

## Campuran aspal panas menggunakan metode Konten RAP Tinggi dengan penambahan sasobit

<sup>1</sup>Sudjati, <sup>2</sup>Sigit Winarto, <sup>3</sup>Suwarno, <sup>4</sup>Zulkifli Lubis

<sup>1,2,3</sup>Universitas Kediri

<sup>4</sup>Universitas Islam Lamongan

Email: sudjati@unik-kediri.ac.id, Sigit.winarto@unik-kediri.ac.id, suwarno@unik-kediri.ac.id, cheppy.lubis@gmail.com,

### Abstrak

*Efek aspal campuran hangat aditif (Sasobit) pada campuran yang mengandung persentase RAP yang berbeda diselidiki di laboratorium. Tiga konsentrasi RAP yang berbeda (30%, 40% dan 50%) dengan pengikat 1,5% Sasobit ditambahkan, dan metode Marshall digunakan untuk menghasilkan semua sampel diselidiki. Dua pencampuran berbeda dan suhu pematatan digunakan, 155 ° C dan 135 ° C untuk pencampuran dan 135 ° C dan 120 ° C untuk pematatan. Kinerja campuran dalam hal kekakuan dan kerusakan kelembaban diselidiki dengan melakukan Uji Modulus Tangguh Tidak Langsung (ASTM D4123) dan uji kerentanan kelembaban (ASTM D 4867). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan substansial dalam sifat volumetrik, nilai stabilitas dan kekakuan dari campuran reklamasi dari campuran kontrol (aspal campuran panas konvensional). Di Selain itu, semua campuran yang diselidiki mencapai TSR minimum yang dipersyaratkan 80%. Mengukur kedalaman alur menggunakan perangkat Asphalt Pavement Analyzer (APA) dan siklus kelelahan sampai gagal menggunakan spesimen balok yang ditunjukkan bahwa campuran dilakukan serupa atau lebih baik daripada campuran kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran aspal hangat menggunakan sasobit-additive dan mengandung persentase RAP yang tinggi bisa menjadi alternatif berkelanjutan campuran HMA konvensional.*

*Kata kunci : Aspal campuran hangat; trotoar aspal reklamasi; sifat volumetrik; kinerja campuran*

### 1. PENDAHULUAN

Industri perkerasan telah lama menekankan perlunya menggunakan RAP bahan yang diperoleh dari jalan yang rusak karena bahan ini masih memiliki sifat yang diinginkan untuk digunakan untuk lapisan permukaan, tunduk pada batasan yang ditentukan dalam spesifikasi yang digunakan. Dengan berkurangnya pasokan sumber daya baru dan peningkatan biaya bahan, penggunaan RAP adalah cara yang cocok untuk menghemat sumber daya terbarukan yang digunakan untuk agregat dan bitumen campuran beton aspal. Sebagian besar otoritas jalan mengizinkan penggabungan tidak lebih dari 30% dari RAP dalam beton aspal mencampur (memakai kursus) untuk menghindari efek merugikan pada sifat campuran [1]. Peningkatan material beton aspal harga telah mendorong industri konstruksi jalan untuk memperjuangkan penggunaannya persentase RAP yang lebih tinggi untuk mengurangi biaya proyek jalan. Penambahan RAP yang lebih tinggi harus meningkatkan nilai trotoar daur ulang dan memiliki potensi untuk mengurangi jumlah bahan limbah [2]. Selain itu perlu untuk melestarikan bahan dengan menggunakan RAP, ada juga kebutuhan untuk menghemat energi dengan menurunkan suhu produksi beton aspal campuran. Kemajuan terbaru dalam teknologi telah memungkinkan suhu untuk pencampuran dan pematatan beton aspal campuran harus diturunkan dibandingkan

dengan pencampuran dan pemadatan suhu untuk campuran beton aspal konvensional. Hangat Mix Asphalt (WMA) relatif merupakan teknologi baru yang memungkinkan penurunan suhu pencampuran dan pemadatan. Pencampuran suhunya berkisar antara 105 ° C hingga 135 ° C [3, 4, 5], yaitu jauh lebih rendah dari suhu pencampuran 150 ° C sampai 160 ° C digunakan untuk aspal campuran panas konvensional [6,7]. Karena itu, ada manfaat besar menggabungkan persentase tinggi RAP dalam campuran WMA, yaitu pengurangan energi untuk menghasilkan campuran beton aspal dan konservasi tidak terbarukan sumber daya (agregat dan bitumen) yang digunakan untuk campuran aspal. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki dan bandingkan kinerja WMA yang mengandung 30%, 40% dan 50 % RAP menurut berat campuran dengan aspal konvensional beton. Kinerja campuran dibandingkan dengan mengukur nilai kekakuan, kerentanan kelembaban, alur hidup kedalaman dan kelelahan.

## 2. METODE PENELITIAN

Bitumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah penetrasi kelas 80/100, memiliki berat jenis 1,03 gm / cm<sup>3</sup>. Agregat granit digunakan diperoleh dari Kajang Rock Quarry di negara bagian Selangor, Malaysia. Agregat granit dicampur dengan berbagai persentase RAP untuk menghasilkan campuran aspal campuran hangat. Untuk sampel kontrol, gabungan agregat baru termasuk kasar, denda dan semen Portland biasa sebagai pengisi mineral di sesuai dengan spesifikasi PWD Malaysia [8]. Bahan RAP diperoleh dari penggilingan permukaan beton aspal lapisan diperoleh dari Grand Saga Highway yang menghubungkan kota Kuala Lumpur dengan kota Kajang. WMA aditif yang digunakan dalam penelitian ini adalah sasobit, sejenis lilin parafin dari proses gasifikasi batubara menggunakan Fischer-Tropsch (FT) perpaduan. Ini diproduksi oleh Perusahaan Lilin Sasol Afrika Selatan. Komposisi kimia sasobit dapat digambarkan sebagai halus bahan kristal dalam hidrokarbon rantai panjang, terdiri dari 40 hingga 115 atom karbon. Titik lebur sasobit adalah tentang 100 ° C dan sepenuhnya larut dalam bitumen pada suhu di atas 115 ° C [9]. Metode rotary evaporator (ASTM D5404-11) [10] adalah dilakukan untuk mengekstraksi bitumen berumur dari sampel RAP dan untuk menentukan perilaku aspal yang dipulihkan (penetrasi dan viskositas). Nilai-nilai ini kemudian digunakan untuk menghitung jumlah bitumen perawan harus ditambahkan untuk campuran gabungan (baru agregat dan agregat RAP). Empat jenis campuran dengan AC14 Gradasi dirancang dengan menggunakan metode Marshall untuk spesifikasi PWD Malaysia. Bauran kontrol adalah 100% baru agregat dengan gradasi bertingkat padat yang ditunjuk sebagai AC 14 in Spesifikasi PWD Malaysia. Campuran kedua digabungkan 70% agregat baru dengan 30% agregat RAP. Campuran ketiga digabungkan 60% agregat baru dengan agregat RAP 40%. Campuran terakhir gabungan 50% agregat baru dan 50% agregat RAP. Bahan-bahan yang digabungkan kemudian dicampur sebelum bitumen

ditambahkan untuk mengembalikan bitumen yang sudah lama dalam RAP agar sesuai dengan spesifikasi PWD Malaysia. Dua kelompok berbeda sampel disiapkan. Batch pertama adalah sampel kontrol menggunakan Penetrasi bitumen virgin grade 80/100 diproduksi pada saat pencampuran suhu 155 ° C dan dipadatkan pada suhu 135 ° C; batch kedua dicampur dengan tiga konten RAP berbeda 30%, 40% dan 50% masing-masing (campuran SASO), diproduksi oleh menambahkan bitumen grade 80/100 penetrasi dengan 1,5% sasobit di suhu pencampuran 135 ° C dan dipadatkan pada suhu 120 ° C. Suhu pencampuran / pemadatan dan jumlah sasobit yang akan ditambahkan didirikan sebelumnya oleh penulis untuk AC14 campuran beton aspal dan memenuhi semua PWD Persyaratan spesifikasi Malaysia; ini dibahas dalam makalah sebelumnya [11]. Gradasi untuk sampel kontrol dan WMA bercampur dengan RAP ditunjukkan pada Tabel 1 sementara PWD Malaysia persyaratan spesifikasi untuk beton aspal ditunjukkan pada Tabel 2 [8]. Prosedur uji standar Marshall dilakukan untuk semua sampel menurut ASTM D1559-89 [12]. OBC adalah ditentukan tanpa menambahkan aditif campuran aspal hangat hindari pengurangan yang tidak perlu pada bitumen optimal yang dapat menyebabkan efek negatif pada daya tahan dan kelembaban campuran kerentanan [11, 13, 14-18]. Tes untuk kekakuan dilakukan sesuai dengan ASTM D 4123 - 82 [19] pada suhu uji 25 dan 40 ° C. Semua sampel menjadi sasaran tes ini sebelum stabilitas Marshall dan uji aliran. Sebanyak 18 sampel diuji sesuai dengan ASTM 4867 - 09 untuk mengukur potensi kerusakan berdasarkan kelembaban pada Rasio Kekuatan Tarik (TSR%). Pengujian kedalaman alur sesuai dengan AASHTO TP 63-03 [20] dilakukan dengan menggunakan Asphalt Pavement Analyzer (APA) pada spesimen laboratorium pada suhu 64 o C untuk mengevaluasi perbedaan dalam hambatan rutting antara kontrol dan Campuran SASO. Nilai kedalaman rut dihitung dari pengukuran rutting diperoleh sebelum pengujian dan setelah penyelesaian 8000 siklus pemuatan; nilai rata-rata adalah secara otomatis ditentukan oleh APA. Tes kelelahan sesuai dengan AASHTO T 321-2008 [21] adalah dilakukan pada spesimen menggunakan uji kelelahan balok empat titik di mode kontrol regangan konstan, pada dua level regangan, 200 dan 300 strain mikro pada frekuensi pemuatan 10 Hz.

Tabel 1 Batas gradasi untuk campuran kontrol dan WMA dengan campuran RAP

Ukuran Saringan	Kontrol Campuran	Spesifikasi Batas Gradasi untuk Campuran Kontrol	WMA dengan 30% RAP (SASO 30%)	WMA dengan 40% RAP (SASO 40%)	WMA dengan 50% RAP (SASO 50%)	Spesifikasi Gradasi RAP
20 mm	100	100	100	100	100	100
14 mm	95	90 - 100	94.3	94.4	94.5	80 - 95
10 mm	81	76 - 86	82.5	83	83.5	68 - 90
5 mm	56	50 - 62	61.4	62.2	63	52 - 72
3,35 mm	47	40 - 54	51.1	51.8	52.5	45 - 62
1,18 mm	26	18 - 34	32.3	32.4	32.5	30 - 45
0,425 mm	18	12 - 24	20.7	20.6	20.5	17 - 30
0,150 mm	10	6 - 14	11	11	11	7 - 16
0,075 mm	6	4 - 8	6.7	6.6	6.5	4 - 10
Aspal Ditambahkan	-	-	3,95%	3,55%	3,18%	-
Total Aspal	4,82%	4 - 6%	5,53%	5,63%	5,77%	5 - 7%
Kandungan						

Tabel 2 Sifat volumetrik dan hasil uji marshall untuk kontrol dan campuran saso

Sasobit (%)	Jenis Campuran	OBC (%)	G mb	G mm	AV (%)	VMA (%)	VFB (%)	Stabilitas (N)	Mengalir (mm)
0	PWD Malaysia	4.0 - 6.0	-	-	3 - 5	-	70 - 80	> 800	2 - 4
0	Spesifikasi Kontrol	4,82	2,34	2,44	4,06	15,02	73,01	1.696	3,6
1,5	SASO 30%	5,55	2,33	2,43	3,74	16,33	77,09	2.246	3,78
1,5	SASO 40%	5,63	2,33	2,42	3,78	16,41	77,59	2.325	3,74
1,5	SASO 50%	5,77	2,32	2,42	3,89	16,89	76,99	2.472	4.22

