jalan keluar maka perlu dikaji karakteristik aspal keras kelas penetrasi yang bagaimana yang memiliki kesetaraan karakteristik dengan spesifikasi aspal keras kelas kinerja.

KAJIAN PUSTAKA

Karakteristik aspal yang diharapkan

Fungsi aspal dalam perkerasan beraspal adalah sebagai bahan pengikat (*binder*) agar agregat dalam campuran tidak lepas akibat lalu lintas. Selain itu aspal juga berfungsi sebagai lapis kedap yang melindungi agregat dan material lain dalam campuran atau bagian yang berada di bawah lapisan campuran beraspal tersebut dari pengaruh air. Hal lainnya yang juga penting adalah aspal harus aman saat pelaksanaan dan mudah untuk dikerjakan (*workability*). Agar aspal dapat berfungsi seperti yang diharapkan maka aspal pada prinsipnya harus memiliki sifat sebagai berikut:

1. Aspal memiliki daya lekat yang cukup kuat sehingga dapat melapisi agregat dengan baik.
2. Aspal harus elastis sehingga perkerasan tidak mudah retak.
3. Aspal harus tahan atau tidak mudah berubah bentuk pada suhu panas di lapangan sehingga perkerasan tidak mudah mengalami deformasi plastis/alur.
4. Aspal tidak rapuh atau lapuk sampai akhir masa pelayanan di lapangan.
5. Aspal mudah dikerjakan dan aman saat pengerjaan.

Berdasarkan karakteristik aspal yang diinginkan tersebut, maka muncul jenis-jenis pengujian aspal beserta kriteria-kriterianya yang tertuang dalam spesifikasi aspal keras.

Spesifikasi aspal keras saat ini

Pada perkerasan jalan beton aspal, baik-tidaknya kualitas aspal yang digunakan dapat mempengaruhi baik-tidaknya kualitas perkerasan tersebut. Untuk mengetahui baik-tidaknya kualitas aspal, biasanya aspal harus memiliki sifat-sifat yang memenuhi spesifikasi tertentu. Pada beton aspal campuran panas, untuk menjamin kesesuaian kualitas aspal keras dengan yang diharapkan, aspal tersebut harus memenuhi spesifikasi aspal keras untuk perkerasan jalan yang berlaku.

Selama ini ada tiga jenis spesifikasi aspal keras yang dapat digunakan sebagai acuan dalam mengontrol baik-tidaknya kualitas aspal keras yang akan digunakan. Ketiga spesifikasi aspal keras tersebut yaitu,

1. Spesifikasi aspal keras berdasarkan kelas penetrasi (*Penetration Graded*).
2. Spesifikasi aspal keras berdasarkan kelas kekentalan (*Viscosity Graded*).
3. Spesifikasi aspal keras berdasarkan kelas kinerja (*Performance Graded*).

Perbedaan mendasar dari ketiga spesifikasi tersebut yaitu spesifikasi aspal keras kelas penetrasi dan kelas kekentalan menggunakan pendekatan empiris, sedangkan spesifikasi aspal keras kelas kinerja menggunakan pendekatan mekanis.

Saat ini, spesifikasi aspal keras kelas kinerja dianggap sebagai spesifikasi yang lebih memadai dibanding spesifikasi aspal keras kelas penetrasi dan kelas kekentalan. Antara lain, pada spesifikasi kelas penetrasi dan kelas kekentalan tidak terdapat batasan yang mengakomodir karakteristik iklim di lapangan tempat aspal digunakan. Sehingga seolah-olah tidak ada perbedaan antara aspal yang digunakan di daerah yang beriklim tropis dengan aspal yang digunakan di daerah yang beriklim bukan tropis. Temperatur minimum dan maksimum perkerasan di lapangan dapat ditentukan berdasarkan pengukuran langsung terhadap temperatur permukaan jalan atau dapat

juga dengan cara diprediksi berdasarkan temperatur udara dan posisi geografis dengan menggunakan persamaan yang sudah diperkenalkan *SUPERPAVE*. Dengan demikian maka tampak perbedaan antara aspal yang digunakan di daerah tropis dengan yang bukan tropis. Persamaan yang dimaksud adalah sebagai berikut:

Temperatur maksimum perkerasan jalan:

$$T_{20\text{mm}} = (T_{\text{air}} - 0,00618 \text{ Lat}^2 + 0,2289 \text{ Lat} + 42,2) (0,9545) - 17,78 \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- $T_{20\text{mm}}$ = temperatur maksimum rencana perkerasan jalan pada kedalaman 20 mm ($^{\circ}\text{C}$)
- T_{air} = temperatur udara rata-rata selama tujuh hari berturut-turut yang temperturnya tertinggi dalam setahun ($^{\circ}\text{C}$)
- Lat = posisi lintang dari lokasi geografi jalan (derajat)

Temperatur minimum perkerasan jalan:

$$T_{\text{surf}} = 0,859 T_{\text{air}} + 1,7 \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- T_{surf} = temperatur minimum rencana permukaan perkerasan jalan
- T_{air} = temperatur minimum dalam setahun

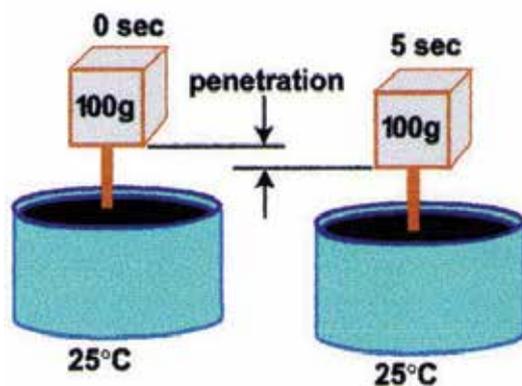
Spesifikasi kelas penetrasi

Pengembangan pengujian aspal dimulai pada tahun 1888, sejak HC Bowen menemukan alat Bowen Penetrasi (Welborn *et al* 1974). Setelah mengalami beberapa kali modifikasi, pada tahun 1910 alat penetrasi dijadikan standar pengujian untuk menetapkan konsistensi aspal. Selanjutnya, pada tahun 1918 *the Bureau of Public Road* (USA) memperkenalkan sistem klasifikasi aspal kelas penetrasi. Spesifikasi standar untuk aspal kelas penetrasi baru diterbitkan pada tahun 1931 oleh *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) dan pada tahun 1947 oleh *American Society for Testing and Materials* (ASTM).

Spesifikasi kelas penetrasi digunakan untuk mengontrol kualitas aspal sebagai bahan pengikat berdasarkan sifat fisiknya. Karena

nilai penetrasi adalah faktor penentu dalam mengidentifikasi kelas pengikat aspal, maka spesifikasi ini dikenal sebagai spesifikasi aspal kelas penetrasi.

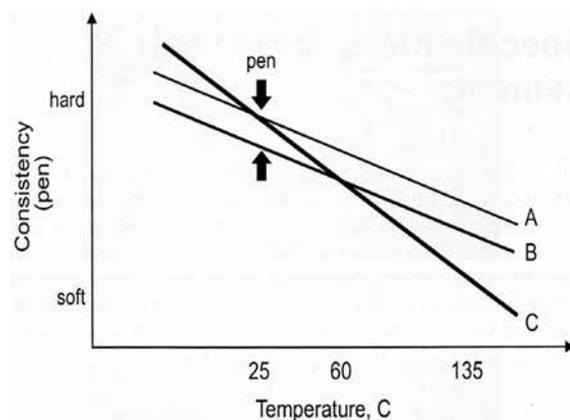
Dalam sistem kelas penetrasi, RSNI S-01-2003, bahan pengikat aspal diklasifikasikan sesuai dengan nilai/kelas penetrasi yang diukur pada temperatur 25°C (77°F). Dengan demikian, maka bahan pengikat aspal kelas Pen 85-100 (bisa juga disebut sebagai kelas Pen 85-100) adalah bahan pengikat aspal yang memiliki nilai penetrasi antara 85 desimilimeter sampai dengan 100 desimilimeter pada temperatur 25°C (77°F). Ilustrasi pengujian penetrasi disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi pengujian penetrasi aspal

