

PENGARUH VISKOSITAS ASPAL MODIFIKASI LIMBAH STYROFOAM DAN LIMBAH PVC TERHADAP SIFAT VOLUMETRIK CAMPURAN LASTON
Effect of Waste Styrofoam and Waste PVC Modified Asphalt Viscosity on Volumetric Properties of Asphalt Concrete

Ratna Yuniarti*, Made Mahendra*, I D M Alit Karyawan*, Desi Widianty*, Hasyim*
*Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram, Jl Majapahit 62 Mataram
Email: ratna_yuniarti@unram.ac.id, mahendramade@gmail.com, dewa19.66@gmail.com,
widiantydesi@unram.ac.id, hasyim_husien@unram.ac.id

Abstrak

Untuk meningkatkan keawetan lapis perkerasan jalan, dikembangkan aspal modifikasi polimer antara lain dengan limbah styrofoam dan limbah PVC yang memiliki nilai viskositas lebih tinggi dari aspal konvensional. Keawetan perkerasan jalan sangat ditentukan oleh sifat volumetrik campuran yang merupakan persyaratan agar lapis perkerasan jalan dapat berfungsi sesuai dengan umur yang telah direncanakan. Tulisan ini bertujuan untuk mengkaji hubungan antara viskositas aspal modifikasi limbah styrofoam dan limbah PVC dengan sifat volumetrik campuran laston. Sifat volumetrik campuran laston yang dikaji adalah rongga di antara mineral agregat (VMA), rongga dalam campuran (VIM), rongga terselimuti aspal (VFB) dan berat jenis (bulk specific gravity). Untuk membuat aspal modifikasi, aspal penetrasi 60/70 dicampur dengan limbah styrofoam sebesar 0%, 2%, 4% dan 6% sedangkan limbah PVC digunakan sebesar 1%, 2%, 3% dan 4% terhadap berat aspal modifikasi tersebut. Berdasarkan analisa yang dilakukan disimpulkan bahwa penggunaan limbah styrofoam dan limbah PVC meningkatkan nilai viskositas aspal modifikasi. Peningkatan viskositas aspal modifikasi limbah styrofoam dan limbah PVC memperbesar nilai VMA dan VIM serta memperkecil nilai VFB dan berat jenis (bulk specific gravity). Secara umum viskositas aspal modifikasi limbah styrofoam dan limbah PVC berpengaruh sangat signifikan terhadap sifat volumetrik campuran laston.

Kata kunci : Viskositas, Aspal modifikasi, Limbah styrofoam, Limbah PVC.

PENDAHULUAN

Pada konstruksi perkerasan jalan, aspal berfungsi sebagai bahan pengikat yang menyelimuti dan menyatukan partikel-partikel agregat. Aspal berfungsi juga sebagai bahan pengisi yang mengisi rongga-rongga di antara agregat dan pori-pori di dalam agregat itu sendiri (Sukirman, 2007). Agar dapat berfungsi dengan baik sebagai bahan pengikat dan pengisi, aspal harus mempunyai tingkat kekentalan (viskositas) tertentu. Jika kekentalan terlalu tinggi, aspal tidak dapat menyelimuti agregat dengan sempurna. Sebaliknya bila kekentalan terlalu rendah, terjadi *draindown* (keluruhan aspal dari agregat) selama pengangkutan dari pabrik pencampur aspal (*asphalt mixing plant*) ke lokasi pelaksanaan pekerjaan jalan. Tingkat kekentalan aspal tersebut sangat tergantung dari jenis aspal yang digunakan.

Dewasa ini telah dikembangkan berbagai jenis aspal modifikasi untuk meningkatkan daya tahan aspal terhadap cuaca dan paparan sinar matahari. Seiring dengan waktu, fraksi yang ringan pada aspal mengalami penguapan dan mempercepat terjadinya penuaan (*aging*) yang membuat aspal menjadi rapuh dan menimbulkan berbagai jenis kerusakan. Penggunaan *modifier* pada aspal bertujuan untuk meningkatkan ketahanan aspal terhadap pelelehan pada saat pencampuran dan pemadatan serta memperkuat ikatan dengan agregat sehingga mengurangi resiko terjadinya pengelupasan butiran (Roberts *et al.* 2009). Salah satu bahan yang umum digunakan sebagai *modifier* pada aspal modifikasi adalah polimer.

