

KINERJA CAMPURAN *STONE MATRIX ASPHALT* 12,5 MM DENGAN *FILLER* ABU SEKAM PADI AKIBAT LAMA RENDAMAN AIR LAUT

Hanan Haura' Banafsaj¹, Miftahul Fauziah²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: hanan.banafsaj@gmail.com

²Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: miftahul.fauziah@uii.ac.id

Abstract: *Most of roads in Indonesia, especially that located on the coastal areas, such as Semarang are flooded by sea water tide (rob). The flexible pavement roads, which are flooded by the "rob flooded" were damaged. This research aims to know the performance of SMA 12,5 mm mixtures by using rice husk ash a filler submerged in seawater variation within 48 hours and 96 hours. This research started from examining physical properties of material, determining the optimum asphalt content, making the specimens, soaking the specimens in seawater, and continued by Marshall test, Immersion, ITS, Cantabro, and Permeability. The standard that used to inquiry the physical properties of material referred to Bina Marga 2010 and mixed testing standards referred to the AASHTO specifications. The result showed that there was an increase of stability value and MQ value, along with increased of ASP replacement filler up to 50% then decreased at 75% ASP. Flow value tends to increase, but decreased at 50% filler levels. VITM decreased at 25% and increased along with the next increasing of ASP levels. VMA decreased and density increased along with increasing of ASP levels. The IRS value increased along with increasing of ASP replacement filler up to 50% then decreased at 75% ASP. The IRS value which soaked within 48 and 96 hours wasn't qualifying Bina Marga 2010. However, the IRS value for all of the specimens that soaked within 48 hours and 96 hours at 50% ASP qualifying Asphalt Institute. The ITS value decreased along with increasing of ASP levels. The Cantabro Loss value increased along with increasing of ASP levels, and ASP substitution which soaked seawater within 48 hours and 96 hours wasn't qualifying Bina Marga 2010 $\leq 20\%$. Permeability value shows an "poor drainage" indicator for all of ASP levels.*

Keywords : *Rice Husk Ash, Seawater, Stone Matrix Asphalt, Filler.*

1. PENDAHULUAN

Perkerasan jalan di kawasan pesisir Semarang sering terkena banjir rob saat air laut pasang. Menurut Nahyo, dkk (2015), air rob menjadikan daya lekat aspal terhadap agregat menjadi lemah sehingga menyebabkan terjadinya deformasi pada perkerasan jalan tersebut saat dilewati beban lalu lintas di

atasnya. Di samping itu air rob berasal dari laut yang memiliki kandungan tingkat keasaman, kadar klorida (Cl^-), kadar sulfat (SO_4^{2-}), dan tingkat alkalinitas yang tinggi sehingga dapat melemahkan kemampuan lekatan aspal dalam mempertahankan ikatan antar agregat baik kohesi maupun adhesi.

Stone Matrix Asphalt (SMA), yaitu campuran bergradasi senjang yang terdiri dari rangka (*skeleton*) agregat kasar yang dapat mencapai 70% dan mortar bahan pengikat aspal dengan proporsi tinggi. Kelebihan campuran *SMA* adalah memiliki ketahanan terhadap deformasi serta durabilitas yang baik sebagai akibat dari rangka agregat yang kuat dan rongga yang diisi mastik dengan kadar aspal tinggi. Tingginya kadar aspal ini juga meningkatkan fleksibilitas yang memberikan ketahanan terhadap retak lelah (*fatigue*).

Material yang umum digunakan sebagai *filler* pada penyusunan campuran perkerasan lentur adalah debu batu yang mana persediaannya terbatas dan relatif mahal. Salah satu bahan alternatif yang digunakan adalah abu sekam padi sebagai *filler* pengganti untuk mengatasi keterbatasan material *filler*.

Abu sekam padi (ASP) ini merupakan limbah dari pembakaran batu bata dan tembikar yang memiliki kandungan SiO_2 cukup tinggi, ekonomis, dan mudah didapat. ASP mempunyai ukuran butiran yang dapat dihaluskan, sehingga dapat mengisi kekosongan rongga. Menurut Tahami (2018), setelah dilakukan analisis *SEM* dapat diketahui bahwa partikel ASP mengandung tekstur permukaan yang kasar dan sangat berpori. Sedangkan partikel debu batu mengandung tingkat porositas yang sangat sedikit dengan tekstur halus hingga agak kasar. Gambar hasil *SEM* ASP dan debu batu dapat dilihat pada Gambar 1. di bawah ini.



(a) (b)

Gambar 1. *SEM filler* (a) Abu Sekam Padi, (b) Debu Batu

(Sumber: Tahami, 2018)

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh abu sekam padi sebagai

filler pengganti dan pengaruh lama rendaman air laut pada berbagai campuran beton aspal. Menurut penelitian Ismardani, dkk (2013) yaitu penggunaan abu sekam padi dengan kadar 0%, 25%, dan 50% menghasilkan durabilitas *AC-BC* yang semakin meningkat. Menurut penelitian Muaya, dkk (2015) yaitu campuran *AC-WC* yang direndam dengan air laut (variasi garam berbeda) selama 24 jam dan 48 jam yang ditinjau dari karakteristik *Marshall* mengalami penurunan kinerja dibandingkan yang direndam dengan air tawar.

