

PEMANFAATAN LIMBAH KACA SEBAGAI FILLER TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PANAS (AC - WC)

Hartini

(Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Unidayan Baubau)

Email : hartinihamid1982@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggunaan Aspal *BRAM* (*Buton Rockh Asphalt Macadam*) terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran Aspal Panas. Penelitian ini menggunakan metode *Trial And Error*. Benda uji dipadatkan dengan pemadatan yaitu 2x75 tumbukan. Adapun variasi kadar aspal rencana yaitu : 7% sedangkan variasi aspal *Bram* yaitu : 0%, 1%, 2%, 3% dan 4%. Setiap variasi dibuat 3 sampel benda uji, sehingga total benda uji adalah sebanyak 25 buah. Kemudian dilakukan pengujian *Marshall Test*. Dari hasil pengujian aspal Laston (AC-WC) menggunakan aspal penetrasi 60/70 sebagai bahan pengikat diperoleh nilai *Density* 2,35gr/cc, 2,35 gr/cc, 2,34 gr/cc, 2,34 gr/cc, 2,34 gr/cc. Nilai *VIM* yaitu 3,93%, 4,13%, 4,33%, 4,46% 4,60. Nilai *VMA* yaitu 17,47%, 17,63%, 17,81%, 17,91%, 18,04%. Nilai *VFB* yaitu 77,85%, 76,58%, 76,96%, 75,15% 74,67%. Nilai *stability* yaitu 836,92 kg, 1096,83 kg, 1350,26 kg, 1655,99 kg, 1427,76 kg. Nilai *Flow* yaitu 4,67 mm, 3,97 mm, 3,50 mm, 3,00 mm, 3,33 mm. Nilai *MQ* yaitu 180,13 kg/mm, 276,35 kg/mm, 388,85 kg/mm, 552,00 kg/mm, 438,19 kg/mm.

Kata Kunci : *Filler*, Limbah Kaca , *Marshall test*

A. PENDAHULUAN

Sesuai Spesifikasi Umum 2018 revisi (1) tahun 2011 yang mengisyaratkan penggunaan bahan anti pengelupasan dalam campuran beraspal, maka salah satu alternatif bahan anti-stripping agent yang dapat digunakan yaitu Limbah Kaca. Pemanfaatan limbah kaca ini, kemudian disamping mengatasi masalah pencemaran lingkungan dan juga dapat menjadi bahan tambah untuk peningkatan kinerja aspal. Limbah kaca yang telah di haluskan merupakan bahan padat yang dapat di gunakan sebagai bahan pengisi atau filler.

Limbah Kaca ini kemudian bertindak sebagai anti-stripping agent yang dapat meningkatkan durabilitas atau keawetan kinerja campuran beton aspal dalam menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim seperti udara, air, atau perubahan temperatur.

Terkait hal tersebut diatas, maka penulis merasa tertarik untuk melakukan penelitian tentang “Pemanfaatan Limbah Kaca

Sebagai *Filler* Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Panas (AC-WC)”.

1. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka diperoleh rumusan masalah yaitu :

- Bagaimana Karakteristik bahan penyusun campuran AC-WC
- Bagaimana karakteristik *Marshall* campuran Aspal Panas (AC-WC) dengan limbah kaca sebagai bahan pengisi (*filler*) dengan kadar 0%, 15%, 50%, 75% dan 100% terhadap berat filler.

2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

- Mengetahui Karakteristik bahan penyusun campuran AC-WC
- Mengetahui karakteristik *Marshall* campuran Aspal Panas (AC-WC) dengan limbah kaca sebagai bahan pengisi (*filler*)

dengan kadar 0%, 15%, 50%, 75% dan 100%.

3. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu :

- Pemanfaatan limbah kaca sebagai filler pada campuran aspal AC-WC.
- Memperluas pengetahuan penulis dan pembaca tentang penggunaan Limbah Kaca terhadap karakteristik *Marshall* campuran AC-WC.