Sifat volumetrik campuran merupakan persyaratan yang harus dipenuhi agar lapis perkerasan jalan dapat melayani beban lalu lintas sesuai dengan umur yang telah direncanakan. Apabila rongga dalam campuran terlalu kecil, pembebanan berulang dari beban lalu lintas memperkecil rongga tersebut sehingga tidak dapat menampung kadar aspal yang mengakibatkan aspal meleleh keluar ke permukaan jalan terutama pada suhu tinggi di siang hari. Sebaliknya bila rongga dalam campuran terlalu besar, hal tersebut mengakibatkan air mudah meresap masuk ke dalam rongga pori sehingga melepaskan ikatan antara aspal dan agregat dan mempercepat terjadinya berbagai kerusakan jalan.

Sehubungan dengan itu, tulisan ini ingin mengkaji hubungan antara sifat viskositas aspal modifikasi polimer dari limbah styrofoam dan PVC terhadap sifat volumetrik campuran lapis aspal beton. Sifat volumetrik yang dikaji adalah nilai VMA (*voids in mineral aggregate*), VIM (*voids in mix*), VFB (*voids filled with bitumen*) serta berat jenis campuran yang telah dipadatkan.

TINJAUAN PUSTAKA

Polimer dibuat dengan cara menyusun bahan-bahan dasar yang disebut monomer melalui reaksi kimia atau dikenal sebagai proses polimerisasi (Rodrigues and Hanumanthgari, 2015). Penggunaan polimer dalam batas proporsi tertentu menghasilkan kinerja perkerasan campuran yang lebih baik dibandingkan dengan campuran yang menggunakan aspal konvensional. Kinerja tersebut ditinjau dari ketahanan terhadap *fatigue*, *rutting*, *thermal cracking*, dan pelepasan butiran (Wen *et al.*, 2002; Gordon, 2003; Tayfur *et al.*, 2007; Nassar *et al.*, 2012; Pyshyev *et al.*, 2016). Dari berbagai jenis polimer yang tersedia, sekitar 80% aspal modifikasi polimer menggunakan SBS atau *styrene-butadiene-styrene* (Chen *et al.*, 2002; Airey, 2003).

Adapun styrofoam adalah merk dagang dari produk *foamed polystyrene* yang dibuat dengan memasukkan gelembung udara sehingga mengembang dan beratnya menjadi sangat ringan (Saleh dkk, 2014). Polimer jenis lainnya adalah PVC atau *polyvinyl chloride* yang diketahui dapat meningkatkan titik leleh aspal sehingga lebih tahan terhadap perubahan temperatur (Mashuri, 2009).

METODE PENELITIAN

Untuk melakukan kajian hubungan antara viskositas aspal modifikasi polimer dengan sifat volumetrik campuran, digunakan hasil penelitian Putra (2019) dan Rozy (2019). Penelitian tersebut dilakukan di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Mataram.

Aspal modifikasi limbah styrofoam dibuat dengan cara mencampurkan aspal 60/70 produksi Pertamina dengan limbah styrofoam sebesar 0%, 2%, 4% dan 6% terhadap berat aspal modifikasi (Putra, 2019). Adapun limbah PVC diperoleh dari bekas talang air atau pintu dan kusen PVC yang sudah tidak terpakai lagi digunakan untuk membuat aspal modifikasi limbah PVC dengan menambahkan limbah PVC tersebut sebesar 1%, 2%, 3% dan 4% terhadap berat aspal modifikasi (Rozy, 2019).

Agregat kasar dan agregat halus diambil dari pabrik pencampur aspal di Pringgabaya, Lombok Timur. Prosedur pengujian agregat, aspal modifikasi dan *hot mix asphalt* mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI). Campuran laston dibuat secara panas (*hot mix*) pada suhu 155°C. Pemadatan dilakukan menggunakan alat pemadat Marshall sebanyak 75 kali kedua sisinya. Setiap

parameter dibuat 3 (tiga) kali ulangan dan ditampilkan nilai rata-rata dari ketiga specimen tersebut. Hubungan antara viskositas aspal modifikasi limbah styrofoam dan limbah PVC dengan sifat volumetrik campuran dianalisa pada kadar aspal optimum 6%.

Nilai viskositas dihitung dengan persamaan (1) dan persamaan (2) yang bersumber dari Texas Department of Transportation (2014).

Untuk nilai penetrasi kurang dari atau sama dengan 54:

$$\mu = \frac{1.559719 \times 10^9 \times \ln\left(\frac{0.0275}{3.94 \times 10^6 \times P + 0.000075}\right)}{p^2} \dots\dots\dots (1)$$

dengan: μ = viskositas dalam poise, P = penetrasi dalam satuan penetrasi

Untuk nilai penetrasi lebih dari 54:

$$\mu = \frac{1.559719 \times 10^9 \times \ln\left(\frac{0.0275}{0.0005 - \frac{0.0114488}{P}}\right)}{p^2} \dots\dots\dots (2)$$

dengan: μ = viskositas dalam poise, P = penetrasi dalam satuan penetrasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan viskositas aspal modifikasi limbah styrofoam dan limbah PVC disajikan pada Tabel 1 sedangkan karakteristik campuran disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1. Perhitungan viskositas pada aspal modifikasi limbah styrofoam dan PVC

Aspal modifikasi styrofoam			Aspal modifikasi PVC		
Prosentase styrofoam	Penetrasi, 25°C, 5 detik, 0.1 mm*)	Viskositas, Poise***)	Prosentase PVC	Penetrasi, 25°C, 5 detik, 0.1 mm**)	Viskositas, Poise***)
0	67.9	1.495 x 10 ⁶	0	67.5	1.515 x 10 ⁶
2	66.7	1.555 x 10 ⁶	1	66.9	1.545 x 10 ⁶
4	65.4	1.620 x 10 ⁶	2	65.7	1.605 x 10 ⁶
6	63.5	1.725 x 10 ⁶	3	64.3	1.682 x 10 ⁶
Persyaratan	-	-	4	61.7	1.831 x 10 ⁶
			Persyaratan	-	-

Sumber: *) Putra (2019)

**) Rozy (2019)

***) Hasil perhitungan

Tabel 2. Sifat volumetrik campuran menggunakan aspal modifikasi limbah styrofoam

Prosentase limbah styrofoam (%)	VMA, %*)	VIM, %*)	VFB, %*)	Berat jenis*)
0	15.307	4.209	72.535	2.3804
2	15.327	4.232	72.401	2.3798
4	15.431	4.349	71.825	2.3769
6	15.496	4.423	71.496	2.3751
Persyaratan**)	Min 15	3-5	Min 65	-

Sumber: *) Putra (2019)

**) Direktorat Jenderal Bina Marga (2018)

Tabel 3. Sifat volumetrik campuran menggunakan aspal modifikasi limbah PVC

Prosentase limbah PVC (%)	VMA, % [*])	VIM, % [*])	VFB, % [*])	Berat jenis [*])
0	15.307	4.209	72.535	2.3804
1	15.418	4.334	71.946	2.3773
2	15.551	4.446	71.410	2.3736
3	15.625	4.492	71.255	2.3715
4	15.674	4.508	71.239	2.3701
Persyaratan ^{**})	Min 15	3-5	Min 65	-

Sumber: ^{*}) Rozy (2019)

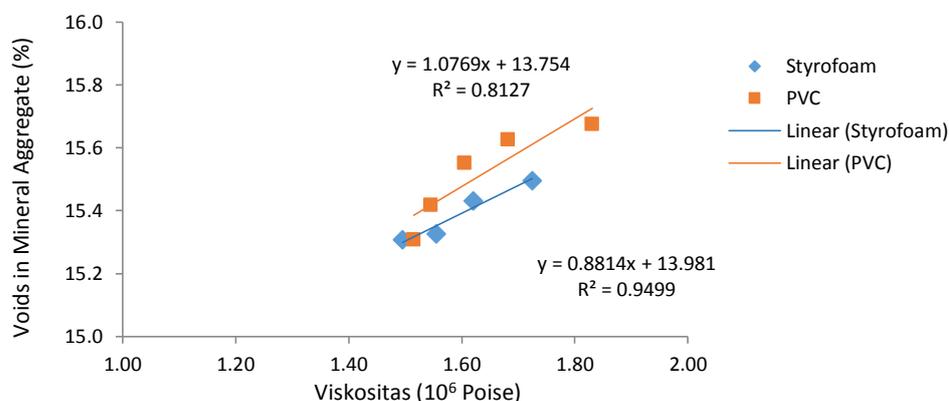
^{**}) Direktorat Jenderal Bina Marga (2018)

