

PERBANDINGAN PENGARUH PENGGANTIAN AGREGAT KASAR No. 1/2" dan No. 3/8" TERHADAP PARAMETER MARSHALL PADA CAMPURAN HRS-WC¹

Farid Yusuf Setyawan²

INTISARI

Jalan merupakan sarana penghubung mobilisasi dari satu tempat ke tempat lain guna meningkatkan kesejahteraan dan perekonomian masyarakat. Biaya pembangunan yang semakin mahal dan ketersediaan bahan perkerasan jalan terutama agregat yang berkualitas sesuai dengan spesifikasi yang semakin menipis dan susah ditemui belakangan ini, sehingga menjadi faktor pendorong untuk melakukan inovasi alternatif khususnya pada bahan perkerasan jalan seperti agregat kasar dengan memanfaatkan bahan yang ada seperti halnya limbah atau bahan sejenisnya yang ada sehingga dapat mengurangi banyaknya limbah lingkungan. Pada penelitian ini digunakan limbah sisa pengolahan baja sebagai alternatif pengganti agregat kasar No. 1/2" dan No. 3/8" pada campuran HRS-WC terhadap karakteristik Marshall. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat fisis steel slag sebagai pengganti agregat No. 1/2" dan No. 3/8" dalam campuran HRS-WC dan pengaruh penggunaan steel slag terhadap parameter Marshall.

Penelitian ini menggunakan kadar aspal sebesar 6.5% yang didapat dari pengujian kadar aspal optimum (KAO). Hasil penelitian ini menunjukkan jika penggunaan steel slag pada campuran perkerasan memberikan pengaruh yang signifikan pada karakteristik Marshall. Parameter Marshall seperti Density, VFWA (Void Filled With Asphalt), VITM (Void In the Mix), VMA (Void in the Mineral Agregat), Flow (Kelelahan) dan Stabilitas.

Berdasar hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan steel slag pada campuran HRS-WC memberikan pengaruh yang signifikan pada semua karakteristik Marshall. Nilai stabilitas yang didapat dari penambahan steel slag sebesar 0%, 15%, 25%, 35%, 45%, dan 55% adalah sebesar 1904.42 kg, 2112.86 kg, 2146.98 kg, 2097.12 kg, dan 2180.32 kg. Disamping itu untuk nilai Density, VFWA, VITM, VMA stability, dan MQ mengalami fluktuasi kenaikan dan penurunan nilai yang signifikan dan masih menunjukkan rentang nilai yang memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan oleh Bina Marga edisi 2010.

Kata kunci : HRS-WC, karakteristik Marshall, steel slag

¹ Disampaikan pada seminar Tugas Akhir

² Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

A. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan dan pembangunan diberbagai bidang maka diperlukan sarana prasarana yang memadai untuk menunjang hal tersebut. Kontruksi jalan sendiri merupakan aspek yang sangat vital karena merupakan sarana penghubung dan mobilisasi segala aspek. Kontruksi jalan di Indonesia sebagian besar merupakan konstruksi jalan jalan dengan perkerasan jalan lentur (*flexible pavement*).

Untuk tercapainya jenis perkerasan dengan kualitas yang baik dan sesuai umur rencana tentunya diperlukan bahan material yang memenuhi kualitas dan spesifikasi yang telah ditentukan. *Steel slag* merupakan limbah dari sisa industri pengolahan baja yang merupakan limbah

B3 dan tergolong limbah berbahaya jika tidak ditangani secara benar sebelum dibuang. Berawal dari masalah tersebut dan kebiasaan warga sekitar yang memanfaatkan limbah tersebut sebagai bahan pengganti urugan tanah, maka perlu dilakukan penelitian tentang penggunaan *steel slag* sebagai pengganti agregat kasar pada campuran beraspal dan mengevaluasi sifat-sifat fisis *Steel Slag* yang digunakan sebagai pengganti agregat campuran aspal pada perkerasan lapis tipis aspal beton (HRS-WC).

