

# Pengaruh Rendaman Air Laut Pasang Surut terhadap Campuran Lapis Aspal Beton AC-WC dengan Modifikasi *Steel slag* Ramah Lingkungan

*Effect of Seawater Immersion on the Asphalt Concrete Mixture of AC-WC and Environmental Friendly Steel Slag*

**Farras Luthfir Rahman, Emil Adly**

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*

**Abstrak.** Perkerasan jalan yang terletak di daerah pantai memiliki peluang lebih besar terendam air laut. Di sepanjang jalan Pantai Utara khususnya di Jalan Kaligawe Raya, Semarang, Jawa Tengah kerap terjadi banjir air laut pasang (ROB). Perkerasan jalan yang terendam oleh air memiliki potensi yang tinggi untuk mengalami kerusakan, karena air merupakan salah satu faktor penyebab kerusakan pada perkerasan jalan, ditambah dengan repetisi beban yang berulang-ulang akan menurunkan umur rencana, sehingga jalan lebih cepat mengalami kerusakan akibat menahan beban lalu lintas. Kemudian dengan adanya penumpukan limbah tak terpakai dari pabrik pembuatan baja dapat menjadi material alternatif untuk campuran aspal modifikasi. Hasil pengujian dengan perendaman air laut 6 Jam, 12 Jam dan 24 Jam mendapatkan nilai karakteristik *marshall* yang kurang baik ditandai dengan adanya penurunan nilai *density*, VFA (*Void Filled Asphalt*), stabilitas, dan MQ (*marshall quotient*), sedangkan mendapatkan kenaikan nilai pada VIM (*Void In the Mix*), VMA (*Void in Mineral Agregate*), dan *flow*.

Kata-kata kunci : air laut pasang surut, *marshall*, perkerasan lentur, *steel slag*

**Abstract.** Road pavement near coastal area has greater chance for seawater immersion. Along the road of Pantai Utara especially on Jalan Kaligawe Raya, Semarang, Jawa Tengah, tidal seawater flood often occurs. Road pavement that is immersed by water is potentially damaged since water is one of the causing factors of damage in road pavement. Recurring weight also will decrease the design life and the road degrades faster. The buildup of unused waste from steel factory can be an alternative material for modified asphalt mix. The test result of 6, 12, and 24 hours seawater immersion indicated poor *marshall* characteristic value marked by the decrease of density value, VFA (*Void Filled Asphalt*), stability, and MQ (*Marshall Quotient*), and indicated the increase in VIM (*Void In the Mix*), VMA (*Void in Mineral Aggregate*), and *flow*.

**Keywords:** flexible pavement, *marshall*, *steel slag*, tidal seawater.

## 1. Pendahuluan

Jalan merupakan prasarana yang sangat penting dalam transportasi darat yang dilalui oleh kendaraan bermotor, mobil, hingga truk. Jalan memiliki peran fundamental yang penting bagi masyarakat guna memenuhi kebutuhan ekonomi dan sosial. Kondisi jalan yang baik akan meningkatkan mobilitas masyarakat. Namun dalam perawatan jalan terdapat permasalahan akan perkerasan jalan yang terendam oleh air laut . Air yang tergenang

lama di permukaan perkerasan jalan akan mempercepat umur rencana yang menyebabkan kerusakan pada jalan Di Jl. Kaligawe Raya, Semarang, Jawa Tengah marak terjadi banjir pasang air laut (rob) menjadi salah satu penyebab rusaknya jalan. Karena air laut yang merusak jalan bisa terus menerus menjadi masalah bagi perkerasan jalan. menurut Peraturan Pemerintah nomor 101 tahun 2014 tentang pengelolaan limbah b3 tidak hanya jalan rusak yang meresahkan lingkungan, disisi

lain terdapat limbah industri B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) sisa hasil pengolahan baja menjadi alternatif digunakan sebagai bahan pengganti agregat (Sentosa dkk., 2010; Nahyo dkk., 2015; Pratama dkk., 2017).

Dirasa perlu adanya pengujian mengenai dampak dari rendaman air laut dan pengelolaan limbah dengan baik menjadi alternatif untuk menggunakan *steel slag* sebagai bahan pengganti agregat (Suhardi dkk., 2016; Bahri dkk., 2010).

Limbah ramah lingkungan *steel slag* pada campuran aspal beton dan dilakukan rendaman air laut, karena perannya dalam perkerasan jalan dapat menurunkan umur rencana perkerasan jalan (Hartati dkk., 2009; Pramudya dkk., 2013).

Pengaruh dari air laut yang diambil di pesisir Pantai Utara tepatnya di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang terhadap campuran material modifikasi menggunakan *steel slag* (*steel slag*) sebagai pengganti agregat menyebabkan karakteristik pada *marshall* tidak baik (Fahmi dkk., 2017; Muaya dkk., 2015). Semakin lama campuran aspal direndam dengan pasang surut air laut memiliki dampak kimia yang besar pada pengujian *marshall* (Setiadji dkk., 2017).

## 2. Metode Penelitian

### Bahan

#### Agregat Kasar

Agregat kasar pada dasarnya berupa batu pecah atau kerikil pecah. Lebih baik dipersiapkan terlebih dulu untuk ukurannya dan lebih baik apabila bersudut pada ujungnya. pada fraksi ini menggunakan agregat dengan ukuran butiran yang tertahan saringan nomor 8 atau 2,36 mm. Kondisi agregat harus awet, keras, bersih dan bebas dari kandungan lempung atau bahan organik yang tidak diinginkan (Suhardi dkk., 2016; Bahri dkk., 2010).

#### Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alami atau buatan hasil ayakan dari batu pecah yang lolos dari saringan nomor 8 dengan ukuran 2,36 mm. sama dengan agregat kasar, kondisinya harus awet, keras, bersih bebas dari kandungan lempung dan bahan organik lainnya yang tidak dikehendaki.

### Aspal

Aspal adalah salah satu bahan konstruksi perkerasan lentur yang digunakan untuk mengikat antar partikel agregat. Merupakan material berwarna hitam kecoklatan yang sifatnya lunak dan mudah cair apabila mendapatkan pemanasan yang cukup dan sebaliknya, yang biasa disebut *viskoelastis*.

### Steel Slag

*Steel Slag* atau yang kerap disebut *steel slag* adalah sebuah limbah atau bahan sisa hasil pengecoran besi, bentuknya yang menyerupai batu, limbah ini tidak kalah keras juga dari batuan pada umumnya. (Hartati dkk., 2009; Pramudya dkk., 2013).

### Filler

*Filler* adalah fraksi dari agregat yang didapatkan dari ayakan lolos saringan nomor 200, sebagiannya diperoleh dari hasil abrasi agregat kasarnya yang didapatkan di lokasi yang sama seperti agregat kasar.

### Prosedur Pengujian

#### Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini menggunakan campuran AC-WC, dan pergantian material agregat untuk prosentase pada agregat kasar 50% *steel slag* dan 100% agregat halus untuk *steel slag*. Agregat dan *steel slag* dimasukkan ke dalam wadah yang dipanaskan di atas kompor dengan suhu 160° C lalu diberikan sejumlah aspal dengan kadar yang sudah ditentukan dan dimasak merata. Masukkan ke dalam cetakan (*mold*) yang sudah dipanaskan dan dilapisi dengan oli supaya saat mengeluarkan aspal pada cetakan tidak susah dan tidak rusak. Tusuk dengan spatula sebanyak 15 kali pada bagian tepi cetakan dan 10 kali tusukan pada sisi bagian tengah di tiap 1/3 isi campuran aspal panas. Setelah terisi penuh, masukkan campuran aspal beserta cetakan ke dalam mesih penumbuk, lalu tumbuk bagian sisi atas cetakan sebanyak 75 kali dan dibalik untuk menumbuk sisi lainnya sebanyak 75 kali. Diamkan selama 24 jam dan dapat diuji *marshall*.

#### Pengujian Marshall

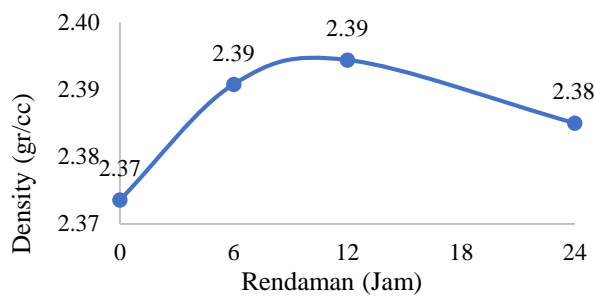
Ukur dimensi dan berat benda uji, rendam selama 30 menit ke dalam bak perendam yang sudah diatur suhunya sebesar 60° C, lalu

rendam dengan air laut sesuai dengan variasi rendaman yang ditentukan, letakkan pada alat uji *marshall*. Pengujian ini dimaksudk untuk mengetahui dampak perendaman dengan air, terkena terik matahari dan terendam air laut.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Density

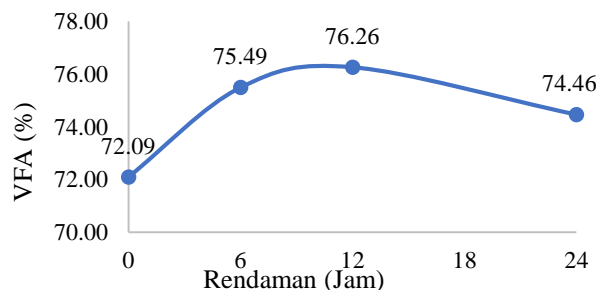
Sering disebut kepadatan yang artinya adalah rasio antara berat benda uji kering terhadap volume benda uji tersebut. Semakin tinggi nilai dari densitas akan menyebabkan nilai stabilitas meningkat (Sentosa dkk., 2010).



Gambar 1 Grafik hubungan kepadatan dengan rendaman air laut.

#### VFA

Persen rongga pada agregat biasa disebut *Void Filled Asphalt (VFA)* adalah rongga yang diisi aspal tapi aspal yang mengisi tersebut tidak termasuk dengan aspal yang diserap oleh agregat. Jika nilai VFA atau rongga udara yang terisi aspal terlalu besar akan menyebabkan *bleeding* pada campuran aspal. Jika nilainya kecil maka akan menyebabkan campuran aspal tersebut menjadi lebih kedap terhadap air.

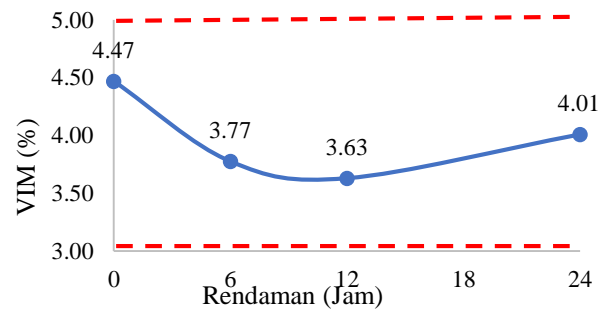


Gambar 2 Grafik hubungan VFA dengan rendaman air laut.

#### VIM

*Void In Mix* adalah nilai rongga pada campuran aspal panas dengan satuan persen. Rongga tersebut diperlukan untuk ruang bagi

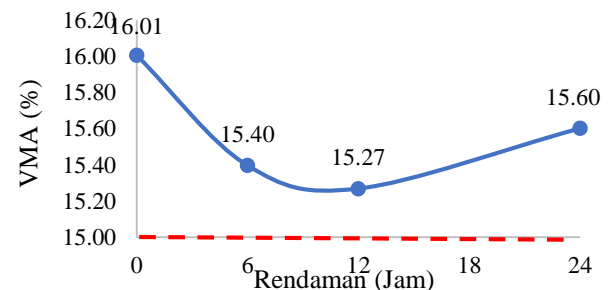
material campuran seperti sifat elastisnya. Nilai rongga dalam campuran ini dipengaruhi beberapa faktor, yaitu ukuran agregat yang digunakan, lalu kadar aspal pada campuran dan nilai dari *density*. Apabila nilai dari rongga ini terlalu besar dapat menyebabkan lapisan pada perkerasan teroksidasi atau mengalami penuaan aspal sehingga udara dapat mudah masuk. Maka lapisan luar aspal menjadi tipis dan ikatan aspal menurun. Umur rencana dari aspal tersebut juga akan menjadi lebih pendek. Dan apabila nilai rongga ini besar dapat memicu adanya pelepasan agregat pada lapisan aspal.