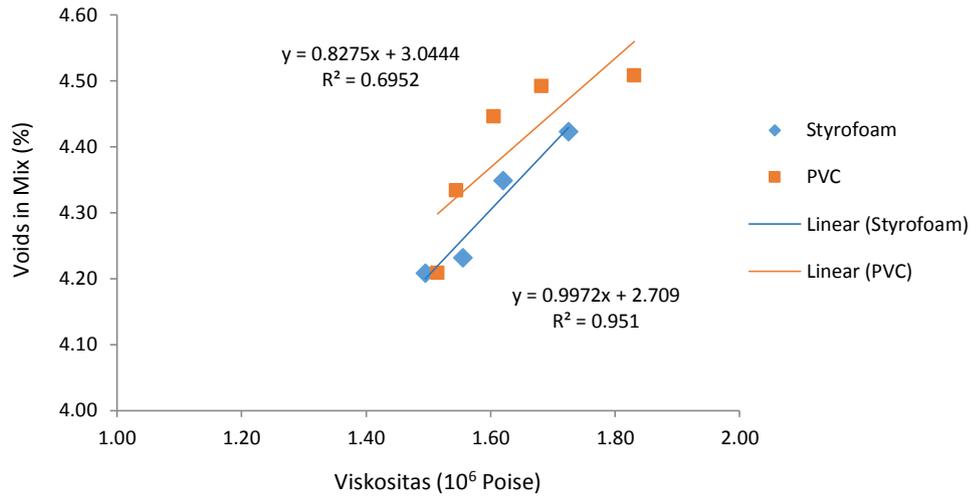
Berdasarkan Tabel 1, pada proporsi penggunaan limbah yang sama sebesar 4%, nilai viskositas aspal modifikasi limbah styrofoam lebih kecil dibandingkan dengan nilai viskositas aspal modifikasi limbah PVC. Hal ini disebabkan pada prosentase penambahan yang sama tersebut, aspal modifikasi styrofoam mempunyai nilai penetrasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan aspal modifikasi PVC. Nilai penetrasi yang lebih tinggi ditunjukkan dengan jarum penetrasi yang lebih mudah masuk ke dalam specimen aspal modifikasi, mengindikasikan bahwa aspal modifikasi styrofoam lebih lembek sehingga nilai viskositasnya lebih kecil.

Turunnya nilai penetrasi akibat penggunaan limbah styrofoam dan limbah PVC menunjukkan bahwa penambahan kedua jenis limbah tersebut mengakibatkan aspal menjadi semakin keras. Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3, terlihat bahwa nilai VMA dan VIM semakin bertambah sementara nilai VFB dan berat jenis semakin menurun. Rongga dalam campuran (VIM) dan rongga antar mineral agregat (VMA) yang semakin besar mengindikasikan bahwa ikatan yang dihasilkan menjadi kurang kuat sehingga memperbesar rongga-rongga tersebut. Karena VFB merupakan prosentase rongga yang terselimuti aspal dalam VMA, maka nilai VFB menjadi semakin rendah. Demikian juga nilai berat jenis semakin berkurang akibat semakin besarnya rongga dalam campuran.