B. TINJAUAN PUSTAKA

Konstruksi perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang tersusun atas agregat yang dipadatkan dengan atau tanpa lapisan pengikat diatas lapisan tanah pada suatu jalur jalan. Apabila konstruksi perkerasan direncanakan

menggunakan lapisan pengikat, maka lapisan pengikat yang umum digunakan adalah aspal atau semen (Sukirman.Silvia, 1992)

Menurut Sukirman (1999) berdasar bahan pengikatnya, perkerasan dibedakan atas 3 jenis, yaitu :

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*)
2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)
3. Perkerasan komposit

Untuk menghasilkan campuran perkerasan yang baik harus memerhatikan mengenai karakteristik campuran yang dimiliki oleh aspal sendiri, menurut Sukirman (1992) terdapat 7 karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh aspal beton yaitu :

1. Stabilitas
2. Keawetan
3. Kelenturan
4. Tahanan Geser
5. Kedap air
6. Ketahanan terhadap kelelahan
7. Kemudahan dalam pengerjaan

HRS-WC

Hot Rolled Sheet atau lapis tipis aspal beton merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan raya dengan kelenturan tinggi dan tahan dengan kelelahan plastis yang cocok digunakan di daerah tropis. Campuran HRS merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, mineral pingisi (*filler*) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas.(Sukirman, 1992)

Steel Slag

Steel slag merupakan limbah sisa dari proses pembuatan atau pengecoran baja yang berbentuk kubikal tak beraturan dan permukaannya mengkilap seperti kaca. *Steel slag* memiliki permukaan yang mengkilap dikarenakan saat dilakukan pengecoran atau peleburan logam pada suhu tinggi menyebabkan gas terperangkap didalamnya dan karena sudah mengalami pemanasan dengan suhu yang tinggi, *steel slag* tahan terhadap perubahan suhu dan tahan terhadap pelapukan yang disebabkan oleh bahan

organik juga. *Steel slag* dapat juga memberikan ikatan yang stabil dan dapat meningkatkan daya *adhese* pada perkerasan jalan.

C. LANDASAN TEORI

Metode pengujian agregat

Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan agregat yang mempunyai ukuran butir 2.36 mm sampai 19 mm. Berikut adalah beberapa perhitungan yang digunakan pada agregat kasar yaitu :

- a. Keausan = $\frac{A-B}{A} \times 100\%$
- b. $S_d = \frac{A}{(B-C)}$
- c. $S_a = \frac{A}{(A-C)}$
- d. $S_w = \left[\frac{B-A}{A} \times 100\% \right]$
- e. $B.J.Efektif = \frac{S_a + S_d}{2}$

Steel Slag

Steel slag merupakan merupakan limbah sisa dari proses pembuatan atau pengecoran baja yang berbentuk kubikal tak beraturan dan permukaannya mengkilap seperti kaca. Beberapa perhitungan *steel slag* yaitu :

- a. Keausan = $\frac{A-B}{A} \times 100\%$ (1)
- b. $S_d = \frac{A}{(B-C)}$
- c. $S_a = \frac{A}{(A-C)}$
- d. $S_w = \left[\frac{B-A}{A} \times 100\% \right]$
- e. $B.J.Efektif = \frac{S_a + S_d}{2}$

Keterangan :

Sd : Berat Jenis Kering

Sa : Berat Jenis Semu

Sw : Penyerapan Air

A : berat benda uji kering oven

B : berat benda jenuh kering permukaan

C : berat benda uji dalam air

Agregat Halus

Agregat halus adalah material yang lolos saringan no.8 (2,36 mm). Agregat halus dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian (*interlocking*) antar butiran. Berikut

adalah beberapa persamaan yang digunakan untuk menentukan besaran agregat halus :