B. KAJIAN PUSTAKA

1. Aspal

Aspal adalah material utama pada konstruksi lapis perkerasan lentur (*flexible pavement*) jalan raya, yang berfungsi sebagai campuran bahan pengikat agregat, karena mempunyai daya lekat yang kuat, mempunyai sifat adhesi, kedap air dan mudah dikerjakan. penyebab terjadinya kerusakan perkerasan jalan.

Penggunaan jenis aspal biasanya didasarkan pada kondisi lalu lintas dan iklim pada wilayah tersebut. Semakin besar angka penetrasi aspal maka semakin tinggi kekerasan aspal semakin rendah, begitu pula sebaliknya.

Jenis aspal dengan penetrasi rendah biasanya digunakan untuk lalu-lintas berat dan cuaca yang panas begitu pula sebaliknya. Di Indonesia pada umumnya menggunakan aspal penetrasi 60/70.

2. Campuran Beton Aspal Panas (AC-WC)

Secara umum bahan penyusun beton aspal terdiri atas agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi dan aspal sebagai bahan pengikat.

• Agregat Kasar

Agregat kasar adalah batu pecah (*split*) dengan ukuran maksimal 2,5 cm, dan mempunyai bidang minimum 4 buah, dan mempunyai bentuk lebih kurang seperti kubus. Persyaratan Agregat Kasar dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Persyaratan Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Nilai
Kekekalan agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	SNI 3407 : 2008	Maks. 40 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi kasar Semua jenis campuran bergradasi lainnya	Maks. 30 % Maks. 40 %
Kekekalan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95 %
Angularitas (Kedalaman dari Permukaan < 10 cm)	DoT's Pennsylvania Test Method, PTM No. 621	90/95 1
Angularitas (Kedalaman dari Permukaan ≥ 10 cm)		80/75 1
Partikel pipih dan lonjong(**)	ASTM D-4791 Perbandingan 1 : 5	Maks. 10 %
Material lolos saringan No.200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1 %

Sumber : Departemen Pekerjaan umum, Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal, 2018

• Agregat Halus

Agregat halus dari masing-masing sumber harus terdiri atas pasir alam atau hasil pemecah batu dan harus disediakan dalam ukuran nominal maksimum 2,36mm. Pasir boleh digunakan dalam campuran beraspal panas dengan asbuton olahan. Persentase maksimum yang diijinkan untuk laston adalah 15%. Persyaratan untuk agregat halus dapat dilihat pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Persyaratan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50 % Untuk SS, HRS dan AC bergradasi Halus Min 70 % untuk AC bergradasi Kasar
Material Lolos Saringan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 8 %
Kadar Lempung	SNI 3423 : 2008	Maks. 1 %
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	AASHTO TP 33 atau ASTM C1252-93	Min 45
Angularitas (kedalaman dari permukaan 10 cm)		Min. 40

Sumber : Departemen Pekerjaan umum, Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal, 2018

• Bahan Pengisi (*Filler*)

Departemen Pekerjaan Umum (2018) menyatakan Bahan pengisi yang ditambahkan terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust*), kapur padam (*hydrated lime*), semen atau abu terbang yang sumbernya disetujui oleh Direksi Pekerjaan.

Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI 03-1968-1990 harus mengandung bahan yang lolos saringan No.200 (75 micron) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya. Semua campuran beraspal harus mengandung bahan

pengisi yang ditambahkan tidak kurang dari 1% dan maksimum 2%.

3. Kaca

Kaca merupakan materi bening dan transparan (tembus pandang) yang biasanya di hasilkan dari campuran silikon atau bahan silikon dioksida (SiO_2), yang secara kimia sama dengan kuarsa (bahasa Inggris : *kwarts*). Biasanya dibuat dari pasir. Suhu lelehnya adalah 2000 Derajat Celcius. Jenis kaca yang paling umum di kenal dan yang telah digunakan sejak berabad-abad silam sebagai jendela dan gelas minum adalah kaca soda kapur, yang terbuat dari 75% silika (SiO_2) ditambah Na_2O , CaO , dan sedikit aditif lain.