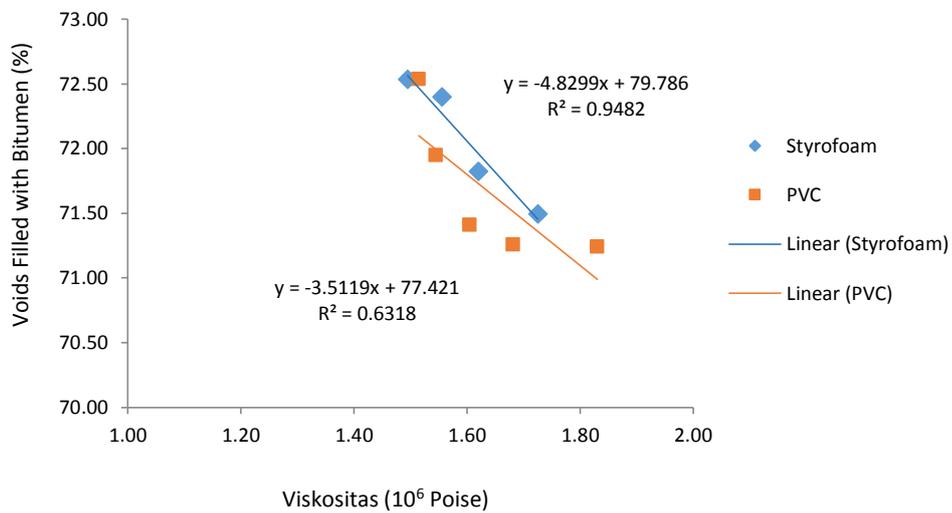
Hasil penelitian ini memperkuat rekomendasi bahwa penggunaan polimer pada aspal tidak boleh melebihi batasan proporsi tertentu. Berdasarkan *review* internal industri terkait aspal modifikasi polimer di Eropa, konsentrasi SBS adalah sekitar 3.5% terhadap berat aspal pada produk yang dihasilkan. Pada prosentase SBS yang melebihi jumlah 3.5% tersebut, aspal polimer menjadi kurang homogen atau terjadi *incompatibility* (European Bitumen Association, 2012).

Adapun hubungan antara viskositas dengan nilai VMA, VIM, VFB dan berat jenis disajikan pada Gambar 1 sampai dengan Gambar 4.

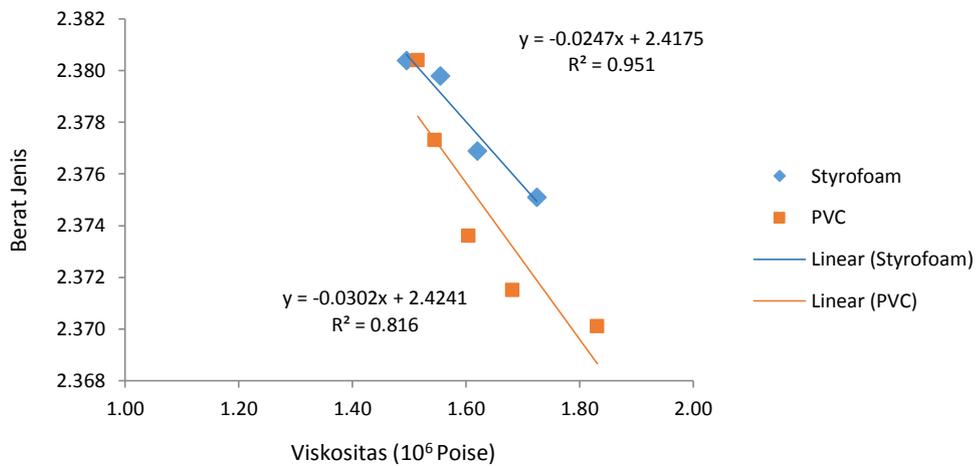
**Gambar 1.** Grafik hubungan viskositas dan VMA



Gambar 2. Grafik hubungan viskositas dan VIM



Gambar 3. Grafik hubungan viskositas dan VFB



Gambar 4. Grafik hubungan viskositas dan berat jenis

Berdasarkan Gambar 1, nilai VMA semakin besar seiring dengan semakin tingginya viskositas aspal modifikasi limbah styrofoam dan limbah PVC. Hal ini disebabkan dengan penambahan

prosentase limbah styrofoam dan limbah PVC, viskositas menjadi semakin besar dan aspal modifikasi tersebut semakin tidak homogen. Kurang homogenya aspal modifikasi menghasilkan ikatan antara aspal modifikasi tersebut dengan agregat menjadi kurang kuat sehingga jarak antara partikel-partikel agregat lebih renggang. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya bahwa apabila ikatan antara aspal dan agregat kurang kuat, maka campuran yang dihasilkan semakin tidak padat (Yuniarti dkk, 2018). Baik pada aspal modifikasi limbah styrofoam maupun limbah PVC, viskositas berpengaruh sangat signifikan dengan R^2 sebesar 0.9499 dan 0.8127.