- $S_d = \frac{Bk}{(B+SSD-Bt)}$
- $S_a = \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)}$
- $S_w = \frac{SSD-Bk}{Bk} \times 100\%$
- $B.J.Efektif = \frac{S_a+S_d}{2}$

Keterangan :

- Sd : Berat Jenis Kering
 Sa : Berat Jenis Semu
 Sw : Penyerapan Air
 Bk : Berat pasir kering
 B : Berat piknometer + air
 Bt : Berat piknometer + pasir + air
 SSD : Berat pasir kering permukaan

Aspal

Pengujian aspal tersebut antara lain :

- Penetrasi
- Titik Lembek
- Berat jenis
- Daktilitas
- Kehilangan berat dan minyak
- Elastisitas
- Titik nyala dan bakar

Parameter Marshall

Tabel 1.1 Persyaratan pengujian Marshall untuk campuran HRS-WC

No	Kriteria	Spesifikasi
1	Density	-
2	VFMA	min 68%
3	VITM	4.0-6.0 %
4	VMA	min 15%
5	stability	min 800 kg
6	Flow	>3
7	MQ	min 250 kg/mm

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2010

- Density
 Density merupakan rasio antara berat benda uji kering dengan volume benda uji yang menunjukkan nilai kepadatan suatu campuran.

- Stabilitas
 Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk yang signifikan.
- Kelelahan
 Betuk keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban.
- Void In The Mix (VIM)
 VIM merupakan rongga udara dalam campuran yang terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal.

$$VIM = 100 - \frac{100 \times \text{berat volume b.u}}{BJ \text{ maksimum teoritis}}$$

- Void In Mineral Agregat (VMA)
 VMA atau rongga antar mineral agregat merupakan ruang/ rongga diantara partikel agregat suatu perkerasan termasuk rongga udara dan volume aspal efektif.

$$VMA = 100 \frac{(100 - \% \text{ aspal}) \times \text{volume b.u}}{BJ \text{ agregat}}$$

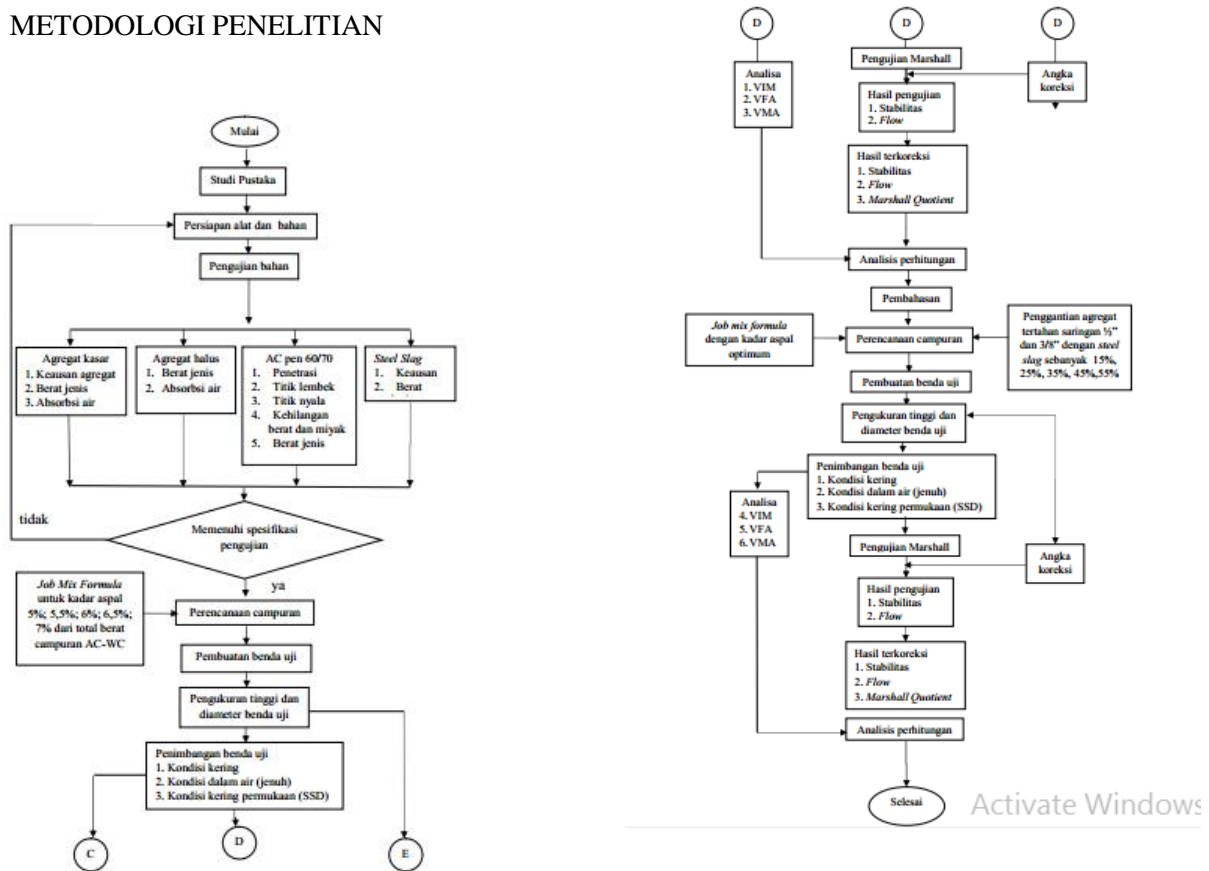
- Void Filled with Asphalt (VFA)
 VFA atau rongga terisi aspal merupakan presentase rongga yang terdapat diantara partikel agregat yang terisi aspal.

$$VFA = 100 \times \frac{\text{volume aspal}}{VMA}$$

- Marshall Quotient (MQ)
 MQ merupakan rasio antara stabilitas dengan kelelahan yang digunakan untuk pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan kelenturan campuran.

$$MQ = \frac{MS}{MF}$$

D. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

E. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 5.1. Hasil pengujian agregat kasar dan halus

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi Pengujian Minimal	Maksimal	Standar
I. Agregat Kasar						
1	Berat jenis <i>Bulk</i>	-	2.606	-	-	SNI 03-1969-2008
2	Berat jenis <i>Apparent</i>	-	2.682	2.5	-	SNI 03-1969-2008
3	Penyerapan air	%	1.092	-	3	SNI 03-1969-2008
4	Abrasi <i>Los Angeles</i>	%	27.8	-	40	SNI 03-1969-2008
II. Agregat Halus						
1	Berat jenis <i>Bulk</i>	-	2.429	-	-	SNI 03-1970-2008
2	Berat jenis <i>Apparent</i>	-	2.484	2.4	-	SNI 03-1970-2008
3	Penyerapan air	%	3.0	-	3	SNI 03-1970-2008

Tabel 5.2. Hasil pengujian aspal keras 60/70

No	Jenis Pengujian	Hasil	Standar	Spesifikasi
1	Penetrasi 25°C, 100 gr, 5 detik, 0,1mm	62.8	SNI 06-2456-1991	60-69
2	Titik Lembek; °C	55.5	SNI 06-2434-2011	48-58
3	Titik Nyala; °C	320	SNI 06-2433-2011	Min. 232
4	Berat Jenis	1.04	SNI 06-2441-2011	Min. 1.0
5	Kehilangan berat minyak	0.2%	SNI 06-2441-1991	Maks. 1

Tabel 5.3 Hasil pengujian *steel slag*

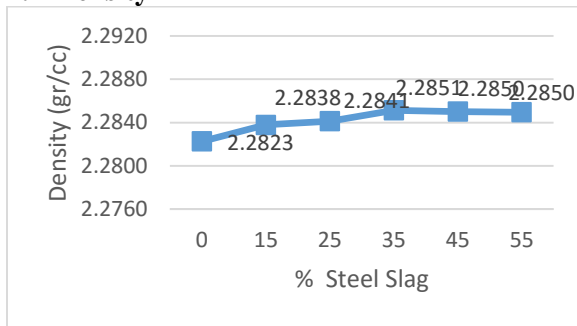
No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil	Standar
1	Berat jenis <i>Bulk</i>	-	3.009	-
2	Berat jenis <i>Apparent</i>	-	3.06	-
3	Penyerapan air	%	1.69	Maks. 3
4	Abrasi <i>Los Angeles</i>	%	38.46	Maks. 40

Tabel 5.4. Hasil Pengujian *Marshall* untuk Kadar Aspal Optimum (KAO)

No	Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal				
			0	25	50	75	100
1	Density	-	2.2626	2.28226	2.26272	2.25776	2.25864
2	VFMA	min 65%	69.994	77.6011	78.1352	81.3585	87.313
3	VITM	3.5-5.5 %	5.59837	4.11727	4.28335	3.83933	2.54038
4	VMA	min 15%	18.6518	18.3814	19.5132	20.1213	20.0235
5	stability	min 800 kg	1867.03	1878.86	2121.62	1786.42	1609.02
6	Flow	>3	2.95	3.15	3.75	3.9	4.05
7	MQ	min 250 kg/mm	622.176	598.793	566.069	458.099	412.568

Hasil dan Pembahasan Pengujian Marshall dengan Campuran *Steel Slag* No. 1/2" dan No. 3/8"

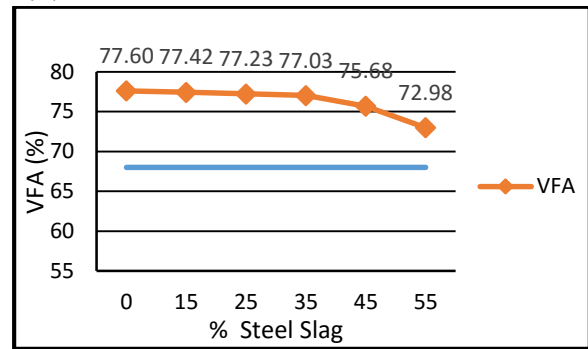
1. Density



Gambar 2. Hubungan antara *density* dan % variasi *steel slag*

Dari campuran hasil tersebut dapat disimpulkan jika penggunaan variasi kadar *steel slag* berpengaruh langsung pada kerapatan atau kepadatan campuran. Dimana hal tersebut disebabkan oleh karakteristik dari *steel slag* sendiri yang memiliki permukaan kubikal tak beraturan, dengan hal tersebut menjadikan ikatan saling mengunci (*interlocking*) antar agregat dan *steel slag* menjadi besar yang menyebabkan kerapatannya juga semakin tinggi. Dengan kata lain, jika ikatan tersebut semakin kuat dapat menjadikan kepadatan campuran tinggi dan menjadikan rongga dalam campuran mengecil sehingga hal tersebut berpengaruh langsung terhadap berat benda uji dalam air dan volume benda ujinya.

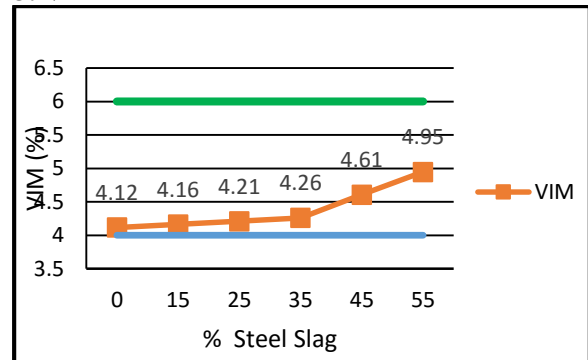
2. VFA



Gambar 3. Hubungan antara VFMA dan % variasi *steel slag*

Nilai VFMA sendiri mengalami fluktuasi kenaikan sebesar 1-2% karena penambahan presentase kadar *steel slag* dari 15% hingga 55% yang mengakibatkan rongga yang berada dalam campuran yang terisi aspal bertambah sebagai akibat dari ikatan antar agregat yang rapat dan saling mengunci (*interlocking*) yang hal tersebut memengaruhi dan memperkecil nilai rongga dalam campuran (VITM) yang merupakan bagian atau parameter dari menentukan besarnya nilai VFMA.

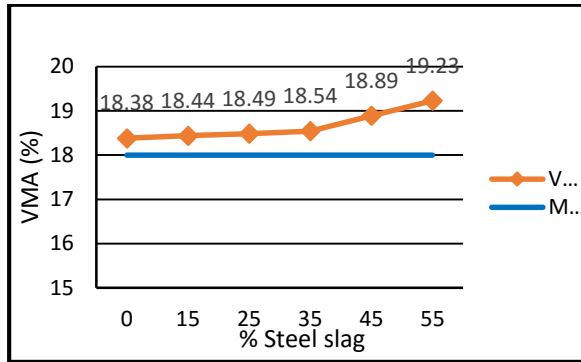
3. VITM



Gambar 3. Hubungan antara VITM dan % variasi *steel slag*

Penurunan nilai VITM dikarenakan rongga dalam agregat semakin mengecil seiring bertambahnya penambahan presentase *steel slag* yang menyebabkan peningkatan kerapatan karena ikatan *interlocking* dan hal tersebut memperkecil rongga dalam campuran.

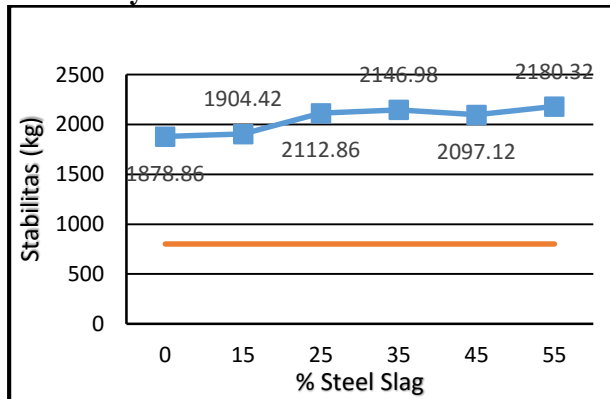
4. VMA



Gambar 4. Hubungan antara VMA dan % variasi *steel slag*

nilai VMA mengalami penurunan seiring bertambahnya presentase campuran *steel slag*. Hal itu dikarenakan karakteristik *steel slag* yang memberikan ikatan antar agregat yang kuat menyebabkan agregat halus dan filler tertahan didalam campuran dan saling mengunci yang menyebabkan rongga antar agregat tertutup oleh agregat halus, filler dan aspal sehingga rongga antar butiran agregat (VMA) semakin kecil.

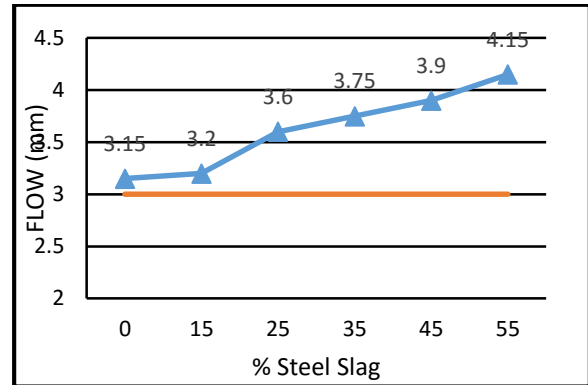
5. Stability



Gambar 5. Hubungan antara *stability* dan % variasi *steel slag*

Dari grafik juga dapat disimpulkan bahwa kenaikan nilai stabilitas sendiri karena penambahan *steel slag* yang menyebabkan campuran HRS-WC menjadi semakin kaku karena sifat *steel slag* yang memiliki karakteristik lebih keras dan berat jenis *steel slag* lebih besar daripada agregat.

