

KARAKTERISTIK LASTON WEARING COURSE MENGUNAKAN LIMBAH KATALIS *DESULFURIZER* DAN *BOTTOM ASH* PT. PUSRI SEBAGAI *FILLER*

Mirka Pataras¹, Aztri Yuli Kurnia¹, Yulia Hastuti¹, Arfie Safitri¹, dan Meilianti Bindari¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Palembang
E-mail: patarasmirka@gmail.com
E-mail: aztri_zainuddin@yahoo.com

Abstrak. Laston adalah campuran aspal dan agregat dengan gradasi menerus yang dikerjakan dengan cara dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu, salah satu jenis laston ialah *wearing course* (AC-WC). AC-WC merupakan lapisan permukaan paling atas pada perkerasan jalan tipe laston yang berfungsi sebagai lapisan aus. Pada penelitian ini akan dilakukan pemanfaatan limbah katalis *desulfurizer* dan *bottom ash* PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang sebagai *filler* untuk meningkatkan mutu campuran laston. Pada penelitian ini dilakukan pengujian agregat yang bertujuan untuk mengetahui karakteristiknya. Hasil dari pengujian berat jenis limbah katalis *desulfurizer* ialah 3,48 gr/cm³ dan berat jenis *bottom ash* sebesar 2,33 gr/cm³. Rentang kadar aspal yang digunakan yaitu 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%. Berdasarkan hasil pengujian *marshall* pada campuran laston didapat nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran limbah katalis *desulfurizer* sebesar 6,315% dan nilai KAO pada campuran limbah *bottom ash* sebesar 6,325%. Pada hasil pengujian *Marshall* didapat nilai stabilitas yaitu 1400 kg dan flow sebesar 3,25 mm untuk campuran limbah katalis *desulfurizer*, sedangkan untuk *bottom ash* memiliki stabilitas sebesar 1340 kg dan flow sebesar 3,207 mm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa limbah katalis *desulfurizer* dan *bottom ash* dapat digunakan sebagai agregat pengganti karena memenuhi spesifikasi PU Bina Marga 2010 Revisi 3.

Kata kunci: AC-WC, *bottom ash*, katalis *desulfurizer*, limbah

I. PENDAHULUAN

Pada perkerasan lentur digunakan beberapa jenis lapisan aspal, salah satunya adalah lapis aspal beton (*Asphalt Concrete*) yang biasa disebut laston. Salah satu lapisan aspal beton yang sering digunakan adalah *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC). AC-WC mempunyai fungsi sebagai lapisan aus. Walaupun lapisan tersebut bersifat non struktural, tetapi lapis AC-WC dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu jalan. Untuk mendapatkan mutu laston yang baik maka harus digunakan campuran aspal dengan gradasi agregat yang baik atau bisa juga dengan menambahkan bahan tambahan pada campuran aspal tersebut.

Pada saat ini perkembangan teknologi bahan telah banyak mendorong penelitian untuk mencoba menggunakan bahan tambah (*additive*) atau material alternatif sebagai komponen untuk campuran beton aspal. Penelitian ini memanfaatkan limbah sebagai bahan pengisi (*filler*). Limbah yang akan digunakan adalah limbah katalis *desulfurizer* dan *bottom ash* dari PT. Pupuk Sriwidjaja, Sumatera Selatan sebagai). Limbah katalis *desulfurizer* didapatkan dari hasil sisa

pembuangan produksi amonia pada pabrik PT. Pupuk Sriwidjaja.

Limbah katalis *desulfurizer* yang dihasilkan dari sisa produksi amonia ini memiliki jumlah yang cukup besar. Ketersediaan limbah ini kurang lebih 100 ton per 6 bulan. Sedangkan *bottom ash* yang dihasilkan dapat mencapai 6-7 ton per harinya. Karena tidak ada pemanfaatan dari pihak PT. Pupuk Sriwidjaja, biasanya limbah katalis dan *bottom ash* ini akan disimpan pada tempat penampungan limbah paling lama 6 bulan, setelah itu akan dihancurkan atau dibuang.

Bottom ash yang digunakan merupakan limbah dari pembangkit tenaga listrik pabrik PT. Pupuk Sriwidjaja. *Bottom ash* ini berupa debu yang dihasilkan dari pembakaran batubara. Ukuran butiran *bottom ash* lebih besar dibandingkan dengan *fly ash*, terbentuk seperti agregat halus lolos saringan No.200 tanpa melalui penumbukan terlebih dahulu dan dalam kondisi kering.

Oleh karena itu dilakukan pemanfaatan limbah katalis *desulfurizer* dan *bottom ash* sebagai *filler* pada perkerasan AC-WC. Sehingga diharapkan akan bermanfaat sebagai alternatif untuk bahan perkerasan jalan. Penelitian ini akan menggunakan metode

Marshall untuk mengetahui stabilitas aspal dan kadar aspal optimum pada campuran AC-WC.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan di atas tanah dasar yang memiliki fungsi untuk menerima dan menyebarkan beban yang diterima langsung dari lalu lintas. Bila ditinjau dari bahan campurannya, perkerasan jalan terbagi menjadi tiga macam, yaitu:

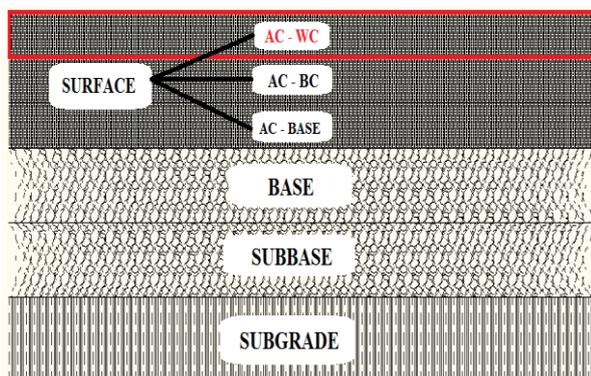
1. Perkerasan lentur (*rigid pavement*)
2. Perkerasan kaku (*flexible pavement*)
3. Perkerasan gabungan (*composite pavement*)

B. Lapis Aspal Beton (*Laston*)

Lapis aspal beton terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus (*well graded*). Lapisan ini terdapat pada konstruksi jalan raya yang proses pekerjaannya dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 pada Divisi VI, berdasarkan fungsinya lapis aspal beton mempunyai 3 macam yaitu:

1. AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) merupakan lapisan aspal beton yang berfungsi sebagai lapisan aus dengan tebal nominal minimum 4 cm.
2. Laston yang memiliki fungsi sebagai lapisan antara disebut *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC), dengan tebal nominal minimum adalah 6 cm.
3. AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*) mempunyai fungsi sebagai lapisan pondasi dengan tebal minimum 7,5 cm.



Gambar 1. Struktur lapisan aspal beton

C. Agregat

Agregat merupakan faktor utama dalam perkerasan jalan yang mempunyai peran penting dalam menentukan keawetan, mutu, dan daya dukung. Kandungannya terdiri dari 90-95% acuan berat dan 75-85% acuan volume dari komposisi perkerasan. Agregat dibagi menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Agregat kasar
2. Agregat halus
3. Bahan pengisi (*Filler*)

D. Aspal

Aspal adalah bahan yang didapat dari alam dengan hidrokarbon sebagai komponen kimia utama, hasil eksplorasi dengan warna hitam dan mempunyai sifat plastis. Apabila dipanaskan aspal akan mencair dan akan kembali mengeras atau membeku jika suhu menurun.

Pada campuran aspal memiliki sifat atau karakteristik campuran, diantaranya:

1. *Stability*
2. *Durability*
3. *Flexibility*
4. *Workability*
5. Ekonomis

E. Limbah Katalis *Desulfurizer*

Limbah katalis *desulfurizer* adalah limbah sisa pembuangan yang dihasilkan dari pembuatan amonia pada pabrik PT. Pupuk Sriwidjaja. Disebut *Desulfurizer* karena limbah ini berasal dari alat pembuatan amonia yang bernama alat *Desulfurizer*. Ketersediaan limbah katalis *desulfurizer* yang dihasilkan PT. Pupuk Sriwidjaja memiliki jumlah yang cukup besar yaitu kurang lebih 100 ton per 6 bulan.

Komposisi kimia dari limbah Katalis *Desulfurizer* ini sebagian besar mengandung bahan kimia ZnO yaitu sebesar 90%, 8% SiO₂, 0,15% SO₃, 0,25% C dan 1,6% gas alam. Oleh karena itu limbah jenis ini juga sering disebut sebagai katalis ZnO karena kandungan ZnO yang sangat besar pada limbah katalis tersebut. Banyak juga yang menggunakan limbah katalis jenis ZnO ini sebagai aditif dalam beberapa bahan dan produk diantaranya plastik, keramik, kaca, semen dan pelumas.

Tabel 1. Data komposisi kimia limbah katalis *desulfurizer*

Jenis katalis	Komposisi kimia (% wt)				
	Si as SiO ₂	S	Al ₂ O ₃	Zno	C
<i>Desulfurizer</i>	8	0,15	balance	90	0,25

Katalis ZnO bersifat kering, dan memiliki pH netral yaitu sebesar 7 sampai dengan 7,5. Limbah katalis ZnO ini berupa batu-batu kecil yang berbentuk lonjong, dan dapat dihaluskan dengan cara ditumbuk. Pada penelitian ini limbah katalis *desulfurizer* yang berbentuk seperti batu-batu kecil kemudian dihaluskan menjadi seperti abu yang lolos saringan no.200.



Gambar 2. Limbah katalis *desulfurizer*

13 Ni AAS ppm tracless

A. Limbah Bottom Ash

Bottom ash berbentuk partikel-partikel halus yang bersifat pozzolan yang merupakan limbah dari hasil pembakaran batubara yang memiliki ukuran partikel lebih besar dari *fly ash* sehingga jatuh pada dasar tungku pembakaran (*boiler*).

Berdasarkan jenis tungku yang digunakan, *bottom ash* dikelompokkan menjadi *dry* dan *wet*. *Bottom ash* memiliki sifat yang bervariasi karena dipengaruhi oleh jenis batubara dan sistem pembakaran yang dilakukan. Beberapa sifat fisik dan kimia dari *bottom ash* adalah sebagai berikut:

1. Sifat Fisik

Bottom ash dengan jenis *wet bottom ash* mempunyai sifat fisik yang sedikit berbeda dengan *dry bottom ash*. Sifat fisik *bottom ash* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat fisik *bottom ash*

Sifat fisik	Wet	Dry
Bentuk	Angular (bersiku)	Berbutir kecil (granular)
Warna	Hitam	Abu-abu gelap
Tampilan	Keras, mengkilap	Seperti pasir, sangat berpori
Ukuran (%lolos ayakan)	No. 4 (90-100%)	1,5 – ¾ inc (100%)
	No. 10 (40-60%)	No.4 (50-90%)
	No. 40 (10%)	No.10 (10-60%)
	No. 200 (5%)	No.40 (0-10%)
<i>Specific gravity</i>	2,3 – 2,9	2,1 – 2,7
<i>Dry unit weight</i>	960 – 1440 kg/m ³	720 – 1600 kg/m ³
Penyerapan	0,3 – 1,1 %	0,8 – 2,0 %

1. Sifat Kimia

Senyawa Zn pada *bottom ash* mempunyai komposisi terbesar dibandingkan dengan unsur-unsur kimia yang lain. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh PT. Pupuk Sriwidjaja, didapat bahwa kandungan pada *bottom ash* seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi kimia *bottom ash*

No	Parameter	Methodh	Unit	Result
1	<i>Moisture Content</i> , H ₂ O	Gravimetri	% wt	6.69
2	<i>Loss on Ignition</i> , Lol	Gravimetri	% wt	11.26
3	<i>Silicon Dioxide</i> , SiO ₂	Gravimetri	% wt	47.18
4	<i>Aluminium Oxide</i> , Al ₂ O ₃	AAS	% wt	23.01
5	<i>Iron Oxide</i> , Fe ₂ O ₃	AAS	% wt	8.93
6	Cu	AAS	ppm	37.64
7	Zn	AAS	ppm	53.11
8	Cr	AAS	ppm	tracless
9	Hg	AAS	ppm	0.111
10	As	AAS	ppm	tracless
11	Pb	AAS	ppm	tracless
12	Cd	AAS	ppm	tracless

Bottom ash yang dihasilkan dari pembakaran batubara pada pabrik PT. Pupuk Sriwidjaja memiliki ketersediaan mencapai 6-7 ton per harinya.



Gambar 3. Limbah *bottom ash*

B. Pengujian Marshall (*Marshall Test*)

Marshall test bertujuan menentukan (stabilitas) terhadap kelelahan plastisitas (*flow*) dari campuran aspal. Alat *Marshall* dilengkapi dengan cincin pengujian (*Proving Ring*) dan juga *flowmeter*. *Proving Ring* digunakan untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*.

Prinsip dasar pada metode *marshall* yaitu pemeriksaan stabilitas dan kelelahan serta analisis kepadatan dan pori-pori dari benda uji campuran aspal. Pada pengujian *Marshall* memiliki 3 tahap pengujian, yaitu pengukuran berat jenis, stabilitas dan *flow* serta kerapatan dan analisa rongga. Pelaksanaan pengujian *marshall* dilakukan berdasarkan SNI 06-2489-1991.

III. METODOLOGI

A. Persiapan Penelitian

Sebelum melakukan penelitian, dilakukan terlebih dahulu persiapan material dan alat yang digunakan pada penelitian.

B. Pengujian Laboratorium

Pengujian yang dilakukan sebelum membuat benda uji antara lain:

1. Pengujian Agregat

Pengujian agregat kasar dan halus terdiri dari :

- Analisa Saringan Agregat (SNI 03-1968-1990)
- Berat Jenis (SNI 03-1969-1990 dan SNI 03-1970-1990)
- Berat Isi (SNI 03-4804-1998)
- Abrasi Los Angeles* (SNI 03-2417-1991)
- Aggregate Impact Value* (SNI M20-1990-F)
- Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (SNI 2439:2011)

2. Pengujian Filler

Pengujian yang dilakukan pada *filler* berupa semen

untuk campuran normal dan *filler* berupa limbah katalis *desulfurizer* dan *bottom ash* PT. Pupuk Sriwidjaja untuk campuran modifikasi. *Filler* yang digunakan berupa limbah katalis *desulfurizer* dan *bottom ash* dalam keadaan kering, adapun pengujian *filler* yang dilakukan di laboratorium, yaitu:

- a. Analisa Saringan
- b. Berat Jenis

3. Pengujian Aspal

Penelitian ini menggunakan aspal keras dengan nilai penetrasi 60/70. Sebelum aspal tersebut digunakan, dilakukan beberapa pengujian antara lain:

- a. Penetrasi (SNI 2456:2011)
- b. Berat Jenis Aspal (SNI 2441:2011)
- c. Titik Lembek (SNI 2434:2011)
- d. Titik Nyala dan Titik Bakar (SNI 2434:2011)
- e. Daktilitas (SNI 2432:2011)
- f. Viskositas (SNI 6721: 2012)

C. Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan sampel benda uji sebanyak 45 sampel dengan 3 tipe campuran, yaitu 15 sampel campuran laston normal, 15 sampel untuk campuran laston dengan menggunakan *filler* limbah katalis *desulfurizer* dan 15 sampel untuk campuran *bottom ash*. Kadar aspal rencana yang didapat dari *design mix formula* (DMF) adalah 6 %. Maka dari itu rentang kadar aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%.

D. Pengujian Marshall

Pengujian *marshall* dilakukan untuk mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO), Untuk menghitung KAO pada pengujian *Marshall*, digunakan beberapa parameter penting, diantaranya adalah:

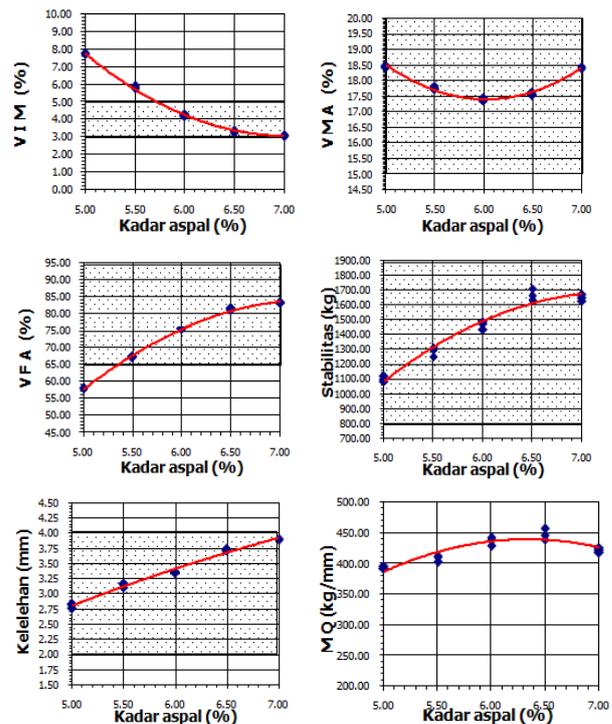
1. Stabilitas (*stability*), dinyatakan dalam kg.
2. Kelelahan (*flow*), dinyatakan dalam mm atau 0,01 inch.
3. Kerapatan (*density*), dinyatakan dalam gr/cc.
4. VFA (*voids filled with asphalt*), dinyatakan dalam persen (%).
5. VIM (*voids in the mix*), dinyatakan dalam persen (%).
6. VMA (*voids in mineral aggregate*), dinyatakan dalam persen (%).
7. MQ (*Marshall Quotient*)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Marshall Campuran Standar

Berdasarkan pada hasil pengujian *marshall* dibentuk grafik yang menghubungkan variabel kadar aspal dan parameter-parameter aspal. Grafik ini berguna untuk mempermudah dalam mencari nilai kadar aspal optimum. Gambar 4. Merupakan grafik

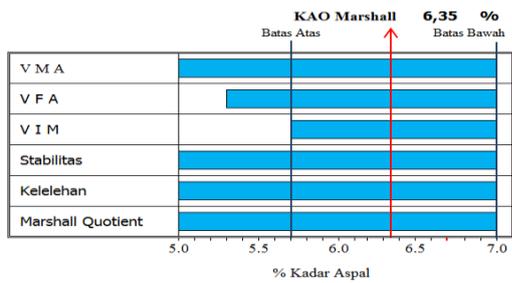
hasil pengujian *marshall* dengan beberapa parameter aspal.



Gambar 4. Grafik hasil pengujian *marshall* pada campuran standar

Berikut ini akan diuraikan hasil pengujian *marshall* berdasarkan Gambar 4.

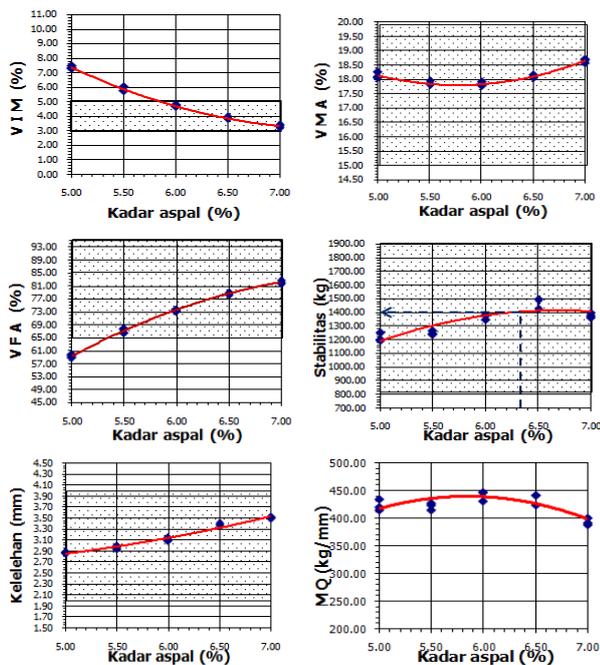
1. Pada grafik VIM menunjukkan benda uji dengan nilai kadar aspal yang memenuhi batas syarat spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 adalah nilai kadar aspal 6% hingga 7%. Dimana VIM yang diizinkan pada spesifikasi sebesar 3-5%.
2. Pada grafik VMA, benda uji dengan semua nilai kadar aspal rencana yaitu 5-7% telah memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 dengan syarat ≥ 15 .
3. Pada grafik VFA menunjukkan benda uji dengan nilai kadar aspal 5,5-7% telah memenuhi syarat spesifikasi. Dimana nilai VFA yang memenuhi syarat yaitu ≥ 65 .
4. Pada grafik stabilitas dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas 15 benda uji dengan 5 variasi nilai kadar aspal telah memenuhi persyaratan dimana nilai stabilitas yang disyaratkan yaitu ≥ 800 kg.
5. Pada grafik kelelahan (*flow*) menunjukkan benda uji dengan semua nilai kadar aspal rencana yaitu 5-7% telah memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3. Dimana nilai kelelahan yang disyaratkan yaitu 2-4 mm.
6. Nilai MQ tertinggi ditunjukkan pada kadar aspal 6,5%. Menurut pedoman spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 untuk nilai MQ tidak memiliki spesifikasi khusus sehingga nilai yang dihasilkan dapat digunakan sebagai nilai parameter *marshall*.



Gambar 5. Grafik kadar aspal optimum pada campuran standar

B. Hasil Pengujian Marshall Campuran Limbah Katalis Desulfurizer

Berdasarkan pada data-data pengujian *marshall* dapat dibentuk grafik yang menghubungkan variabel kadar aspal dan parameter-parameter aspal.



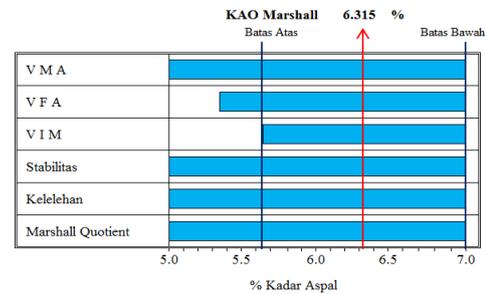
Gambar 6. Grafik hasil pengujian *marshall* pada campuran limbah katalis *desulfurizer*

Di bawah ini akan dijelaskan hasil pengujian *Marshall* berdasarkan Gambar 6.

1. Pada grafik VIM menunjukkan benda uji dengan nilai kadar aspal yang memenuhi batas syarat spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 adalah nilai kadar aspal 6% hingga 7%. Dimana VIM yang diizinkan pada spesifikasi sebesar 3-5%.
2. Nilai VMA pada grafik menunjukkan benda uji dengan semua nilai kadar aspal rencana yaitu 5-7% telah memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3) yaitu ≥ 15 .
3. Grafik VFA menunjukkan nilai pada kadar aspal 5,5%, 6,0%, 6,5% dan 7,0% telah memenuhi syarat spesifikasi. Dimana nilai VFA yang memenuhi syarat yaitu ≥ 65 .
4. Pada grafik stabilitas dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas 15 benda uji dengan 5 variasi nilai kadar

aspal telah memenuhi persyaratan yaitu ≥ 800 kg (Bina Marga 2010 Revisi 3).

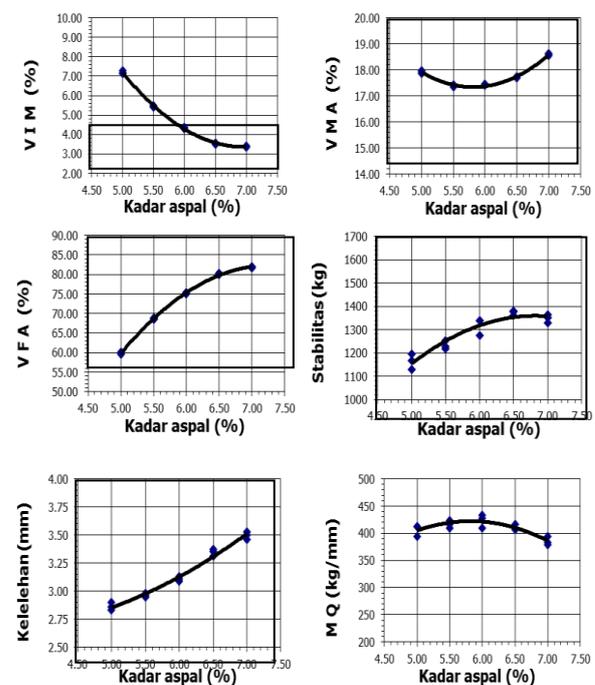
5. Pada grafik kelelehan (*flow*) menunjukkan benda uji dengan semua nilai kadar aspal rencana yaitu 5-7% telah memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3. Dimana nilai kelelehan yang disyaratkan yaitu 2-4 mm.
6. Nilai MQ tertinggi ditunjukkan pada kadar aspal 6%. Nilai *Marshall Quotient* tidak memiliki syarat tertentu.



Gambar 7. Grafik kadar aspal optimum pada campuran limbah katalis *desulfurizer*

C. Hasil Pengujian Marshall Campuran Limbah Bottom Ash

Hasil dari data-data pengujian *marshall* didapat nilai VIM (*void in mixture*), VMA (*void in mineral aggregate*), VFA (*void with filled aggregate*), Stabilitas, Kelelehan, dan MQ (*marshall quotient*). Data pengujian menghasilkan nilai parameter *marshall* yang berbeda pada masing – masing campuran. Berikut ini grafik hasil pengujian *marshall* campuran dengan lima kadar aspal yang berbeda :



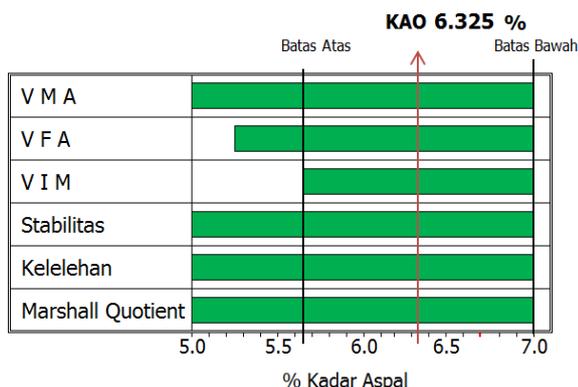
Gambar 8. Grafik hasil pengujian *marshall* pada campuran limbah *bottom ash*

bottom ash

Berikut ini akan penjelasan hasil pengujian *marshall* berdasarkan Gambar 5.

1. Grafik diatas menunjukkan nilai VIM yang memenuhi spesifikasi terdapat pada kadar aspal 5,6% - 7%. Nilai VIM merupakan persentase jumlah banyaknya rongga udara pada campuran, semakin besar rongga yang terdapat pada campuran akan semakin memudahkan air untuk memisahkan butir-butir campuran.
2. Pada grafik diatas menunjukkan nilai VMA yang didapatkan lebih dari 15% sehingga nilai VMA dengan kadar aspal 5% - 7% memenuhi spesifikasi.
3. Gambar diatas menunjukkan nilai VFA pada campuran *bottom ash* yang memenuhi spesifikasi yaitu pada kadar aspal 5,25% - 7% dengan ketentuan $\geq 65\%$. Nilai VFA yang semakin besar menunjukkan rongga pada campuran tidak sepenuhnya menyerap aspal dengan baik.
4. Pada Gambar 5 menunjukkan nilai stabilitas pada campuran *bottom ash* dengan lima rentang kadar aspal memenuhi spesifikasi yaitu ≥ 800 . Nilai stabilitas menunjukkan kemampuan campuran menerima beban tanpa terjadi perubahan. Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat nilai stabilitas pada campuran *bottom ash* terjadi penurunan pada kadar aspal 7%. Nilai stabilitas menunjukkan kemampuan campuran menerima beban tanpa terjadi perubahan.
5. Kelelahan merupakan penurunan yang dialami pada lapis permukaan perkerasan jalan yang terjadi akibat beban lalu lintas di atasnya. Berdasarkan pada Gambar 8 menunjukkan nilai kelelahan campuran *bottom ash* dengan kadar aspal 5% - 7% masuk dalam spesifikasi yang diizinkan yaitu, 2 - 4 mm.
6. Gambar 8 menunjukkan nilai MQ tertinggi terdapat pada kadar aspal 6%. Nilai MQ tertinggi menunjukkan campuran tersebut memiliki tingkat kekakuan yang lebih tinggi yang dapat mengakibatkan keretakan.

Berdasarkan pada parameter – parameter *marshall* maka diperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran laston *wearing course* (AC-WC) sebesar 6,325%.



Gambar 6. Kadar aspal optimum pada campuran limbah

Data - data hasil pengujian menunjukkan bahwa telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3. Berikut ini rekapitulasi nilai parameter *marshall* terhadap KAO pada campuran standar, campuran dengan *filler* limbah katalis dan campuran dengan *bottom ash*.

Tabel 4. Rekapitulasi nilai parameter *marshall*

No	Parameter <i>marshall</i>	Standar	Limbah katalis	Limbah <i>bottom ash</i>
1.	KAO	6,35 %	6,315 %	6,325 %
2.	VIM	3,7 %	4,05 %	3,9 %
3.	VMA	17,5 %	17,59 %	17,6 %
4.	VFA	79,5	77,1 %	78,2 %
5.	Stabilitas	1579	1400 kg	1340 kg
6.	Kelelahan	3,559 mm	3,25 mm	3,207 mm
7.	MQ	430,8 kg/mm	431,5 kg/mm	401,6 kg/mm

V. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan mengenai pemanfaatan limbah katalis *desulfurizer* dan *bottom ash* sebagai bahan pengisi pada campuran laston *wearing course* (AC-WC) dapat disimpulkan bahwa:

1. Limbah katalis *desulfurizer* dan *bottom ash* yang digunakan sebagai *filler* pada campuran laston *wearing course* dapat mengisi rongga-rongga pada agregat dengan berat jenis limbah katalis *desulfurizer* sebesar 3,48 gr/cm³ dan *bottom ash* sebesar 2,33 gr/cm³. Limbah katalis *desulfurizer* dan *bottom ash* dapat digunakan sebagai pengganti *filler* pada perkerasan jalan karena telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3. Limbah katalis *desulfurizer* memiliki sifat dan karakteristik yang hampir sama dengan semen.
2. Dari hasil pengujian *Marshall*, karakteristik limbah katalis *desulfurizer* dan *bottom ash* telah memenuhi syarat sebagai bahan pengisi dalam perkerasan jalan yang sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3. Berdasarkan hasil *marshall test* yang telah dilakukan, didapat stabilitas sebesar 1400 kg dan kelelahan sebesar 3,25 mm untuk campuran limbah katalis *desulfurizer*, sedangkan pada campuran *bottom ash* memiliki stabilitas sebesar 1340 kg dan kelelahan sebesar 3,207 mm.
3. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapat untuk campuran limbah katalis *desulfurizer* dan *bottom ash* memiliki nilai KAO yang berbeda. Untuk nilai KAO campuran limbah katalis *desulfurizer* sebesar 6,315% sedangkan untuk *bottom ash* sebesar 6,325%. KAO tersebut mempengaruhi volume *filler* pada campuran. Campuran limbah katalis *desulfurizer* menggunakan *filler* yang lebih banyak karena nilai KAO nya lebih

kecil daripada *bottom ash*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Hadi., 2011, "Karakteristik Campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) Dengan Penggunaan Abu Vulkanik dan Abu Batu Sebagai *Filler*", *E-Journal*, Bandar Lampung.
- Arditama, Nico., 2013. *Pengaruh Penambahan Serbuk Bambu Terhadap Karakteristik Campuran Laston Wearing Course (AC-Wearing Course) Dengan Metode Marshall*, Skripsi tidak dipublikasikan, Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Fasdarsyah, Mukhlis, Sulaiman., 2014, "Pengaruh Penambahan *Filler* Granit dan Keramik Pada Campuran Laston AC-WC Terhadap Karakteristik Uji *Marshall*", *E-journal*, Aceh Utara.
- Hardiyatmo, Hary Christady., 2015, *Perancangan Perkerasan Jalan Dan Penyelidikan Tanah*. Gadjah Mada *University Press*, Yogyakarta.
- Putera, A.B.A., 2015. *Karakteristik Perkerasan Lentur (Flexible Pavement) Lapis HRS-WC Dengan Pemanfaatan Limbah (Bahan Sisa) Plastik dan Kertas Menggunakan Metode Marshall*, Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Soehartono, Ir., 2015. *Teknologi Aspal dan Penggunaannya dalam Konstruksi Perkerasan Jalan*. C.V Andi *Offset*, Yogyakarta.
- Sri Wiyanti, Dwi., 2011. "Keuntungan dan Kerugian *Flexible Pavement* dan *Rigid Pavement*". *E-journal*, Jakarta.