Gambar 2 menyajikan nilai VIM yang juga semakin besar seiring dengan semakin besarnya nilai viskositas aspal modifikasi limbah styrofoam dan limbah PVC. Sebagaimana yang disebutkan sebelumnya, penambahan polimer yang melebihi 3.5% menghasilkan aspal modifikasi polimer yang kurang homogen. Dengan kekentalan yang semakin tinggi dan terjadi *incompatibility*, proses pengikatan partikel-partikel agregat menjadi kurang optimal sehingga rongga yang terbentuk di dalam campuran menjadi lebih besar.

Adapun hubungan antara viskositas aspal modifikasi limbah styrofoam dan limbah PVC dengan nilai VFB disajikan pada Gambar 3. VFB merupakan prosentase rongga dalam VMA yang terselimuti oleh aspal. Nilai VFB semakin rendah seiring dengan semakin tingginya viskositas kedua jenis aspal modifikasi tersebut. Berdasarkan nilai R^2 , viskositas pada aspal modifikasi limbah styrofoam berpengaruh lebih signifikan terhadap nilai VFB dibandingkan dengan aspal modifikasi limbah PVC. Lebih dari 90% nilai VFB dipengaruhi oleh viskositas pada aspal modifikasi styrofoam, sedangkan pada aspal modifikasi PVC pengaruh lainnya lebih besar.

Gambar 4 menyajikan hubungan antara viskositas aspal modifikasi limbah styrofoam dan limbah PVC dengan berat jenis (*bulk specific gravity*) dari campuran. Nilai *bulk specific gravity* diperoleh dari berat kering campuran padat dibagi dengan volume *bulk* dari campuran tersebut. Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa nilai *bulk specific gravity* semakin rendah seiring dengan meningkatnya viskositas. Hal tersebut mengindikasikan bahwa ikatan yang dihasilkan dari aspal modifikasi yang kekentalannya tinggi namun kurang homogen menghasilkan daya ikat yang kurang kuat. Sebagaimana yang disajikan pada Gambar 2 dan Gambar 4, nilai *bulk specific gravity* yang dihasilkan pada seluruh campuran menggunakan aspal modifikasi limbah styrofoam dan limbah PVC berbanding terbalik dengan nilai VIM. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Yuniarti dkk. (2018) bahwa semakin kurang padat campuran yang terbentuk, maka rongga dalam campuran semakin besar. Pada aspal modifikasi limbah styrofoam dan limbah PVC, viskositas berpengaruh sangat signifikan dengan R^2 masing-masing sebesar sebesar 0.951 dan 0.816.

Ditinjau dari persyaratan yang ditetapkan Direktorat Jenderal Bina Marga (2018) bahwa laston sebagai lapis aus pada perkerasan jalan memiliki nilai VMA minimal 15%, nilai VIM pada rentang 3.5%-5.5% dan VFB minimal 65%, campuran menggunakan aspal modifikasi limbah styrofoam dengan prosentase 2%-6% dan limbah PVC dengan prosentase 1%-4% memenuhi spesifikasi yang berlaku. Namun dibutuhkan penelitian lebih lanjut antara lain terkait dengan ketahanan campuran terhadap degradasi agar dapat direkomendasikan prosentase limbah styrofoam dan limbah PVC yang paling optimal.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan pembahasan dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan prosentase limbah styrofoam dan limbah PVC meningkatkan nilai viskositas aspal modifikasi. Nilai viskositas aspal modifikasi limbah styrofoam berada pada rentang 1.495×10^6 - 1.725×10^6 Poise sedangkan nilai viskositas aspal modifikasi limbah PVC pada rentang 1.515×10^6 - 1.831×10^6 Poise. Peningkatan viskositas aspal modifikasi styrofoam memperbesar nilai VMA dan VIM serta memperkecil nilai VFB dan berat jenis (bulk specific gravity) yang menunjukkan bahwa daya ikat antara aspal dan agregat semakin berkurang. Secara umum viskositas berpengaruh sangat signifikan terhadap sifat volumetrik campuran. Ditinjau dari persyaratan laston sebagai lapis aus pada perkerasan jalan, campuran laston menggunakan aspal modifikasi limbah styrofoam dan limbah PVC memenuhi persyaratan nilai rongga di antara mineral agregat (VMA), rongga dalam campuran (VIM), dan rongga yang terisi aspal (VFB).

