

INFRASTRUKTUR

PENGARUH PENAMBAHAN POLIMER ELASTOMER TERHADAP INDEKS PENETRASI ASPAL YANG MENGANDUNG ASPAL DAUR ULANG

The Effect of Adding Elastomeric Polymer To The Penetration Index of Bitumen Contains Recycling Material

Novita Pradani

Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako-Jalan Soekarno Hatta Km. 8 Palu 94118

Email : prada_ni39@yahoo.com

ABSTRACT

Bitumen Penetration Index is indicating temperature susceptibility of bitumen. Temperature susceptibility will be decrease by using recycling pavement (RAP) such as recycling bitumen. The quality of bitumen going poorly if temperature susceptibility is decrease. For that reason, bitumen modified would be necessary to be taken. This research using bitumen modified by adding elastomeric polimer Styrene-Butadiene-Styrene (SBS) which 2,5% and 5% of bitumen percentage also 30% and 40% by bitumen percentage of recycling bitumen. Penetration Index was determined by using Pfeiffer dan Van Doormall's equation which showing corelation between penetration and softening point value of bitumen. According to the research result, was found that the highest Penetration Index is -0,040 which found in bitumen mixture of 0% RAP and 5% SBS. By analyzing that result, it can figure out that adding SBS polymer can be increase Penetration Index. Meaning that adding SBS polymer can be increase temperature susceptibility of bitumen.

Keywords: penetration index, bitumen, recycling

ABSTRAK

Nilai Indeks Penetrasi (PI) pada aspal, menunjukkan ketahanan aspal tersebut terhadap perubahan temperatur. Penggunaan perkerasan daur ulang (RAP) dalam hal ini aspal daur ulang, tentunya akan menurunkan tingkat ketahanan aspal terhadap perubahan temperatur. Makin rendah tingkat ketahanan aspal terhadap perubahan temperatur, maka makin buruk mutu dari aspal tersebut. Untuk itulah diperlukan modifikasi terhadap aspal daur ulang sehingga dapat memperbaiki tingkat kepekaannya terhadap perubahan temperatur. Dalam penelitian ini digunakan modifikasi aspal dengan tambahan polimer elastomer yaitu polimer Styrene-Butadiene-Styrene (SBS) dengan persentase 2,5% dan 5% terhadap berat aspal. Dan bitumen daur ulang yang digunakan sebesar 30% dan 40% terhadap berat aspal. Dalam menentukan nilai Indeks Penetrasi digunakan berdasarkan persamaan Pfeiffer dan Van Doormall, yang merupakan hubungan antara nilai penetrasi dan titik lembek aspal. Berdasarkan hasil yang diperoleh, nilai indeks penetrasi tertinggi diberikan oleh campuran dengan kandungan RAP 0% dan SBS 5% yaitu sebesar -0,040. Dari hasil analisa terlihat bahwa penambahan polimer SBS dapat meningkatkan nilai indeks penetrasi (PI) yang berarti dapat menaikkan tingkat ketahanan aspal terhadap perubahan temperatur.

Kata Kunci : indeks penetrasi, aspal, daur ulang

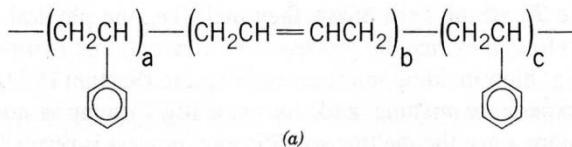
PENDAHULUAN

Pada dasarnya semua jenis aspal bersifat *thermoplastic*, yaitu dapat berubah sifat tergantung temperatur dimana bila dipanaskan menjadi lunak dan menjadi keras bila didinginkan. Kepekaan terhadap temperatur dapat ditunjukkan dengan nilai Indeks Penetrasi (PI). Penggunaan aspal daur ulang memiliki keuntungan yaitu dapat membantu dalam usaha konservasi energi, namun di sisi lain dapat menurunkan mutu dari campuran yang menggunakan aspal daur ulang tersebut. Material daur ulang dalam hal ini aspal, merupakan pemanfaatan kembali material perkerasan jalan lama yang berupa kupasan material permukaan jalan beraspal. Material daur ulang tersebut dikenal

dengan istilah *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)*. Material RAP ini tentunya telah mengalami penurunan kualitas selama masa layannya, misalnya penurunan nilai penetrasi atau kenaikan nilai titik lembek. Untuk itulah diperlukan modifikasi terhadap sifat fisik aspal tersebut sehingga dapat digunakan kembali sebagai material penyusun perkerasan jalan baru.