### 3. PEMBAHASAN

Tabel 2 menunjukkan sifat volumetrik, stabilitas Marshall dan nilai aliran untuk semua campuran (kontrol, SASO 30%, SASO 40% dan SASO 50% campuran). Itu dapat disimpulkan dari rongga udara total dalam campuran yang dipadatkan dengan tambahan sasobit-additive 30%, 40%, dan

50% RAP dapat membantu menghasilkan campuran dengan jumlah rongga udara yang sama dengan campuran kontrol. Ini bisa dikaitkan dengan sifat struktur sasobit dalam bitumen. Penambahan sasobit dalam campuran beton aspal menyebabkan udara mengosongkan konten untuk mengurangi campuran yang dipadatkan, pada saat yang sama waktu, dengan memasukkan RAP ke dalam campuran beton aspal meningkatkan konten rongga udara. Karena itu, sasobit-additive memainkan peran menyeimbangkan antara dua rongga udara yang berbeda perilaku campuran perawan dan bahan RAP. Untuk alirannya parameter, diamati bahwa nilai-nilai untuk campuran SASO adalah lebih tinggi dari campuran kontrol, tetapi dalam spesifikasi persyaratan, kecuali untuk campuran 50% SASO, yang lebih tinggi dari 4 mm. Nilai stabilitas dalam campuran SASO yang ditunjukkan pada Tabel 2 adalah lebih tinggi dari campuran kontrol. Campuran SASO dipengaruhi oleh kehadiran kedua pengubah dan pengikat berusia, dan nilai stabilitas yang lebih tinggi diperoleh dengan konten RAP yang lebih tinggi. Ini dapat dikaitkan dengan efek pengikat berusia yang ada di bahan RAP [22-24]. Tabel 3 menunjukkan hasil modulus ulet untuk kontrol dan campuran saso. Dapat disimpulkan bahwa untuk itu tes modulus ulet, campuran SASO 50% menunjukkan yang tertinggi nilai, diikuti oleh SASO 40%, campuran SASO 30% dan kontrol campuran. Ini dapat dikaitkan dengan jumlah pengikat berusia yang lebih tinggi dengan penambahan sasobit ke dalam campuran beton aspal. Itu perilaku campuran ini dapat meningkatkan kemampuan dimodifikasi bercampur dengan RAP untuk menahan deformasi permanen.

Tabel 3 Nilai modulus tangguh ( $m_r$ ) untuk kontrol dan campuran SASO di 25 ° c dan 40 ° c

Jenis Campuran	M R pada 25 ° C (MPa)	M R pada 40 ° C (MPa)
Kontrol	3219	932
SASO 30%	4600	1546
SASO 40%	4656	1671
SASO 50%	4997	1812

Uji kuat tarik tidak langsung sesuai dengan ASTM D4867-09 dilakukan untuk menentukan sensitivitas kelembaban dari campuran. Hasil Rasio Kekuatan Tarik (TSR) ditampilkan pada Tabel 4. Campuran kontrol dan campuran SASO memenuhi TSR minimum yang dipersyaratkan 80%. Untuk campuran kontrol dan SASO 30% campuran, kekuatan tarik dikondisikan kelembaban lebih tinggi dari kekuatan tarik kering. Namun, kekuatan tarik kering dan basah hampir serupa untuk campuran SASO 40% dan SASO 50%, mungkin karena konten pengikat

yang lebih tinggi yang membuat campuran lebih sedikit permeabel terhadap air, sehingga mengurangi efek pada kekuatan tarik.