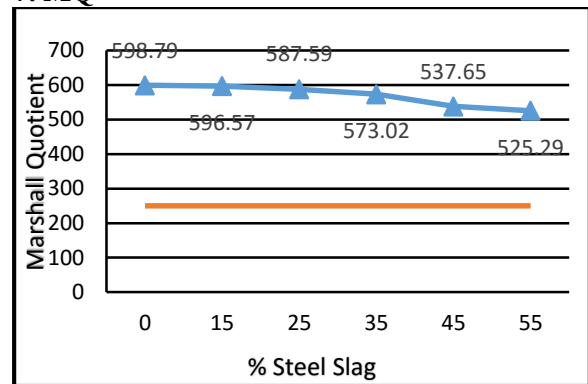
6. Flow



Gambar 6. Hubungan antara *flow* dan % variasi *steel slag*

Seiring bertambah besar dan tingginya variasi *steel slag* dalam campuran cenderung mengakibatkan kenaikan nilai *flow* (kelelahan) pada campuran. Peningkatan nilai *flow* dikarenakan penurunan kadar rongga dalam campuran sehingga pengikatan agregat semakin kuat dan hal tersebut meningkatkan kepadatan dan tahan akan retak atau pecah pada saat pengujian.

7. MQ



Gambar 7. Hubungan antara MQ dan % variasi *steel slag*

Dari hasil diatas dapat disimpulkan jika nilai MQ mengalami penurunan yang fluktuatif pada setiap presentase campuran *slag*, itu berarti campuran yang dihasilkan bersifat semakin lentur dikarenakan nilai *flow* dan stabilitas yang cukup tinggi dan mengalami peningkatan untuk setiap penambahan presentase campuran *slag*, karena nilai MQ sendiri merupakan rasio perbandingan stabilitas terhadap *flow* (kelelahan).

F. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Semakin banyak kadar *steel slag* yang digunakan dalam suatu campuran perkerasan dapat meningkatkan nilai *density* atau kerapatan suatu campuran sehingga campuran tersebut mampu menahan beban lalu lintas dibanding campuran yang memiliki kerapatan lebih kecil.
- b. Semakin banyaknya penggunaan *steel slag* pada campuran dapat menyebabkan nilai VFA mengalami kenaikan dan dengan kata lain campuran tersebut memiliki sifat kedap pada air dan udara lebih besar.
- c. Semakin banyaknya penggunaan *steel slag* pada campuran dapat mengakibatkan nilai VIM mengalami penurunan karena rongga dalam campuran semakin kecil yang disebabkan kerapatan dan kepadatan campuran sehingga keawetan dari campuran perkerasan.
- d. Semakin bertambahnya presentase penggunaan *steel slag* pada campuran dapat menyebabkan nilai VMA mengalami penurunan dan itu berarti campuran tersebut memiliki ketahanan terhadap beban baik.
- e. Semakin bertambahnya penggunaan *steel slag* pada campuran menyebabkan nilai stabilitas mengalami kenaikan.
- f. Semakin bertambahnya penggunaan *steel slag* pada campuran menyebabkan nilai *flow* mengalami kenaikan nilai sehingga campuran dapat dikategorikan memiliki nilai plastis yang baik dan tidak getas.
- g. Semakin banyaknya penggunaan *steel slag* pada campuran menyebabkan nilai MQ mengalami penurunan.

DAFTAR PUSTAKA

Bina, M. (1999). *Pedoman Campuran Beraspal dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

Departemen Pekerjaan Umum. (2010). *Spesifikasi Umum Divisi VI (Revisi 3)*. Yogyakarta.

Sukirman, S. (1991). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.

Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Bandung: Granit.