Polimer elastomer merupakan salah satu solusi untuk memodifikasi aspal. Penambahan polimer elastomer berfungsi sebagai bahan peremaja yang diharapkan dapat mengembalikan sifat terbaik aspal yang *thermoplastis*. Sehingga aspal daur ulang dapat memiliki kepekaan yang rendah terhadap perubahan temperatur. *Styrene - Butadiene - Styrene (SBS)* merupakan salah satu jenis polimer

sintesis tipe *elastomer*. Jenis polimer ini mulai mendapat perhatian lebih dalam modifikasi aspal karena mengkombinasikan sifat elastis dan termoplastis dalam sifat materialnya sehingga sering disebut sebagai *thermoplastic rubbers (TR)*. Sifat ini dimungkinkan dari jenis monomer pembentuknya yaitu *Styrene* dan *Butadiene*. SBS merupakan blok *copolymer* yang terdiri dari bagian *polystyrene* yang terikat pada pusat bagian *polybutadiene*. Ikatan kimia polimer ini seperti terlihat pada **Gambar 1**.

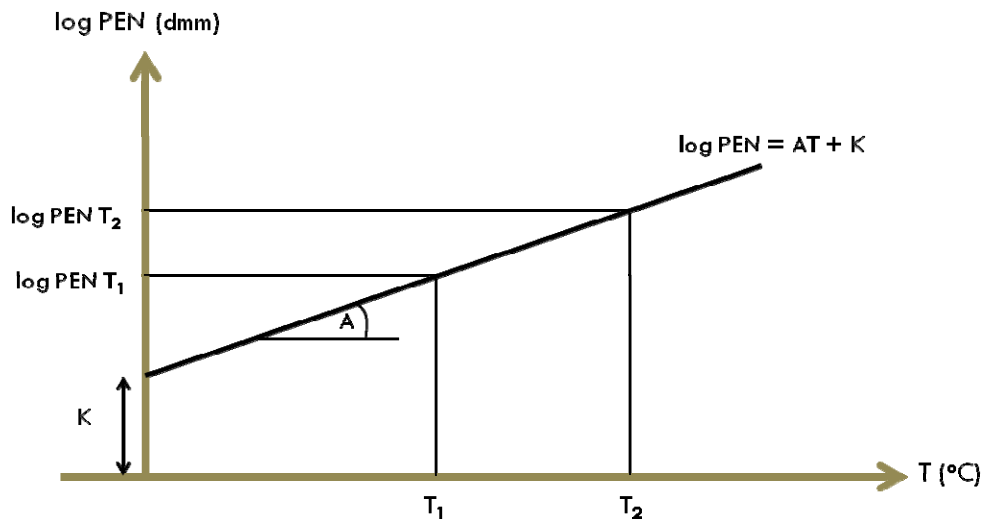


Gambar 1. Ikatan Kimia *Styrene-Butadiene-Styrene (SBS)*, (Sumber: Callister, 2003)

SBS memiliki 2 fase morfologi yaitu “*soft segments*” yang berada pada pusat rantai ikatan dan “*hard segments*” yang membentuk *physical crosslinks* pada temperatur ruang. *Soft segments* ini terbentuk dari monomer *butadiene* sedangkan *hard segments* terbentuk dari monomer *styrene*. Setelah *physical crosslinks* pada *hard segments* terjadi yaitu pada suhu ruang, maka polimer tersebut akan membentuk jaringan elastomerik [Valkering et al, 1992 dalam Rilem,1998]. Pada temperatur di atas *glass transition point* dari *polystyrene* (100 °C),