Tabel 4 Rasio kekuatan tarik untuk kontrol dan campuran SASO

Jenis Campuran	Tarik kering Kekuatan, (psi)	Kelembaban-dikondisikan Kekuatan tekanan,(psi)	TSR (%)
Kontrol	0,713	0,813	114
SASO 30%	0,896	1,053	118
SASO 40%	0,92	0,926	101
SASO 50%	1,1	1,096	100

Tabel 5 menunjukkan nilai kedalaman rut setelah penyelesaian 800 siklus pemuatan. Kedalaman alur menurun dengan peningkatan penambahan RAP ke campuran aspal. SASO Campuran 30%, SASO 40%, dan SASO 50% terbukti memiliki rata-rata sekitar 24,5%, 30,80% dan 45,90% lebih sedikit kedalaman rut daripada campuran kontrol karena pengaruh pengerasan dari kedua usia pengikat dalam bahan RAP dan aditif sasobit. SASO 50% memiliki kedalaman lubang terendah mungkin karena jumlah usia yang lebih tinggi pengikat dalam campuran yang meningkatkan ketahanan terhadap rutting.

Tabel 5 Hasil uji kedalaman r Rut untuk kontrol dan campuran SASO

Jenis Campuran	Jumlah Siklus	Ruth Depth, mm
Kontrol	800	614
SASO 30%	800	470
SASO 40%	800	425
SASO 50%	800	332

Tabel 6 menunjukkan hasil uji kelelahan untuk Kontrol dan SASO mencampur pada tingkat rendah (200 mikro-strain) dan tingkat tinggi (300 mikro-regangan). Semua campuran SASO

memiliki siklus kelelahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran kontrol; SASO 30% mencapai tertinggi jumlah siklus kegagalan untuk kedua tingkat ketegangan. Ini bisa dikaitkan dengan jumlah yang lebih rendah dari pengikat berusia di SASO 30% campuran, yang meningkatkan jumlah siklus untuk kegagalan kelelahan. Itu dapat disimpulkan bahwa penambahan aditif sasobit ditingkatkan sifat pengikat yang sudah tua lebih baik daripada kontrol campur dalam hal ketahanan lelah.

Tabel 6 Hasil uji kelelahan untuk kontrol dan campuran SASO

Jenis Campuran	Siklus Kelelahan untuk kegagalan untuk 300 tingkat regangan mikro	Siklus Kelelahan untuk kegagalan untuk 200 tingkat regangan mikro
Kontrol	5066	29168
SASO 30%	12732	86950
SASO 40%	9641	65158
SASO 50%	10425	83578

#### 4. KESIMPULAN

Sifat volumetrik yang diperoleh oleh campuran SASO terpenuhi untuk semua persyaratan spesifikasi PWD Malaysia. Juga nilai modulus ulet untuk campuran SASO lebih tinggi dari campuran kontrol; menunjukkan efek kaku dari sasobit dan pengikat berusia di SASO mencampur properti. Dengan hormat kepada kerentanan kelembaban, semua campuran diselidiki telah melebihi persyaratan TSR minimum 80%. Kekuatan tarik tidak langsung dari campuran RAP adalah serupa atau sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol campuran. Campuran SASO terbukti memiliki kedalaman alur yang lebih sedikit dari campuran kontrol karena pengaruh kedua pengikat berusia dalam bahan RAP dan aditif sasobit. Tes kelelahan hasil juga menunjukkan siklus kegagalan yang lebih tinggi untuk campuran SASO daripada campuran kontrol. Dapat disimpulkan bahwa campuran aspal hangat menggunakan sasobit-additive dan mengandung persentase RAP yang tinggi hingga 50% bisa menghasilkan campuran yang lebih baik atau paling tidak serupa kinerja untuk campuran beton aspal konvensional.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tao, M. dan Mallick, RB 2009. Evaluasi Efek dari Pemanasan Campur Aditif Aspal pada Kemampuan Kerja dan Sifat Mekanis dari Reklamasi Aspal Pavement (RAP). *Transportasi Res. Rec.* 2126: 151–160.
- [2] Michelle, S. 2007. *Material Daur Ulang dan Penggunaan Kembali: Finding Peluang*. Laporan No. CDOT-2007-12 . Colorado DOT.
- [3] D. Newcomb. 2006. *Pengantar Aspal Campuran Hangat*. NAPA.
- [4] Austroads.2007. *Review Aspal Campuran Hangat*. Laporan No. AP-T91 / 07. Austroads. Sydney
- [5] Jamshidi, A., Hamzah, MO, You, Z. 2013. Performa Warm Mix Aspal yang mengandung Sasobit ® : State-of-the-Art . *Konstruksi & Bangunan Material*. 38: 530–553
- [6] NCHRP. 2012. *Praktik Desain Campuran untuk Aspal Campuran Hangat* . NCHRP Laporan 691. Badan Penelitian Transportasi. Washington DC
- [7] Mallick, RB, Kandhal, PS & Bradbury, RL 2008. Menggunakan Warm Mix Teknologi Aspal untuk Memasukkan Persentase Tinggi dari Reklamasi Bahan Perkerasan Aspal dalam Campuran Aspal. *Transportasi Res. Rec.* 2051: 71–79.
- [8] PWD Malaysia. 2008. *Spesifikasi Standar untuk Pekerjaan Jalan*. Kuala Lumpur.
- [9] Sasol Wax GmbH. 2009. *Aditif Bitumen untuk Sangat Stabil dengan Mudah Aspal yang Dapat Dipadat* . Hamburg.
- [10] Masyarakat Amerika untuk Pengujian dan Bahan. 2011. ASTM D5404: *Praktik Standar untuk Pemulihan Aspal dari Solusi Menggunakan Rotary Evaporator* . Conshohocken Barat, Philadelphia.
- [11] Ma Kridan, FA, Arshad, AK & Abdul Rahman, MY 2010. Pengembangan Aspal Campuran Hangat dan Kepatuhan Terhadap Persyaratan yang Ditetapkan oleh Spesifikasi. *Jurnal Ilmiah Eropa Penelitian* . 48 (1): 118–128.
- [12] Masyarakat Amerika untuk Pengujian dan Bahan. 1989. ASTM D1559: *Tes Metode untuk Ketahanan Aliran Plastik dari Campuran Bitumen Menggunakan Peralatan Marshall* . Conshohocken Barat, Philadelphia.
- [13] Hurley, G. C & Prowell, BD 2005. *Evaluasi Sasobit untuk Penggunaan di Aspal Campuran Hangat* . Laporan NCAT 05-06. Universitas Auburn.
- [14] JW Button, CE Estakhri, A. Wimsatt. 2007. *Sintesis Pemanasan Campur Aspal*. Institut Transportasi Texas.

- [15] Oluwasola, EA, Hainin, MR dan Aziz, MMA 2015. Evaluasi dari campuran aspal yang mengandung slag baja tanur busur listrik dan tailing tambang tembaga untuk konstruksi jalan. *Angkutan Geoteknik* . 2: 47–55.
- [16] Cooley Jr, LA, Prowell, BD dan Hainin, MR 2003. Perbandingan Metode Penyegelan Permukaan Kering Jenuh dan Vakum untuk Menentukan Gravitasi Spesifik Massal HMA yang Dipadatkan (dengan diskusi dan penutupan). *Jurnal Asosiasi Paving Aspal Teknolog* . 72.
- [17] Martin, JS, Cooley Jr, LA dan Hainin, MR 2003. Produksi dan masalah konstruksi untuk sensitivitas kelembaban aspal campuran panas trotoar. *Seminar Nasional Dewan Riset Transportasi. San Diego, California* . 209–222.
- [18] Yusoff, NIM, Airey, GD dan Hainin, MR 2010. Prediktabilitas modulus kompleks menggunakan model reologi. *Jurnal Ilmiah Asia Penelitian* . 3 (1): 18–30.
- [19] Masyarakat Amerika untuk Pengujian dan Bahan. 1982. ASTM D4123-82: *Metode Uji Standar untuk Uji Ketegangan Tidak Langsung untuk Modulus Tangguh dari Campuran Bitumen* . Conshohocken Barat, Philadelphia.
- [20] Asosiasi Pejabat Negara & Transportasi Jalan Raya Amerika (AASHTO). 2003. AASHTO TP-63-03: *Metode Pengujian Standar untuk Menentukan Kerentanan Rutting dari Aspal Campuran Hot Menggunakan Alat Analisis Aspal* . Washington DC