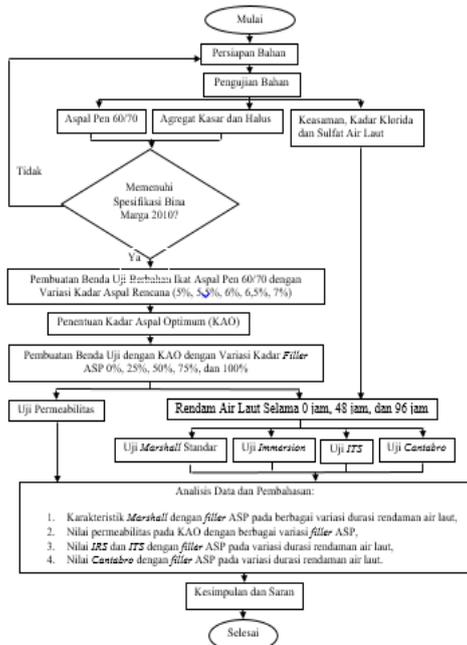
Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja *Stone Matrix Asphalt* 12,5 mm dengan *filler* pengganti abu sekam padi akibat lama rendaman air laut yang ditinjau dari nilai karakteristik *Marshall*, *IRS*, *ITS*, *Cantabro*, dan Permeabilitas. Kadar *filler* pengganti abu sekam padi adalah sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Lama perendaman menerus berdurasi 0 jam, 48 jam, dan 96 jam.

2. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode ekperimental yaitu melakukan serangkaian percobaan untuk mendapatkan data. Data tersebut diolah terlebih dahulu kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan standar spesifikasi dan persyaratan yang digunakan. Standar spesifikasi dan prosedur yang dilakukan mengacu kepada *American Association of State Highway and Transport Officials (AASHTO)*, Standar Nasional Indonesia (SNI), dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.

Abu sekam padi yang digunakan diperoleh dari daerah Bantul, Yogyakarta. Air laut yang digunakan diperoleh dari Pantai Utara Kaligawe, Semarang. Agregat yang digunakan berasal dari Clereng, Kulonprogo, DIY. Aspal yang digunakan adalah Pertamina Pen 60/70. Penelitian diawali dengan pemeriksaan sifat fisik material, dilanjutkan dengan pembuatan benda uji untuk penentuan kadar aspal optimum (KAO). Tahap selanjutnya adalah pembuatan benda uji untuk setiap variasi kadar *filler* pengganti sesuai

KAO untuk dilakukan pengujian *Marshall*, *IRS*, *ITS*, *Cantabro*, dan Permeabilitas. Total benda uji yang digunakan sebanyak 160 buah. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. dibawah ini.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

3. HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS

Pengujian *Marshall*, *IRS*, *ITS*, dan *Cantabro* dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pengujian Permeabilitas dilakukan di Laboratorium Transportasi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Pengujian yang dilakukan mengacu pada spesifikasi *AASHTO*, *SNI*, dan *Bina Marga 2010*.

3.1 Sifat Fisik Material dan Air Laut

Pengujian sifat fisik material meliputi pengujian karakteristik agregat kasar dan agregat halus, pengujian *filler*, pengujian aspal dan pengujian air laut. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5 berikut.

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	> 2,5	2,65	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	< 3	1,55	Memenuhi
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	> 95	95	Memenuhi
4	Keausan dengan Mesin Los Angeless (%)	< 40	11,91	Memenuhi

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	> 2,5	2,63	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	< 3	2,35	Memenuhi
3	Sand Equivalent (%)	> 50	66,48	Memenuhi

Tabel 3. Hasil Pengujian Filler

No	Jenis Pengujian	Hasil
1	Berat Jenis Debu Batu (gr/cm ³)	2,55
2	Berat Jenis Abu Sekam Padi (gr/cm ³)	1,95

Tabel 4. Hasil Pengujian Aspal

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	≥ 1,0	1,055	Memenuhi
2	Penetrasi (0,1 mm)	60 – 70	61,5	Memenuhi
3	Daktilitas (cm)	≥ 100	164	Memenuhi
4	Titik Nyala (°C)	≥ 232	270	Memenuhi
5	Kelarutan TCE (%)	≥ 99	99,16	Memenuhi
6	Titik Lembek (°C)	≥ 48	48	Memenuhi

Tabel 5. Hasil Pengujian Air Laut

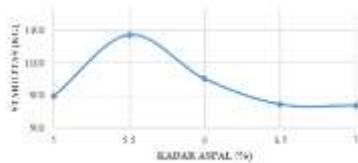
No	Parameter	Satuan	Hasil Uji
1	pH	-	6,82
2	Klorida (Cl ⁻)	mg/L	12,24
3	Sulfat (SO ₄)	mg/L	20,90

3.2 Hasil Pemeriksaan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Penentuan kadar aspal optimum pada campuran *SMA 12,5 mm* adalah dengan melihat tiga karakteristik *Marshall* yaitu nilai *VITM* bersyarat 4%, nilai *VMA* minimum 17%, dan kadar aspal campuran minimum 6% sesuai dengan spesifikasi *AASHTO* sebagai berikut.

1. Nilai Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan lapisan perkerasan untuk menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk. Nilai stabilitas disajikan dalam grafik pada Gambar 3. berikut.

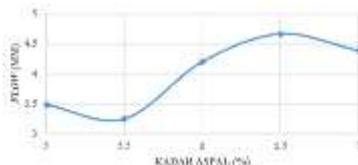


Gambar 3. Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai Stabilitas

Nilai stabilitas naik pada kadar aspal 5.5% selanjutnya turun dengan bertambahnya persentase kadar aspal. Hal itu terjadi karena penambahan kadar aspal sudah tidak efektif lagi. Kadar aspal terlalu tinggi menyebabkan aspal tidak lagi dapat menyelimuti agregat dengan baik, tebalnya selimut aspal mengakibatkan gesekan antar butiran menjadi berkurang.

