

PENGARUH OLI BEKAS SEBAGAI BAHAN PEREMAJA RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT (RAP) TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN SPLIT MASTIC ASPHALT (SMA) DENGAN SELULOSA SERABUT KELAPA

Tnorth Adhitiya Prayuda¹ dan Miftahul Fauziah²

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
Email : 15511173@students.uii.ac.id

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
Email : miftahul.fauziah@uui.ac.id

ABSTRACT

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) is residual waste from road pavement that has been damaged or has reached its design life. The reuse of RAP material requires a rejuvenator to improve the properties of the old asphalt. This paper presents the results of a study on the effect of used oil as a RAP rejuvenator on a mixture of Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11 with natural cellulose fibers from coconut fibers on the characteristics of Marshall, IRS and Cantabro Loss. Laboratory work begins with testing the physical properties of the material on aggregate, asphalt, and RAP, followed by determining the Optimum Asphalt Content (KAO) for each variation of the used oil rejuvenating content of 0%, 2%, 3%, 4%, and 5% of the asphalt weight. long. Based on the results of the KAO, Marshall, IRS and Cantabro Loss tests were carried out. The guideline used as the standard was the Spesifikasi Bina Marga 2010. The results showed that the volumetric performance, flexibility and ability of the mixture to resist disintegration increased with the addition of fluffier, on the other hand, stability and durability decreased with the addition of fluffier. The use of coconut fiber as cellulose fiber. Based on its best performance, the recommended level of used oil rejuvenation for RAP mixtures is in the range of 2% - 3% by weight of the old asphalt.

Keywords: *Reclaimed asphalt pavement, used oil, split mastic asphalt 0/11, coconut fiber*

PENDAHULUAN

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) merupakan bahan sisa yang berasal perkerasan jalan yang telah rusak atau telah mencapai umur rencana namun digunakan kembali. *RAP* memiliki kendala pada kualitas yang tidak sama dengan campuran aspal baru sehingga perlu dilakukan perbaikan pada aspal lama yang sudah menua, yang bersifat kaku, getas dan kurang liat (daktilitas rendah), dan jika dipakai kembali akan menghasilkan kinerja perkerasan yang rendah dan lebih rentan terhadap terjadinya retak. Penambahan bahan peremaja pada aspal lama sangat diperlukan untuk memperbaiki kualitas aspal

lama dan mengembalikan sifat-sifat fisik dan kimia aspal lama (Sondag, dkk, 2002). Bahan peremaja terdiri atas minyak pelumas dan extender, yang mengandung proporsi besar dari komponen maltense (Terrel and Epps 1989).

Pengaruh penambahan bahan peremaja terhadap karakteristik campuran *Superpave* yang mengandung *RAP*, telah diteliti oleh Shen, dkk (2007) dan Shen dan Ohne (2002) dan disimpulkan bahwa campuran yang di daur ulang menggunakan bahan peremaja memiliki sifat sifat campuran yang lebih baik dari pada yang menggunakan bahan pelunak. Ongel dan Hugener (2015) juga mengkaji

pengaruh bahan peremaja terhadap kinerja umur aspal, dan menyimpulkan bahwa proses penuaan aspal segar lebih lambat dibandingkan dengan aspal lama yang diremajakan dan penggunaan beberapa tipe peremaja yang berbeda tidak menghasilkan perbedaan perilaku penuaan bitumen yang signifikan. Studi tentang sifat rheologi aspal yang telah mengalami penuaan juga telah dipublikasikan sebelumnya oleh Romera, dkk (2006).

Studi tentang pengaruh penambahan berbagai macam bahan peremaja pada material *RAP* terhadap kinerja campuran beton aspal telah cukup banyak diteliti dan dipublikasikan sebelumnya, yaitu oleh Huriati (2018), Moghaddam dan Baaj (2016), Nono (2016), Zaumanis, dkk (2014), Wahyudi dan Yuniarti (2012), Yuniarti (2012), Kasan (2009).