Gambar 2 Grafik hubungan VIM dengan rendaman air laut.

#### VMA

Rongga dalam mineral agregat (*Void in Minelar Agregate*) adalah rongga-rongga udara yang diisi oleh aspal dalam campuran aspal yang sudah dipadatkan. Dan rongga-rongga tersebut termasuk rongga yang sudah diisi oleh aspal. Besar nilai rongga ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah kadar aspal yang digunakan, ukuran fraksi butir agregat, proses pada saat melakukan penumbukan dan penjagaan suhu pada campuran aspal panas.

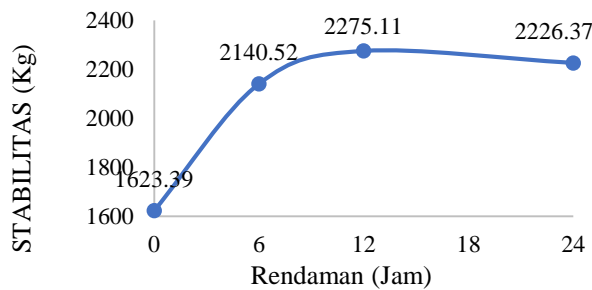


Gambar 2 Grafik hubungan VMA dengan rendaman air laut.

#### Stability

Stabilitas, adalah kemampuannya untuh tahan dalam mendapat beban dari lalu lintas dengan stabil. Maksudnya adalah tidak goyah

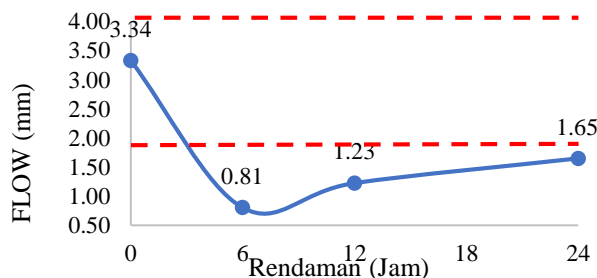
atau berubah bentuk dan tidak *bleeding*. Apabila beban dari lalu lintas besar, maka dibutuhkan nilai stabilitas yang tinggi pula untuk menahan beban lalu lintas tersebut. Nilai stabilitas ini dapat dipengaruhi gesekan dari tiap butiran bahan penyusun, *interlocking* dari gradasi bahan penyusun dan juga kemampuan kohesi lapisan aspal harus baik. Kadar aspal yang digunakan dan penjagaan suhu hingga proses pada saat pemadatan juga sangat berpengaruh dalam mendapatkan nilai stabilitas ini (Sukirman, 1995). Nilai stabilitas dan waktu perendaman dengan air laut memiliki hubungan yang berbanding terbalik, apabila perendaman semakin lama nilai stabilitas menurun (Nahyo dkk., 2015; Pratama dkk., 2017).



Gambar 2 Grafik hubungan stabilitas dengan rendaman air laut.

### Flow

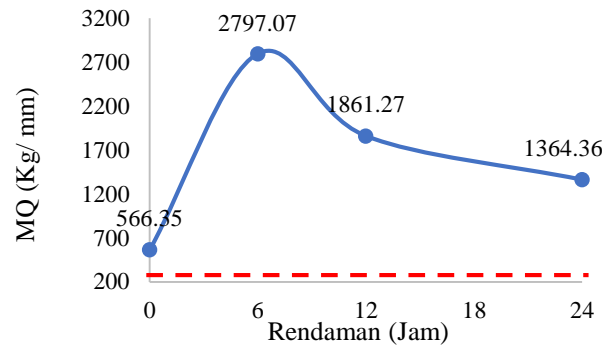
*Flow* adalah keadaan dimana suatu campuran memiliki batas optimum untuk hancur, nilai *flow* yang tinggi menandakan bahwa campuran yang diuji bersifat plastis, apabila kecil campuran tersebut adalah kaku. Dan yang dapat mempengaruhi dari nilai deformasi ini adalah ukuran butir bahan penyusun yang digunakan, penentuan kadar aspal dan ketetapan suhu pada saat melakukan pemadatan (Muaya dkk., 2015).