2. Nilai Flow

Flow adalah besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterima. Nilai flow disajikan dalam grafik pada Gambar 4. berikut.

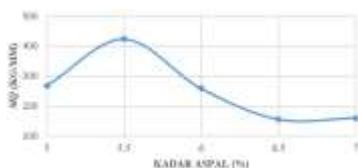


Gambar 4. Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai Flow

Nilai flow cenderung meningkat dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini dikarenakan karena banyaknya aspal yang mengisi rongga menjadikan kelelahan aspal semakin besar sehingga bersifat plastis.

3. Nilai Marshall Quotient (MQ)

Nilai MQ dapat dijadikan parameter kekakuan dan kelenturan suatu perkerasan. Nilai MQ disajikan dalam grafik pada Gambar 5. berikut.

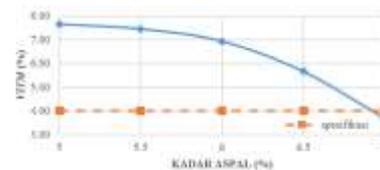


Gambar 5. Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai MQ

Nilai MQ yang tinggi pada kadar aspal 5,5% terjadi karena nilai stabilitas tinggi tetapi nilai flow rendah, dan akhirnya menyebabkan campuran pada kadar aspal tersebut cenderung kaku. Pada kadar selanjutnya, nilai MQ semakin menurun karena nilai stabilitas menurun diiringi dengan meningkatnya nilai flow dan menghasilkan campuran yang bersifat fleksibel.

4. Nilai Void in The Mix (VITM)

VITM adalah volume total rongga udara yang tersisa pada campuran setelah dipadatkan. Nilai VITM disajikan dalam grafik pada Gambar 6. berikut.

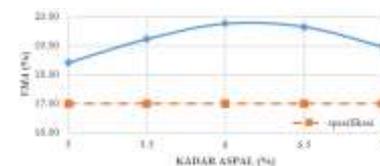


Gambar 6. Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai VITM

Nilai VITM semakin menurun seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini disebabkan aspal dapat mengisi lebih banyak rongga-rongga yang ada sehingga campuran menjadi lebih rapat.

5. Nilai Void in Mineral Aggregate (VMA)

VMA adalah banyaknya rongga udara diantara butir-butir agregat dalam campuran aspal yang telah dipadatkan termasuk ruang yang terisi oleh aspal. Nilai VMA disajikan dalam grafik pada Gambar 7. berikut.



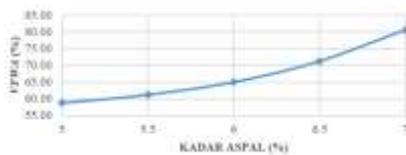
Gambar 7. Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai VMA

Nilai VMA pada campuran cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal, namun pada kadar 6,5% mengalami penurunan. Hal ini dapat disebabkan karena adanya degradasi

butiran agregat sehingga merubah susunan dan ukuran butiran. Campuran membentuk rongga partikel yang kecil, sehingga nilai *VMA* menjadi kecil.

6. Nilai *Void Filled with Asphalt (VFWA)*

VFWA adalah volume rongga yang terisi aspal dan tidak termasuk aspal yang terabsorpsi oleh butiran agregat. Nilai *VFWA* disajikan dalam grafik pada Gambar 8. berikut.

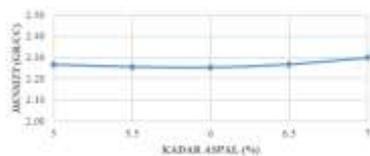


Gambar 8. Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *VFWA*

Nilai *VFWA* mengalami kenaikan dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini disebabkan karena semakin bertambahnya persentase kadar aspal pada campuran, maka semakin banyak rongga yang terselimuti aspal sehingga pengikatan antar agregat aspal menjadi optimal.

7. Nilai *Density*

Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah dipadatkan. Nilai *density* disajikan dalam grafik pada Gambar 9. berikut.



Gambar 9. Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai *Density*

Nilai *density* pada kadar aspal 5,5% dan 6% menurun, hal ini disebabkan karena pada saat pemadatan kurang baik sehingga nilai kepadatannya berkurang.

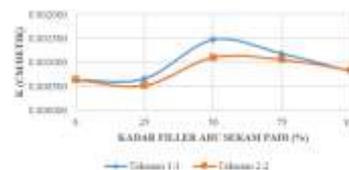
Nilai dari hasil pengujian *Marshall* yang memenuhi persyaratan dari parameter diatas, selanjutnya diperoleh batas maksimum dan batas minimum. Nilai *KAO* ditentukan dari nilai tengah antara batas maksimum dan batas minimum dari grafik. *KAO* yang didapatkan adalah sebesar 6,87 %.

3.3 Hasil Pengujian *Void in Coarse Aggregate (VCA)*

Hasil pengujian *VCA*, gradasi yang dipilih menghasilkan nilai rasio VCA_{mix}/VCA_{drc} berkisar 0,7 (<1,0). Kesimpulan dari pengujian ini adalah campuran *SMA 12,5 mm* terjadi kontak antar agregat kasar yang baik.

3.4 Tinjauan Karakteristik Permeabilitas

Hasil Pengujian permeabilitas campuran *SMA 12,5 mm* dapat dilihat dari grafik pada Gambar 10. berikut.