bagian *polystyrene* akan melunak bahkan akan cenderung memisah bila diberi *stress* sehingga memudahkan proses pencampuran. Bila temperatur menurun, maka bagian *polystyrene* ini akan menyatu kembali dan memberikan kekuatan serta elastisitas dalam menerima beban [Hall, 1985 dalam Bethary, 2010]. Ketika polimer SBS ini ditambahkan pada aspal panas, maka polimer ini akan menyerap bagian *maltenes* dari aspal dan akan mengembang sebesar sembilan kali lebih besar dari volume awalnya. Sifat polimer SBS yang unik ini, memungkinkan perubahan secara signifikan pada sifat fisik dari aspal modifikasi polimer SBS seperti viskositas dan ketahanan terhadap temperatur [Valkering et al, 1992 dalam Rilem, 1998].

Ada beberapa persamaan untuk menentukan nilai Indeks Penetrasi (PI), seperti ditunjukkan persamaan (1), (2) dan (3). Persamaan tersebut didasarkan pada hubungan antara nilai penetrasi dan nilai titik lembek dari aspal. Nilai kemiringan A merupakan fungsi tegas dari nilai PI, karenanya nilai kemiringan A dapat digunakan dengan tujuan yang sama dengan PI (**Gambar 2**). Semakin landai kemiringan nilai A, maka semakin rendah tingkat kepekaan aspal tersebut terhadap perubahan temperatur, yang berarti makin baik ketahanan aspal tersebut terhadap perubahan temperatur. Begitu pula sebaliknya, makin curam grafik PI maka makin peka aspal tersebut terhadap perubahan temperatur yang terjadi.



Gambar 2. Hubungan Temperatur dan Penetrasi Aspal

Untuk mencari nilai Indeks Penetrasi (PI) dari kedua jenis aspal digunakan persamaan di bawah ini [Pfeiffer dan Van Doormall, dalam Shell, 2003]:

$$\text{PI} = \frac{20(1 - 25A)}{1 + 50A} \quad (1)$$

Nilai Indeks Penetrasi (PI) merupakan fungsi dari nilai A yang dapat digunakan untuk tujuan yang sama, diperoleh berdasarkan nilai penetrasi pada 2 (dua) temperatur, sehingga digunakan persamaan:

$$A = \frac{\log \cdot \text{pen} \cdot T_1 - \log \cdot \text{pen} \cdot T_2}{T_1 - T_2} \quad (2)$$

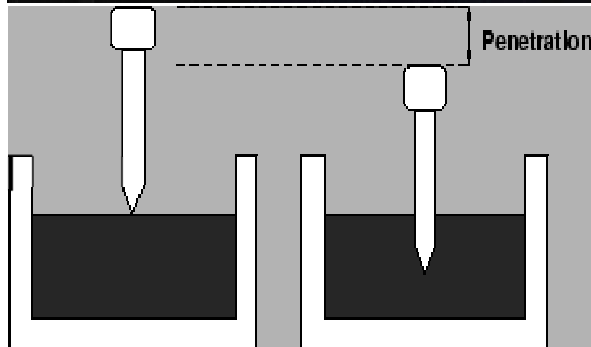
Pfeiffer dan Van Doormall menemukan kebanyakan bitumen (aspal) mempunyai nilai penetrasi sebesar 800 dmm pada temperatur titik leleh (*Softening Point*), sehingga persamaan A menjadi:

$$A = \frac{\log \text{pen.} T_1 - \log .800}{T_1 - SP} \quad (3)$$

METODE PENELITIAN

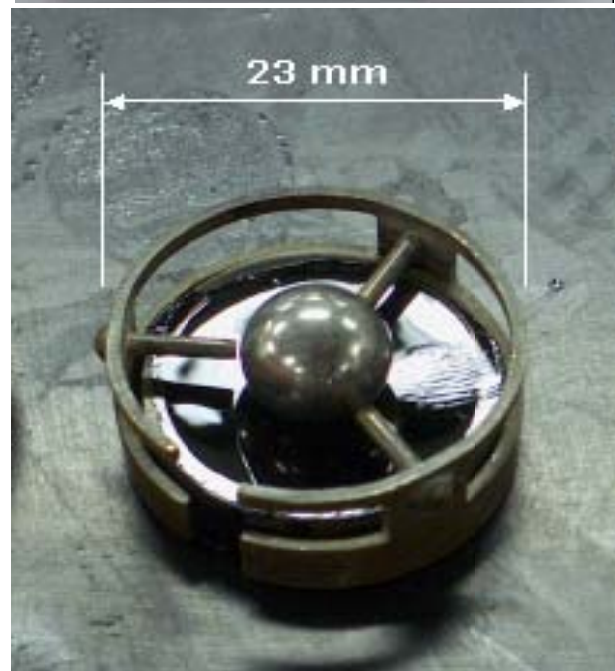
a. Bahan dan Peralatan Pengujian

Penelitian ini menggunakan *fresh* aspal berupa aspal produksi Shell dengan penetrasi 60/70. Selanjutnya dibuat variasi campuran aspal terhadap aspal daur ulang (Aspal RAP) dengan persentase 30% dan 40% terhadap berat aspal total. Dari variasi aspal RAP ini kemudian masing-masing divariasikan dengan penambahan polimer SBS sebesar 0%, 2,5% dan 5% terhadap berat aspal. Sebagai pembandingan, digunakan *fresh* aspal 100% (Aspal Pen 60/70) tanpa penambahan aspal daur ulang dan polimer SBS.



Gambar 3. Pengujian Penetrasi Aspal

Pengujian fisik aspal yang dilakukan adalah pengujian penetrasi dan pengujian titik leleh. Uji Penetrasi aspal dengan menggunakan alat Penetrometer (**Gambar 3.**) dan Uji Titik Lembek Aspal menggunakan pengujian *Ring and Ball* (**Gambar 4.**).



Gambar 4. Pengujian Titik Lembek Aspal

b. Pelaksanaan Pengujian dan Urutan Analisis

Pengujian sifat fisik aspal yang dilakukan adalah uji penetrasi dan uji titik leleh aspal. Pengujian penetrasi aspal dilakukan berdasarkan SNI 06-2456-1991. Dan pengujian titik leleh aspal dilakukan berdasarkan SNI 06-2434-1991. Kedua pengujian ini dilakukan pada tiap variasi kadar RAP dan kadar SBS. Selanjutnya tahapan analisis terhadap data hasil pengujian sifat fisik aspal adalah:

- Menentukan Indeks Penetrasi (PI) dari tiap variasi yang menunjukkan ketahanan aspal terhadap perubahan temperatur. Nilai PI ditentukan berdasarkan persamaan 1.
- Berdasarkan hasil dari nilai PI, kemudian ditarik kesimpulan mengenai pengaruh penambahan polimer SBS terhadap nilai PI.

Berdasarkan pengujian sifat fisik aspal yang meliputi pengujian penetrasi dan pengujian titik lembek, diperoleh hasil sebagaimana disajikan dalam **Tabel 1–Tabel 4**. Pengujian dilakukan terhadap sifat-sifat aspal modifikasi Polimer SBS dan penambahan aspal RAP hasil ekstraksi dari material daur ulang. Sebagai pembandingan dan kontrol, dilakukan juga pengujian terhadap aspal Pen 60/70 tanpa tambahan polimer SBS dan aspal RAP.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Sifat Fisik Aspal

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Fisik Aspal Pen 60/70

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil Uji	Persyaratan Aspal Pen 60/70		Metode Pengujian
			Min	Maks	
Aspal Pen 60/70					
1	Penetrasi , 25°C;100 gr; 5 detik; 0,1 mm	66,40	60	79	SNI 06-2456-1991
2	Titik Lembek, °C	49	48	-	SNI 06-2434-1991

Sumber: Pradani, 2011

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Aspal Pen 60/70 + Polimer SBS

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil Uji		Persyaratan Aspal Modifikasi		Metode Pengujian
		2,5% SBS	5% SBS	Min	Maks	
1	Penetrasi , 25°C (dmm)	56.33	53.83	40	-	SNI 06-2456-1991
2	Titik Lembek, °C	53.5	54.5	54	-	SNI 06-2434-1991