Gambar 2 Grafik hubungan keelehan dengan rendaman air laut.

### MQ

Nilai antara hasil bagi antara nilai stabilitas terhadap nilai kelelahan (*flow*). Jika didapati nilai MQ besar, maka campuran aspal keras akan menjadi lebih kaku, berlaku juga untuk kebalikannya yaitu jika didapatkan nilai MQ menjadi lebih kecil maka perkerasan tersebut dapat berisiko lentur.



Gambar 2 Grafik hubungan MQ dengan rendaman air laut.

Campuran dapat dikatakan awet apabila memiliki potensi keawetan terhadap rendaman air laut apabila campuran yang diuji menunjukkan kekuatan untuk menahan dan nilainya absolut pada durasi perendaman lebih lama (Fahmi dkk., 2017).

## 4. Kesimpulan

1. Sifat Fisik dari agregat kasar *steel slag* yang digunakan diperoleh hasil pemeriksaan berat jenis curah kering sebesar 2,9, berat jenis jenuh kering permukaan sebesar 2,95, berat jenis semu sebesar 3,05, penyerapan air sebesar 1,67%, dan nilai abrasinya sebesar 32,35. Agregat halus *steel slag* diperoleh hasil pemeriksaan berat jenis curah kering sebesar 3,35, berat jenis jenuh kering permukaan sebesar 3,42, berat jenis semu sebesar 3,59, dan besar nilai penyerapan airnya sebesar 1,98. Kelekatannya terhadap agregat 98%.
2. Pada penentuan Kadar Aspal Optimum didapatkan 5,25% karena pada 4,5% tidak memenuhi syarat pada nilai kelelahan yang didapat yaitu kurang dari 2 yaitu sebesar 1,93. Dan pada kadar aspal 6% dan juga 6,5% tidak masuk pada persyaratani karena nilai *flow*nya melebihi 4mm. maka pada penarikan sumbu garis antara 5% dan 5,5% diambil titik tengah yaitu 5,25%.

3. Nilai *marshall* pada campuran lapis aspal beton dengan modifikasi agregat dengan *steel slag* dan *treatment* perendaman menggunakan air laut pasang dengan variasi lama perendaman 0 Jam, 6 Jam, 12 Jam dan 24 Jam, seperti berikut ini :
  - a. Efek dari lama perendaman menyebabkan nilai kepadatan (*density*) meningkat, karena pada perendaman air laut 0 Jam (tanpa rendaman air laut) nilai kepadatannya sebesar 2,374 kg/cc dan meningkat pada rendaman 6 jam serta 12 jam yaitu menjadi 2,391 kg/cc dan 2,394 kg/cc. hal ini disebabkan karena berat jenis *steel slag* yang lebih tinggi daripada nilai berat jenis agregat pada umumnya sehingga menyebabkan nilai kepadatan pada campuran aspal meningkat.
  - b. Nilai VFA pada penambahan *steel slag* dengan perendaman air laut pada *treatmentnya* didapat nilai tertinggi pada perendaman 12 Jam, nilainya pun meningkat dari perendaman air laut 0 jam dan 6 jam. Ini terjadi karena pada rongga campuran diisi banyak oleh aspal, dan sifat fisis dari *steel slag* yang memiliki rongga, sehingga aspal menempel kedalam rongga tersebut, maka dari itu nilai VFA yang didapat tinggi.
  - c. Didapatkan nilai VMA tertinggi pada perendaman air laut dengan durasi perendaman 0 jam yaitu sebesar 16,01% dan pada perendaman air laut selama 6 jam dan 12 jam menurun secara urut pada nilai 15,40% dan 15,27%. Hal ini disebabkan karena adanya *steel slag* yang menyebabkan volume pada campuran menurun, maka nilai VMA meningkat.
  - d. Nilai VIM atau *void in mix* yang didapatkan pada pengujian dengan campuran *steel slag* serta perendaman dengan air laut 0 jam adalah 4,47% untuk nilai tertinggi lalu diikuti pada rendaman 6 jam dan 12 jam sebesar 3,77% dan 3,63%. Ini disebabkan karena rongga udara yang seharusnya diserap diisi oleh aspal menjadi berkurang karena adanya rongga udara serta durasi perendaman dengan air laut, sehingga nilainya menurun.
  - e. Pada nilai stabilitasnya didapat nilai tertinggi pada perendaman dengan air laut, semakin lama durasi perendaman akan semakin meningkat nilai stabilitasnya, karena kandungan dari air laut sehingga membuat campuran aspal menjadi keras dan kaku.
  - f. Nilai *flow* yang didapatkan pada perendaman air laut semuanya tidak masuk spesifikasi umum Bina Marga 2010 (revisi 3) karena nilai yang didapatkan semua dibawah ketentuan yaitu <2 mm. Karena pengaruh dari lamanya rendaman air laut yang menyebabkan campuran aspal menjadi kaku.