Penggunaan oli bekas sebagai bahan peremaja telah diteliti oleh beberapa peneliti sebelumnya untuk berbagai campuran beraspal, yaitu oleh Pradipta (2010), Zumanis, dkk (2014), Sumantri (2014), dan Nono (2016). Selain menggunakan oli bekas, Zaumanis dkk (2014) juga meneliti 6 jenis bahan peremaja lainnya, yaitu 2 jenis limbah minyak rumah tangga, minyak organik, minyak suling dari industri kertas, minyak ekstrak aromatik, dan limbah oli bekas. Hasil kajian Zaumanis, dkk (2014) menyimpulkan bahwa secara umum penggunaan bahan peremaja dapat memperbaiki kualitas bahan ikat sampai mendekati kualitas bahan ikat baru, dan pada kadar penggunaan bahan peremaja yang tepat dapat menghasilkan campuran yang memenuhi persyaratan *rutting* dan memperbaiki ketahanan campuran terhadap retak. Penggunaan Oli SAE 10, minyak goreng curah nabati, dan *RejRE* sebagai peremaja *RAP* untuk campuran beton aspal diteliti oleh Nono (2016), dan disimpulkan bahwa bahan peremaja minyak goreng bekas dan oli memiliki nilai viskositas yang rendah, namun memiliki titik nyala yang cukup tinggi sehingga aman bila digunakan

dan menghasilkan nilai stabilitas campuran yang cukup tinggi.

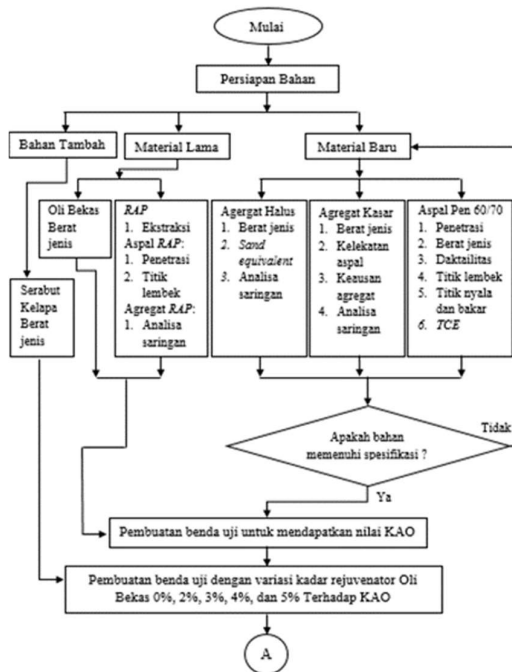
Kajian tentang pemanfaatan *RAP* telah cukup banyak dilakukan sebagaimana uraian di atas, namun penggunaannya untuk campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* masih cukup terbatas, diantaranya adalah kajian oleh Sulistia (2017), yang menggunakan dedak padi sebagai serat alami pada campuran tersebut, namun tidak digunakan bahan peremaja pada campuran tersebut. Selain dedak padi, penggunaan serat alami sebagai bahan tambah campuran *SMA* adalah serabut kelapa (Sugandono, dkk, 2001). Serat serabut kelapa merupakan serat organik dari tanaman pohon kelapa. Serat serabut kelapa untuk menggantikan serat non organik sintesis seperti arboceel yang relatif harganya lebih tinggi, dan memanfaatkan serat serabut kelapa untuk memanfaatkan bahan daur ulang. (Sugandono dkk, 2001).

Paper ini menyajikan hasil kajian tentang kinerja campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)*, yang menggunakan material *RAP* yang diremajakan dengan menggunakan oli bekas dan serat selulosa alami dari serabut kelapa dan mencari kadar optimum penggunaan bahan peremaja oli bekas yang menghasilkan kinerja terbaik. Kinerja campuran yang diuji adalah *Marshall standard*, *Index of Retained Strength (IRS)*, *Indirect Tensile Strength (ITS)*, *Tensile Strength Ratio (TSR)* dan *Cantabro*.