Gambar 10. Grafik Hubungan Kadar *Filler* ASP dengan Nilai Permeabilitas

Campuran *SMA 12,5 mm* dari semua variasi kadar *filler* ASP mempunyai nilai permeabilitas kecil, sehingga bersifat drainase jelek. Grafik permeabilitas diatas menunjukkan bahwa nilai koefisien permeabilitas yang cenderung semakin meningkat, hal ini berkaitan dengan volume rongga udara yang semakin besar dengan bertambahnya kadar *filler* ASP. Bertambahnya jumlah rongga udara pada campuran disebabkan karena tekstur permukaan *filler* yang kasar dan berpori menjadikan penyerapan aspal yang tinggi oleh ASP, sehingga *workability* campuran dan ikatan antar agregat menjadi berkurang. Dilihat dari hasil pengujian *Marshall*, nilai *VITM* yang digambarkan pada Gambar 16. sedikit berbeda dengan hasil pengujian permeabilitas. Pada kadar ASP sebanyak 25%, hasil permeabilitas dan nilai *VITM* menunjukkan penurunan, yang berarti jumlah *void* berkurang. Selanjutnya pada kadar ASP sebanyak 50%, hasil permeabilitas meningkat tajam kemudian turun kembali, namun nilai *VITM* semakin meningkat tanpa terjadi penurunan. Perbedaan hasil dari dua pengujian ini dapat disebabkan karena terjadi

degradasi agregat pada saat pemadatan. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Susanto, dkk (2014) yaitu ASP pada campuran *HRS-WC* memberikan nilai kedekatan yang baik (*practically impervious*).

3.5 Tinjauan Karakteristik Marshall pada KAO

1. Nilai Void In the Mix (VITM)

Analisis pengaruh variasi kadar *filler* ASP terhadap nilai *VITM* dapat dilihat pada grafik pada Gambar 11. di bawah ini.

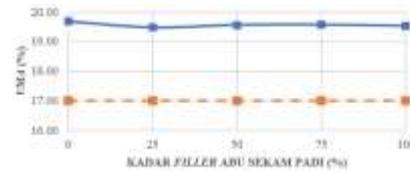


Gambar 11. Grafik Hubungan antara Kadar *Filler* ASP dengan Nilai *VITM*

Nilai *VITM* campuran mengalami penurunan pada kadar *filler* 25%, kemudian pada kadar *filler* 50% nilai *VITM* meningkat. Penurunan nilai *VITM* dikarenakan ASP mengisi rongga-rongga yang tersisa antar agregat, sehingga jumlah rongga berkurang. Sedangkan peningkatan nilai *VITM* disebabkan karena ASP memiliki tekstur permukaan yang kasar dan berpori besar menyebabkan *workability* campuran berkurang, sehingga ketika campuran dipadatkan menjadi kurang maksimal dan menghasilkan *void* yang besar. Hasil ini berbeda dengan penelitian Ismardani, dkk (2013) dan Susanto, dkk (2014), yaitu nilai *VITM* terus menurun seiring dengan penambahan kadar ASP. Hal ini dikarenakan dalam penelitian tersebut menggunakan KAO yang berbeda pada masing-masing kadar *filler* ASP.

2. Nilai Void in Mineral Aggregate (VMA)

Analisis pengaruh variasi kadar *filler* ASP terhadap nilai *VMA* dapat dilihat pada grafik pada Gambar 12. di bawah ini.

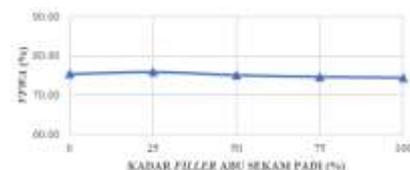


Gambar 12. Grafik Hubungan antara Kadar *Filler* ASP dengan Nilai *VMA*

Nilai *VMA* cenderung mengalami kenaikan pada kadar *filler* 50%. Hal ini dikarenakan penambahan *filler* pada campuran akan memperbesar rongga antar agregat akibat dari tekstur permukaan ASP yang kasar dan sangat berpori. Nilai *VMA* yang besar menunjukkan bahwa kerenggangan antar butir agregat yang besar. Hasil ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Ismardani, dkk (2013) yaitu nilai *VMA* pada campuran *AC-BC* meningkat, kemudian turun kembali.

3. Nilai Void Filled with Asphalt (VFWA)

Analisis pengaruh variasi kadar *filler* ASP terhadap nilai *VFWA* dapat dilihat pada grafik pada Gambar 13. di bawah ini.

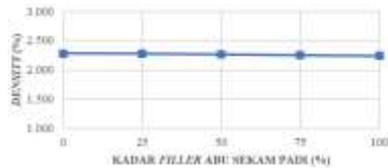


Gambar 13. Grafik Hubungan antara Kadar *Filler* ASP dengan Nilai *VFWA*

Nilai *VFWA* meningkat pada kadar *filler* ASP 25%, namun kemudian turun kembali pada kadar *filler* 50%. Penurunan nilai *VFWA* disebabkan karena semakin banyaknya ASP, tidak diimbangi dengan kenaikan kadar aspal yang digunakan menyebabkan presentase rongga yang tidak terisi menjadi semakin banyak. Hal ini berkaitan dengan tekstur permukaan ASP yang kasar dan sangat berpori mengakibatkan penyerapan aspal yang tinggi oleh ASP, sehingga menghasilkan film aspal yang tipis. Hasil ini berbeda dengan penelitian Susanto, dkk (2014) yaitu nilai *VFWA* meningkat seiring dengan bertambahnya kadar *filler* ASP.

4. Nilai *Density*

Analisis pengaruh variasi kadar *filler* ASP terhadap nilai *Density* dapat dilihat pada grafik pada Gambar 14. di bawah ini.



