

KAJIAN PERBANDINGAN PENGGUNAAN ASPAL MODIFIKASI ASBUTON DAN ASPHALT RUBBER (AR) UNTUK INFRASTRUKTUR JALAN

Eva Wahyu Indriyati

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman
Jl. Mayjen. Sungkono KM 5 Blater Purbalingga
e-mail: eva.indriyati@unsoed.ac.id

Abstract: An alternative solution to reduce road damage because of overload is by modifying asphalt with the harder bitumen or other chemical compound. Asbuton and used tyres powder are some of materials that are used to improve the bitumen performance on rheological properties. Asbuton is selected to improve the rheological properties of asphalt Pen 60/70 regarding to the nature of Asbuton that has higher level of hardness and also its large availability in Buton Island. Whereas, the use of used tyres powder at the Asphalt Rubber (AR) based on the results of previous researches indicates the number of excess Asphalt Rubber (AR) advantages in the asphalt mixture, including increasing resistance to rutting and cracking, reducing fatigue/reflection cracking, decreasing sensitivity to temperature, and more durable thereby lowering maintenance costs. In order to obtain a better understanding on the contribution of Asbuton and used tyres powder to the improvement of performance on rheological properties, asphalt modified with Asbuton and Asphalt Rubber (AR) are then subjected to the mechanistic test using Dynamic Shear Rheometer. The conclusion of the mechanistic rheological performance is that asphalt modified with Asbuton and Asphalt Rubber (AR) result better Performance Grade (PG). Furthermore, the result from the analysis of pavement damage criteria show that the Asphalt Rubber (AR) has better resistance of permanent deformation and fatigue cracking, whereas the increasing proportion of Asbuton will increase its performance on permanent deformation but it will decrease its resistance of fatigue cracking.

Keywords: roads, asphalt modification, asbuton, used tyres powder

Abstrak: Salah satu usaha mengurangi kerusakan jalan akibat beban yang berlebih adalah memodifikasi aspal dengan aspal yang lebih keras atau bahan kimia lain. Beberapa material yang digunakan untuk membentuk aspal modifikasi yang memiliki sifat reologi yang lebih baik adalah Asbuton dan serbuk ban bekas. Asbuton dipilih untuk meningkatkan sifat reologi aspal minyak Pen 60/70 karena sifat dasar Asbuton yang memiliki tingkat kekerasan yang lebih tinggi serta deposit yang sangat besar di daerah asalnya yaitu Pulau Buton. Sedangkan penggunaan serbuk ban bekas pada *Asphalt Rubber* (AR) didasari pada hasil penelitian terdahulu yang menunjukkan banyaknya kelebihan *Asphalt Rubber* (AR) dalam campuran beraspal, diantaranya meningkatkan ketahanan terhadap alur, meningkatkan ketahanan terhadap retak permukaan perkerasan, mengurangi *fatigue/reflection cracking*, menurunkan kepekaan terhadap temperatur, lebih awet sehingga menurunkan biaya pemeliharaan. Untuk dapat memperoleh gambaran dari perbaikan sifat reologi akibat penambahan Asbuton dan serbuk ban bekas dilakukan kajian dari hasil pengujian sifat reologi mekanistik dengan alat *Dynamic Shear Rheometer* pada aspal modifikasi Asbuton dan *Asphalt Rubber* (AR). Kesimpulan dari sisi sifat reologi mekanistik aspal modifikasi Asbuton dan *Asphalt Rubber* (AR) adalah bahwa kedua aspal modifikasi tersebut menghasilkan nilai *Performance Grade* (PG) yang lebih baik. Selanjutnya dari analisis terhadap kriteria kerusakan perkerasan, disimpulkan bahwa *Asphalt Rubber* (AR) memiliki ketahanan lebih baik terhadap deformasi permanen maupun terhadap retak lelah, sedangkan penambahan Asbuton pada aspal minyak Pen 60/70 akan meningkatkan ketahanan terhadap deformasi permanen, tetapi mengurangi ketahanan terhadap retak lelah.