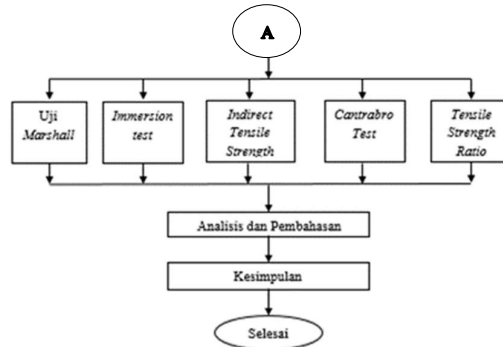
METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental, yaitu data diperoleh dari beberapa pengujian menggunakan alat uji yang diperlukan untuk menganalisis hasil pengujian. Persyaratan dan prosedur mengacu pada peraturan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010, dan Standar Nasional Indonesia (SNI). Material *RAP* diperoleh dari *Core Milling* atau pengerukkan pada Jalan Wates Kulon Progo Daerah Istimewa Yogyakarta. Bahan ikat aspal yang digunakan adalah Pertamina Pen 60/70. Serat selulosa yang digunakan

adalah serat serabut kelapa yang diperoleh dari Gunung Kidul Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Oli bekas diperoleh dari bengkel vespa di daerah Condong Catur, Daerah Istimewa Yogyakarta. Agregat kasar, halus, dan *filler* yang digunakan berasal dari Clereng, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Campuran yang digunakan adalah campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* 0/11. Pembuatan benda uji sesuai kadar aspal optimum dan variasi kadar peremaja oli bekas. Karakteristik yang ditinjau adalah pengujian *Marshall*, *IRS*, *ITS*, *TSR*, dan *Cantabro*. Pengujian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian (Bagian 1)



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian (Bagian 2)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisik Material

Pengujian sifat fisik material meliputi sifat fisik agregat kasar, agregat halus, *filler*, aspal, dan material *RAP*, dengan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4 berikut.

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Kasar

| No | Jenis Pengujian | Syarat | Hasil | Keterangan |
|----|---|--------|-------|------------|
| 1 | Berat jenis | > 2,5 | 2,66 | Memenuhi |
| 2 | Penyerapan (%) | < 3 | 1,68 | memenuhi |
| 3 | Kelekatan agregat (%) | > 95 | 98 | Memenuhi |
| 4 | Keausan dengan Mesin <i>Los Angeles</i> | < 40 | 13,07 | Memenuhi |

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Halus

| No | Jenis Pengujian | Syarat | Hasil | Keterangan |
|----|----------------------------|--------|-------|------------|
| 1 | Berat Jenis | > 2,5 | 2,6 | Memenuhi |
| 2 | Penyerapan (%) | < 3 | 2,35 | Memenuhi |
| 3 | <i>Sand Equivalent</i> (%) | > 50 | 91,98 | Memenuhi |
| 4 | Berat Jenis | ≤ 8 | 2,553 | Memenuhi |

Tabel 3. Hasil Pengujian Aspal Pen 60/70

| No | Jenis Pengujian | Syarat | Hasil | Keterangan |
|----|-------------------------------|--------|-------|------------|
| 1 | Berat Jenis | ≥ 1,0 | 1,023 | Memenuhi |
| 2 | Penetrasi (mm) | 60/70 | 62,3 | Memenuhi |
| 3 | Daktilitas (cm) | ≥ 100 | 164 | Memenuhi |
| 4 | Titik Lembek (°C) | ≥ 48 | 48 | Memenuhi |
| 5 | Titik Nyala (°C) | ≥ 232 | 332 | Memenuhi |
| 6 | Titik Bakar (°C) | ≥ 232 | 345 | Memenuhi |
| 7 | Kelarutan pada <i>TCE</i> (%) | ≥ 99 | 99,03 | Memenuhi |

Tabel 4. Pengujian RAP

| No | Keterangan | Satuan | Hasil |
|----|--------------|--------|-------|
| 1 | Kadar Aspal | % | 4,56 |
| 2 | Penetrasi | mm | 54 |
| 3 | Titik Lembek | °C | 53 |