Spesifikasi kelas penetrasi dapat digunakan untuk mengevaluasi kekakuan aspal, namun memiliki beberapa keterbatasan (Asphalt Institute 2011). Pertama, penetrasi adalah pengujian yang umumnya mengukur kombinasi perilaku kekentalan dan elastisitas aspal. Penetrasi adalah tes empiris dan untuk memahami nilainya harus dikorelasikan secara empiris dengan kinerja perkerasan jalan. Kedua, dengan tidak disyaratkannya lagi nilai titik lembek, spesifikasi kelas penetrasi kini hanya mengkarakterisasi kekakuan aspal pada temperatur medium (25°C). Sedangkan kekakuan pada temperatur lainnya, seperti pada temperatur maksimum dan minimum dari

perkerasan jalan, tidak terkarakterisasi padahal sifat aspal sangat bervariasi termasuk hubungannya antara temperatur dengan kekakuan seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 2. Pada gambar tersebut tampak dengan naiknya temperatur, aspal C lebih cepat melunak dibanding aspal A dan B. Ketiga, sifat penuaan jangka pendek (penuaan selama proses penghamparan) aspal disimulasikan dengan pengujian TFOT, tetapi tidak ada simulasi yang digunakan untuk mengkaji penuaan aspal jangka panjang (selama masa pelayanan).



Gambar 2. Sifat bahan pengikat aspal berdasarkan kelas penetrasi

Spesifikasi aspal keras kelas penetrasi sesuai Departemen Pekerjaan Umum (2003) disajikan pada Tabel 1. Adanya beberapa jenis aspal kelas penetrasi untuk perkerasan jalan pada prinsipnya adalah sebagai alternatif pilihan agar jenis aspal kelas penetrasi dapat diambil yang sesuai dengan kondisi lapangan. Namun sampai sejauh ini tidak ada petunjuk atau kriteria mengenai pemilihan jenis aspal kelas penetrasi ini, khususnya yang mengakomodasi kondisi iklim di lapangan. Akibatnya dapat terjadi dua daerah dengan kondisi iklim yang relatif sama tetapi ternyata menggunakan aspal keras dengan kelas penetrasi yang berbeda.

Tabel 1. Spesifikasi aspal keras kelas penetrasi sesuai RSNI S-01-2003

Jenis pengujian	Satuan	Persyaratan				
		Pen 40	Pen 60	Pen 80	Pen 120	Pen 200
Penetrasi 25°C, 100 g, 5 detik	0,1 mm	40-59	60-79	80-99	120-150	200-300
Titik Lembek	°C	51-63	(50-58)	46-54	120-150	200-300
Titik Nyala	°C	Min. 200	Min. 200	Min. 225	Min. 218	Min. 177
Daktilitas 25°C, 5 cm/menit	cm	Min. 100	Min. 100	Min. 100	Min. 100	-
Kelarutan dalam trikloroethilene	%	Min. 99	Min. 99	Min. 99	Min. 99	Min. 99
Penurunan Berat dengan TFOT	%	Mak. 0,8	Mak. 0,8	Mak. 1,0	Mak. 1,3	Mak. 1,3
Penetrasi setelah penurunan berat	% Asli	Min. 58	Min. 54	Min. 50	Min. 46	Min. 40
Daktilitas setelah penurunan berat	cm	-	Min. 50	Min. 75	Min. 100	Min. 100
Berat Jenis 25°C	-	Min. 1,0	Min. 1,0	Min. 1,0	-	-
Uji bintik: - Standar Naphtha	-	-	-	Negatif	-	-
- Naphtha Xylene	-	-	-	Negatif	-	-
- Heptane Xylene	-	-	-	Negatif	-	-

Catatan: Penggunaan uji bintik (*spot test*) adalah pilihan (*optional*).