Dari segi kimia, kaca adalah gabungan dari berbagai oksida anorganik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai penyusun lainnya. Kaca memiliki sifat-sifat yang khas dibanding dengan golongan keramik lainnya. Kekhasan sifat-sifat kaca ini terutama dipengaruhi oleh keunikan silika (SiO_2) dan proses pembentukannya.

C. METODOLOGI PENELITIAN

1. Tinjauan Umum Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan untuk campuran *asphalt concrete wearing course* (AC-WC) harus sesuai dengan spesifikasi dan beragam pengujian yang dilakukan untuk menjamin bahan yang digunakan memiliki sifat-sifat seperti yang diharapkan. Dalam penelitian ini, pengujian bahan-bahan dilakukan dengan menggunakan Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Divisi VI Tahun 2018. Pengujian *Marshall* yang akan dilakukan untuk mengetahui seberapa besar nilai yang di hasilkan dengan penambahan pengisi berupa limbah kaca dengan kadar 0%, 15%, 50%, 75%, dan 100%.

2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Dayanu

Ikhsanuddin Kota Baubau Provinsi Sulawesi Tenggara.

Adapun jadwal penelitian yang dilakukan dimulai dari Bulan November 2018 sampai dengan Bulan Desember 2018 dengan tahapan mulai dari persiapan bahan, pengujian karakteristik campuran penyusun aspal AC-WC, pembuatan benda uji, pengujian *Marshall* dan analisis data hasil penelitian.

3. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi :

- Agregat halus dan agregat kasar bersumber dari Batu Pecah Sorawolio hasil pemecahan Stone crusser PT. Meutia Segar
- Abu batu yang digunakan bersumber dari Sorawolio (PT. Meutia Segar)
- Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 produksi pertamina.
- Limbah Kaca yang digunakan adalah Limbah Kaca yang diperoleh dari seputaran wilayah kota Baubau.

D. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian karakteristik agregat dilakukan sebelum pembuatan benda uji dan pengujian *Marshall* dilakukan dengan mengacu pada Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Divisi 6.

Hasil pengujian agregat dapat dilihat pada Tabel 3 berikut :

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Jenis Pemeriksaan	Satuan	Metode Pemeriksaan	Hasil Pengujian	Spec	
				Min	Max
A. Batu Pecah					
1 Bulk	gr/cc	SNI 03-1969-1990	2,62	2,5	-
2 Apparent	gr/cc	SNI 03-1969-1990	2,68	-	-
3 Efektif	gr/cc	SNI 03-1969-1990	2,65	-	-
4 Absozi	%	SNI 03-1969-1990	0,68	-	3
5 Bahan Lolos 200	%	SNI 03-4142-1996	0,68	-	1
6 Abrasi Los Angeles	%	SNI 03-2417-1991	31,56	40	-
B. Agregat Halus					
1 Bulk	gr/cc	SNI 03-1969-1990	2,28	2,5	-
2 Apparent	gr/cc	SNI 03-1969-1990	3,09	-	-
3 Efektif	gr/cc	SNI 03-1969-1990	2,97	-	-
4 Absozi	%	SNI 03-1969-1990	2,87	-	3
5 Bahan Lolos 200	%	SNI 03-4142-1996	0,80	-	1
C. Abu Batu					
1 Bulk	gr/cc	SNI 03-1969-1990	3,83	2,5	-
2 Apparent	gr/cc	SNI 03-1969-1990	3,94	-	-
3 Efektif	gr/cc	SNI 03-1969-1990	3,89	-	-
4 Absozi	%	SNI 03-1969-1990	0,89	-	3
5 Bahan Lolos 200	%	SNI 03-4142-1996	7,23	-	1
D. Limbah Kaca					
1 Bulk	gr/cc	SNI 03-1969-1990	2,66	2,5	-
2 Apparent	gr/cc	SNI 03-1969-1990	2,85	-	-
3 Efektif	gr/cc	SNI 03-1969-1990	4,85	-	-

Sumber : Hasil Analisa Data

Hasil pengujian menunjukkan bahwa agregat kasar dan agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi spesifikasi umum bina marga Tahun 2018 untuk digunakan pada campuran AC-WC.