Karakteristik Marshall

Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran diperoleh dari beberapa parameter yang telah ditinjau pada pengujian karakteristik Marshall diantaranya adalah melalui nilai stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, *VFWA*, *VMA*, *VITM* dan *Density* berdasarkan variasi kadar peremaja oli bekas yang mengacu pada standar Bina Marga 1987. Berikut adalah rekapitulasi nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Nilai KAO

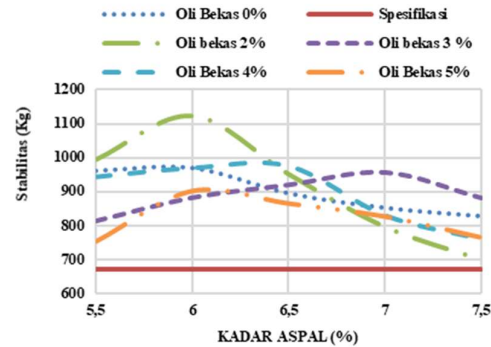
| Kadar Peremaja Oli Bekas (%) | Kadar Aspal Minimum (%) | Kadar Aspal Maksimum (%) | Kadar Aspal Optimum (%) |
|------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 0 | 7,17 | 7,5 | 7,34 |
| 2 | 7,17 | 7,5 | 7,34 |
| 3 | 7,24 | 7,5 | 7,37 |
| 4 | 7,25 | 7,5 | 7,38 |
| 5 | 7,24 | 7,5 | 7,37 |

1. Nilai Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu perkerasan untuk menerima beban lalu lintas yang berulang-ulang tanpa adanya perubahan deformasi. Grafik nilai stabilitas pada berbagai kadar aspal dapat dilihat pada Gambar 3.

Grafik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa pada semua variasi kadar bahan memiliki pola grafik yang sama, yaitu nilai stabilitas semakin meningkat dengan bertambahnya kadar aspal sampai mencapai nilai maksimum, kemudian nilai stabilitas menurun. Stabilitas tertinggi diperoleh pada kadar oli bekas 2 % dan 3 %. Penurunan ini disebabkan karena aspal yang berlebihan akan berfungsi menjadi pelican, sehingga campuran menjadi lebih mudah mengalami deformasi. Secara umum hasil ini bersesuaian dengan

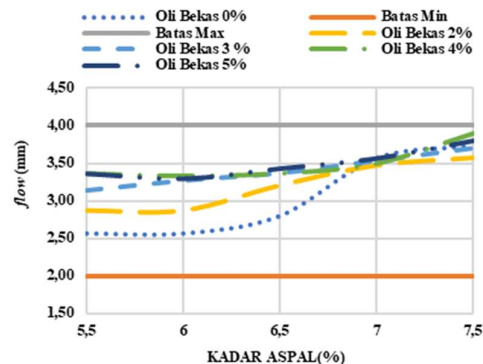
banyak kajian yang telah dipublikasikan sebelumnya oleh Huriati (2018), Nono (2016), Wahyudi dan Yuniarti (2012), Yuniarti (2012), dan Kasan (2009).



Gambar 3. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai Stabilitas

2. Nilai Kelelehan (*Flow*)

Nilai *Flow* menunjukkan besarnya deformasi atau penurunan vertikal campuran karena menerima beban maksimal tanpa terjadinya retak. Grafik nilai *flow* KAO dapat dilihat pada Gambar 4 seperti berikut.