Spesifikasi kelas kinerja (*Performance Grade, PG*)

Pada spesifikasi aspal keras kelas kinerja, aspal keras diklasifikasikan berdasarkan temperatur maksimum perkerasan jalan pada kedalaman 20 mm dan temperatur minimum permukaan jalan, di lokasi atau daerah tempat aspal keras akan diaplikasikan. Temperatur maksimum tersebut merupakan rata-rata dari temperatur perkerasan jalan terpanas selama tujuh hari berturut-turut dalam setahun. Sedangkan temperatur minimum merupakan temperatur permukaan perkerasan jalan terendah dalam setahun.

Sebagai material *viscoelastic*, aspal keras memiliki sifat *viscous* dan juga sifat *elastic*. Pada temperatur yang lebih tinggi dan kecepatan pembeban yang lebih lambat, aspal keras cenderung bersifat lebih *viscous*. Sedangkan pada temperatur yang lebih rendah dan kecepatan pembebanan yang tinggi, aspal keras akan bersifat lebih elastis. Sifat *viscoelastic* ini pada spesifikasi kelas kinerja digunakan sebagai dasar menentukan indikator *rutting* dan *fatigue* dari aspal keras.

Dalam rangka meminimalisir *rutting* pada perkerasan jalan beraspal, jumlah kerja yang hilang (*work dissipated*) untuk setiap siklus pembebanan pada aspal keras harus diminimalkan. Kerja yang hilang tersebut pada setiap siklus pembebanan dengan tekanan yang konstan dapat ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$W_c = \pi \times \sigma_o^2 \left[\frac{1}{G^* / \sin \delta} \right] \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- W_c = kerja yang hilang per siklus pembebanan,
- σ_o = tekanan yang diaplikasikan,
- G* = modulus kompleks,
- δ = sudut fase.

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa secara matematik, kerja yang hilang setiap siklus pembebanan adalah berbanding terbalik dengan G*/sin[δ]. Oleh karena itu, G*/sin[δ] dapat digunakan sebagai faktor *rutting* yang mengindikasikan ketahanan *rutting* aspal keras (Roberts *et al* 1996). Semakin tinggi nilai G*, berarti semakin kaku aspal tersebut dan semakin tinggi beban yang dapat ditahan. Semakin rendah nilai [δ], semakin elastis aspal tersebut dan semakin mampu melakukan pemulihan setelah mengalami perubahan bentuk akibat pembebanan. Dengan demikian maka nilai G* yang besar dan nilai [δ] yang kecil menunjukkan ketahanan *rutting* yang tinggi dari aspal keras.

Retak lelah dari campuran beraspal lebih banyak terjadi pada perkerasan jalan yang tipis. Dalam kondisi ini, retak biasanya dianggap sebagai fenomena pada regangan konstant. Kerja yang hilang per siklus pembebanan pada regangan yang konstant dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$W_c = \pi \times \epsilon_o^2 [G^* \sin \delta] \dots\dots\dots(4)$$

ε_o adalah regangan, sedangkan variabel lainnya adalah sebagaimana yang sudah

dijelaskan sebelumnya. (Roberts *et al* 1996). Makin rendah kerja yang hilang makin rendah kemungkinan terjadi retak lelah pada aspal. Oleh sebab itu, $G^*\sin[\delta]$ dapat digunakan sebagai faktor lelah (*fatigue*) dari aspal keras untuk meminimalisir terjadinya retak lelah pada perkerasan jalan beraspal.

Kedua faktor tersebut digunakan pada spesifikasi aspal keras kelas kinerja yang diukur dengan alat ukur *DSR (Dynamic Shear Rheometer)* sesuai standar prosedur pengujian ASTM D7175 *Determining the Rheological Properties of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer*.