Kata kunci: : infrastruktur jalan, aspal modifikasi, asbuton, serbuk ban bekas

PENDAHULUAN

Transportasi merupakan urat-nadi kehidupan politik, ekonomi, sosial-budaya dan pertahanan keamanan nasional yang sangat vital perannya dalam ketahanan nasional. Sistem transportasi yang handal, dengan memiliki kemampuan daya dukung struktur tinggi, dan kemampuan jaringan yang efektif dan efisien dibutuhkan untuk mendukung pengembangan wilayah, pembangunan ekonomi, mobilitas manusia, barang dan jasa yang muaranya meningkatkan daya saing nasional.

Infrastruktur jalan di Indonesia mempunyai peran yang vital dalam transportasi nasional dengan melayani sekitar 92% angkutan penumpang dan 90% angkutan barang pada jaringan jalan yang ada. Sejauh ini total nilai kapitalisasi aset infrastruktur Jalan Nasional saja telah melebihi dua ratus triliun rupiah, yang perannya sangat strategis dalam menurunkan biaya transportasi, sehingga terus dikembangkan agar semakin handal sebagai prasyarat peningkat daya saing ekonomi nasional dan daerah (Bina Marga, 2010).

Jalan – jalan di Indonesia keadaannya sangat bervariasi, dari keadaan baik, sedang, rusak ringan, rusak berat dan tidak tembus atau tidak dapat dilalui. Berdasarkan data Direktorat Jenderal Bina Marga, panjang jalan nasional di Indonesia pada tahun 2009 adalah 34.628,90 km. Dari jumlah itu, hanya 48% atau 16.694,80 km yang dalam kondisi baik. Sisanya 38% dalam kondisi sedang, 12% rusak ringan, 1% rusak berat dan 1% tidak tembus.

Salah satu usaha mengurangi kerusakan jalan akibat beban yang berlebih adalah menaikkan mutu campuran beraspal dengan cara memperbaiki atau meningkatkan mutu aspal (bitumen). Aspal sendiri merupakan bahan pengikat yang memegang peranan penting dalam kuat tidaknya suatu campuran beraspal. Untuk meningkatkan mutu aspal dapat dilakukan dengan menambahkan berbagai macam bahan tambah ke dalam campuran aspal. Bahan tambah tersebut dapat berupa aspal alam, polimer ataupun limbah.

Asbuton (Aspal Batu Buton) adalah salah satu hasil alam yang dimiliki oleh Indonesia. danya deposit Asbuton merupakan peluang dan

sekaligus tantangan bagi para peneliti, praktisi, dan semua pihak yang terkait dengan perkerasan jalan. Sebagai peluang, Asbuton merupakan aspal alam dengan deposit terbesar dibanding deposit aspal alam lainnya di dunia, dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengikat pada perkerasan jalan menggantikan aspal minyak. Sebagai tantangan, penggunaan Asbuton sebagai bahan pengikat pada perkerasan jalan tidak sesederhana atau semudah penggunaan aspal minyak, tapi secara prinsip para peneliti sudah menunjukkan bahwa Asbuton dapat digunakan pada perkerasan jalan meski masih terdapat beberapa kendala pada pelaksanaannya.

Sedangkan limbah yang sudah sering diteliti penggunaannya pada campuran perkerasan jalan adalah limbah ban bekas. Hasil penelitian di luar negeri dalam hal pemeliharaan dan rehabilitasi infrastruktur jalan menunjukkan banyaknya kelebihan *Asphalt Rubber* (AR) dalam campuran beraspal, diantaranya kekentalan yang tinggi sehingga dapat meningkatkan ketahanan terhadap alur, titik lembek yang tinggi dan resilien yang lebih baik (Katman et al, 2009; Abdelaziz and Karim, 2003, Fontes et al, 2010; Wong and Wong, 2007; Thodesen et al, 2009 dalam Mashaan et al, 2011). *Asphalt Rubber* (AR) juga dapat meningkatkan ketahanan terhadap retak permukaan perkerasan, mengurangi *fatigue/reflection cracking*, menurunkan kepekaan terhadap temperatur, lebih awet sehingga menurunkan biaya pemeliharaan.