Sumber: Pradani, 2011

Tabel 3. Hasil Pengujian Sifat Fisik Aspal RAP + Aspal Pen 60/70

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil Uji		Persyaratan		Metode Pengujian
		20% RAP	30% RAP	Min	Maks	
1	Penetrasi , 25°C (dmm)	57,2	56,6	60	79	SNI 06-2456-1991
2	Titik Lembek, °C	51	51.5	48	-	SNI 06-2434-1991

Sumber: Pradani, 2011

Tabel 4. Hasil Pengujian Sifat Fisik Aspal Pen 60/70 + Aspal RAP + Polimer SBS

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil Uji				Persyaratan		Metode Pengujian
		20% RAP		30% RAP		Min	Maks	
		2,5% SBS	5% SBS	2,5% SBS	5% SBS			
1	Penetrasi , 25°C (dmm)	46,20	41,40	43,83	40,30	40	-	SNI 06-2456-1991
2	Titik Lembek, °C	54,3	55,2	54,8	56,0	54	-	SNI 06-2434-1991

Sumber: Pradani, 2011

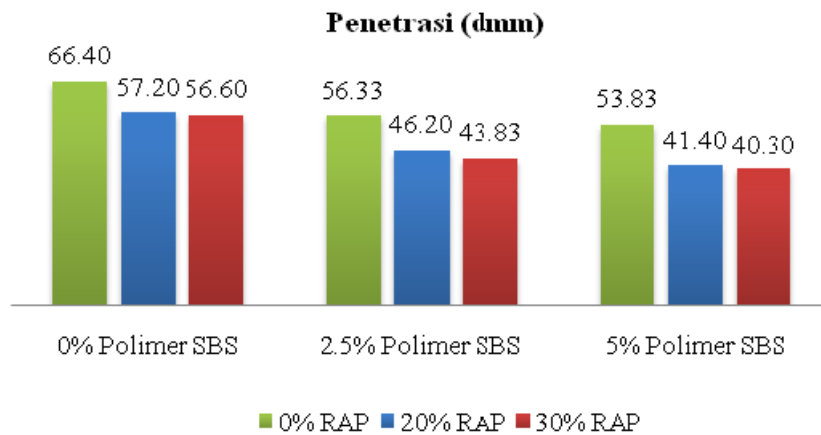
b. Perbandingan Sifat Fisik Aspal

Pengujian terhadap sifat-sifat fisik aspal hasil ekstraksi (aspal RAP) menunjukkan bahwa nilai penetrasi aspal hasil ekstraksi tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, maka dari itu perlu dilakukan penambahan aspal baru agar dapat mendekati spesifikasi yang disyaratkan. Untuk mengetahui sifat-sifat teknis aspal dari pencampuran aspal lama dengan aspal baru dilakukan pengujian dengan melakukan penambahan aspal lama sebesar 20% dan 30% ke dalam aspal baru (Pen 60/70) dengan modifikasi aspal Polimer SBS dengan persentase 0%, 2,5% dan 5%.

Hasil pengujian terhadap sifat-sifat teknis aspal lama dengan aspal baru dengan modifikasi polimer SBS diberikan pada **Tabel 3 dan Tabel 4**. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa nilai penetrasi pada campuran aspal lama dengan aspal baru baik yang ditambahkan Polimer SBS atau

tanpa Polimer SBS memenuhi batasan Spesifikasi yaitu dalam rentang minimal 40. Hasil dari pengujian penetrasi standar (25°C) didapat nilai penetrasi aspal Pen 60/70 sebesar 66,40 hasil ini memenuhi syarat Kementerian Pekerjaan Umum 2010 berada dalam rentang nilai 60-79 dan aspal modifikasi polimer SBS 2,5% sebesar 56,33 sedangkan untuk persentase Polimer SBS 5% sebesar 53,83, hal ini memenuhi syarat Kementerian Pekerjaan Umum 2010 yaitu untuk polimer elastomer sintesis minimal 40.