## 5. Daftar Pustaka

- Bahri, S., dan Irawan, D. A. S., 2014, Pengaruh Limbah Serbuk Besi Sebagai Pengganti Sejumlah Agregat Halus Terhadap Campuran Aspal, *Inersia*, 1(2), 25-32.
- Binamarga, 2010, *Spesifikasi Umum (revisi 3)*, Jakarta, Indonesia.
- Fahmi, R., Saleh, S. M., dan Isya, M., 2017, Pengaruh Lama Rendaman Air Laut Terhadap Durabilitas Campuran Aspal Beton Menggunakan Aspal Pen. 60/70 yang Disubstitusi Limbah Ethylene Vinyl Acetate (EVA), *Jurnal Teknik Sipil*, 6(3), 271-282.
- Fristin Yohana, M., 2009, Studi Pengaruh Steel Slag Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Aspal Beton Terhadap Workabilitas Dan Durabilitas, *Rekayasa Sipil*, 5(1), 20-28.
- Muaya, G. S., Kaseke, O. H., dan Manoppo, M. R., 2015, Pengaruh Terendamnya Perkerasan Aspal oleh Air Laut yang Ditinjau Terhadap Karakteristik Marshall, *Jurnal Sipil Statik*, 3(8). 562-570.
- Nahyo, N., Sudarno, S., dan Setiadji, B. H., 2017, Durabilitas Campuran Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) Akibat Rendaman Menerus dan Berkala Air ROB, *Teknik Sipil Universitas Abulyatama*, 1(2), 141-154.
- Peraturan Pemerintah 2014, No.101 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya

- dan Beracun, Sekretariat Negara, Jakarta, Indonesia.
- Pramudya, A., Setyawan, A. S., dan Sarwono, D., 2013, Pengaruh Penambahan Limbah Bubutan Baja Pada Lapis Tipis Campuran Aspal Panas Terhadap Karakteristik Kuat Tarik Tidak Langsung, Kuat Tekan Bebas dan Permeabilitas, *Matriks Teknik Sipil*, 1(4), 519.
- Pratama, B. A., dan Miftahul Fauziah, S.T., 2017, Perbandingan Kinerja Campuran Hot Rolled Asphalt (HRA) dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70 dan Apal Retona Blend 55 dengan Variasi Durasi Rendaman Air Laut, *Jurnal Teknisia*, 22(1), 323-332.
- Sentosa, L., & Erly, L., 2014, Kinerja Marshall Campuran Laston dengan Agregat Bulat dari Sungai Kampar Sebagai Agregat Kasar, *Jurnal Asosiasi Perusahaan Teknik Mekanikal dan Elektrikal*, 2(1), 86-95.
- Setiadji, B. H., dan Utomo, S., 2017, Effect of Chemical Compounds in Tidal Water on Asphalt Pavement Mixture, *International Journal of Pavement Research and Technology*, 10(2), 122-130.
- Suhardi, S., Pratomo, P., dan Ali, H., 2016, Studi Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Dengan Penambahan Limbah Botol Plastik, *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 4(2), 284-293.
- Sukirman, S., 1995, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Bandung, Nova.