Penggunaan Asbuton atau serbuk ban bekas sebagai aditif pada campuran perkerasan jalan akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap sifat campuran itu sendiri. Indriyati (2012) menyatakan bahwa sifat campuran yang mengandung bitumen Asbuton murni mengalami peningkatan ketahanan terhadap deformasi permanen (*Permanent Deformation*) tetapi mengurangi ketahanan terhadap retak lelah (*Fatigue Cracking*), seiring dengan penambahan kadar Asbuton murni. Sedangkan aspal minyak penetrasi 60/70 yang mengandung serbuk ban bekas akan memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi permanen dan retak lelah jika dibandingkan dengan aspal minyak pen 60/70 itu sendiri pada suhu pengujian 58, 64 dan 70°C (Palupi, 2013). Pada kajian mengenai Performance Grade (PG), baik

Tabel 1. Kondisi Jalan Nasional 2005 – 2009

No.	Kondisi Jalan	2005		2006		2007		2008		2009	
		Km	%	Km	%	Km	%	Km	%	Km	%
1	Baik	17,041.08	0.49	10,696.70	0.31	10,666.90	0.31	17,200.90	0.50	16,694.80	0.48
2	Sedang	10,869.39	0.31	17,283.40	0.50	17,805.10	0.51	11,620.20	0.34	13,092.80	0.38
3	Rusak Ringan	2,885.26	0.08	3,854.20	0.11	4,536.40	0.13	4,617.90	0.13	4,014.70	0.12
4	Rusak berat	3,833.06	0.11	2,794.60	0.08	1,620.50	0.05	1,189.90	0.03	320.30	0.01
5	Tidak Tembus	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	506.30	0.01
TOTAL		34,628.79		34,628.90		34,628.90		34,628.90		34,628.90	

Sumber: Bina Marga, 2010

Penggunaan Asbuton atau serbuk ban bekas sebagai aditif pada campuran perkerasan jalan akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap sifat campuran itu sendiri. Indriyati (2012) menyatakan bahwa sifat campuran yang mengandung bitumen Asbuton murni mengalami peningkatan ketahanan terhadap deformasi permanen (*Permanent Deformation*) tetapi mengurangi ketahanan terhadap retak lelah (*Fatigue Cracking*), seiring dengan penambahan kadar Asbuton murni. Sedangkan aspal minyak penetrasi 60/70 yang mengandung serbuk ban bekas akan memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi permanen dan retak lelah jika dibandingkan dengan aspal minyak pen 60/70 itu sendiri pada suhu pengujian 58, 64 dan 70°C (Palupi, 2013). Pada kajian mengenai Performance Grade (PG), baik aspal modifikasi Asbuton maupun Asphalt Rubber menghasilkan nilai PG yang lebih besar dibanding aspal pen 60/70 murni (Indriyati dan Palupi, 2015). Tetapi tentu saja penggunaan Asbuton atau serbuk ban bekas akan memberikan penambahan kekuatan yang berbeda pada campuran perkerasan, sehingga perlu dibandingkan penambahan kekuatan terhadap kerusakan akibat penggunaan Asbuton dan serbuk ban bekas.

METODOLOGI

Kajian dilakukan dengan percobaan laboratorium. Langkah awal adalah persiapan material yang digunakan pada kajian ini, yaitu aspal pen 60/70 produksi Pertamina, Asbuton murni hasil ekstraksi dan serbuk ban bekas.