Saran

Perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut tentang pengaruh viskositas aspal terhadap sifat-sifat mekanis campuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Airey, G.D. (2003). *Rheological Properties of Styrene Butadiene Styrene Polymer Modified Road Bitumens*. Fuel. 82(14):1709-1719.
- Chen, J.S., Liao, M.C. and Shiah, M.S. (2002). *Asphalt Modified by Styrene-Butadiene-Styrene Triblock Copolymer: Morphology and Model*. Journal of Materials in Civil Engineering. 14(3): 224-229.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 2*. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- European Bitumen Association. (2012). *Life Cycle Inventory: Bitumen (2nd Edition)*. Brussels, Belgium: Eurobitume.
- Gordon, D.A. (2003). *Rheological Properties of Styrene Butadiene Styrene Polymer Modified Road Bitumens*. Fuel. 82(14): 1709-1719.
- Mashuri. (2009). *Karakteristik Aspal Sebagai Bahan Pengikat yang ditambahkan Plastik Polyvinyl Chloride (PVC)*. Majalah Ilmiah Mekttek. 11(2).
- Nassar, I. M., Kabel, K. I., Ibrahim, I. M. (2012). *Evaluation of the Effect of Waste Polystyrene on Performance of Asphalt Binder*. ARPN Journal of Science and Technology. 2(10), pp. 927-935.
- Putra, A. (2019). *Pengaruh Penggunaan Styrofoam Terhadap Kinerja Campuran Aspal Beton (AC-WC)*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Pyshyev, S., Gunka, V., Grytsenko, Y. and Bratychak, M. (2016). *Polymer Modified Bitumen: Review, Chemistry & Chemical Technology*. 10(4): 631-636.
- Roberts, F.L., Kandhal, P.S., Brown, E.R., Lee, D.Y. and Kennedy, T.W. (2009). *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction*. National Asphalt Pavement Association. Lanham, Md., 2nd ed., p. 585.
- Rodrigues, C. and Hanumanthgari, R. (2015). *Polymer Modified Bitumens and Other Modified Binders*. published in The Shell Bitumen Handbook. Sixth edition. Shell International Petroleum Company Ltd., London.
- Rozy, F. (2019). *Pengaruh Penggunaan Plastik PVC Terhadap Kinerja Campuran Aspal Beton (AC-WC)*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Saleh, S.M., Anggraini, R., Aquina, H. (2014). *Karakteristik Campuran Aspal Porus dengan Substitusi Styrofoam Pada Aspal Pen 60/70*. Jurnal Teknik Sipil ITB. 21(3), pp. 241-250.
- Sukirman, S. (2007). *Beton Aspal Campuran Panas*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.

Tayfur, S., Ozen, H. and Aksoy, A. (2007). *Investigation of Rutting Performance of Asphalt Mixtures Containing Polymer Modifiers*. Construction and Building Materials, 21(2): 328-337.

Texas Department of Transportation. (2014). *Test Procedure for Calculating Viscosity from Penetration*. TxDOT Designation: Tex-535-C.

Wen, G., Zhang, Y., Zhang, Y., Sun, K., Fan, Y. (2002). *Rheological Characterization of Storage-Stable SBS-Modified Asphalts*. Polymer Testing. 21(3):295-302.

Yuniarti, R., Hasyim, Rohani, Anwar, S.N.R, Saptaningtyas, R. S. (2018). *Karakteristik Campuran Asphalt Concrete Wearing Course Menggunakan Aspal Modifikasi Getah Pinus dan Serbuk Limbah Kaca*. Prosiding Seminar Nasional Saintek. LPPM Universitas Mataram: 474-485.