2. Hasil Pengujian *Marshalls*

Hasil pengujian ini untuk menentukan nilai karakteristik *Marshall* yaitu : *Density*, *VMA*, *VIM*, *VFB*, *Stabilitas*, *Flow*, dan *MQ*, yang memenuhi syarat campuran Laston Lapis Aus (AC-WC)

Persyaratan yang digunakan sesuai dengan Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Divisi 6.3 Tahun 2018, Rekapitulasi hasil pengujian *Marshall* campuran *Laston Lapis Aus (AC-WC)* dapat dilihat pada Tabel 4 berikut :

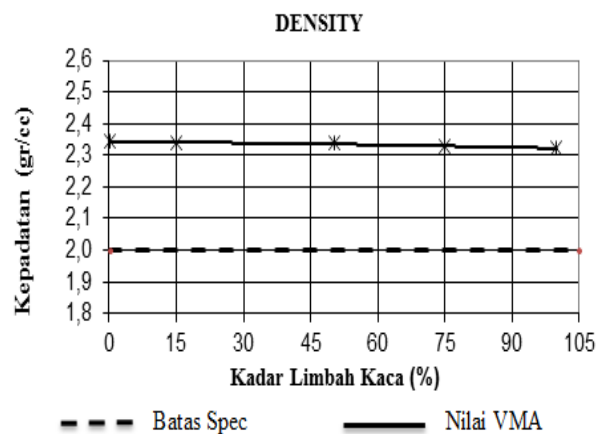
Tabel 4. Rekapitulasi Pengujian *Marshall*

Karakteristik <i>Marshall</i>	Satuan	Spec		Kadar Limbah Kaca (%)				
		Min	Min	0%	15%	50%	75%	100%
Density	gr/cm	-	-	2,34	2,34	2,34	2,33	2,32
VIM	%	3	5	4,32	4,45	4,51	5,04	5,14
VMA	%	15	-	16,20	16,32	16,37	16,83	16,92
VFB	%	65	-	73,36	72,74	72,46	70,08	69,65
Stability	kg	800	-	1127,48	1200,57	1468,10	950,38	856,39
Flow	mm	2	4	2,53	2,77	3,08	3,73	4,33
MQ	kg/mm	250	-	446,81	436,64	476,86	255,69	198,66

Sumber : Hasil Analisa Data

3. Variasi Kadar Limbah Kaca Sebagai *Filler* dan Kadar Aspal Terhadap Kepadatan (*Density*) Campuran

Nilai *Density* menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Faktor yang mempengaruhi *density* adalah temperatur pemadatan, gradasi, kadar *filler*, energi pemadat, kadar aspal, dan *VMA*. Hubungan antara kadar aspal dan kepadatan campuran dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.

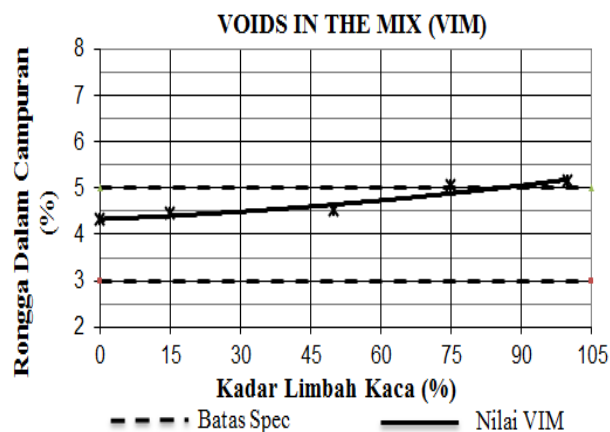


Gambar 1. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan *Density* dengan Kadar Limbah Kaca 0%, 15%, 50%, 75%, dan 100%.

Dari Grafik diatas, menunjukkan bahwa dengan peningkatan penambahan kadar Limbah Kaca sebagai *filler* tingkat kepadatannya cenderung tetap.

4. Variasi Kadar Limbah Kaca Sebagai *Filler* dan Kadar Aspal Terhadap VIM

VIM adalah volume total udara yang berada diantara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang telah dipadatkan, dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.

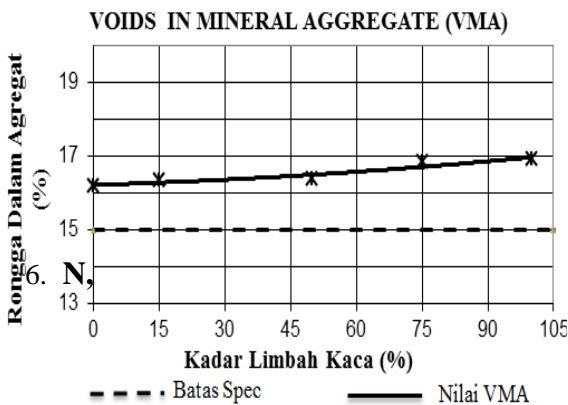


Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan VIM dengan Kadar Limbah Kaca 0%, 15%, 50%, 75%, dan 100%.

Pada campuran AC-WC, VIM *marshall* standar dibatasi antara 3% sampai 5%. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya deformasi plastis setelah campuran mendapatkan pemadatan tambahan oleh beban lalu lintas.

5. Variasi Kadar Limbah Kaca Sebagai *Filler* dan Kadar Aspal Terhadap VMA

Rongga diantara mineral agregat (VMA) adalah volume rongga yang terdapat diantara partikel agregat suatu campuran yang telah dipadatkan. Untuk campuran AC-WC nilai VMA minimum 15 %, dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



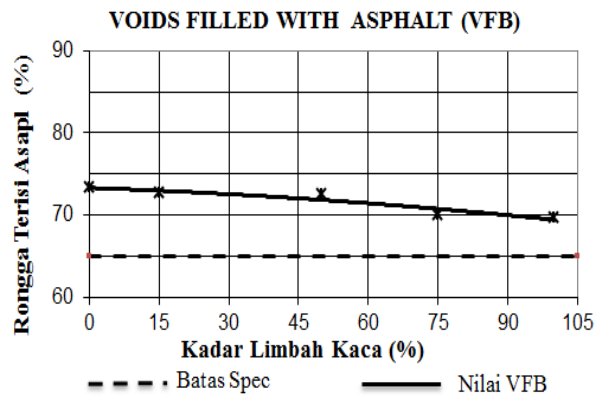
Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan VMA dengan Kadar Limbah Kaca 0%, 15%, 50%, 75%, dan 100%.

Dari Grafik menunjukkan peningkatan nilai VMA yang menunjukkan bahwa kandungan rongga dalam agregat semakin besar seiring bertambahnya kadar Limbah Kaca.

7. Variasi Kadar Limbah Kaca Sebagai *Filler* dan Kadar Aspal Terhadap VFB

VFB adalah bagian dari rongga yang berada diantara mineral agregat (VMA) yang terisi aspal efektif dan bertujuan untuk menjaga keawetan campuran beraspal dengan memberi batasan yang cukup. Nilai VFB erat kaitannya dengan kekuatan ikatan campuran, kedekatan campuran terhadap air dan udara,

maupun sifat elastik campuran. Hubungannya dapat kita lihat pada Gambar 4 berikut.

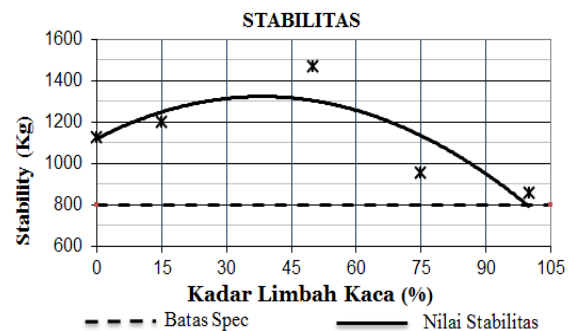


Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan VFB dengan Kadar Limbah Kaca 0%, 15%, 50%, 75%, dan 100%.

Dari Gambar tersebut menunjukkan bahwa peningkatan penggunaan kadar Limbah Kaca menyebabkan nilai VFB menurun, tetapi tidak melewati batas spesifikasi yang telah ditetapkan sebesar 65%.

8. Variasi Kadar Limbah Kaca Sebagai *Filler* dan Kadar Aspal Terhadap Stabilitas

Nilai stabilitas menggambarkan kemampuan dari lapis perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan bleeding. Stabilitas terjadi dari geseran antar butir, penguncian antar partikel agregat, dan daya ikat dari lapisan aspal. Hubungan antara stabilitas dengan penambahan kadar limbah kaca dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah ini.

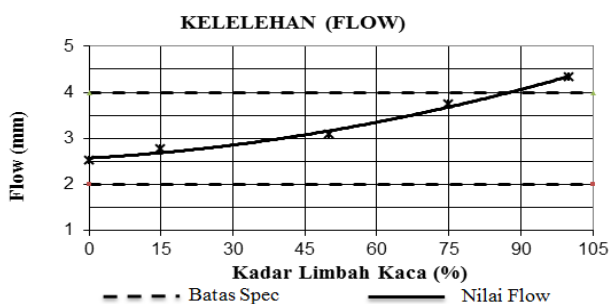


Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Stabilitas dengan Kadar Limbah Kaca 0%, 15%, 50%, 75%, dan 100%.

Pada Grafik diatas, terlihat bahwa nilai stabilitas meningkat seiring dengan peningkatan kadar limbah kaca, akan tetapi pada campuran 75% dan 100% mulai mengalami penurunan karena campuran mulai getas.

9. Variasi Kadar Limbah Kaca Sebagai *Filler* dan Kadar Aspal Terhadap Kelelahan Plastis (*Flow*)

Kelelahan plastis menunjukkan tingkat kelenturan lapis perkerasan. Untuk campuran AC-WC, nilai *Flow* disyaratkan minimum 2 mm, dan maksimal 4 mm. Berikut pada Gambar 6 diperlihatkan Hubungan Kadar Aspal dan Kelelahan Plastis (*Flow*) dengan Variasi Kadar Limbah Kaca sebagai *Filler*.



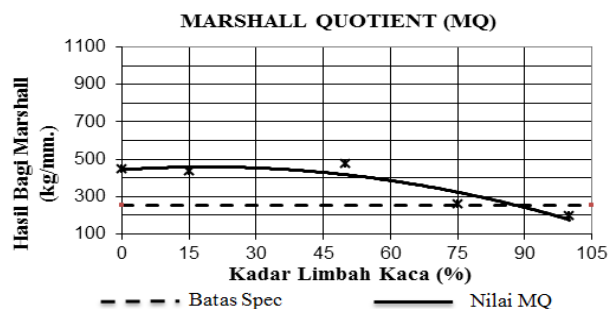
Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Kelelahan (*Flow*) dengan Kadar Limbah Kaca 0%, 15%, 50%, 75%, dan 100%.

Grafik diatas menunjukkan nilai *Flow* yang meningkat, tetapi pada kadar Limbah Kaca 100% melewati batas yang telah ditetapkan sebesar 4 mm. Hal ini berarti nilai *Flow* mengalami penurunan dan peningkatan pada kadar Limbah Kaca tertentu. *Flow* yang diperoleh merupakan indikator terhadap lentur, sehingga semakin besar nilai *Flow* mengindikasikan campuran beraspal semakin lentur.

10. Variasi Kadar Limbah Kaca Sebagai *Filler* dan Kadar Aspal Terhadap *Marshall Quotient (MQ)*

Marshall Quotient (MQ) merupakan hasil bagi *marshall* dengan *Flow* yang merupakan kekakuan campuran. Untuk campuran AC-WC, nilai MQ dibatasi minimal 250 kg/mm.

Hubungan Kadar Aspal dan *Marshall Quotient (MQ)* dengan Variasi Kadar Limbah Kaca sebagai *Filler* dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan *Marshall Quotient (MQ)* dengan Kadar Limbah Kaca 0%, 15%, 50%, 75%, dan 100%.

Dari grafik tersebut diatas dapat kita lihat bahwa nilai MQ pada campuran meningkat pada kadar Limbah Kaca 50% tetapi menurun kembali pada kadar Limbah Kaca 75% dan melewati batas pada kadar Limbah Kaca 100%. Dalam hal ini nilai MQ akan meningkat pada kadar Limbah Kaca tertentu dan akan menurun pada kadar Limbah Kaca tertentu juga. Semakin besar nilai *Marshall Quotient (MQ)* yang dihasilkan berarti campuran semakin kaku

E. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian di laboratorium tentang : **“Pemanfaatan Limbah Kaca Sebagai *Filler* Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Panas (AC-WC)”** dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada penelitian ini bahan penyusun campuran yang digunakan memenuhi spesifikasi umum bina marga Tahun 2018 untuk digunakan pada campuran AC-WC dengan nilai karakteristik yang diperoleh sebagai berikut :
 - a) Agregat Kasar yang dipakai pada penelitian ini yaitu agregat yang tertahan

di saringan No. 4 (4,75 mm) yang bersumber dari Batu Pecah Sorawolio hasil pemecahan Stone crusher PT. Meutia Segar. Diperoleh nilai berat jenis *Bulk* **2,62 gr/cc**, *Apparent* **2,2,68 gr/cc**, *Effektif* **2,65 gr/cc**, Absorsi **0,86%** dan bahan lolos saringan No.200 sebesar **0,68%**.

- b) Agregat Halus yang dipakai pada penelitian ini yaitu Agregat Halus yang bersumber dari PT. Meutia Segar. Agregat Halus tersebut memiliki nilai berat jenis *Bulk* sebesar **2,63% gr/cc**, *Apparent* **2,78 gr/cc**, *Effektif* **2,17 gr/cc**, Absorsi **0,68%** dan bahan lolos saringan No.200 sebesar **0,81%**.
- c) *Filler* yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Filler* yang bersumber dari PT Meutia Segar yang memiliki nilai berat jenis *Bulk* sebesar **2,66 gr/cc**, *Apparent* **2,81 gr/cc**, dan berat jenis *Effektif* **2,74gr/cc**, dan dikombinasikan atau diperbandingan dengan Limbah Kaca yang dihaluskan sampai dengan saringan lolos 200 (0,075 mm).

2. Berdasarkan hasil pengujian karakteristik *Marshall* dengan menggunakan variasi kadar Limbah Kaca sebagai *filler*, diperoleh :

- a) Nilai *Density* diperoleh sebesar **2,34gr/cc** untuk kadar Limbah Kaca 0%, **2,34gr/cc** untuk kadar Limbah Kaca 15%, **2,34gr/cc** untuk kadar Limbah Kaca 50%, **2,33gr/cc** untuk kadar Limbah Kaca 75%, dan **2,32gr/cc** untuk kadar Limbah Kaca 100%
- b) Nilai VIM diperoleh sebesar 4,32% untuk kadar Limbah Kaca 0%, **4,45%** untuk kadar Limbah Kaca 15%, **4,51%** untuk kadar Limbah Kaca 50%, **5,04** untuk kadar Limbah Kaca 75%, dan **5,14%** untuk kadar Limbah Kaca 100%.
- c) Nilai VMA diperoleh sebesar **16,20%** untuk kadar Limbah Kaca 0%, **16,32%** untuk kadar Limbah Kaca 15%, **16,37%** untuk kadar Limbah Kaca 50%, dan **16,83%** untuk kadar Limbah Kaca 75%, dan **16,92%** untuk kadar Limbah Kaca 100%.