Dari hasil pengujian penetrasi tersebut bisa kita lihat bahwa pada aspal modifikasi Polimer SBS memiliki nilai penetrasi lebih rendah dari pada aspal pen 60/70, hal ini menunjukkan dengan adanya penambahan persentase Polimer SBS, aspal akan menjadi lebih keras. Sedangkan perbandingan untuk nilai penetrasi ditunjukkan pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Perbandingan Nilai Penetrasi

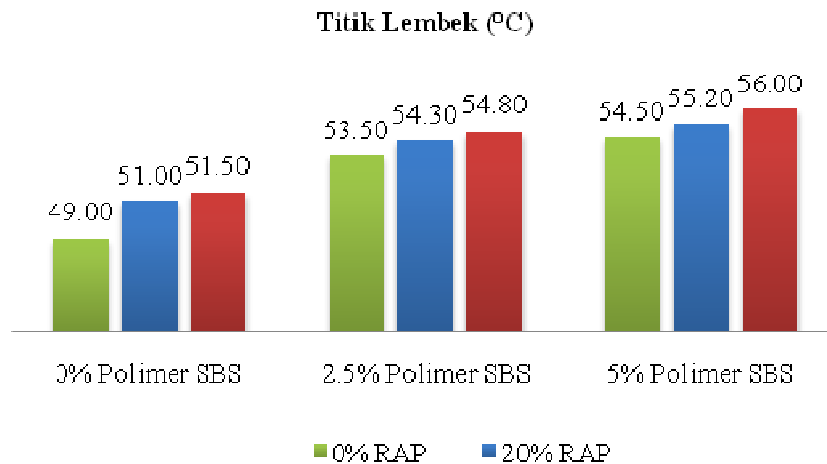
Dari **Gambar 5**, dapat dilihat bahwa dengan adanya penambahan polimer SBS pada campuran maka terjadi penurunan nilai penetrasi. Hal ini dimungkinkan karena aspal modifikasi polimer elastomer yang pada dasarnya telah memiliki nilai penetrasi yang cukup rendah, bersinergi bersama aspal RAP yang telah mengeras karena proses *aging* selama masa layannya. Sehingga nilai penetrasi yang dihasilkan akan semakin menurun atau kekerasan aspal yang meningkat seiring dengan kenaikan persentase polimer SBS dan penambahan material RAP. Penurunan nilai penetrasi ini memenuhi batas spesifikasi yaitu minimal 40 dmm yang masuk kedalam kategori aspal modifikasi polimer.

Nilai titik lembek menunjukkan kenaikan seiring dengan penambahan persentase polimer SBS dan penambahan RAP seperti diperlihatkan pada **Tabel 3 dan Tabel 4**. Nilai titik lembek menunjukkan Aspal Pen sebesar 49°C memenuhi persyaratan Kementerian Pekerjaan Umum 2010

yaitu minimal 48°C, untuk aspal modifikasi polimer SBS 2,5% sebesar 53,5 sedangkan untuk persentase Polimer SBS 5% sebesar 54,50, hal ini menunjukkan pada persentase 2,5% polimer SBS tidak memenuhi syarat Kementerian Pekerjaan Umum 2010 yang mensyaratkan nilai minimum titik lembek 54°C. Hal ini disebabkan karena pengaruh polimer SBS sebesar 2,5% belum berfungsi optimal untuk menaikkan nilai titik lembek hingga masuk kedalam klasifikasi aspal Polimer. Meskipun demikian pengaruh Polimer SBS dapat terlihat setelah kadar polimer dinaikkan menjadi 5% dimana titik lembeknya meningkat dan lebih tinggi dibandingkan dengan aspal Pen 60/70.

Nilai titik lembek yang menunjukkan kenaikan seiring dengan penambahan persentase polimer SBS dan penambahan RAP dikarenakan tingkat kekerasan aspal yang berbanding lurus dengan kenaikan persen polimer SBS dan material RAP. Kenaikan titik lembek ini diharapkan dapat mengatasi masalah temperatur perkerasan yang

tinggi. Perbandingan nilai titik lembek pada setiap persentase polimer SBS ditunjukkan dalam **Gambar 6**.



Gambar 6. Perbandingan Nilai Titik Lembek

b. Analisis Kepekaan Aspal Terhadap Temperatur

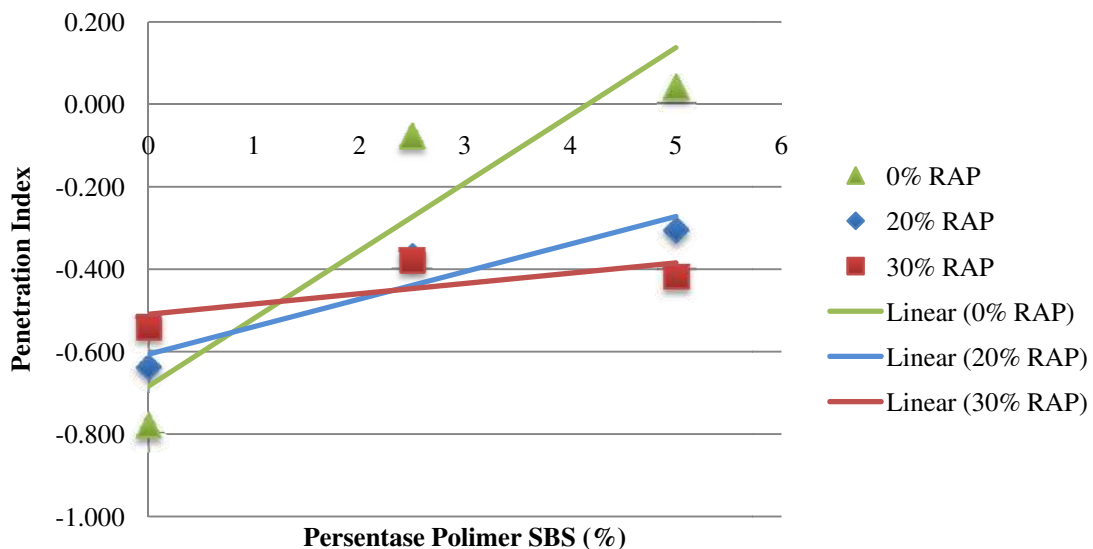
Pada dasarnya semua jenis aspal bersifat *thermoplastic*, yaitu dapat berubah sifat tergantung temperatur dimana bila dipanaskan menjadi lunak dan menjadi keras bila didinginkan. Kepekaan terhadap temperatur dapat ditunjukkan dengan nilai Indeks Penetrasi (PI). Persamaan yang digunakan dalam menentukan nilai PI yaitu persamaan Pfeiffer

dan Van Doormall (**Persamaan 1**). Nilai kemiringan A merupakan fungsi tegas dari nilai PI, karenanya nilai kemiringan A dapat digunakan dengan tujuan yang sama dengan PI.

Nilai Penetrasi Indeks (PI) berdasarkan **Persamaan 1** disajikan dalam **Tabel 5** dan **Gambar 7** yang memperlihatkan hubungan antara nilai PI dengan penambahan polimer SBS dan aspal RAP hasil ekstraksi.

Tabel 5. Nilai *Penetration Indeks (PI)* tiap Komposisi Campuran Aspal

	Komposisi 0% RAP			Komposisi 20% RAP			Komposisi 30% RAP		
	0% SBS	2,5% SBS	5% SBS	0% SBS	2,5% SBS	5% SBS	0% SBS	2,5% SBS	5% SBS
Penetration Index (PI)	-0,782	-0,077	-0,040	-0,641	-0,370	-0,307	-0,544	-0,379	-0,419



Gambar 7. Perbandingan Nilai *Penetration Indeks (PI)*

Berdasarkan nilai PI yang diperoleh (**Gambar 7**) terlihat bahwa penambahan polimer SBS dapat meningkatkan nilai PI. Nilai PI yang makin meningkat menunjukkan ketahanan aspal terhadap perubahan temperatur. Pada aspal tanpa penambahan aspal RAP, nilai PI menunjukkan kecenderungan semakin tahan terhadap perubahan temperatur seiring dengan penambahan polimer SBS. Pada kondisi ini polimer SBS menunjukkan konsistensinya sebagai *modifier*.