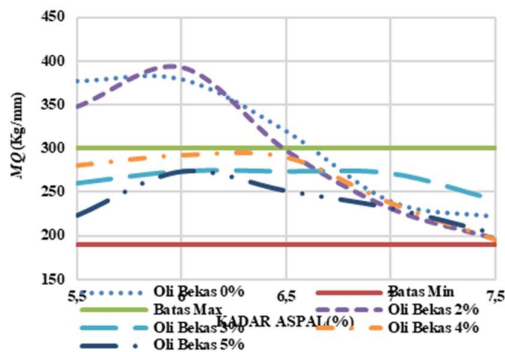
Gambar 4 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai Flow

Berdasarkan grafik pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa untuk semua variasi kadar bahan peremaja, nilai *flow* semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal yang digunakan pada campuran. Semakin tinggi kadar bahan peremaja maka

nilai *flow* juga semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh sifat bahan peremaja yang membuat aspal lama menjadi lebih lunak dan menghasilkan kelelahan yang lebih tinggi. Hasil ini sejalan dengan temuan para peneliti sebelumnya (Huriati, 2018), Nono (2016), Wahyudi dan Yuniarti (2012), Yuniarti (2012), dan Kasan (2009).

3. Nilai Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient (MQ) adalah perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow* (kelelahan) pada suatu campuran, yang dapat digunakan untuk mengindikasikan tingkat kelenturan dari suatu lapis perkerasan. Gambar 5 menyajikan grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai MQ pada berbagai kadar bahan peremaja.

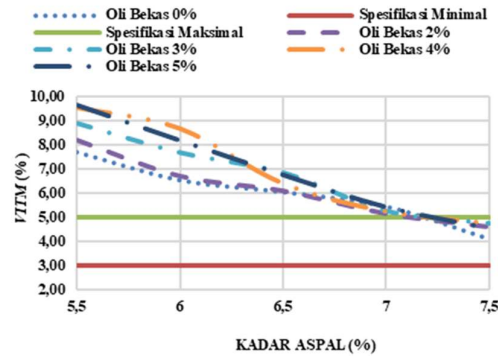


Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai MQ

Grafik pada Gambar 5 menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya kadar aspal nilai MQ meningkat hingga kondisi optimum, setelah mencapai nilai optimum nilai MQ semakin menurun seiring penambahan kadar aspal. Hal ini selaras dengan penurunan nilai stabilitas setelah mencapai optimum dan kenaikan nilai *flow* dengan penambahan aspal.

4. Nilai Void in Total Mix (VITM)

VITM adalah persentase volume rongga setelah campuran beton aspal dipadatkan. Grafik nilai VITM dapat dilihat pada Gambar 6.



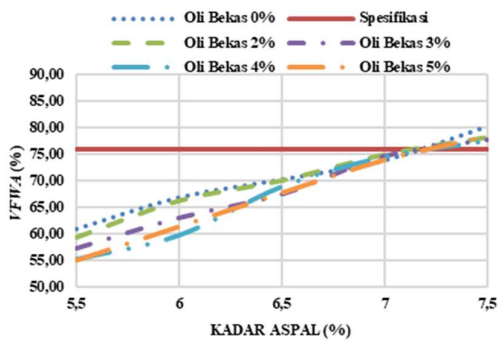
Gambar 6. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai VITM

Secara umum dapat dilihat bahwa nilai VITM semakin rendah seiring penambahan kadar aspal. Hal ini disebabkan dengan bertambahnya aspal maka volume aspal yang mengisi rongga menjadi semakin besar, sehingga campuran menjadi semakin sedikit rongga dan semakin rapat. Tipikal ini selaras dengan hasil publikasi sebelumnya oleh Huriati, 2018), Sulistia (2017), Nono (2016), Wahyudi dan Yuniarti (2012), Yuniarti (2012), dan Kasan (2009). Pada kadar bahan peremaja yang lebih tinggi juga terlihat nilai kandungan rongga semakin rendah, yang berarti campuran semakin rapat.

5. Nilai Void Filled with Asphalt (VFWA)

VFWA adalah persentase volume rongga yang terisi oleh aspal pada campuran beraspal yang telah dipadatkan. Grafik nilai VFWA pada berbagai kadar aspal dan kadar bahan peremaja dapat dilihat pada Gambar 7. Nilai VFWA dan VITM sangat berkaitan erat dengan kadar aspal. Hubungan antara kadar aspal dan kadar bahan peremaja dengan nilai VFWA.

