

**PENGARUH PENGGUNAAN STEEL SLAG SEBAGAI PENGGANTI
AGREGAT KASAR TERTAHAN SARINGAN UKURAN 3/8"
TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN AC-WC
(Variasi : 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%)¹**

Dede Rizqi Fauzi Rahman², Anita Rahmawati, S.T., M.Sc.³, Emil Adly, S.T., M.Eng.⁴

INTISARI

Aspal beton (Asphalt Concrete) merupakan salah satu jenis perkerasan lentur yang umum digunakan di Indonesia. Aspal beton merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan raya yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus (well graded), dicampur, diamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Pada penelitian ini bahan pengganti agregat kasar yang digunakan adalah limbah hasil peleburan baja (Steel Slag). Dengan pemanfaatan Steel Slag sebagai bahan pengganti agregat kasar setidaknya dapat mengurangi masalah lingkungan dikarenakan Steel Slag termasuk dalam limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) dan jumlahnya yang begitu banyak. Steel Slag mempunyai permukaan yang kasar yang disebabkan oleh terperangkapnya gas pada slag panas selama proses pendinginan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat fisis Steel Slag yang digunakan sebagai bahan pengganti agregat kasar dan pengaruh penggunaan Steel Slag terhadap karakteristik Marshall dalam campuran AC-WC. Pada penelitian ini digunakan Steel Slag sebagai bahan pengganti agregat kasar yang tertahan saringan ukuran 3/8" pada campuran AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) dengan kadar aspal didapat dari kadar aspal optimum sebesar 6% dan Steel Slag yang digunakan adalah 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa steel slag dapat dijadikan sebagai bahan pengganti agregat. Dilihat dari sifat fisis steel slag yang mempunyai nilai abrasi 20,45% menunjukkan bahwa steel slag mempunyai mutu yang lebih baik dari natural agregat. Pengaruh terhadap karakteristik Marshall juga terlihat dari nilai stabilitas yang lebih tinggi dari campuran normal. Untuk nilai VFA, VIM, VMA, Flow dan MQ menunjukkan nilai yang memenuhi spesifikasi.

Kata kunci : Asphalt Concrete, karakteristik Marshall, Steel Slag

¹Disampaikan pada Seminar Tugas Akhir, 17 Mei 2016

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

³Dosen Pembimbing I

⁴Dosen Pembimbing II

PENDAHULUAN

Semakin meningkatnya pembangunan diberbagai bidang maka kebutuhan sarana transportasi semakin bertambah, sehingga perlunya pengembangan dan penyempurnaan sarana transportasi tersebut. Perkembangan teknologi pada saat ini harus mampu mengatasi masalah-masalah yang ada secara teknis dan mampu diterapkan sesuai ketersediaan sumber daya.

Lapis aspal beton (*Asphalt Concrete/AC*), merupakan salah satu jenis perkerasan lentur yang menggunakan gradasi agregat menerus dari butir yang kasar sampai yang halus. Kekuatan campuran ini terletak pada agregat-agregatnya yang saling *interlocking*. (Hartati dan Fristin, 2009).

Ditinjau dari segi ekonomis dalam pekerjaan pembuatan perkerasan jalan raya tanpa mengurangi kekuatan konstruksi jalan tersebut, maka penulis mencoba mencari alternatif lain yang dapat digunakan sebagai

pengganti agregat kasar dengan menggunakan batuan *steel slag* dari limbah industri baja yang sangat disayangkan jika tidak dimanfaatkan, karena limbah ini tentu akan menjadi masalah lingkungan. Dari permasalahan tersebut, maka penulis melakukan penelitian seberapa besar pengaruh pemanfaatan batuan *steel slag* terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran Lapis Aspal Beton (AC-WC).

1. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian adalah sebagai berikut :

- a. Mengevaluasi sifat-sifat fisis *Steel Slag* yang digunakan sebagai pengganti agregat kasar pada campuran AC-WC.
- b. Mengevaluasi campuran AC-WC dengan menggunakan Steel Slag dan campuran normal (AC-WC tanpa *Steel Slag*) terhadap karakteristik *Marshall*.

2. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai referensi bagi peneliti bidang perkerasan jalan, khususnya material jalan untuk mengkaji bahan-bahan alternatif perkerasan jalan. Manfaat lain dari penelitian ini, dengan memanfaatkan *Steel Slag* sebagai pengganti agregat campuran aspal dapat mengurangi dampak kerusakan lingkungan dikarenakan *Steel Slag* merupakan salah satu jenis limbah yang berbahaya.

3. Batasan Masalah

Batasan masalah kegiatan penelitian yang akan dilakukan adalah :

- a. Pemeriksaan aspal (penetrasi, titik lembek, titik nyala, kehilangan berat aspal, daktalitas, berat jenis aspal).
- b. Pemeriksaan agregat (berat jenis dan penyerapan air, abrasi dengan mesin los angeles dan kelekatan agregat pada aspal).
- c. Pemeriksaan *Steel Slag* (berat jenis dan penyerapan air, abrasi dengan mesin los angeles dan kelekatan agregat pada aspal).
- d. *Steel Slag* yang digunakan adalah limbah industri baja PT. Krakatau Steel.
- e. Aspal yang digunakan adalah penetrasi 60/70 produksi PT. Pertamina.
- f. Pengujian ini dibatasi pada campuran lapis aspal beton jenis AC-WC sesuai dengan

spesifikasi umum bidang jalan dan jembatan, Departemen Pekerjaan Umum 2010 revisi 3.

- g. Gradasi campuran yang digunakan berdasarkan pada spesifikasi umum bidang jalan dan jembatan, Departemen Pekerjaan Umum 2010 revisi 3.
- h. Kadar aspal yang digunakan adalah kadar aspal optimum (KAO).
- i. Pengujian *Marshall* dengan komposisi *Steel Slag* 25%, 50%, 75% dan 100% pada agregat tertahan saringan ukuran 3/8".
- j. Pengujian dilakukan di Laboratorium Transportasi dan Jalan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Sukirman, 2003).

Menurut Sukirman (1999) berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi jalan dapat dibedakan atas:

- a. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*).
- b. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*).
- c. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*).

2. Kinerja Perkerasan

Menurut Sukirman (1999), karakteristik campuran yang harus dimiliki campuran aspal beton campuran panas adalah :

- a. Stabilitas (*Stability*)
- b. Durabilitas (*Durability*)
- c. Fleksibilitas (*Flexibility*)
- d. Tahanan Geser (*Skid Resistance*)
- e. Kemudahan Pekerjaan (*Workability*)
- f. Ketahanan Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

3. Lapis Aspal Beton (Laston)

Lapis aspal beton (Laston) adalah suatu campuran yang digunakan pada konstruksi jalan raya, terbuat dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus (*well graded*) dengan proporsi tertentu. Jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan agregat pengisi (*filler*). Sedangkan aspal yang umumnya digunakan adalah aspal jenis penetrasi 60/70 dan jenis 80/100. Agregat dan aspal dicampur dalam keadaan panas, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas yang sering disebut juga dengan *hot mix* (Sukirman, 1999).

4. Steel Slag

Pada penelitian ini digunakan *steel slag* yang dihasilkan PT. Krakatau Steel, Cilegon. Sebagian besar *slag* terdiri dari senyawa kapur, magnesium, besi, dan mangan. *Slag* mempunyai permukaan yang kasar yang disebabkan oleh terperangkapnya gas pada *slag* panas selama proses pendinginan. Lubang-lubang gas tidak saling berhubungan, jadi tidak bersifat porous. Kekasaran ini terlihat sampai dengan butiran yang kecil. Sifat ini sangat baik untuk perkerasan jalan karena tidak memiliki permukaan licin pada permukaan perkerasan.

LANDASAN TEORI

1. Karakteristik Marshall

Karakteristik campuran lapis perkerasan dipengaruhi oleh kualitas dan susunan bahan-bahan penyusunnya serta proses pelaksanaan dalam pengerjaannya. Adapun karakteristik yang harus dimiliki oleh aspal beton campuran panas antara lain :

- Kepadatan (*Density*).
- Stabilitas (*Stability*).
- Kelelahan (*Flow*).
- Rongga di antara Mineral Agregat / *Void in Mineral Aggregate* (VMA).
- Rongga dalam Campuran / *Void in the Mix* (VIM).
- Rongga Terisi Aspal / *Void Filled with Asphalt* (VFA).
- Marshall Quotient* (MQ).

Tabel 1. Persyaratan sifat campuran untuk

Laston (AC-WC)

No.	Sifat-sifat campuran	Persyaratan	
		Min	Maks
1.	Rongga dalam campuran (VIM) (%)	3,5	5,5
2.	Rongga dalam agregat (VMA) (%)	15	-
3.	Rongga terisi aspal (VFA) (%)	65	-
4.	Stabilitas / <i>stability</i> (Kg)	800	-
5.	Kelelahan / <i>flow</i> (mm)	3	-
6.	<i>Marshall Quotient</i> (MQ) (Kg/mm)	250	-

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga (2010)

2. Perhitungan dalam Campuran

a. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat

1) Agregat Kasar

a) Berat jenis kering

$$S_d = \frac{A}{(B-C)} \dots\dots\dots (1)$$

b) Berat jenis semu

$$S_a = \frac{A}{(A-C)} \dots\dots\dots (2)$$

c) Penyerapan air

$$S_w = \left[\frac{B-A}{A} \times 100\% \right] \dots\dots\dots (3)$$

d) Berat jenis efektif

$$B.J. Efektif = \frac{S_a + S_d}{2} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

S_d : Berat jenis kering

S_a : Berat jenis semu

S_w : Penyerapan air

A : berat benda uji kering oven

B : berat benda uji jenuh kering permukaan

C : berat benda uji dalam air

2) Agregat Halus

a) Berat jenis kering

$$S_d = \frac{Bk}{(B+SSD-Bt)} \dots\dots\dots (5)$$

b) Berat jenis semu

$$S_a = \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)} \dots\dots\dots (6)$$

c) Penyerapan air

$$S_w = \frac{SSD-Bk}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

d) Berat jenis efektif

$$B.J. Efektif = \frac{S_a + S_d}{2} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :

S_d : Berat jenis kering

S_a : Berat jenis semu

S_w : Penyerapan air

Bk : Berat pasir kering
 B : Berat piknometer + air
 Bt : Berat piknometer + pasir + air
 SSD : Berat pasir kering permukaan

3) Rongga di antara Mineral Agregat (VMA)

$$VMA = 100 - \frac{(100 - \%aspal) \times \text{berat volume b.u}}{B.J.Agregat} \dots (9)$$

Keterangan :

VMA : Rongga udara pada mineral agregat (%)

%Aspal : Kadar aspal terhadap campuran (%)

B.J. Agregat : Berat jenis efektif

4) Rongga dalam Campuran (VIM)

$$VIM = 100 - \frac{100 \times \text{berat volume b.u}}{B.J.maksimum teoritis} \dots (10)$$

Berat jenis maksimum teoritis :

$$BJ = \frac{100}{\frac{\%agr}{B.J.Agr} + \frac{\%aspal}{B.J.Aspal}} \dots (11)$$

Keterangan :

VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan (%)

B.J Teoritis : Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)

5) Rongga Terisi Aspal (VFA)

$$VFA = 100 \times \frac{\text{volume aspal}}{VMA} \dots (12)$$

Keterangan :

VFWA : Rongga terisi aspal (%)

VMA : Rongga udara pada mineral agregat (%)

6) Marshall Quotient (MQ)

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots (13)$$

Keterangan :

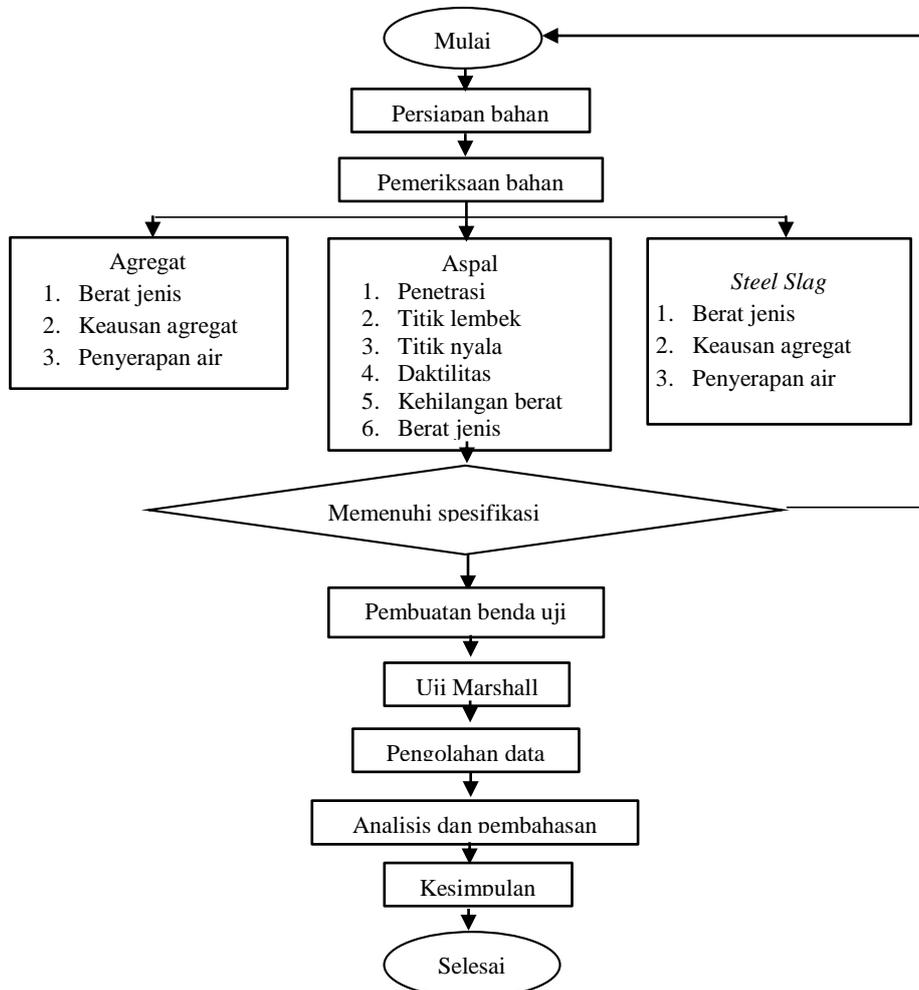
MQ : Marshall Quotient (kg/mm)

MS : Marshall Stability (kg)

MF : Marshall Flow (mm)

METODOLOGI PENELITIAN

1. Bagan Alir Penelittian



Gambar 1. Bagan alir penelitian

2. Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Aspal dengan penetrasi 60/70 dari PT. Pertamina (Persero) Tbk. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian aspal

Tabel 2. Hasil pengujian aspal keras 60/70

No.	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi	Hasil	Metode
1.	Penetrasi 25° C, 100gr, 5 detik, 0,1 mm	60-79	67,20	SNI 06-2456-1991
2.	Titik Lembek (°C)	48-58	53	SNI 2434:2011
3.	Titik Nyala (°C)	≥ 200	320	SNI 2434:2011
4.	Berat jenis Aspal	≥ 1,0	1,04	SNI 2441:2011

- b. Agregat kasar dan halus yang berasal dari Clereng, Kulonprogo, Yogyakarta. Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian agregat kasar dan halus.

Tabel 3. Hasil pengujian agregat kasar dan halus

No.	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi	Hasil	Satuan
Agregat Kasar				
1.	Abrasi	≤ 40	38	%
2.	Berat jenis curah	≥ 2,5	2,5	gr/cc
3.	Berat jenis semu	≥ 2,5	2,67	gr/cc
4.	Penyerapan air	≤ 3	2,48	%
Agregat Halus				
1.	Berat jenis curah	≥ 2,5	2,52	gr/cc
2.	Berat jenis semu	≥ 2,5	2,72	gr/cc
3.	Penyerapan air	≤ 3	3,0	%

- c. *Steel slag* yang berasal dari PT. Krakatau Steel, Cilegon. Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian *steel slag*.

Tabel 4. Hasil pengujian *steel slag*

No.	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi	Hasil	Satuan
1.	Abrasi	≤ 40	20,45	%
2.	Berat jenis curah	≥ 2,5	2,9	gr/cc

3.	Berat jenis semu	≥ 2,5	3,05	gr/cc
4.	Penyerapan air	≤ 3	1,675	%

Tabel 5. Jumlah benda uji yang diperlukan untuk menentukan KAO

Variasi Kadar Aspal	Laston
5%	2
5,5%	2
6%	2
6,5%	2
7%	2
Total	10 sampel

Tabel 6. Jumlah benda uji yang diperlukan untuk variasi kadar *steel slag*

Variasi Kadar <i>Steel Slag</i>	Laston
25%	2
50%	2
75%	2
100%	2
Total	8 sampel

Hasil *Marshall Test* tanpa penggunaan *steel slag* pada campuran aspal ditunjukkan pada tabel 7. Persyaratan dari sifat campuran Marshall dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 7. Hasil pengujian *Marshall* tanpa penggunaan *steel slag*

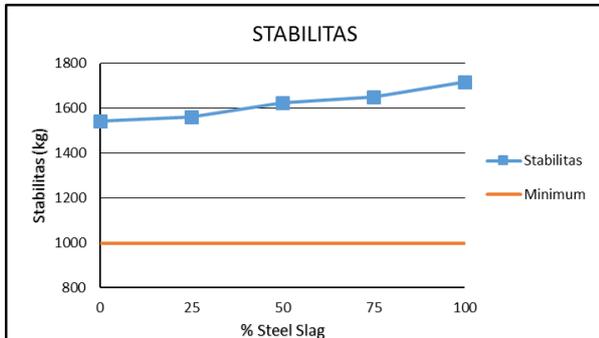
No.	Jenis Pemeriksaan	Kadar Aspal (%)				
		5	5,5	6	6,5	7
1.	Density (gr/cm ³)	2,22	2,28	2,26	2,28	2,29
2.	VMA (%)	19,05	17,33	18,31	18,22	18,57
3.	VFA (%)	59,18	73,62	75,92	83,78	89,27
4.	VIM (%)	7,83	4,57	4,42	2,97	2,04
5.	Stabilitas (kg)	1765,8	1446	1542	1630	1564,5
6.	Flow (mm)	3,8	3,55	4,2	4,6	4,6
7.	MQ (kg/mm)	384,5	318,9	370,5	459,5	411,7

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Stabilitas (*Stability*)

Nilai stabilitas tertinggi dicapai pada campuran menggunakan kadar *steel slag* sebanyak 100% pada kadar aspal optimum 6%, yakni sebesar 1618,58 kg untuk sampel A dan 1716,28 kg untuk sampel B. Sedangkan nilai stabilitas terendah dicapai pada campuran tanpa menggunakan kadar *steel slag* pada

kadar aspal optimum 6%, yakni sebesar 1541,82 kg untuk sampel A dan 1542,99 kg untuk sampel B. Berdasarkan spesifikasi umum Bina Marga (2010), persyaratan untuk nilai stabilitas laston modifikasi yaitu minimal 1000 kg, sehingga dari campuran-campuran tersebut memenuhi syarat minimal untuk stabilitas. Untuk hasil masing-masing campuran dapat dilihat pada Gambar 2.



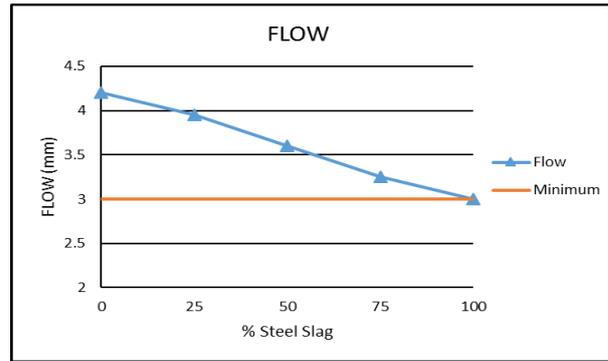
Gambar 2. Hubungan stabilitas dan variasi campuran *steel slag*

Semakin bertambahnya penggunaan kadar *steel slag* maka nilai stabilitas semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh bentuk dari *steel slag* yang tidak beraturan sehingga dapat saling mengunci antar agregat lainnya (*interlocking*) dan menjadikan campuran aspal semakin kaku.

2. Kelelahan (*Flow*)

Nilai kelelahan tertinggi terjadi pada campuran Laston menggunakan 0% kadar *steel slag* dan aspal 6%, yakni sebesar 4,6 mm untuk sampel A dan 3,8 mm untuk sampel B. Sedangkan nilai kelelahan terendah terjadi pada campuran Laston menggunakan 100% kadar *steel slag* dengan kadar aspal 6% yakni sebesar 3,2 mm untuk sampel A dan 3 mm untuk sampel B.

Sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan Bina Marga, maka nilai kelelahan tidak boleh lebih kecil dari 3 mm, sehingga hasil pengujian kelelahan pada campuran aspal tersebut memenuhi untuk syarat kelelahan pada masing-masing campuran. Untuk hasil masing-masing campuran dapat dilihat pada Gambar 3

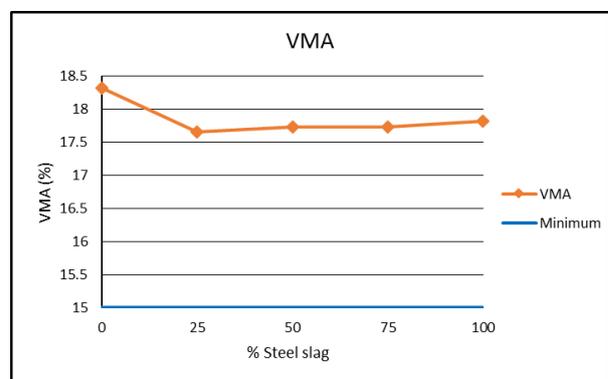


Gambar 3. Hubungan *flow* dan variasi campuran *steel slag*

Semakin bertambahnya kadar *steel slag* pada campuran Laston semakin mengurangi kelenturan campuran. Hal ini dipengaruhi oleh bentuk *steel slag* yang tidak beraturan dan permukaan yang kasar, sehingga campuran aspal semakin padat. Semakin padat campuran maka deformasi yang terjadi semakin kecil.

3. Rongga di antara mineral agregat (VMA)

Nilai VMA tertinggi terjadi pada campuran 0% kadar *steel slag* yaitu sebesar 17,82% untuk sampel A dan sebesar 18,81% untuk sampel B. sedangkan nilai VMA terendah untuk sampel A terjadi pada campuran dengan kadar *steel slag* 25% sebesar 17,67% dan untuk sampel B sebesar 17,65%. Untuk hasil masing-masing campuran dapat dilihat pada Gambar 4.



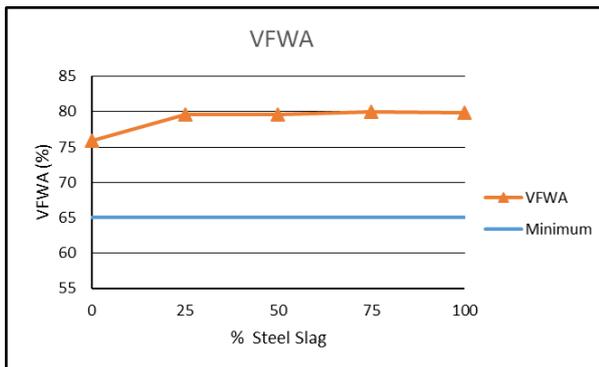
Gambar 4. Hubungan VMA dan variasi campuran *steel slag*

Semakin bertambahnya kadar *steel slag* yang digunakan maka nilai VMA semakin menurun dikarenakan sifat fisik *steel slag* adalah berongga dan juga menyerap aspal

sehingga rongga dalam agregat terisi aspal dan nilai VMA semakin kecil. Berdasarkan persyaratan Bina Marga, nilai VMA untuk masing-masing campuran memenuhi persyaratan.

4. Rongga terisi aspal (VFA)

Nilai VFA tertinggi terjadi pada campuran menggunakan 75% kadar *steel slag* sebesar 80,26% untuk sampel A dan 79,68% untuk sampel B. Sedangkan nilai VFA terendah terjadi pada campuran menggunakan 0% kadar *steel slag* sebesar 78,44% untuk sampel A dan 73,41% untuk sampel B. Untuk hasil masing-masing campuran dapat dilihat pada Gambar 5.

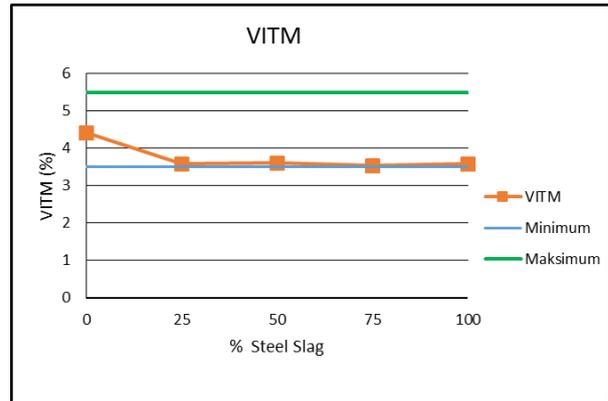


Gambar 5. Hubungan VFA dan variasi campuran *steel slag*

Semakin bertambahnya kadar *steel slag* yang digunakan maka nilai VFA mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan oleh sifat *steel slag* yang lebih mudah menyerap aspal sehingga aspal dapat masuk kedalam pori-pori dalam campuran.

5. Rongga dalam campuran (VIM)

Nilai VIM tertinggi terjadi pada campuran 0% kadar *steel slag* yaitu sebesar 3,84% untuk sampel A dan sebesar 5% untuk sampel B. Sedangkan nilai VIM terendah untuk sampel A terjadi pada campuran dengan kadar *steel slag* 75% sebesar 3,49% dan untuk sampel B sebesar 3,61%. Untuk hasil masing-masing campuran dapat dilihat pada Gambar 6.

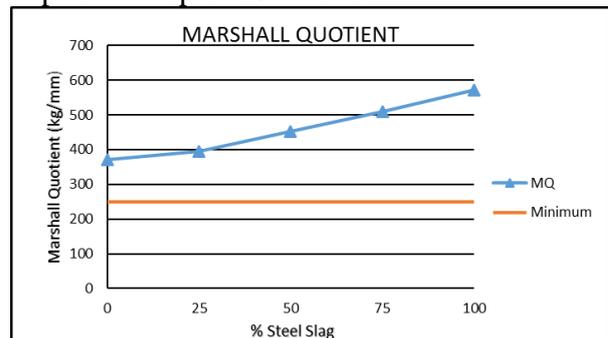


Gambar 6. Hubungan VIM dan variasi campuran *steel slag*

Nilai VIM mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar *steel slag* pada campuran. Hal ini disebabkan karena nilai kepadatan campuran yang semakin besar seiring bertambahnya kadar *steel slag* pada campuran. Semakin padat campuran maka rongga didalam campurannya semakin kecil.

6. Marshall Quotient (MQ)

Nilai MQ tertinggi terjadi pada campuran menggunakan 100% kadar *steel slag* sebesar 572,09 kg/mm, sedangkan nilai MQ terendah terjadi pada 0% kadar *steel slag* sebesar 370,5 kg/mm. Untuk hasil masing-masing campuran dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan MQ dan variasi kadar campuran *steel slag*

Nilai MQ yang didapat pada campuran terus meningkat seiring bertambahnya penggunaan kadar *steel slag*. Hal ini disebabkan oleh nilai stabilitas yang terus meningkat dan nilai kelelahan yang semakin menurun. Pertambahan nilai MQ ini berpengaruh terhadap sifat campuran karena jika nilai MQ semakin besar maka akan menyebabkan perkerasan menjadi semakin

kaku dan apabila nilai MQ semakin turun menyebabkan campuran perkerasan semakin lentur. Berdasarkan spesifikasi umum Bina Marga (2010) semua nilai MQ pada masing-masing campuran memenuhi persyaratan yaitu > 250 kg/mm.

Tabel. 8 Penentuan kadar *steel slag* optimum

No.	Kriteria	Spesifikasi	0%	25%	50%	75%	100%
1.	Density	-					
2.	VFA	min 65%					
3.	VIM	3.5-5.5 %					
4.	VMA	min 15%					
5.	Stability	min 800 kg					
6.	Flow	min 3 mm					
7.	MQ	min 250 kg/mm					

Penentuan kadar *Steel Slag* Optimum dilakukan untuk menetapkan besarnya kadar *Steel Slag* efektif dalam campuran yang diperlukan untuk pembuatan benda uji. Dari tabel diatas, dapat ditentukan nilai kadar *Steel Slag* Optimum sebesar 50%, karena semua kriteria pengujian *Marshall* telah memenuhi spesifikasi.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis dan pembahasan yang dilakukan pada campuran Laston dengan menggunakan *Steel Slag* sebagai campuran pada agregat tertahan saringan 3/8", maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

- Sifat fisik *Steel Slag* yang diperoleh dari pengujian didapatkan hasil bahwa berat jenis curah yang didapat sebesar 2,9 gr/cc, berat jenis semu sebesar 3,05 gr/cc, dan penyerapan air sebesar 1,675 gr/cc. Sedangkan nilai keausan *Steel Slag* dengan menggunakan mesin *Los Angeles* didapatkan nilai 20,45%.
- Perbandingan nilai karakteristik Marshall campuran Laston menggunakan *Steel Slag* sebanyak 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%, sebagai berikut :
 - Penambahan *Steel Slag* sebagai bahan pengganti agregat tertahan saringan 3/8" menyebabkan nilai stabilitas lebih tinggi dari campuran normal.

Meningkatkan stabilitas campuran yaitu meningkatkan kemampuan campuran AC-WC untuk memikul beban lalulintas.

- Semakin banyak *Steel Slag* yang digunakan dalam campuran Laston cenderung menurunkan nilai kelelahan karena campuran semakin padat/kaku.
- Penggunaan *Steel Slag* sebagai campuran pada aspal cenderung menurunkan nilai VIM.
- Semakin banyak *Steel Slag* sebagai campuran pada aspal cenderung menurunkan nilai VMA, sehingga konstruksi jalan dapat lebih awet.
- Penambahan *Steel Slag* pada campuran aspal Laston cenderung meningkatkan nilai VFA, sehingga meningkatkan kadar aspal efektif yang akan menyelimuti material dan menentukan kinerja campuran dalam suatu konstruksi.
- Penggunaan *Steel Slag* cenderung meningkatkan nilai MQ. Penambahan *Steel Slag* yang terlalu banyak akan menyebabkan nilai MQ meningkat pesat sehingga sifat campuran menjadi kaku dan getas.
- Kadar *steel slag* optimum yang didapat sebesar 50%

2. Saran

Adapun saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya, antara lain:

- Perlu dilakukan pengujian tentang sifat-sifat *Steel Slag* lebih lanjut.
- Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan limbah pengolahan logam lainnya sebagai bahan pengganti agregat guna menjadi alternatif pilihan dalam teknologi perkerasan jalan.
- Pada penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan penelitian dengan menggunakan *Steel Slag* yang berasal dari pabrik pengolahan baja lain untuk mendapatkan perbandingan *Steel Slag* yang baik digunakan.
- Perlu dilakukan penelitian dengan mengganti agregat ukuran lain untuk menambah variasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. 2010. *Spesifikasi Umum Divisi VI (Revisi 3)*. Jakarta.
- Hartati dan Yohana M. Fristin. 2009. *Studi pengaruh Steel Slag Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Aspal Beton Terhadap Workabilitas dan Durabilitas*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang.
- Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung : Nova.
- Sukirman, S. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta : Granit.