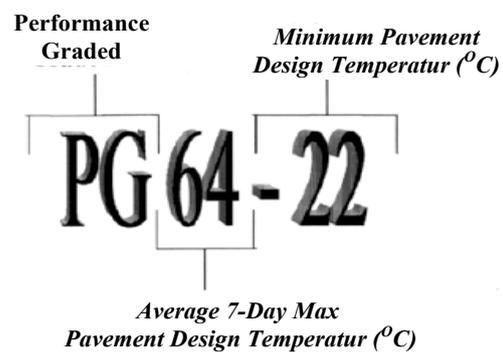
Berdasarkan spesifikasi kelas kinerja, untuk mengantisipasi *rutting*, aspal keras yang belum mengalami penuaan harus memiliki nilai $G^*/\sin[\delta]$ lebih dari 1 kPa, dan yang sudah mengalami penuaan jangka pendek harus lebih dari 2.2 kPa pada temperatur kelas kinerja maksimum. Sedangkan untuk mengantisipasi retak lelah, aspal keras yang sudah mengalami penuaan jangka panjang tidak boleh memiliki nilai $G^*\sin[\delta]$ lebih dari 5.000 kPa pada temperatur medium. Yang dimaksud dengan temperatur medium yaitu rata-rata dari temperatur maksimum dan minimum kelas kinerja ditambah 4°C (Roberts *et al* 1996).

Untuk mengantisipasi retak termal (retak pada temperatur rendah), berdasarkan spesifikasi kelas kinerja, aspal keras dalam kondisi sudah mengalami penuaan jangka panjang harus memiliki nilai *creep stiffness* (*S*) maksimum 300 MPa dan *m-value* minimum 0,3. *Creep stiffness* diuji dengan menggunakan *Bending Beam Rheometer (BBR)* sesuai ASTM D6648. Selain itu, juga harus memiliki nilai regangan maksimum tidak kurang dari 1%, yang diuji dengan *Direct Tension Tester (DTT)* sesuai ASTM D6723. pada temperatur 10°C di atas temperatur minimum kelas kinerja.

Pengujian dengan *BBR* dan *DTT* ini dilakukan setelah dua jam pembebanan atau agar lebih praktis setara dengan pengujian pada temperatur 10°C di atas temperatur minimum kelas kinerja (National Highway Institute 2009).

Sebagai contoh aplikasi, aspal keras yang memenuhi persyaratan spesifikasi “PG 64-22”

dapat diaplikasikan pada perkerasan jalan yang memiliki temperatur maksimum rata-rata selama 7 hari terpanas dalam setahun pada kedalaman 20 mm sebesar 64°C dan temperatur terendah permukaan perkerasan jalan dalam setahun minimum -22°C (lihat Gambar 3). Pemilihan jenis aspal kelas kinerja ini berdasarkan asumsi kondisi normal (kecepatan kendaraan di atas 70 km/jam dan beban kendaraan di bawah 30.000.000 ESAL). Sedangkan untuk jalan dengan kendaraan berjalan lambat (20-70 km/jam) dan sangat lambat (0-20 km/jam) secara berturut-turut aspal yang digunakan harus memiliki kelas kinerja satu dan dua tingkat lebih tinggi. Misal PG 64 menjadi PG 70 dan PG 76. Begitupun untuk jalan dengan beban kendaraan di atas 30.000.000 ESAL harus menggunakan aspal satu tingkat lebih tinggi.



Gambar 3. Ilustrasi aspal keras kelas kinerja “PG 64-22”

Kelas kinerja aspal keras yang ditetapkan *SUPERPAVE* disajikan pada Tabel 2. Pada Tabel 2 kelas kinerja aspal berdasarkan temperatur tinggi dan temperatur rendah. Namun untuk kelas temperatur rendah yang mengindikasikan ambang batas ketahanan aspal terhadap terjadinya retak pada makalah ini tidak dibahas, karena hampir seluruh ruas jalan di Indonesia tidak memiliki temperatur lebih kecil dari 0°C.

Tabel 2. Kelas bahan pengikat yang ditetapkan dalam spesifikasi SUPERPAVE (SUPERPAVE™ 1994)

Kelas Temperatur Tinggi, °C	Kelas Temperatur Rendah, °C
PG 46	-34,-40,-46
PG 52	-10, -16, -22, -28, -34, -40, -46
PG 58	-16, -22, -28, -34, -40
PG 64	-10, -16, -22, -28, -34, -40
PG 70	-10, -16, -22, -28, -34, -40
PG 76	-10, -16, -22, -28, -34
PG 82	-10, -16, -22, -28, -34

HIPOTESIS

Untuk penyetaraan ketahanan *rutting* (deformasi), nilai penetrasi, dan titik lembek dapat dikorelasikan dengan sifat rheologi yang mengindikasikan ketahanan *rutting* yang diuji dengan $DSR_{fresh\ rutting}$.

METODOLOGI

Untuk mencapai tujuan, pada tahap awal dilakukan kajian pustaka untuk mengetahui ada berapa jenis aspal keras yang digunakan di lingkungan Bina Marga. Selanjutnya terhadap

aspal keras tersebut dilakukan pengujian karakteristik sesuai pengujian pada kelas penetrasi dan juga pada kelas kinerja (dipilih pengujian dengan $DSR_{fresh\ rutting}$). Untuk mengetahui ketahanan deformasi aspal keras kelas penetrasi, maka dilakukan analisis korelasi secara statistik antara nilai penetrasi dan titik lembek dengan nilai $G^*/\sin[\delta]$ yang diuji dengan $DSR_{fresh\ rutting}$ yang mengindikasikan ketahanan *rutting*.

HASIL DAN ANALISIS

Karakteristik aspal keras

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium terhadap berbagai contoh aspal keras kelas penetrasi yang sering digunakan di lingkungan Bina Marga, diperoleh data sesuai pengujian pada kelas penetrasi seperti yang disajikan pada Tabel 3. Pada tabel tersebut juga disajikan hasil pengujian ketahanan *rutting* (maksimum temperatur yang masih memenuhi kriteria tidak *rutting*) dengan alat $DSR_{fresh\ rutting}$ sesuai spesifikasi kelas kinerja, baik untuk aspal dengan kondisi *fresh* maupun setelah mengalami penuaan jangka pendek.

Tabel 3. Data hasil pengujian berbagai jenis aspal

No.	Jenis pengujian	Hasil pengujian aspal keras												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Penetrasi 25°C 100 g, 5detik, 0,1mm	63	66	67	65	69	68	73	69	62	75	64	60	61
2	Titik lembek, °C	48,5	50,1	51,3	49,0	49,0	48,0	48,2	48,2	50,8	53,0	54,0	53,4	54,0
3	Daktilitas, cm	>140	>140	>140	>140	>140	>140	>140	>140	>140	>140	>140	>140	>140
4	Kelarutan dalam C2HCL3, %	99,87	99,48	99,87	99,89	99,89	99,7	99,82	99,79	99,09	99,89	99,89	99,89	99,87
5	Titik Nyala, °C	310	340	315	321	308	317	323	325	334	337	325	321	325
6	Berat jenis, gr/ml	1,032	1,031	1,029	1,034	1,035	1,035	1,029	1,039	1,03	1,03	1,039	1,034	1,026
7	$DSR, G^*/\sin d \text{ min } 1kPa, PG (^{\circ}C)$	56	59	62	57	58	57	57	56	58	72	70	64	67
8	Kehilangan berat (TFOT), %	0,092	0,017	0,021	0,013	0,068	0,076	0,047	0,248	0,009	0,008	0,248	0,013	0,125
9	Penetrasi setelah TFOT, 0,1 mm	55	55	54	58	63	63	66	65	57	69	57	55	54
10	Titik lembek setelah TFOT, °C	50,1	51,7	53,6	50,5	50,8	50,0	49,7	50,1	52,4	55,0	56,3	55,2	55,8
11	Daktilitas setelah TFOT, cm	>140	>140	>140	>140	>140	>140	>140	>140	>140	>140	>140	>140	>140
12	$DSR, G^*/\sin d \text{ min } 2,2 kPa, PG (^{\circ}C)$	56	59	62	57	58	57	58	58	60	74	72	65	67

Hubungan penetrasi dan titik lembek dengan $DSR_{fresh\ rutting}$

Hasil analisis regresi hubungan antara nilai penetrasi dan titik lembek dengan $DSR_{fresh\ rutting}$ untuk aspal dengan kondisi *fresh* adalah sebagaimana yang diuraikan berikut ini.

Persamaan Regresi:

$$DSR_{fresh\ rutting} = -96,628 + 0,586 \text{ Penetrasi} + 2,341 \text{ Titik lembek} \dots \dots \dots (5)$$

Tabel 4. Model summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0,938	0,879	0,855	2,09

Predictors: (Constant), penetrasi, titik lembek

Tabel 5. ANOVA

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	317,539	2	158,769	36,467	0,000 ^a
Residual	43,538	10	4,354		
Total	361,077	12			

Predictors: (Constant), penetrasi, titik lembek

Dependent Variable: DSR

Tabel 6. Coefficients

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.
	B	Std. Error			
1 (Constant)	-96,628	19,539		-4,945	0,001
Penetrasi	0,586	0,143	0,480	4,082	0,002
T.Lembek	2,341	0,277	0,996	8,466	0,000

Dependent Variable: $DSR_{fresh\ rutting}$

Berdasarkan hasil analisis regresi, ternyata hubungan antara nilai penetrasi dan titik lembek secara bersama-sama dengan nilai $DSR_{fresh\ rutting}$ sangat erat karena memiliki nilai Koefisien Produk Moment (R) = 0,938 atau hampir mendekati nilai satu. Nilai Koefisien Determinasi ($R\ Square$) = 0,879 atau berarti 87,9% nilai $DSR_{fresh\ rutting}$ dipengaruhi oleh nilai penetrasi dan titik lembek, sedangkan 12,1% nilai $DSR_{fresh\ rutting}$ dipengaruhi oleh faktor lainnya. Selain itu, hubungannya nyata karena memiliki nilai probabilitas (p) = 0,000 atau lebih kecil dari taraf nyata 0,05.

PEMBAHASAN

Nilai $DSR_{fresh\ rutting}$ aspal keras kelas penetrasi 60-70

Berdasarkan hasil pengujian $DSR_{fresh\ rutting}$ pada ke 13 contoh Aspal Keras Pen 60-70 terdapat beberapa contoh aspal setelah kehilangan berat yang nilai $DSR_{fresh\ rutting}$ mengalami peningkatan. Namun secara umum dari ke 13 contoh aspal tersebut nilai $DSR_{fresh\ rutting}$ -nya tidak mengalami perubahan antara kondisi *fresh* dan setelah kehilangan berat. Berdasarkan kondisi tersebut maka dalam analisis regresi hubungan antara nilai penetrasi dan titik lembek dengan $DSR_{fresh\ rutting}$ adalah pada aspal dengan kondisi *fresh*.

Hubungan penetrasi dan titik lembek dengan $DSR_{fresh\ rutting}$

Berdasarkan hasil analisa korelasi, hubungan antara nilai penetrasi dan nilai titik lembek dengan nilai $DSR_{fresh\ rutting}$ dapat memberikan hubungan yang erat dan nyata.

Berdasarkan bentuk persamaannya, nilai penetrasi dan titik lembek memiliki hubungan yang positif terhadap nilai $DSR_{fresh\ rutting}$. Ini berarti, makin tinggi nilai penetrasi, atau nilai titik lembek maka makin tinggi pula nilai $DSR_{fresh\ rutting}$.