Aspal modifikasi Asbuton

Aspal modifikasi Asbuton dibuat dengan mencampurkan aspal pen 60/70 dan Asbuton murni dengan prosentase kadar Asbuton murni yang sudah ditentukan sebelumnya, yaitu 2%, 4%, 6%, 8% dan 10%. Asbuton yang digunakan adalah Asbuton murni yang diperoleh dari hasil ekstraksi Asbuton Lawele.

Analisis parameter reologi mekanistik dan kriteria kerusakan perkerasan untuk aspal modifikasi Asbuton dilakukan pada kadar Asbuton optimum menurut Indriyati (2012), yaitu 10%.

Asphalt Rubber (AR)

Asphalt Rubber (AR) dibuat dengan mencampurkan aspal pen 60/70 dan serbuk ban bekas, dengan prosentase kadar serbuk ban bekas yang digunakan adalah 16%, 18%, 20% dan 22%.

Proses pencampuran dilakukan ketika temperatur aspal dasar berada antara rentang 177°C – 204°C. Serbuk ban bekas ditambahkan dan diaduk sedemikian rupa dan sehingga terjadi campuran yang homogen. Proses pencampuran ini dilakukan selama 1 jam, dengan tujuan memberikan waktu reaksi yang cukup untuk serbuk ban bekas dan aspal dasar. Selama proses pencampuran, dilakukan pengamatan kekentalan dengan menggunakan alat viskometer rion serta temperatur campuran, setiap interval 15 menit.



Gambar 1. Proses Pencampuran Asphalt Rubber

Analisis parameter reologi mekanistik dan kriteria kerusakan perkerasan untuk Asphalt Rubber (AR) dilakukan pada kadar serbuk ban bekas optimum. Palupi (2013) menyatakan bahwa Asphalt Rubber optimum untuk aspal yang menggunakan serbuk ban bekas dicapai pada Asphalt Rubber dengan proporsi serbuk ban bekas sebesar 16%.

Analisis parameter reologi mekanistik

Parameter reologi mekanistik yang dikaji adalah nilai Performance Grade (PG). Nilai Performance Grade (PG) diperoleh dari pengujian laboratorium dengan alat DSR. Performance Grade (PG) yang diperoleh pada pengujian ini adalah PG atas, yaitu nilai PG yang menyatakan temperatur tertinggi lapisan beraspal tanpa mengalami deformasi dengan batasan minimal nilai $G^*/\sin \delta$ adalah sebesar 1 kPa. Selain nilai PG, pengujian DSR juga menghasilkan nilai Complex Shear Modulus (G^*) dan Phase Angle (δ).

Analisis kriteria kerusakan perkerasan

Kriteria kerusakan yang ditinjau pada kajian ini adalah Permanent Deformation dan Fatigue Cracking. Kajian kriteria kerusakan Permanent Deformation dilakukan pada suhu dimana Permanent Deformation tersebut terjadi, yaitu pada PG atas. Menurut Nono yang dikutip oleh

Kurniadji (2008), PG atas yang terjadi di Indonesia adalah 70 °C.

Sedangkan untuk kriteria Fatigue Cracking, analisis dilakukan pada suhu dimana kriteria kerusakan tersebut terjadi, yaitu pada PG bawah. Menurut Nono yang dikutip oleh Kurniadji (2008), PG bawah yang terjadi di Indonesia adalah pada suhu 22 °C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian Dynamic Shear Rheometer (DSR)

Pengujian laboratorium dengan alat DSR yang dilakukan, menghasilkan nilai Performance Grade (PG), Complex Shear Modulus (G^*) dan Phase Angle (δ) untuk 3 (tiga) jenis aspal, yaitu aspal minyak pen 60/70, aspal modifikasi Asbuton 10% dan Asphalt Rubber 16%. Pada kajian ini sapuan temperatur (temperature sweep) tidak dimulai dari suhu -20 °C atau 10 °C seperti pada referensi atau penelitian terdahulu, melainkan menyesuaikan dengan kondisi cuaca dan suhu yang ada di Indonesia yaitu 58°C, 64°C dan 70°C. Hasil pengujian laboratorium dengan alat DSR disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian DSR