Penambahan aspal RAP dapat meningkatkan nilai PI pada kadar polimer SBS 0%, namun dengan penambahan polimer SBS, maka campuran aspal RAP dan aspal Pen 60/70 akan mengalami penurunan nilai PI. Hal ini disebabkan karena nilai penetrasi aspal RAP yang rendah bersinergi bersama aspal polimer yang juga memiliki penetrasi yang rendah.

Penambahan polimer SBS secara konsisten dapat memperbaiki nilai PI pada campuran aspal PEN 60/70 dan aspal RAP. Fenomena ini terlihat dari nilai PI sebesar -0,307 pada kadar aspal RAP 20% dan polimer SBS 5% serta nilai PI sebesar -0,419 pada kadar aspal RAP 30% dan polimer SBS 5%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan polimer SBS dapat meningkatkan ketahanan aspal terhadap perubahan temperatur. Dengan harapan bila digunakan sebagai material perkerasan jalan, aspal modifikasi ini tidak akan menjadi *brittle* pada temperatur yang rendah dan tidak terlampaui plastis pada temperatur tinggi

Berdasarkan **Gambar 7**, terlihat bahwa kurva pada campuran aspal tanpa aspal RAP memberikan kurva yang lebih curam dibandingkan kedua kurva lainnya. Tingkat kecuraman kurva ini menunjukkan kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur. Makin curam kurva PI, maka makin peka aspal tersebut terhadap perubahan temperatur. Namun nilai PI dari seluruh variasi campuran aspal masih memenuhi spesifikasi yang disyaratkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum, 2010 yaitu minimal -1,0.

KESIMPULAN

Nilai Penetrasi aspal Pen 60/70 yang ditambahkan aspal RAP, cenderung mengalami penurunan atau makin keras. Pada kadar RAP 20% nilai penetrasi 57,20 dmm sedangkan pada kadar RAP 30% nilai penetrasi 56,60 dmm. Penambahan polimer SBS cenderung menaikkan nilai penetrasi dimana pada RAP 20% nilai penetrasi 46,20 dmm (SBS 2,5%) dan 41,40 dmm (SBS 5%). Sedangkan pada RAP 30% nilai penetrasinya sebesar 43,83 dmm (SBS 2,5%) dan 40,30 dmm (SBS 5%).

Nilai Titik Lembek mengalami kenaikan seiring dengan penambahan aspal RAP dan polimer SBS.

Nilai Penetrasi Index (PI) pada campuran aspal Pen 60/70 yang ditambahkan aspal RAP mengalami kenaikan seiring penambahan polimer SBS. Nilai PI tertinggi pada kadar RAP 20% sebesar -0,307 pada persentase SBS 5%, sedangkan pada kadar RAP 30% sebesar -0,419 pada persentase SBS 5%.

Ketahanan terhadap temperatur akan meningkat seiring dengan makin meningkatnya nilai PI. Campuran dengan RAP 20% menunjukkan ketahanan terhadap temperatur yang lebih baik dibandingkan RAP 30% pada kondisi polimer SBS 5%.

DAFTAR PUSTAKA

- Bethary, R.T., 2010, *Kinerja Modulus Resilien dan Fatigue dari Campuran Lapis Pengikat (AC-BC) yang memakai Material Hasil Daur Ulang (Recycling) dan Polimer Neoprene*, Tesis, Program Magister Sistem dan Teknik Jalan Raya (STJR), Institut Teknologi Bandung
- Callister, Jr. W.D., 2003, *Material Science and Engineering An Introduction*, sixth edition, John Wiley & Sons, Inc., USA
- Kementerian Pekerjaan Umum, 2010, *Seksi 6.3 Spesifikasi Campuran Beraspal Panas*.
- Pradani. N., 2011, *Kinerja Modulus Resilien dan Fatigue Dari Campuran Lapis Aus (Ac-Wc) Yang Menggunakan Material Hasil Daur Ulang dan Polimer Styrene-Butadiene-Styrene (SBS)*, Tesis, Program Magister Sistem dan Teknik Jalan Raya (STJR), Institut Teknologi Bandung
- Rilem Report 17, 1998, *Bituminous Binders and Mixes*, E & FN Spon an imprint of Routledge, London
- Shell Bitumen, 2003, *The Shell Bitumen Handbook*, Shell Bitumen, U.K.