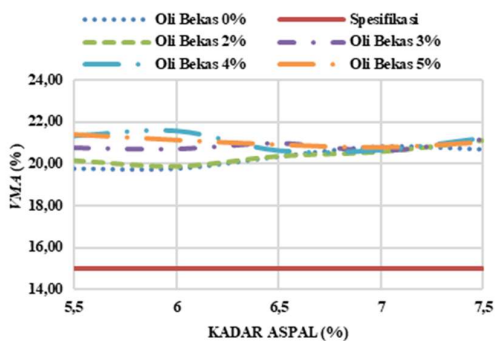
Selaras dengan grafik nilai VITM yang semakin menurun dengan bertambahnya kadar aspal, maka sebaliknya, nilai VFWA semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal, juga dengan bertambahnya kadar oli bekas yang akan berkontribusi pada penambahan volume aspal, sehingga rongga yang terisi aspal semakin besar.



Gambar 7. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *VFA*

6. Nilai Void in Mineral Aggregate (VMA)

VMA adalah persentase rongga atau pori yang berada diantara partikel agregat yang berada dalam sebuah campuran yang telah dipadatkan. Grafik nilai VMA pada berbagai kadar aspal dan oli bekas ditampilkan pada Gambar 8.



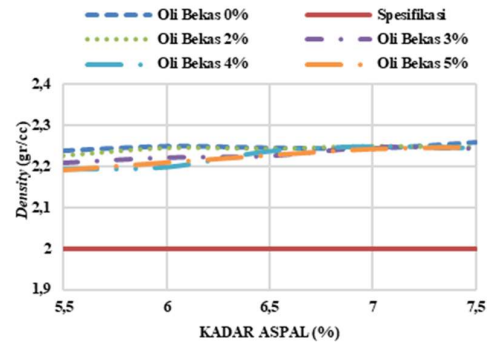
Gambar 8. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *VMA*

Grafik pada Gambar 8 menunjukkan bahwa nilai VMA meningkat dengan penambahan kadar aspal dan kadar oli bekas. Hal ini disebabkan karena dengan penambahan bahan peremaja maka volume aspal juga meningkat, meskipun tidak signifikan.

7. Nilai Kepadatan (*Density*)

Kepadatan (*density*) adalah derajat kepadatan dari suatu campuran setelah dilakukan proses pemadatan. Plot grafik hubungan antara kadar

aspal dengan nilai *density* pada berbagai kadar oli bekas ditunjukkan pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *Density*

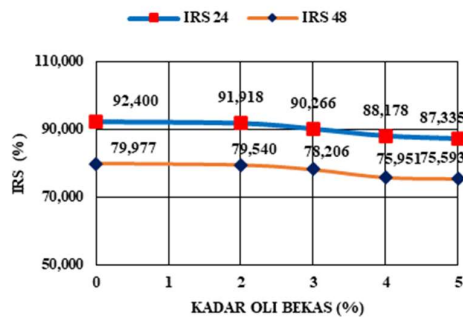
Berdasarkan grafik pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa nilai *density* meningkat seiring bertambahnya kadar aspal, meskipun dengan peningkatan nilai yang relative sedikit dan tidak signifikan. Hal ini selaras dengan kajian yang telah dipublikasikan sebelumnya oleh Huriati, (2018), Sulistia (2017), Nono (2016), Wahyudi dan Yuniarti (2012), Yuniarti (2012), dan Kasan (2009).

Index of Retained Strength (IRS)

IRS menunjukkan besarnya kekuatan atau stabilitas sisa yang dimiliki oleh campuran aspal beton akibat perendaman. Nilai *IRS* diperoleh dari perbandingan antara nilai stabilitas pada rendaman (*Immersion*) dengan nilai stabilitas standar. Nilai *IRS 1* diperoleh dengan membandingkan dengan stabilitas setelah 24 jam perendaman, sedangkan *IRS 2* untuk perendaman 48 jam. Besarnya nilai *IRS* dapat mengindikasikan tingkat keawetan atau durabilitas campuran. Grafik hubungan antara kadar oli bekas dengan nilai *IRS 1* dan *IRS 2* disajikan pada Gambar 10.