Jenis Aspal	Suhu Pengujian (°C)	PG (°C)	G* (Pa)	δ
Aspal minyak pen 60/70	58	67,67	3575	85,52
	64		1591	86,93
	70		743	88,00
Aspal modifikasi Asbuton 10%	58	71,33	5764	84,18
	64		2518	85,95
	70		1154	87,28
Asphalt Rubber 16%	58	75,29	19940	56,47
	64		11910	57,78
	70		7321	59,68

Analisis Performance Grade (PG)

Performance Grade (PG) adalah salah satu metoda yang digunakan untuk mengklasifikasikan aspal berdasarkan kinerjanya. Terdapat dua nilai pada setiap PG. Nilai pertama menyatakan temperatur tertinggi lapisan beraspal tanpa deformasi, dengan batasan nilai minimal $G^*/\sin \delta$ adalah 1 kPa, sedangkan nilai kedua menyatakan temperatur

terendah lapisan beraspal tanpa retak di lokasi aspal tersebut ditempatkan, dengan batasan nilai maksimal $G^* \cdot \sin \delta$ adalah 5.000 kPa (Asphalt Institute, 1996).

Performance Grade (PG) yang ditinjau pada kajian ini adalah PG atas, yaitu nilai PG yang menyatakan temperatur tertinggi lapisan beraspal tanpa mengalami deformasi. Nilai *Performance Grade* (PG) untuk aspal minyak pen 60/70, aspal modifikasi Asbuton 10% dan *Asphalt Rubber* 16% diberikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai *Performance Grade* (PG)

Jenis Aspal	PG
Aspal minyak pen 60/70	67,67
Aspal modifikasi Asbuton 10%	71,33
<i>Asphalt Rubber</i> 16%	75,29

Untuk kondisi Indonesia dengan kebutuhan kelas kinerja aspal PG 70, campuran beraspal yang menggunakan aspal minyak Pen 60/70 dengan PG 67,67 kurang memenuhi kinerja perkerasan yang dibutuhkan karena akan cenderung mengalami deformasi permanen. Sedangkan aspal modifikasi Asbuton dan *Asphalt Rubber* dapat menjadi alternatif solusi yang lebih baik karena menghasilkan nilai PG yang lebih baik dan memenuhi kebutuhan kinerja perkerasan. Aspal modifikasi Asbuton 10% memberikan nilai PG 71,33, lebih rendah jika dibandingkan dengan *Asphalt Rubber* 16% dengan nilai PG 75,29.

Analisis kriteria kerusakan *Permanent Deformation*

Permanent deformation adalah peristiwa penurunan lapis perkerasan secara permanen. Deformasi ini dikatakan permanen karena deformasi yang terjadi pada permukaan perkerasan tidak kembali lagi ke posisi awal (*unrecoverable*) setelah terjadi pembebanan.

Kajian kriteria kerusakan *Permanent Deformation* dilakukan pada suhu dimana *Permanent Deformation* tersebut terjadi, yaitu pada PG atas. Menurut Nono yang dikutip oleh Kurniadji (2008), PG atas yang terjadi di Indonesia adalah 70°C. Tabulasi perhitungan batas *Permanent Deformation* disajikan pada Tabel 4.

Dari tabel perhitungan batas *Permanent Deformation* tersebut dapat diketahui bahwa aspal minyak pen 60/70 menghasilkan nilai $IG^*/\sin \delta$ pada suhu 70°C yang terendah yaitu 0,743 kPa. Sedangkan $IG^*/\sin \delta$ untuk aspal modifikasi Asbuton 10% mempunyai nilai yang lebih tinggi yaitu 1,155 kPa dan *Asphalt Rubber* menghasilkan nilai $IG^*/\sin \delta$ yang tertinggi dibanding kedua jenis aspal lainnya yaitu 8,481 kPa.

Tabel 4. Perhitungan Batas *Permanent Deformation*

Jenis Aspal	<i>Permanent Deformation</i>		
	$T = 70^\circ\text{C}$		
	G^* (Pa)	δ	$IG^*/\sin \delta$
Aspal minyak pen 60/70	743	88,00	743,15
Aspal modifikasi Asbuton 10%	1154	87,28	1155,30
<i>Asphalt Rubber</i> 16%	7321	59,68	8481,00

Menurut Asphalt Institute (1997) bitumen yang memiliki nilai $IG^*/\sin \delta$ lebih besar dari 1,00 kPa adalah bitumen yang dapat kuat terhadap kriteria kerusakan *Permanent Deformation*. Dari batasan tersebut diketahui bahwa aspal minyak pen 60/70 tidak kuat menahan kerusakan *Permanent Deformation* pada suhu 70°C, dan aspal modifikasi Asbuton 10% dan *Asphalt Rubber* 16% mampu menahan kriteria kerusakan *Permanent Deformation* dengan kekuatan terbaik dihasilkan oleh *Asphalt Rubber* 16%.

Analisis kriteria kerusakan *Fatigue Cracking*

Kelelahan (*fatigue*) adalah konsep menilai kinerja campuran beraspal yang didasarkan pada hubungan antara tegangan dan regangan dengan umur kelelahan. Dalam kaitannya dengan pengujian DSR, *Fatigue Cracking* dapat dicegah jika bitumen memiliki nilai $G^* \cdot \sin \delta$ kurang dari 5.000 kPa pada suhu pengujian.

Analisis *Fatigue Cracking* dilakukan pada suhu dimana kriteria kerusakan tersebut terjadi, yaitu pada PG bawah. Menurut Nono yang dikutip oleh Kurniadji (2008), PG bawah yang terjadi di Indonesia adalah pada suhu 22°C. Untuk menghitung batasan nilai $IG^* \cdot \sin \delta$ pada suhu

22°C diperlukan nilai G^* dan δ pada suhu yang sama.

Untuk aspal minyak pen 60/70 dan aspal modifikasi Asbuton, nilai G^* dan δ pada suhu 22°C dihitung menggunakan yang telah dibentuk oleh Indriyati (2012) sebagai berikut:
 $G^* = 10269633 - 172058 T + 41701,538 (Ab)$
 dengan $G^* = \text{Complex Shear Modulus (Pa)}$, $T =$ suhu (°C), $Ab =$ kadar Asbuton.
 $\delta = 65941 + 0,357 T - 0,288 (Ab)$
 dengan $\delta = \text{Phase Angel}$, $T =$ suhu (°C), $Ab =$ kadar Asbuton.

Sedangkan untuk *Asphalt Rubber*, persamaan hubungan antara suhu pengujian (T) dengan *Complex Shear Modulus* (G^*) dan *Phase Angel* (δ) adalah sebagai berikut:
 $G^* = 47,792 \cdot T^2 - 7168,9 \cdot T + 274966$
 dengan $G^* = \text{Complex Shear Modulus (Pa)}$, $T =$ suhu (°C).
 $\delta = 0,0082 \cdot T^2 - 0,7814 \cdot T + 74,224$
 dengan $\delta = \text{Phase Angel}$, $T =$ suhu (°C).

Tabel 5. Perhitungan Batas *Fatigue Cracking*

Jenis Aspal	<i>Fatigue Cracking T = 22°C</i>		
	G^* (Pa)	δ	$ G^* . \sin \delta$
Aspal minyak pen 60/70	6484357	78,00	6342564
Aspal modifikasi Asbuton 10%	6901372	74,60	6653709
<i>Asphalt Rubber</i> 16%	140381,5	61,002	122782,8

Tabulasi perhitungan nilai $|G^*|. \sin \delta$ pada suhu 22°C disajikan pada Tabel 5. Dari tabel perhitungan batas *Fatigue Cracking* tersebut dapat diketahui bahwa aspal modifikasi Asbuton 10% menghasilkan nilai $|G^*|. \sin \delta$ pada suhu 22°C yang tertinggi yaitu 6653,709 kPa. Sedangkan $|G^*|. \sin \delta$ untuk aspal minyak pen 60/70 mempunyai nilai yang lebih rendah yaitu 6342,564 kPa dan *Asphalt Rubber* 16% menghasilkan nilai $|G^*|. \sin \delta$ yang terendah dibanding kedua jenis aspal lainnya yaitu 122,7828 kPa.

Menurut Asphalt Institute (1997) bitumen yang memiliki nilai $|G^*|. \sin \delta$ lebih kecil dari 5000 kPa adalah bitumen yang dapat kuat terhadap kriteria kerusakan *Fatigue Cracking*. Dari batasan tersebut dapat diketahui bahwa pada suhu 22°C, aspal minyak pen 60/70 tidak dapat

menahan *Fatigue Cracking* karena nilai $|G^*|. \sin \delta$ yang dihasilkan melebihi batasan yang disyaratkan yaitu 5000 kPa. Sedangkan *Asphalt Rubber* 16% adalah satu-satunya jenis aspal yang dinyatakan kuat terhadap kriteria kerusakan *Fatigue Cracking* pada suhu 22°C dengan nilai $|G^*|. \sin \delta$ sebesar 122,7828 kPa.

Analisis perbandingan penggunaan Asbuton dan *Asphalt Rubber*

Asbuton merupakan aspal alam dengan deposit terbesar dibanding deposit aspal alam lainnya di dunia. Tetapi penggunaan Asbuton sebagai bahan pengikat pada perkerasan jalan tidak sesederhana atau semudah penggunaan aspal minyak, tapi secara prinsip para peneliti sudah menunjukkan bahwa Asbuton dapat digunakan pada perkerasan jalan meski masih terdapat beberapa kendala pada pelaksanaannya.

Salah satu kendala yang dihadapi pada penggunaan Asbuton adalah kekerasan Asbuton yang sangat jauh berbeda dengan aspal minyak pen 60/70. Dari tingkat kekerasannya Asbuton dapat diklasifikasikan ke dalam aspal keras dengan nilai penetrasi pada suhu 25°C yang sangat rendah. Dengan kondisi ini, Asbuton hanya dapat digunakan sebagai bahan tambah (aditif) pada aspal minyak pen 60/70 dengan prosentase maksimal 10%, mengingat sifat reologi dasar yang akan dihasilkannya (Indriyati, 2012).

Kendala lain pada penggunaan Asbuton adalah eksploitasi yang belum maksimal dari depositnya. Pada kajian ini, jenis Asbuton yang digunakan adalah Asbuton hasil ekstraksi murni. Sedangkan produsen yang memproduksi Asbuton ekstraksi murni ini masih terbatas dibandingkan dengan jenis-jenis produk Asbuton lainnya.

Ban bekas sebagai bahan baku serbuk ban bekas cukup tersedia. Dalam pelaksanaan kegiatan pemeliharaan dan rehabilitasi dengan menggunakan *Asphalt Rubber* (AR), dibutuhkan sistem pengendalian mutu yang lebih ketat untuk memastikan perkerasan dengan kinerja yang diharapkan, terutama dalam kaitannya dengan keragaman viskositas.

Dari segi proses pencampuran *Asphalt Rubber* (AR), terdapat keragaman viskositas selama

proses reaksi yang dapat menggambarkan ting-tingkat reaksi yang terjadi, dan tingkat reaksi tersebut berkorelasi dengan kinerja dasar *Asphalt Rubber* (AR).

Sedangkan dari segi biaya, penggunaan *Asphalt Rubber* (AR) diperkirakan akan lebih mahal dibandingkan aspal minyak pen 60/70 mengingat tingginya biaya produksi *Asphalt Rubber* (AR) berupa investasi alat dan energi untuk pemanasan, biaya pengembangan SDM, biaya investasi peralatan konstruksi, serta biaya pengendalian mutu.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari rangkaian kajian dan analisis yang telah dilakukan adalah:

- Asphalt Rubber* (AR) 16% memberikan pengaruh yang lebih signifikan pada parameter sifat reologi mekanistik dan kriteria kerusakan dibandingkan dengan aspal modifikasi Asbuton 10%.
- Untuk kondisi Indonesia dengan kebutuhan kelas kinerja aspal PG atas 70, campuran beraspal yang menggunakan aspal minyak pen 60/70 dengan PG 67,67 kurang memenuhi kinerja perkerasan yang dibutuhkan karena akan cenderung mengalami deformasi permanen. Sedangkan aspal modifikasi Asbuton 10% dengan PG 71,33 dan *Asphalt Rubber* 16% dengan PG 75,29 dapat menjadi alternatif solusi yang lebih baik.
- Asphalt Rubber* (AR) memiliki ketahanan yang paling baik terhadap *Permanent Deformation* pada suhu 70°C dan *Fatigue Cracking* pada suhu 22°C jika dibandingkan dengan aspal minyak pen 60/70 dan aspal modifikasi Asbuton. Hal ini ditunjukkan dengan lebih tingginya nilai $|G^*|/\sin \delta$ dan $|G^*|./\sin \delta$ *Asphalt Rubber* dibandingkan dengan nilai tersebut untuk aspal minyak pen 60/70 dan aspal modifikasi Asbuton.
- Dalam pelaksanaan kegiatan pemeliharaan dan rehabilitasi dengan menggunakan *Asphalt Rubber* (AR), dibutuhkan sistem pengendalian mutu yang lebih ketat untuk memastikan perkerasan dengan kinerja yang diharapkan, terutama dalam kaitannya dengan keragaman viskositas serta biaya investasi yang lebih besar. Sedangkan penggunaan Asbuton ekstraksi murni se-

bagai aditif pada aspal minyak pen 60/70 terkendala pada sifat Asbuton yang sangat keras dan produksi Asbuton ekstraksi murni yang masih sangat terbatas.

DAFTAR PUSTAKA

- Asphalt Institute. 1997. *Superpave Performance Graded Asphalt Binder Specification and Testing*. Asphalt Institute, USA.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2010. *Rencana Strategis 2010-2014 Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2010. *Spesifikasi Umum Dokumen Pelelangan Nasional Penyediaan Pekerjaan Konstruksi (Pemborongan) Untuk Kontrak Harga Satuan*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Indriyati, E. W. 2012. *Kajian Perbaikan Sifat Reologi Visco-Elastic Aspal dengan Penambahan Asbuton Murni Menggunakan Parameter Complex Shear Modulus*. Institut Teknologi Bandung.
- Indriyati, E. W., dan Palupi, K. A. 2015. "Kajian Perbandingan Perbaikan Sifat Reologi Pada Aspal Modifikasi Asbuton Dan Aspal Modifikasi Serbuk Ban Bekas". *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 9*, Makassar, 7-8 Oktober 2016, 633-639.
- Kurniadji. 2008. *Jurnal, Modifikasi Aspal Keras Standar Dengan Bitumen Asbuton Hasil Ekstraksi*. Puslitbang Jalan dan Jembatan. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Mashaan, N. S., All, A. H., Karim, M. R., dan Mahrez, A. 2011. "Effect of Blending Time and Crumb Rubber Content on Properties of Crumb Rubber Modified Asphalt Binder". *International Journal of the Physical Sciences* Vol 6, 9.
- Palupi, K. A., 2013. *Kajian Penggunaan Asphalt Rubber (AR) dari Serbuk Ban Bekas untuk Pemeliharaan dan Rehabilitasi Infrastruktur Jalan*. Institut Teknologi Bandung.