Nilai titik lembek minimum untuk variasi aspal keras kelas penetrasi

Mengacu terhadap persamaan regresi yang telah diperoleh, maka aspal keras kelas penetrasi 60-70 dapat memiliki ketahanan *rutting* yang setara dengan ketahanan *rutting* yang ditetapkan pada kelas kinerja (PG) dengan membatasi nilai minimum titik lembek. Sehingga berapa pun nilai penetrasinya masih memiliki ketahanan deformasi sesuai yang ditetapkan pada spesifikasi kelas kinerja (lihat Tabel 7).

Tabel 7. Nilai titik lembek minimum aspal keras kelas penetrasi 60-70 untuk mendapatkan variasi kelas kinerja (PG)

PG	Titik lembek minimum (°C)
52	48,5
58	51,0
64	54,0
70	56,5
76	59,0

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari uraian sebelumnya, dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil kajian di laboratorium telah diperoleh korelasi signifikan antara nilai $DSR_{fresh\ rutting}$ yang menunjukkan kelas PG temperatur maksimum dengan nilai Penetrasi dan Titik Lembek aspal keras Pen 60-70.

2. Ketahanan *rutting* aspal keras kelas penetrasi yang setara dengan ketahanan *rutting* yang ditetapkan pada kelas kinerja yang diinginkan dapat dicapai dengan membatasi nilai minimum titik lembek seperti disajikan pada Tabel 7.

Saran

Berdasarkan hasil kajian di atas, maka ada beberapa saran yang perlu dipertimbangkan antara lain:

1. Apabila hasil kajian ini akan dijadikan acuan dalam penetapan jenis aspal maka sebaiknya dilakukan validasi terlebih dahulu sampai dianggap jumlah sampel aspal yang digunakan cukup memadai.
2. Berhubung kajian ini menggunakan data yang terbatas, maka perlu dilakukan studi lebih lanjut, terutama untuk aspal keras kelas penetrasi 85/100 dan 40-50

DAFTAR PUSTAKA

American Society Testing Material Standars. 2005. "Standard Test Method for Determining Fracture Properties of Asphalt Binder in Direct Tension (DT)". D6723. In *Annual Book of ASTM Standards. Volume 04.03 Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement Systems*. West Conshohocken: ASTM.

American Society Testing Material Standars. 2011. "Standard Test Method for Determining the Rheological Properties of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer". D7175. In *Annual Book of ASTM Standards. Volume 04.03 Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement Systems*. West Conshohocken: ASTM.

American Society Testing Material Standars. 2011. "Standard Test Method for Determining the Flexural Creep Stiffness of Asphalt Binder Using the Bending Beam Rheometer (BBR)". D6648. In *Annual Book of ASTM Standards. Volume 04.03 Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement Systems*. West Conshohocken: ASTM.

Asphalt Institute. 2001. *Asphalt in Pavement Maintenance*. MS-16. Lexington: The Asphalt Institute.

Asphalt Institute. 2011. *The Asphalt Binder Handbook*. Manual Series No. 26). First Edition. Lexington: The Asphalt Institute.

Departemen Pekerjaan Umum. 2003. *Spesifikasi Aspal Keras Berdasarkan Penetrasi*. RSNI S-01-2003. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

National Highway Institute. 2009. *Superpave Fundamentals Reference Manual*. New Jersey: Federal Highway Administration.

Roberts, F. L. et al. 1996. *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction*. California: NAPA Education Foundation.

SUPERPAVE™, 1994. *Asphalt Mixture Design & Analysis*, Lexington: Federal Highway Administration.

Welborn, J. Y. et al. 1974. "Testing of Asphalts and Asphalt Mixtures". *Proceeding Association of Asphalt Pavement Technologists (AAPT)*. Vol. 43A. Minnesota: AAPT.