Berdasarkan grafik pada Gambar 10 dapat dilihat bahwa nilai *IRS* campuran menurun dengan bertambahnya bahan peremaja. Bina Marga (2010) hanya mensyaratkan untuk *IRS* dengan rendaman 24 jam, yaitu nilai yaitu $\geq 90\%$.

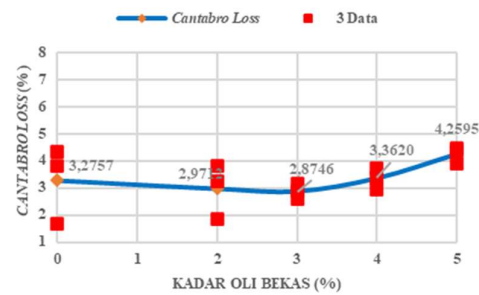
Campuran yang memenuhi syarat Bina Marga (2010) adalah pada kadar oli bekas 0% sampai 3%. Penggunaan oli bekas yang terlalu banyak akan membuat aspal lama enjadi lunak, sehingga menurunkan adhesi antara aspal dan agregat dan menurunkan keawetan campuran. Hal ini sejalan dengan temuan Ongel dan Hugener (2015) yang menyimpulkan bahwa proses penuaan aspal segar lebih lambat dibandingkan dengan aspal lama yang diremajakan.



Gambar 10. Grafik Hubungan Kadar Oli Bekas dengan Nilai IRS

Cantabro Loss

Pengujian *Cantabro* bertujuan untuk mengetahui tingkat ketahanan campuran terhadap keausan atau kehilangan berat dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Nilai *Cantabro Loss (CL)* yang diperoleh dapat menggambarkan ketahanan campuran terhadap disintegrasi akibat benturan roda kendaraan. Grafik hubungan antara kadar oli bekas peremaja dengan nilai *CL* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik Hubungan Kadar Peremaja dengan Nilai *Cantabro*

Berdasarkan grafik pada Gambar 10 dapat diketahui bahwa penambahan oli bekas sampai kadar 3 % mampu meningkatkan ketahanan campuran terhadap disintegrasi, yang ditunjukkan dengan menurunnya nilai *CL*, namun penggunaan oli bekas yang berlebih dapat menurunkan kinerja campuran disintegrasi. Hal ini disebabkan oleh ikaterlalu melunaknya material *RAP* sehingga daya lekat antar agregat berkurang dan berakibat disintegrasi akibat benturan meningkat. Penggunaan serat serabut kelapa pada penelitian ini memiliki pengaruh mengisi dan mengikat ruang rongga antar agregat dan untuk memperkuat campuran sehingga mengurangi disintegrasi yang terjadi pada campuran akibat benturan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Semakin besar kadar oli bekas nilai stabilitas menurun, namun penambahan peremaja oli bekas membuat kinerja volumetrik campuran semakin baik, yaitu campuran menjadi semakin rapat seiring penambahan kadar peremaja, serta campuran semakin fleksibel. Penambahan peremaja oli bekas menghasilkan stabilitas paling optimal pada kadar 2% hingga 3%.
2. Peningkatan kadar peremaja oli bekas menghasilkan penurunan keawetan

campuran baik untuk nilai *IRS* perendaman 24 jam maupun 48 jam. Meskipun demikian penggunaan oli bekas sampai kadar 3 %masih memenuhi syarat Bina Marga (2010).