Gambar 14. Grafik Hubungan antara Kadar *Filler* ASP dengan Nilai *Density*

Nilai *density* semakin menurun dengan penambahan kadar *filler* ASP. Hal ini dikarenakan aspal yang terserap juga semakin besar, mengakibatkan jumlah rongga-rongga antar butiran semakin banyak, sehingga kepadatan campuran semakin berkurang. Hasil ini berbeda dengan penelitian Susanto, dkk (2014), yaitu nilai *density* semakin besar seiring dengan bertambahnya kadar *filler* ASP.

5. Nilai Stabilitas

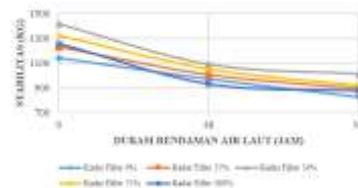
Analisis pengaruh variasi kadar *filler* ASP dan variasi rendaman air laut terhadap nilai stabilitas dapat dilihat dari grafik pada Gambar 15. dan Gambar 16. di bawah ini.



Gambar 15. Grafik Hubungan antara Kadar *Filler* ASP dengan Nilai Stabilitas pada Berbagai Durasi Rendaman Air Laut

Nilai stabilitas cenderung naik sampai mencapai stabilitas maksimum yaitu pada kadar *filler* ASP 50% dan turun kembali pada kadar *filler* ASP 75%. Penambahan kadar *filler* ASP pada mulanya membantu meningkatkan kinerja stabilitas karena bersama dengan aspal membentuk mortar yang berperan sebagai pengisi rongga sehingga meningkatkan kepadatan, akan tetapi penambahan kadar *filler* yang berlebihan mengakibatkan nilai stabilitas menurun karena bertambahnya rongga

dalam campuran, sehingga ikatan antar agregat dan daya ikat terhadap aspal menjadi lemah dan terpisah satu sama lain. Hal ini berkaitan dengan tekstur permukaan ASP yang kasar dan sangat berpori sehingga mengurangi *workability*. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Akbar dan Wesli (2012), yaitu penambahan kadar *filler* ASP akan meningkatkan stabilitas sampai nilai stabilitas maksimum kemudian mengalami penurunan.

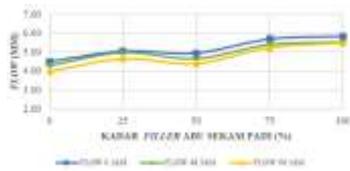


Gambar 16. Grafik Hubungan antara Durasi Rendaman Air Laut dengan Nilai Stabilitas pada Berbagai Kadar *Filler* ASP

Nilai stabilitas turun seiring dengan bertambahnya lama durasi rendaman air laut. Hal ini disebabkan karena air laut mengandung senyawa kimia dan bersifat asam sehingga bersifat merusak dan menurunkan kinerja campuran SMA 12,5 mm yaitu melemahkan kemampuan lekatan aspal dalam mempertahankan ikatan antar agregat baik kohesi maupun adhesi. Penurunan nilai stabilitas terbesar pada rendaman air laut 48 jam terjadi pada kadar *filler* 100% yaitu 25,82% dan 30,49% pada kadar *filler* 75% rendaman air laut 96 jam. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Prabowo (2003) dan Muaya, dkk (2015), yaitu terjadi penurunan nilai stabilitas karena direndam air laut.

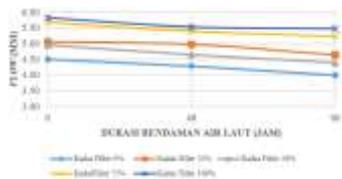
6. Nilai *Flow*

Analisis pengaruh variasi kadar *filler* ASP dan variasi rendaman air laut terhadap nilai *flow* dapat dilihat pada grafik pada Gambar 17. dan Gambar 18. di bawah ini.



Gambar 17. Grafik Hubungan antara Kadar *Filler* ASP dengan Nilai *Flow* pada Berbagai Durasi Rendaman Air Laut

Nilai *flow* tidak menunjukkan pola yang jelas, namun cenderung meningkat. Hal ini disebabkan karena penambahan ASP membuat rongga campuran semakin besar, mengakibatkan campuran mudah mengalami deformasi saat dibebani lalu lintas akibat dari melemahnya ikatan antara agregat dengan aspal sehingga terus meningkatkan nilai *flow*-nya. Pada kadar *filler* ASP 50% nilai *flow* menurun, penurunan nilai *flow* mengindikasikan campuran SMA 12,5 mm pada kadar tersebut lebih kaku. Hasil ini sejalan dengan penelitian Rosyidi, dkk (2012), yaitu nilai *flow* cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya kadar *filler* ASP.



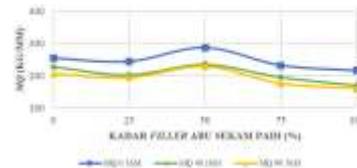
Gambar 18. Grafik Hubungan antara Kadar *Filler* ASP dengan Nilai *Flow* pada Berbagai Durasi Rendaman Air Laut

Nilai *Flow* turun seiring dengan bertambahnya lama durasi rendaman air laut. Campuran SMA 12,5 mm tersusun dari proporsi agregat kasar yang lebih banyak dari campuran beton aspal lainnya, sehingga memungkinkan SMA 12,5 mm mempunyai ketahanan yang baik terhadap deformasi vertikal akibat pembebanan. Penurunan nilai *flow* terbesar pada kadar *filler* ASP 50% yaitu sebesar 6,06% pada rendaman air laut 48 jam dan sebesar 11,11% pada rendaman air laut 96 jam. Hasil ini sedikit berbeda dengan penelitian Prabowo (2003) dan Muaya, dkk (2015),

yaitu nilai *flow* akan meningkat seiring dengan semakin lamanya campuran beton aspal direndam air laut.

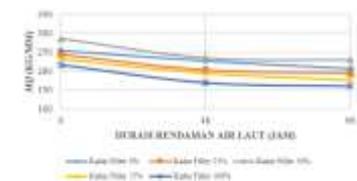
7. Nilai *Marshall Quotient* (*MQ*)

Analisis pengaruh variasi kadar *filler* ASP dan variasi rendaman air laut terhadap nilai *MQ* dapat dilihat pada grafik pada Gambar 19. dan Gambar 20. di bawah ini.



Gambar 19. Grafik Hubungan antara Kadar *Filler* ASP dengan Nilai *MQ* pada Berbagai Durasi Rendaman Air Laut

Nilai *MQ* mencapai puncaknya pada kadar *filler* ASP 50%. Peningkatan nilai *MQ* disebabkan oleh kecenderungan kenaikan stabilitas pada setiap penambahan kadar ASP. Selisih kenaikan *flow* cenderung lebih besar dibandingkan dengan kenaikan stabilitas sehingga nilai *Marshall Quotient* menjadi semakin turun apabila telah mencapai maksimum pada kadar 75%. Hasil ini sejalan dengan penelitian Ismardani, dkk (2013), yaitu nilai *MQ* akan naik sampai pada stabilitas maksimum, kemudian turun.



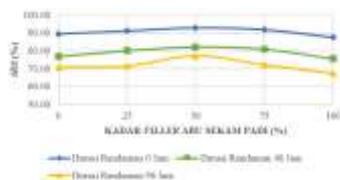
Gambar 20. Grafik Hubungan antara Durasi Rendaman Air Laut dengan Nilai *MQ* pada Berbagai Kadar *Filler* ASP

Nilai *MQ* menurun seiring dengan bertambahnya lama durasi rendaman oleh air laut, disebabkan karena banyaknya senyawa-senyawa dan bersifat asam yang masuk ke dalam campuran SMA 12,5 mm. Hal ini berarti bahwa rendaman air laut dapat menurunkan kekakuan campuran. Penurunan nilai *MQ* terbesar terjadi pada kadar 100% sebanyak 21,82% pada lama rendaman 48 jam dan 26,05% pada lama

rendaman 96 jam. Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya oleh Muaya, dkk (2015), yaitu terdapat penurunan nilai *MQ* seiring dengan bertambahnya durasi perendaman air laut.

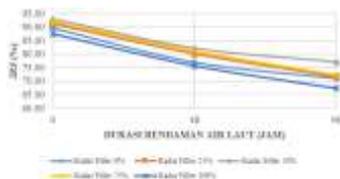
3.6 Tinjauan Karakteristik *Index of Retained Strength (IRS)*

IRS bertujuan untuk mengevaluasi keawetan campuran. Hasil pengujian *IRS* pada campuran SMA 12.5 mm dapat dilihat dari grafik pada Gambar 21. dan Gambar 22. di bawah ini.



Gambar 21. Grafik Hubungan antara Kadar Filler ASP dengan Nilai *IRS* pada Berbagai Durasi Rendaman Air Laut

Nilai *IRS* naik sampai pada kadar filler ASP 50%, kemudian pada kadar filler 75% mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan volume rongga yang semakin besar, mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat dan tidak kedap air, campuran menjadi mudah teroksidasi yang menyebabkan ikatan antara aspal dengan agregat menjadi lemah yang pada akhirnya akan menurunkan keawetan campuran. Nilai koefisien permeabilitas juga semakin meningkat menyebabkan air laut yang bersifat asam mudah masuk ke dalam campuran mengakibatkan turunnya kinerja campuran. Hasil ini sejalan dengan yang dikemukakan oleh Lubis, dkk (2009) dalam penelitiannya yaitu ASP memberikan nilai keawetan lebih baik daripada filler semen.

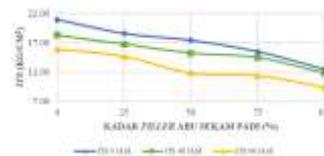


Gambar 22. Grafik Hubungan antara Durasi Rendaman Air Laut dengan Nilai *IRS* pada Berbagai Kadar Filler ASP

Nilai *IRS* mengalami penurunan. Lamanya perendaman dapat menurunkan stabilitas campuran, karena air laut bersifat asam sehingga menurunkan kinerja campuran SMA 12,5 mm akibat dari melemahnya ikatan antara aspal dengan agregat karena rongga campuran yang besar. Penurunan nilai *IRS* terbesar pada rendaman 48 jam yaitu pada kadar filler 0% sebesar 14,02% dan pada rendaman 96 jam terjadi pada kadar filler 100% yaitu sebesar 22,93%. Pada rendaman air laut 48 jam dan 96 jam, nilai *IRS* melampaui batas minimal yang disyaratkan oleh Bina Marga 2010 yaitu sebesar 90%. Namun, nilai *IRS* pada kedua rendaman tersebut masih memenuhi batas minimum persyaratan dari *Asphalt Institute*, yaitu 75%, kecuali pada kadar 0%, 25%, 75%, dan 100% rendaman 96 jam. Hasil ini sejalan dengan penelitian Lubis, dkk (2009) yang menyebutkan bahwa nilai *IRS* mengalami penurunan seiring dengan lamanya waktu perendaman.

3.7 Tinjauan Karakteristik *Indirect Tensile Strength (ITS)*

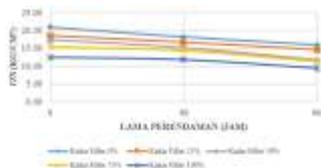
Pengujian *ITS* ini dilakukan untuk mengetahui nilai gaya tarik tidak langsung campuran beraspal akibat beban lalu lintas. Hasil pengujian pada campuran SMA 12.5 mm dapat dilihat dari grafik pada Gambar 23. dan Gambar 24. di bawah ini.



Gambar 23. Grafik Nilai *ITS* pada Berbagai Kadar Filler ASP dan Berbagai Durasi Rendaman Air Laut

Nilai *ITS* terus mengalami penurunan. Penurunan ini dikarenakan penambahan filler ASP dengan tekstur permukaan yang kasar dan sangat berpori menyebabkan tingginya penyerapan aspal, oleh sebab itu volume rongga campuran semakin besar. Hal tersebut menjadikan film aspal tipis dan campuran

menjadi peka terhadap oksidasi. Selanjutnya campuran akan mudah retak saat dibebani lalu lintas karena lekatan antara agregat dengan aspal menjadi lemah dibandingkan dengan campuran yang tidak menggunakan *filler* ASP.

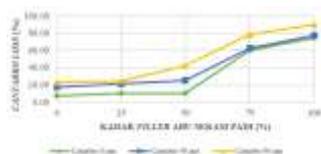


Gambar 24. Grafik Hubungan antara Durasi Rendaman Air Laut dengan Nilai ITS pada Berbagai Kadar *Filler* ASP

Nilai *ITS* campuran SMA 12,5 mm semakin turun, hal ini diakibatkan air laut menyebabkan turunnya sifat adhesi atau kerekatan antara aspal dengan agregat. Menurunnya kerekatan yang diakibatkan oleh air laut ini akan mengurangi kohesivitas dari campuran, sehingga kekuatan campuran akan menurun seiring dengan bertambahnya durasi perendaman. Nilai *ITS* terendah pada kadar *filler* 100% untuk seluruh durasi perendaman air laut, namun penurunan terbesar terjadi pada kadar 0% sebesar 12,96% rendaman air laut 48 jam dan pada kadar 50% sebesar 31,86% rendaman air laut 96 jam. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian oleh Rahim, dkk (2012) yang menyebutkan bahwa nilai *ITS* semakin kecil seiring dengan bertambahnya durasi perendaman air laut.

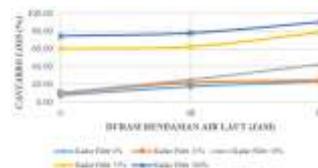
3.8 Tinjauan Karakteristik *Cantabro*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan campuran terhadap keausan. Hasil pengujian pada campuran SMA 12.5 mm dapat dilihat dari grafik pada Gambar 25. dan Gambar 26. di bawah ini.



Gambar 25. Grafik Nilai *Cantabro Loss* pada Berbagai Kadar *Filler* ASP dan Berbagai Durasi Rendaman Air Laut

Nilai *cantabro loss* mengalami kenaikan, yang berarti semakin besar pula tingkat penurunan kekuatan campuran SMA 12,5 mm. Kenaikan yang tajam terjadi pada kadar *filler* 75% dan 100%. Kenaikan ini dikarenakan ikatan antara agregat dan aspal berkurang yang berkaitan dengan bertambahnya jumlah rongga dalam campuran. Udara dan air akan mudah masuk ke dalam campuran, mengakibatkan terjadinya oksidasi, dimana hal tersebut mempercepat pengelupasan aspal dari permukaan agregat yang pada akhirnya menjadikan campuran menjadi getas dan mudah aus ketika dibebani lalu lintas. Selain mempengaruhi kekuatan campuran, banyaknya rongga juga berpengaruh terhadap keawetan campuran. Hasil ini sesuai dengan penelitian oleh Winayati, dkk (2018), yaitu semakin banyak persentase abu tandan sawit sebagai *filler*, maka nilai kehilangan berat semakin besar pula.



Gambar 26. Grafik Hubungan Durasi Perendaman Air Laut dengan Nilai *Cantabro* pada Berbagai Kadar *Filler* ASP

Nilai *cantabro loss* meningkat seiring dengan bertambahnya lama durasi perendaman oleh air laut. Hal ini disebabkan karena pada kondisi terendam air laut, campuran SMA 12,5 mm kurang memiliki kemampuan yang baik dalam menahan keausan oleh beban roda kendaraan akibat dari daya ikat antar agregat semakin buruk sehingga pemisahan agregat menjadi semakin besar. Persen kehilangan nilai *cantabro loss* pada campuran terbesar terjadi pada kadar 50% yaitu naik sebanyak 58,42% untuk rendaman 48 jam dan naik sebesar 75,53% untuk rendaman 96 jam. Persentase kehilangan berat pada kadar 0%, 25%, 50% (durasi rendaman air laut 0 jam) dan kadar 0% (durasi rendaman air laut 48 jam) masih memenuhi standar spesifikasi

Bina Marga 2010 yaitu nilai keausan $\leq 20\%$. Hasil ini sejalan dengan penelitian oleh Rahim, dkk (2012) yaitu nilai keausan semakin besar seiring dengan lama perendaman air laut.

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

1. Penambahan *filler* ASP menaikkan nilai stabilitas dan *MQ* sampai pada kadar *filler* 50%, kemudian turun pada kadar *filler* 75% dan 100%. Nilai *flow* cenderung terus meningkat namun turun pada kadar *filler* 50%. Akibat rendaman air laut nilai stabilitas, *flow* dan *MQ* mengalami penurunan. Penurunan nilai stabilitas terbesar pada kadar *filler* 100% sebesar 25,82% rendaman 48 jam dan kadar *filler* 75% sebesar 30,49% rendaman 96 jam. Penurunan nilai *flow* terbesar pada kadar *filler* 50%, rendaman 48 jam dan 96 jam berturut-turut adalah 6,06% dan 11,11%. Serta Penurunan nilai *MQ* terbesar pada kadar *filler* 100%, rendaman 48 jam dan 96 jam berturut-turut adalah 21,82% dan 26,05%. Nilai *VITM*, nilai *VMA* meningkat, sedangkan nilai *VFWA*, nilai *density* mengalami penurunan.
2. Nilai koefisien permeabilitas campuran SMA 12,5 mm pada berbagai variasi kadar *filler* ASP menunjukkan indikator “drainase jelek”. Nilai koefisien permeabilitas optimum pada terjadi pada kadar *filler* ASP 25%.
3. Akibat adanya ASP sebagai *filler* pengganti, meningkatkan nilai *IRS* sampai pada kadar *filler* 50%, kemudian turun pada penambahan kadar *filler* selanjutnya. Akibat rendaman air laut selama 0 jam, 48 jam, dan 96, nilai *IRS* mengalami penurunan. Penurunan terbesar pada kadar *filler* 0% sebesar 14,02% rendaman 48 jam dan pada kadar *filler* 100% sebesar 22,93% rendaman 96 jam. Hanya campuran pada rendaman 0 jam pada seluruh variasi kadar *filler* pengganti yang memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 yaitu minimal 90%.

4. Penambahan ASP dan lama rendaman air laut menurunkan kekuatan tarik dengan nilai terendah pada kadar 0% sebesar 12,96% rendaman air laut 48 jam dan pada kadar 50% sebesar 31,86% rendaman air laut 96 jam.
5. Nilai *Cantabro* pada campuran SMA 12,5 mm meningkat seiring bertambahnya persentase kadar *filler* ASP dan semakin lama direndam air laut. Kehilangan berat yang cukup besar pada kadar 50%, sebesar 58,42% rendaman 48 jam dan 75,53% rendaman 96 jam. Pada rendaman 0 jam hanya kadar *filler* 0%, 25%, dan 50% yang memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu 20%.

4.2 Saran

1. Campuran SMA 12,5 mm dengan penambahan kadar *filler* ASP 50%, direkomendasikan untuk digunakan pada daerah kawasan pesisir pantai yang sering tergenang banjir rob.
2. Perlu diperhatikan saat melakukan perendaman air laut sebaiknya disesuaikan dengan aturan-aturan ilmu kimia agar hasil lebih akurat karena menggambarkan kasus yang terjadi di lapangan.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang kandungan senyawa yang terkandung dalam ASP sehingga dapat diketahui kandungan senyawa yang bereaksi ketika dicampur dengan campuran SMA 12,5 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, S. dan Wesli. 2012. Stabilitas Lapis Aspal Beton AC-WC Menggunakan Abu Sekam Padi. *Teras Jurnal*. Vol. 2 No.4:310-320.
- American Association of State Highway and Transportation Officials. 2012. AASTHO M 325-08 Standard Specification for Stone Matrix Asphalt. *Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing Part I B Specification*. Washington, D.C.

- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2010. *Spesifikasi Umum*. Edisi 2010 (Rev. 3).
- Ismadarni, dkk. 2013. Karakteristik Beton Aspal Lapis Pengikat (AC-BC) yang Menggunakan Bahan Pengisi (Filler) Abu Sekam Padi. *Majalah Teknik MEKTEK*. Vol. XV No.2: 93-102.
- Lubis, Z. dan Zuliyanto, A. 2009. Kajian Penggunaan Filler Abu Sekam Padi untuk Menguji Durabilitas Laston. *Jurnal Teknika*. Vol. I No.2: 35-40.
- Muaya, dkk. 2015. Pengaruh Terendamnya Perkerasan Aspal Oleh Air Laut yang Ditinjau Terhadap Karakteristik Marshall. *Jurnal Sipil Statik*. Vol. III No.8: 562-570.
- Nahyo, dkk., 2015. Durabilitas Campuran Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) Akibat Rendaman Menerus dan Berkala Air Rob. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*. Vol.I No.2:141-154.
- Prabowo, A.H. 2003. Pengaruh Rendaman Air Laut Pasang (ROB) terhadap Kinerja Laston (HRS-WC) Berdasarkan Uji Marshall dan Uji Durabilitas Modifikasi. *PILAR*. Vol. XII No.2: 89-98.
- Rahim, dkk. 2012. Pengaruh Air Laut Terhadap Karakteristik Perkerasan Aspal Porus yang Menggunakan Asbuton Sebagai Bahan Pengikat.
- Rosyidi, dkk. 2012. Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Pengisi pada Campuran Hot Rolled Asphalt terhadap Sifat Uji Marshall. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*. Vol. XV No.2: 98-107.
- Susanto, dkk. 2014. Permeability Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC) dengan Filler Abu Sekam Padi untuk Jalan Perkotaan. *Jurnal APTEK*. Vol.VI No.1:17-32.
- Tahami, S.A. 2018. *Usage of Two Biomass Ashes as Filler in Hot Mix Asphalt*. *Construction and Building Materials*. 547-556
- Winayati, dkk. 2018. Analisis Penggunaan Abu Tandan Kelapa Sawit Sebagai Filler Ditinjau dari Nilai Keausan Perkerasan (Cantabro Test).