- d) Nilai VFB diperoleh sebesar **73,36%** untuk kadar Limbah Kaca 0%, **72,74%** untuk kadar Limbah Kaca 15%, **72,46%** untuk kadar Limbah Kaca 50%, **70,08%**, untuk kadar Limbah Kaca 75%, dan **69,65%** untuk kadar Limbah Kaca 100%.
- e) Nilai Stabilitas diperoleh sebesar **1127,48 kg** untuk kadar Limbah Kaca 0%, **1200,57kg** untuk kadar Limbah Kaca 15%, **1468,10 kg** untuk kadar Limbah Kaca 50%, **950,38 kg** untuk kadar Limbah Kaca 75%, dan **856,69 kg** untuk kadar Limbah Kaca 100%.
- f) Untuk nilai *Flow* diperoleh sebesar **2,53 mm** untuk kadar Limbah Kaca 0%, **2,27 mm** untuk kadar Limbah Kaca 15%, **3,08 mm** untuk kadar Limbah Kaca 50%, **3,75 mm** untuk kadar Limbah Kaca 75%, dan **4,33 mm** untuk kadar Limbah Kaca 100%.
- g) Nilai *Marshall Quontient* diperoleh sebesar **446,81 kg/mm** untuk kadar Limbah Kaca 0%, **436,64 kg/mm** untuk kadar Limbah Kaca 15%, **476,86 kg/mm** untuk kadar Limbah Kaca 50%, **255,69 kg/mm** untuk kadar Limbah Kaca 75%, dan **198,66 kg/mm** untuk kadar Limbah Kaca 100%.

DAFTAR PUSTAKA

- AASTHO, 1990, *Standard Specification of Tsanportation Materials and Methods of sampling and testing*, 15th ed, AASTHO, Washinton, DC.
- Andri, Arif Setiawan, dan Novita Pradani. 2012. Pengaruh Penggunaan Kapur Sebagai Bahan Pengisi (*Filler*) Terhadap Karakteristik Campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi*. Vol. II No. 2. Hal. 87 – 104.
- Asphalt Institute. 1997. *Perfomance Graded Asphalt Binder Specification and. Testing, Superpave Series No.1 (SP-1)*. Lexington USA.
- Azis. 2018. Analisa Kinerja Campuran Aspal Panas Dengan Menggunakan Variasi Komposisi *BRAM (Buton Rock Asphalt*

- Macadam*). *Skripsi*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Dayanu Ikhsanuddin Baubau.
- Bukhari, ddk, 2007, *Rekayasa Bahan dan Tebal Perkerasan*, Fakultas Teknik, Univesitas Syia Kuala.
- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga . 1998. *Spesifikasi Umum*.
- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga . 2010. *Spesifikasi Umum*.
- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga . 2018. *Divisi 6 Perkerasan Aspal Seksi 6.3 Campuran Beraspal Panas : Spesifikasi Umum*.
- Ertta Hermawan. 2017. Karakteristik Campuran Aspal Dengan Additif Limbah Serbuk Karet Ban Pada Lapis Permukaan. *Skripsi*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Dayanu Ikhsanuddin Baubau
- Miftahul Fauziah, dan Fitri Sari Wijayanti. 2016. Pengaruh Pengaruh Kadar Limbah Kaca Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Pourus. *Jurnal Teknisia*. Vol. XXI No. 2. Hal. 261 – 273.
- Rosihan March Setiawan. 2013. Komparasi Penggunaan *Filler* Kaca Pada Campuran HRS dan SMA Terhadap Karakteristik *Marshall* dan *Workabilitas*. *Naskah Publikasi*. Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sukirman Silvia. 1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Penerbit Nova, Jakarta.
- Sukirman Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Granit, Jakarta.
- Sukirman, S, 1995, “Perkerasan Lentur Jalan Raya”, Erlangga, Jakarta.
- Tyan Indhasari. 2013. Pengaruh Penuaan Aspal Terhadap Karakteristik *Asphaly Concrete Wearing Course (AC-WC)* Gradasi Kasar Dengan Acuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. *Naskah Publikasi*. Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.