3. Penambahan kadar peremaja oli bekas meningkatkan kemampuan campuran menahan disintegrasi (menurunkan nilai *Cantabro Loss*) hingga kondisi optimum pada kadar 3%, namun setelah melebihi optimum, penambahan oli bekas justru menurunkan ketahanannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2010). Spesifikasi Umum, Edisi 2010 (Rev.3), Direktorat Bina Marga, Jakarta
- Huriati, A. A. (2018) Kinerja Campuran AC-WC Menggunakan Aspal Tua dengan Peremaja Minyak Jelantah dan Ekstrak Buah Mengkudu, Disertasi Doktor, Universitas Mataram.
- Kasan, M. (a). (2009). Karakteristik Stabilitas dan Stabilitas Sisa Campuran Beton Aspal Daur Ulang, Jurnal MEKTEK, 11(2), Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tadulako, Palu.
- Kasan, M. (b). (2009). Studi Karakteristik Volumetrik Campuran Beton Aspal Daur Ulang, Jurnal SMARTek, 7(3), Agustus 2009: 152 – 165.
- Moghaddam, T. B., & Baaj, H. (2016). The use of rejuvenating agents in production of recycled hot mix asphalt: A systematic review. *Journal of Construction and Building Materials*, 114, 805-816.
- Nono. (2016). Pengaruh Peremaja Terhadap Kinerja Campuran Beraspal Panas Bergradasi Menerus Menggunakan Daur Ulang Perkerasan Beraspal, Jurnal Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Bandung.
- Ongel, A., dan Hugener, M. (2015). Impact of rejuvenators on aging properties of bitumen. *Journal of Construction and Building Materials*, 94, 467-474. Pradipta, W. (2010). Karakteristik permeabilitas pada aspal beton campuran hangat untuk campuran antara agregat baru-reclaimed asphalt pavement dan aspal-residu oli.
- Romera, R., Santamaría, A., Peña, J. J., Muñoz, M. E., Barral, M., García, E., dan Jañez, V., 2006, Rheological aspects of the rejuvenation of aged bitumen. *Journal of Rheologica acta*, 45(4), 474-478. Sulistia, A. (2017). Pengembangan Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) Menggunakan Bahan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Dengan Serat Selulosa Alami Dedak Padi, Penelitian Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Sur
- Shen, J., Amirkhanian, S., & Aune Miller, J. (2007). Effects of rejuvenating agents on superpave mixtures containing reclaimed asphalt pavement. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 19(5), 376-384., Surakarta.
- Shen, J., and Ohne, Y., 2002. Determining rejuvenator content for recycling reclaimed asphalt pavement by SHRP binder specifications. *International Journal of Pavement Engineering* 3 (4), 261e268.
- Sondag, M. S., B. A. Chadbourn, and A. Drescher. (2002). Investigation of Recycled Asphalt Pavement (RAP) Mixtures, Report No. MN/RC – 2002-15, Minnesota Department of Transportation, St. Paul, MN.
- Terrel, R. L., and J. A. Epps, 1989, Using Additives and Modifiers in Hot-Mix Asphalt — Section A, National Asphalt Pavement Association,

Quality Improvement Series (QIP 114 A), Tyrion

- Wahyudi, M., & Yuniarti, R. (2012). Desain Campuran Daur Ulang Perkerasan Aspal dengan Bahan Peremaja Minyak Biji Jarak. *Jurnal Penelitian Universitas Mataram*, 2(17), 14-23.
- Yuniarti, R. (2012). Kinerja Bio-Flux Oil Pada Campuran Aspal Buton. *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-6*.
- Zaumanis, M., Mallick, R. B., Poulidakos, L., & Frank, R. (2014). Influence of six rejuvenators on the performance properties of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) binder and 100% recycled asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*, 71, 538-550.
- Nono, 2016. Pengaruh Peremaja Terhadap Kinerja Campuran Beraspal Panas Bergradasi Menerus Menggunakan Daur ulang Perkerasan Beraspal. Bandung: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan.
- Sugandono, J dan Rachmawati, D. 2001. Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa Sebagai Bahan Pengganti Serat Selulosa Pada Campuran SMA (*Split Mastic Asphalt*). *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Sumantri, B., Santiko, H., Djakfar, L., Bowoputro, H. 2014. Pengaruh Peremaja Oli Bekas dan Solar Terhadap Karakteristik *Marshall* Perkerasan Daur Ulang Dengan Asbuton. *Jurnal Teknik Sipil*. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya