Prosiding Kolokium Program Studi Teknik Sipil (KPSTS) FTSP UII 2017,

September 2017, ISSN 9-772477-5B3159

KARAKTERISTIK CAMPURAN *SUPERPAVE* DENGAN PENGGUNAAN LIMBAH KACA SEBAGAI PENGGANTI *FILLER*

Muhammad Dani Taufiq[1], Subarkah , Ir., M.T[2]
[1]Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
Email: mdanytaufiq@gmail.com
[2]Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
Email*:* subarkah@uii.ac.id

Abstract**:** *Filler (filler) is an aggregate that passes on filter no.200 on hot asphalt mixture. Filler aims to increase mixed mass density and stability. The fillers used in pavement are generally stone or cement dust. The price is high enough to be one factor to find new innovations utilizing waste in the field. Given the importance of the use of filler in the mixture, it is necessary to innovate the filler material. One of them is by utilizing glass waste. The purpose of this research is to find out the feasibility of glass waste as a substitute of filler on the superpave mixture of nominal size 25 mm by looking at Marshall characteristics, Index of Retained Strength, Indirect Tensile Strength, and Permeability.*

The study was conducted in 4 stages, namely the first phase of testing the material properties consisting of aggregate testing, asphalt and glass filler. The second stage determines the optimum bitumen content in the proportion of replacement filler 0%, 25%, 50%, 75% and 100% glass filler. The third stage performs Marshall test, Immersion test, Indirect Tensile Strength test, and Permeability test. The fourth stage performs analysis, discussion and conclusion from the test results that have been done.

The results showed that the glass filler can be used as a replacement filler in a 25 mm nominal Superpave mixture. The Marshall test results show that the mixture undergoes a change in Marshall characteristics, on the mixture of weight-bearing and melting capabilities. This can be seen in the value of stability increased, flow decreased, MQ value increased, VITM decreased, density increased, VFWA increased and VMA decreased. The durability of the Superpave mixture measured in order to maintain stability after having a bath measured by the value of Index of Retained Strength increased with the addition of glass filler proportions. This shows that durability (Durability) increases. Ability to withstand tensile strength (Indirect Tensile Strength) of Superpave mixture as the proportion of glass filler decreases. This shows that the mixture in holding the tensile strength decreases so that the mixture tends to be easy to crack. The permeability test indicates that the mixture includes poor drainage of water after the added proportion of glass filler. The permeability value of the Superpave mixture that uses glass as filler has increased significantly start from proportion of replacement filler 50% to 100%.

Keywords: *Superpave, Glass Filler, Marshall Characteristics, Index of Retained Strength, Indirect Tensile Strength, Permeability..*

1. PENDAHULUAN

Jalan raya sebagai salah satu prasaran mempunyai peran penting dalam perkembangan di sektor sosial dan ekonomi. Maka dari itu, diperlukan pengembangan penyediaan prasarana untuk mendapatkan kualitas jalan yang bagus guna melayani pengguna jalan raya agar nyaman dan aman. Salah satu solusi untuk mendapatkan kualitas jalan yang bagus adalah dengan merekayasa jenis campuran, sebagai contoh adalah dengan campuran aspal *Superpave (Superior Performing Asphalt Pavements).*

Superpave (Superior Performing Asphalt Pavements) adalah sebuah metode yang dikembangkan oleh para peneliti Strategic Highway Research Program (SHRP) dengan keunggulan dibawah rentang suhu yang beragam dan beban lalu lintas yang tinggi. Para peneliti *Strategic Highway Research Program (SHRP)* menitik beratkan 2 bahasan yaitu deformasi permanen *(rutting)* dan suhu

rendah yang mengakibatkan retak. Penggantian *filler* telah umum digunakan dalam dunia konstruksi dan memerlukan biaya yang cukup mahal, akan tetapi limbah kaca bisa menjadi solusi sebagai bahan pengisi dan tidak memerlukan biaya yang mahal. Selama ini limbah kaca yang susah didaur ulang selalu dihancurkan agar tidak memakan banyak tempat, dan jarang digunakan untuk hal-hal yang bermanfaat.
Berdasarkan pemikiran tersebut, penulis melihat bahwa pemanfaat limbah kaca pada konstruksi perkerasan sebagai pengganti *filler* bisa menjadi solusi terhadap permasalah limbah kaca yang ada di Indonesia.

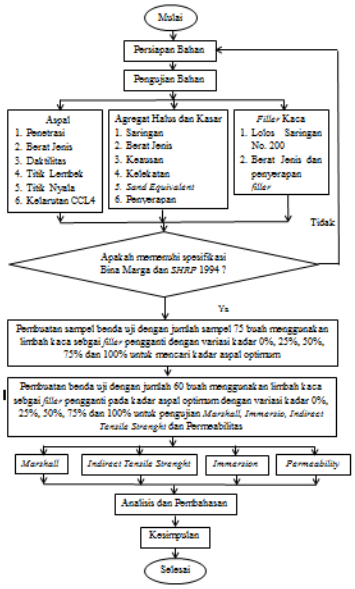
2. TINJAUAN PUSTAKA

Rosid (2011) melakukan penelitian dengan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat kasar, agregat halus, *filler* kaca dan aspal penetrasi 60/70. Penelitian menggunakan proporsi campuran pada *HRS – WC* 33% (agregat kasar), 58% (agregat halus), 9% *(filler)*. Sehingga disimpulkan bahwa kaca dapat digunakan pada pekerjaan lataston. Dari hasil analisa yang diperoleh, bahwa penggunaan kaca dengan kadar aspal ialah pada kadar 6% sampai pada kadar 6,5% dari volume berat agregat pada masing - masing campuran lataston, sehingga kadar aspal optimum adalah 6,25%.
Aminah (2015) menunjukkan bahwa limbah batu andesit dapat digunakan sebagai *filler* pengganti dalam campuran *Superpave*, karena memenuhi semua spesifikasi. Hasil pengujian marshall menunjukkan bahwa semakin besar proporsi *filler* batu andesit ke dalam campuran membuat nilai *Marshall Quotient, VITM* dan nilai *density* mengalami peningkatan, namun tidak signifikan. Nilai stabilitas mengalami penurunan yang signifikan, sedangkan nilai *flow*, *VFWA*, dan *VMA* mengalami penurunan yang tidak signifikan. Penggantian *filler* batu andesit kedalam campuran membuat campuran menjadi lebih tahan terhadap gaya tarik, lebih kedap air dan meningkatkan kemampuan campuran *Superpave* menahan benturan.
Ranski (2014) menunjukkan bahwa secara umum abu ampas tebu layak digunakan sebagai filler pengganti untuk campuran Superpave. Semakin besar persentase penggantian *filler* debu batu Clereng oleh abu ampas tebu ke dalam campuran Superpave menghasilkan nilai stabilitas, *VITM*, *VMA* yang semakin menurun, sedangkan nilai *flow*, *VFWA, MQ* dan dan *Index of Retained Strength* campuran yang semakin tinggi. Semakin besar proporsi abu ampas tebu semakin besar pula kadar aspal optimum yang dibutuhkan.
Zeelliin (2015) melakukan penelitian dengan judul Evaluasi Kinerja Stabilitas Dinamis Pada Campuran *Superpave* Dengan Tambahan Serat Serabut Kelapa Menggunakan Uji *Marshall* Dan Uji *Wheel Tracking*. Hasil penelitian didapatkan kadar aspal optimum untuk campuran superpave tanpa serat sebesar 6% didapatka nilai stabilitas sebesar 1520 kg untuk perendaman 30 menit dan 1507 kg untuk perendaman 24 jam, setelah didapatkan kadar optimum 6% selanjutnya ditambahakan panjang serat dan mendapatkan kadar panjang serat optimum 1 cm didapatkan nilai stabilitas *Marshall* untuk perendaman 30 menit didapatkan 2723 kg sedangkan untuk perendaman 24 jam didapatkan nilai 2663 kg. Dari data stabilitas pada marshall dengan nilai perendaman yang berbeda maka dapat diketahui nilai indeks kekuatan sisa (IKS) sebesar 97,80%. Untuk pengujian *wheel tracking* didapatkan nilai *dynamic stability (DS)* sebesar 2739,1 lintasan/mm dengan deformasi sebesar 1,98 mm dan kecepatan dinamis sebesar 0,0153 mm/menit. Jika dibandingkan nilai stabilitas pada campuran *superpave* tanpa serat dengan campuran *superpave* yang ditambahkan serat dapat dilihat bahwa dengan penambahan serat nilai dari stabilitas naik sekitar 10% dan dapat diartikan bahwa campuran ini menjadi lebih baik dan lebih kuat dari sebelumnya Hasil studi menunjukan bahwa campuran superpave ini dapat digunakan untuk lalu lintas berat kelas 1 (jalan utama) dengan berstandard kan jika nilai stabilitas dinamis lebih besar dari 2500 lintasan/mm maka dapat digolongkan ke kelas jalan utama. Campuran *Superpave* dengan penambahan serat serabut kelapa ini dapat

direkomendasikan untuk diterapkan di jalan utama di wilayah Indonesia walaupun untuk penyiapan bahannya cukup rumit.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang akan digunakan adalah penelitian percobaan (*experiment*) yaitu penelitian yang dilakukan dengan mengadakan percobaan untuk mendapatkan sebuah data atau menganalisis data. Data tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan suatu hasil perbandingan dengan syarat-syarat atau standar spesifikasi yang ada. Persyaratan dan prosedur yang digunakan mengacu kepada peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Bina Marga 2010. Metode pengambilan sampel pada penelitian tugas akhir ini adalah *non-probability* sampling, yaitu jenis sampel tidak dipilih secara acak yang digunakan disesuaikan dengan kriteria tertentu yang sudah ditentukan berdasarkan tujuan penelitian. Peneliti melakukan pengambilan sampel agregat kasar, agregat halus dan aspal yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Bagan alir penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Bagan Alir

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya Prodi Studi Teknik Sipil FTSP UII menggunakan persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010.

4.1 Pengujian Karakteristik Bahan

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui sifat fisik dan karakteristik aspal, agregat halus dan agregat kasar. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.

Tabel 1 Hasil Pengujian Pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil
1	Berat Jenis	≥ 1,0	1,035
2	Penetrasi (0,1mm)	60 – 70	64,5
3	Daktilitas (cm)	≥100	164
4	Titik Nyala (°C)	≥232	325
5	Kelarutan TCE (%)	≥99	99,46
6	Titik Lembek (°C)	≥48	51,5

Tabel 2 Hasil Pengujian Agregat Kasar Clereng

No.	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil
1	Berat Jenis	≥ 2,5	2,67
2	Penyerapan air oleh agregat (%)	< 3	1,33
3	Kelekatan agregat terhadap aspal (%)	> 95	98,5
4	Keausan dengan mesin *Los Angeles* (%)	< 40	21,32

Tabel 3 Hasil Pengujian Agregat Halus Clereng

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	≥ 2,5	2,69	Memenuhi
2	Penyerapan air oleh agregat (%)	< 3	1,19	Memenuhi
4	*Sand Equivalent* (%)	> 50	87,31	Memenuhi

Tabel 4 Hasil Pengujian *Filler* Clereng

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	≥ 2,5	2,638	Memenuhi

Tabel 5 Hasil Pengujian *Filler* Kaca

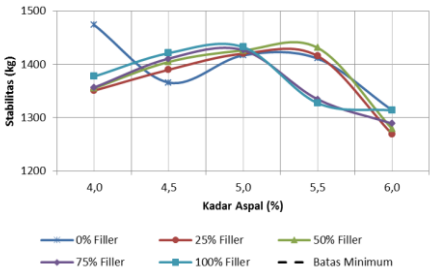
No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	≥ 2,5	2,517	Memenuhi

4.2 Pengujian *Marshall* Mencari KAO

Pengujian *Marshall* bertujuan untuk menentukan ketahanan (*stability*) terhadap kelelehan plastis (*flow*) dari campuran aspal. Dari hasil gambar hubungan antara kadar aspal dengan parameter *Marshall*, maka akan diketahui kadar aspal optimumnya.

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan campuran beton aspal menahan beban sampai terjadi deformasi akibat beban yang bekerja tanpa mengalami perubahan bentuk.



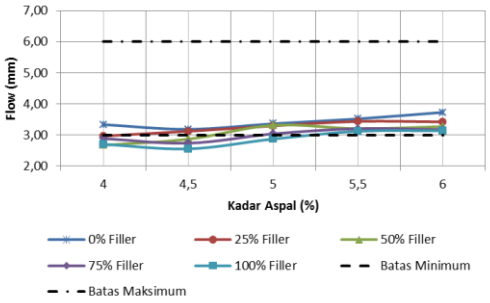
Gambar 2 Nilai Stabilitas untuk KAO

Berdasarkan grafik pada Gambar 2 menunjukkan nilai stabilitas mengalami peningkatan seiring penambahan kadar aspal sampai pada batas optimum, akan tetapi mengalami penurunan setelah melewati batas optimum. Hal ini disebabkan karena aspal yang pada awalnya berfungsi sebagai pengikat antar agregat berubah menjadi pelicin setelah melewati batas optimum.

Secara umum, nilai stabilitas pada campuran penggunaan *filler* kaca 100% dibandingkan penggunaan *filler* clereng 100% pada kadar aspal sama cenderung mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena pada perbedaan berat jenis masing – masing filler. Pada berat yang sama, campuran yang menggunakan *filler* kaca mempunyai volume lebih banyak dan rongga udara pada campuran terisi lebih banyak *filler* sehingga meningkatkan *interlocking.*

2. *Flow*

Flow atau kelelehan adalah besarnya penurunan atau defoemasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya atau besarnya.



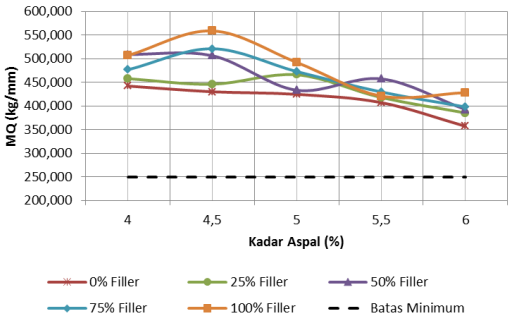
Gambar 3 Nilai *Flow* untuk KAO

Berdasarkan grafik pada Gambar 3 secara umum dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar aspal, nilai *flow* semakin menigkat. Hal ini disebabkan rongga pada campuran semakin kecil karena terisi oleh aspal.

Semakin besar presentase *filler* kaca yang digunakan pada campuran *superpave* maka nilai *flow* pada campuran semakin rendah. Hal ini disebabkan *filler* kaca mempunyai berat jenis yang lebih rendah dibandingkan *filler* Clereng sehingga pada berat yang sama *filler* kaca mempunyai volume yang lebih besar dan tidak dapat terselimuti aspal secara maksimal.

3. *Marshall Quotient*

Nilai *Marshall Quotient* merupakan perbandingan antar nilai stabilitas dan nilai *flow*.Nilai *Marshall Quotient* pada perencanaan perkerasan dengan metode *Marshall* digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas dari suatu lapis perkerasan.



Gambar 4 Nilai *MQ* untuk KAO

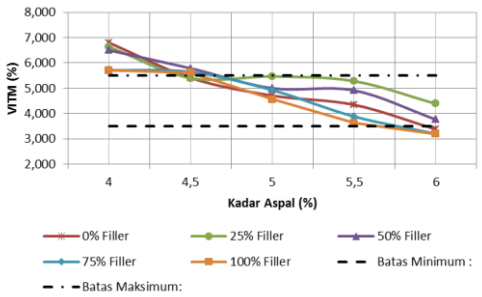
Berdasarkan grafik pada Gambar 4 dapat disimpulkan bahwa nilai *Marshall Quotient*

semakin menurun seiring bertambahnya penambahan kadar aspal. Hal ini disebabkan karena pada campuran *Superpave* kadar aspal semakin meningkat dan juga dipengaruhi oleh nilai stabilitas.

Pada campuran *Superpave* yang menggunakan filler kaca sebagai pengganti filler Clereng menghasilkan nilai *Marshall Quotient* yang cenderung semakin meningkat. Hal ini disebabkan nilai stabilitas dan flow pada campuran *Superpave* dengan filler pengganti kaca perbandingannya cenderung besar.

4. *VITM (Void in the Total Mix*)

VITM merupakan persentase banyaknya rongga yang terdapat dala suatu cmpuran terhadap total volume aspal dan agregat. Nilai *VITM* akan semakin kecil apabila kadar aspal semakin besar. *VITM* yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelehan yang semakin cepat,berupa alur dan retak.



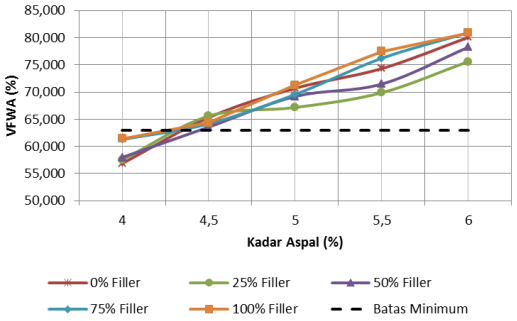
Gambar 5 Nilai *VITM* untuk KAO

Berdasarkan grafik pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa seiring dengan penambahan kadar aspal nilai *VITM* mengalami penurunan. Hal ini disebabkan rongga udara yang terisi aspal semakin besar dan memperkecil volume rongga udara, berarti campuran tersebut semakin rapat.

Secara umum dapat disimpulkan bahwa pada penggunaan filler kaca mengalami penurunan nilai *VITM*. Penurunan pada nilai *VITM* menunjukan rongga yang ada dalam campuran semakin kecil. Hal ini akan disebabkan *filler* kaca mengisi rongga udara yang terbentuk dalam campuran sehingga nilai *VITM* mengalami penurunan.

5. *VFWA (Void Filled With Asphalt*)

VFWA(*Void Filled With Asphalt*) menujukan persentase rongga terisi aspal pada suatu campuran setelah dipadatkan.

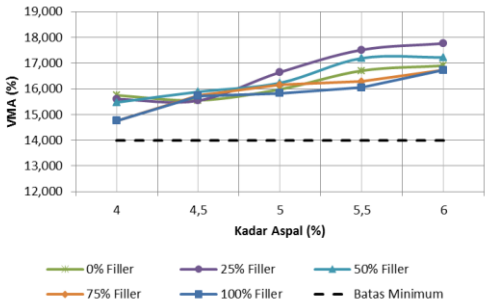


Gambar 6 Nilai *VFWA* untuk KAO

Berdasarkan grafik pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa seiring dengan penambahan kadar aspal maka nilai *VFWA* semakin meningkat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kadar aspal yang sama, campuran Superpave yang menggunakan filler kaca nilai *VFWA* yang lebih besar dibandingkan campuran *Superpave* dengan filler Clereng. Hal ini disebabkan berat jenis filler kaca lebih kecil, sehingga pada berat yang sama campuran *filler* kaca mempunyai volume yang lebih besar. Hal ini menyebabkan berkurangnya rongga yang terbentuk dalam campuran, sehingga pada kadar aspal yang sama persen rongga dalam campuran yang terisi aspal menjadi lebih kecil.

6. VMA (*Void in Mineral Agregate*)

VMA menunjukan persentase banyaknya pori antara butir-butir agregat dalam campuran, atau bisa dinyatakan sebagai persentase rongga yang dapat ditempati aspal dan udara.

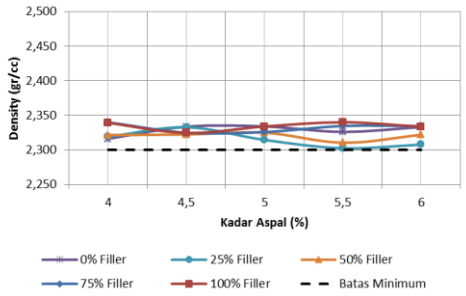


Gambar 7 Nilai *VMA*untuk KAO

Berdasarkan grafik pada Gambar 7 campuran Superpave yang menggunakan *filler* Clereng mengalami kenaikan seiring bertambahnya kadar aspal dan pada campuran menggunakan *filler* kaca memiliki nilai *VMA* yang lebih besar dibandingkan dengan campuran Superpave yang menggunakan *filler* Clereng. Hal ini disebabkan oleh berat jenis *filler* kaca yang lebih kecil sehingga mengakibatkan volume yang sedikit pada berat yang sama sehingga akan mengurangi rongga yang tersedia untuk ditempati oleh aspal dan udara, hal ini mengakibatkan nilai *VMA* akan semakin menurun.

7. *Density*

Density menunjukan kepadatan suatu campuran setelah mengalami pemadatan.



Gambar 8 Nilai *Density* untuk KAO

Berdasarkan grafik pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa nilai *density* pada campuran *Superpave* meningkat seiring dengan penambahan kadar aspal. Hal ini disebabkan semakin meningkatnya kadar aspal, jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butir semakin besar, sehingga campuran menjadi semakin rapat dan padat.

4.3 Nilai KAO

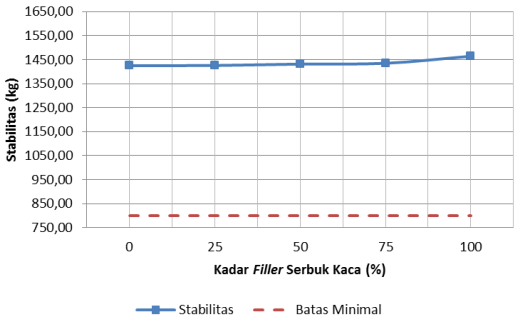
Hasil dari analisis data pengujian *Marshall* diperoleh nilai – nilai karakteristik berupa stabilitas (*stability*), kelelehan (*flow*), *VMA (Void in Mineral Aggregate), VFWA (Void Filled With Asphalt), VITM (Void in the Total Mix), MQ* (*Marshal Quotient*) dan *Density*. Hasil dari analisis data masing-masing jenis aspal yang digunakan untuk menetukan kadar aspal optimum disajikan pada Tabel 6

Tabel 6 Rekapitulasi KAO

Campuran	Kadar Aspal Minimum	Kadar Aspal Maksimum	Kadar Aspal Optimum
KAO 0% Filler Kaca	4,45	5,95	5,200
KAO 25% Filler Kaca	4,45	6,00	5,225
KAO 50% Filler Kaca	4,65	6,00	5,325
KAO 75% Filler Kaca	4,95	5,80	5,375
KAO 100% Filler Kaca	5,20	5,70	5,450

4.4 Pengujian Setelah KAO

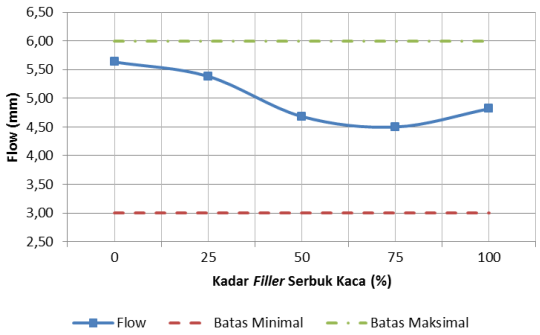
1. Stabilitas



Gambar 9 Grafik hubungan antara variasi proporsi *filler* kaca dengan nilai stabilitas

Berdasarkan grafik pada Gambar 9 di atas dapat dilihat bahwa semakin besar persentase penambahan filler kaca nilai stabilitas mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu perbedaan berat jenis filler kaca dengan filler Clereng. Pada berat yang sama campuran yang menggunakan filler kaca mempunyai volume yang lebih banyak dan rongga udara pada campuran terisi lebih banyak filler seperti hasil *VITM* sehingga meningkatkan interlocking.

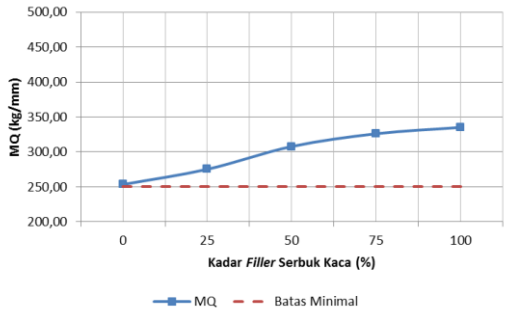
2. *Flow*



Gambar 10 Grafik hubungan antara variasi proporsi *filler* kaca dengan nilai *flow*

Berdasarkan grafik pada Gambar 10 di atas dapat dilihat bahwa nilai *flow* semakin menurun seiring dengan meningkatnya proporsi kadar *filler* kaca dalam campuran Superpave. Sejalan dengan uraian diatas, bahwa pada campuran yang menggunakan filler kaca lebih tinggi volume butiran semakin besar, sehingga semakin banyak butiran *filler* yang dapat mengisi celah diantara agregat, sehingga campuran menjadi semakin rapat dan kaku.

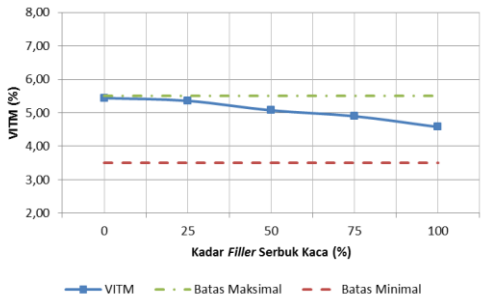
3. *Marshall Quotient*



Gambar 11 hubungan antara variasi proporsi filler kaca dengan nilai *Marshall Quotient*

Berdasarkan Gambar 11 dapat dilihat bahwa nilai *Marshall Quotient* mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan seiring dengan bertambahnya penggantian *filler* kaca terhadap *filler* Clereng nilai stabilitas mengalami peningkatan dan nilai *flow* mengalami penurunan sehingga nilai perbandingan stabilitas dan *flow* mengalami peningkatan. Campuran dengan nilai stabilitas yang tinggi dan *flow* yang rendah mengakibatkan campuran memiliki kekakuan yang tinggi sehingga cenderung bersifat kaku.

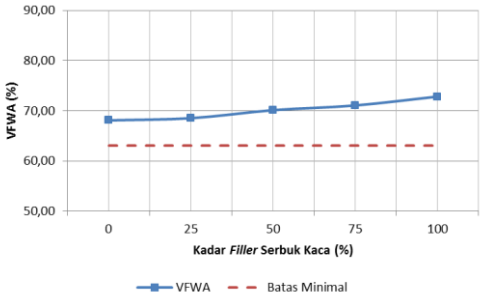
4. *VITM (Void in the Total Mix*)



Gambar 12 Grafik hubungan antara variasi proporsi *filler* kaca dengan nilai *VITM*

Berdasarkan grafik pada Gambar 12 dapat dilihat semakin besar persentase penggatian *filler* kaca terhadap *filler* Clereng dalam campuran Superpave ukuran nominal 25 mm menghasilkan nilai *VITM* yang cenderung turun. Campuran *Superpave* yang menggunakan *filler* kaca mempunyai nilai *VITM* yang cenderung lebih kecil dibandingkan campuran Superpave yang menggunakan *filler* Clereng. Penurunan *VITM* menunjukan rongga yang ada dalam campuran semakin kecil. Berat jenis kaca *filler* kaca yang lebih kecil dibandingkan berat jenis *filler* Clereng sehingga pada berat yang sama menyebabkan volume butir filler kaca lebih besar dibandingkan volume butir *filler* Clereng. Hal ini menyebabkan rongga udara pada campuran *Superpave* ukuran nominal 25 mm banyak terisi oleh butir *filler* sehingga menurunkan nilai *VITM*.

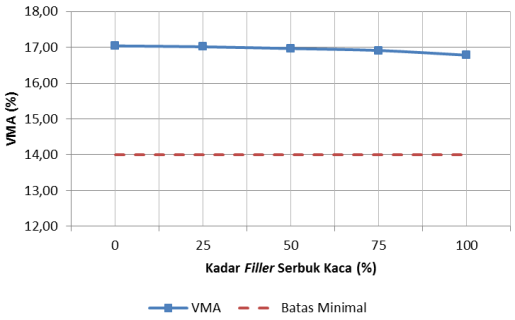
5. *VFWA (Void Filled With Asphalt*)



Gambar 13 Grafik hubungan antara variasi proporsi *filler* kaca dengan nilai *VFWA*

Berdasarkan grafik pada Gambar 13 nilai *VFWA* mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar *filler* kaca. Grafik hubungan antara nilai *VITM* dan nilai *VFWA* pada berbagai kadar aspal optimum dan kadar *filler* kaca ditunjukkan pada Gambar 12 dan Gambar 13. Dari Grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai *VITM* semakin menurun dengan bertambahnya kadar *filler* kaca, sebaliknya nilai *VFWA* semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh fungsi aspal selain sebagai bahan ikat, juga sekaligus sebagai pengisi rongga dalam campuran, sehingga semakin bertambah aspal optimum maka campuran semakin rapat dan rongga terisi aspal semakin tinggi. Penurunan jumlah rongga dalam campuran ini diakibatkan oleh perbedaan berat jenis *filler* kaca yang lebih rendah dari filler Clereng sehingga pada berat yang sama, *filler* kaca memiliki volume butiran yang lebih besar sehingga rongga semakin rapat dan rongga terisi aspal semakin besar.

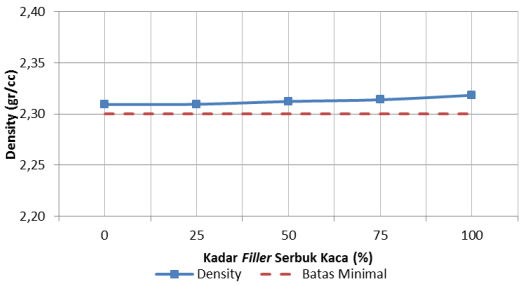
6. *VMA (Void in Mineral Agregate)*



Gambar 14 Grafik hubungan antara variasi proporsi *filler* kaca dengan nilai *VMA*

Berdasarkan grafik pada Gambar 14 dapat dilihat bahwa semakin besar persentase penggantian *filler* kaca ke dalam campuran *Superpave* nilai *VMA* semakin menurun. Hal ini disebabkan karena campuran dengan proporsi *filler* kaca lebih tinggi memiliki jumlah volume butiran yang semakin besar yang harus diselimuti oleh aspal sehingga ketebalan selimut aspal semakin rendah.

7. *Density*



Gambar 15 Grafik hubungan antara variasi proporsi *filler* kaca dengan nilai *Density*

Berdasarkan grafik pada Gambar 15 dapat dilihat bahwa semakin meningkatnya proporsi penggantian *filler* kaca kedalam campuran *Superpave* maka nilai *density* pada campuran *Superpave* semakin meningkat. Hal ini disebabkan *filler* kaca mempunyai berat jenis yang lebih rendah dibandingkan dengan *filler* Clereng sehingga pada berat yang sama, rongga pada campuran lebih banyak terisi oleh *filler* kaca.

.

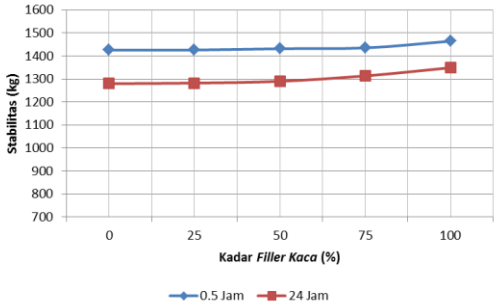
Adapun hasil rekapitulasi karakteristik *Marshall* pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil Rekapitulasi Karakteristik *Marshall* pada KAO

Pengujian	Variasi Kadar Filler Serbuk Kaca (%)				
	0	25	50	75	100
Stabilitas	1213	1425	1430	1474	1457
	1546	1463	1394	1386	1389
	1517	1389	1471	1445	1546
	1425	1426	1431	1435	1464
Flow	5,4	4,1	4,2	5,5	3,2
	6,3	5,7	4,8	4,2	4,2
	5,3	6,4	5,1	3,8	7,1
	5,6	5,4	4,7	4,5	4,8
MQ	227	352	344	268	455
	247	257	290	330	331
	286	217	288	380	219
	253	275	308	326	335
VITM	5,6	5,5	4,9	5,0	3,7
	5,6	5,6	5,5	5,3	5,3
	5,2	5,0	4,9	4,4	4,8
	5,4	5,4	5,1	4,9	4,6
VFWA	67,6	68,0	71,0	70,6	77,0
	67,4	67,4	68,4	69,5	69,7
	69,3	70,2	71,0	73,2	71,8
	68,1	68,5	70,1	71,1	72,8
VMA	17,1	17,1	16,8	17,0	16,0
	17,2	17,2	17,3	17,2	17,4
	16,8	16,7	16,8	16,5	17,0
	17,0	17,0	17,0	16,9	16,8
Density	2,31	2,31	2,32	2,31	2,34
	2,31	2,30	2,30	2,31	2,30
	2,32	2,32	2,32	2,33	2,31
	2,31	2,31	2,31	2,31	2,32

4.5 Pengujian *Immersion*

1. Stabilitas Rendaman

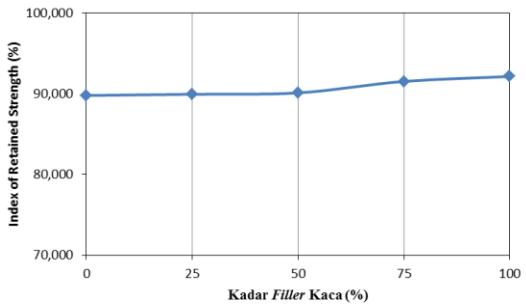


Gambar 16 Grafik Hubungan Kadar *Filler* Kaca dengan Stabilitas Standar dan *Immersion*

Berdasarkan grafik pada Gambar 16 diketahui bahwa nilai stabilitas pada *Marshall* rendaman 24 jam lebih rendah dibandingkan dengan stabilitas pada rendaman *Marshall* standar. Hal ini dikarenakan proses perendaman yang mencapai waktu 24 jam menyebabkan air masuk ke dalam pori-pori campuran sehingga mengurangi ikatan adhesi antara aspal dan agregat.

2. *Indeks of Retained Strength (IRS)*

Indirect of Retained Strength (indeks tahanan sisa) dihasilkan karena adanya proses perendaman. Indeks tahanan ini menunjukkan kekuatan yang masih dimiliki campuran setelah mengalami proses perendaman. Pada penelitian ini perendaman diberikan selama 24 jam pada suhu 60 ºC. *Indirect of retained strength* digunakan untuk menentukan turunnya nilai kekuatan *(strength)* dan kekakuan *(stifnessi)* campuran beraspal akibat air.



Gambar 17 Grafik *Index of Retained Strength*

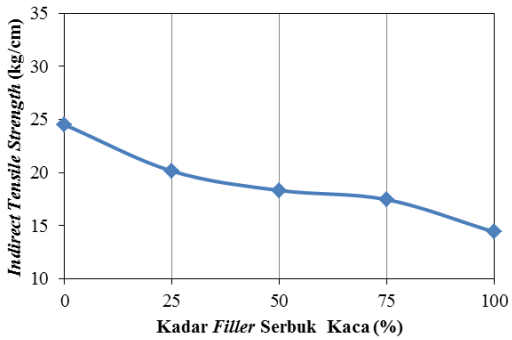
Berdasarkan grafik pada Gambar 17 dapat dilihat bahwa seiring dengan semakin besar kadar penggantian *filler* kaca kedalam campuran *Superpave* nilai *index of retained strength* semakin meningkat. Peningkatan pada nilai *index of retained* strength menunjukan bahwa ketahanan campuran akibat pengaruh air, suhu dan cuaca cenderung semakin meningkat. Hal ini disebabkan rongga pada campuran *Superpave* yang semakin kecil dengan penambahan *filler* kaca ini dapat dilihat pada nilai *VFWA* yang semakin tinggi.

Persentase *IRS* ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 9 Persentase Nilai *IRS*

Kadar Filler	Lama Perendaman		*Index of Retained Strength* (%)	Keterangan
	0.5 Jam	24 Jam		
0	1425	1280	89,780	Tidak Memenuhi
25	1426	1282	89,929	Tidak Memenuhi
50	1431	1290	90,105	Memenuhi
75	1435	1313	91,522	Memenuhi
100	1464	1349	92,129	Memenuhi

4.6 Pengujian *Indirect Tensile Strength*



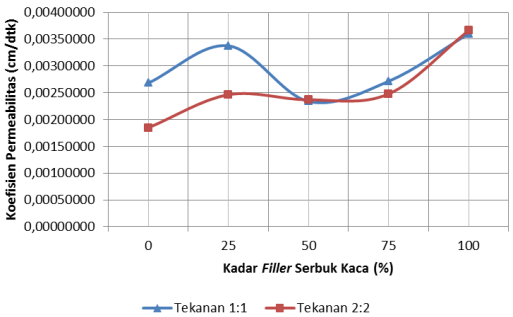
Gambar 18 *Nilai Indiret Tensile Strength*

Berdasarkan Gambar 18 dapat dilihat bahwa penggantian *filler* kaca kedalam campuran *Superpave* menurunkan nilai *Indirect Tensile Strengt.* Penurunan pada nilai *Indirect Tensile Strengt* menujukan bahwa kuat tarik pada campuran *Superpave* menggunakan persentase *filler* yang semakin banyak menyebabkan kuat tarik cenderung semakin menurun dan menggambarkan bahwa potensi terjadi retakan semakin besar.

Hal ini disebabakan karena semakin besar proporsi penggantian *filler* kaca ke dalam

campuran, maka nilai kadar aspal optimum yang dihasilkan semakin meningkat. Nilai Kadar aspal optimum yang semakin besar dengan meningkatnya kadar *filler* kaca menyebabkan nilai *VITM* menurun nilai *VFWA* meningkat dan nilai *VMA* menurun. Hal ini disebabkan rongga telah terisi oleh *filler* kaca namun aspal yang berada dalam campuran tidak seluruhnya menyelimuti agregat.

4.7 Pengujian Permeabilitas



Gambar 19 Nilai Permeabilitas

Berdasarkan Gambar 19 dapat dilihat bahwa semakin besar penggantian *filler* kaca kedalam campuran maka nilai koefisien permeabilitas semakin besar. Peningkatan nilai koefisien permeabilitas tekanan 2-2 terjadi secara signifikan, namun peningkatan nilai koefisien permeabilitas pada tekanan 1-1 terjadi tidak signifikan. Pada pengujian permaeabilitas pada campuran *Superpave* menggunakan *filler* kaca menunjukan bahwa campuran tersebut masuk pada kategori drainase jelek terhadap air baik pada tekanan 1000 dyne/cm^2 maupun pada tekanan 2000 dyne/cm^2.

5. SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan Karakteristik Campuran *Superpave* Dengan Penggunaan Limbah Kaca Sebagai Pengganti *Filler*, maka dapat diambil beberapa simpulan sebagai berikut ini.

1. Campuran *Superpave* menggunakan kaca sebagai *filler* pengganti mengalami perubahan karakteristik *Marshall* yaitu pada kemapuan campuran menahan beban semakin meningkat dan kelelehan semakin menurun. Hal ini dapar dilihat pada nilai stabilitas mengalami peningkatan, *flow* mengalami penurunan, nilai *MQ* mengalami peningkatan, *VITM* mengalami penurun, density mengalami peningkatan, *VFWA* mengalami peningkatan dan *VMA* mengalami penurunan.
2. Keawetan campuran *Superpave* yang diukur ketahananya dalam mempertahankan stabilitas setelah mengalami rendaman yang diukur dengan nilai *Index of Retained Strength* mengalami peningkatan seiring dengan penambahan proporsi *filler* kaca. Hal ini menunjukan bahwa keawetan (*Durability*) semakin meningkat.
3. Kemampuan menahan gaya tarik (*Indirect Tensile Strength*) campuran *Superpave* seiring peningkatan proporsi *filler* kaca menurun. Hal ini menunjukan bahwa campuran dalam menahan kuat tarik semakin menurun sehingga campuran cenderung mudah terjadi retak.
4. Pada pengujian permeabilitas menujukan bahwa campuran ternasuk drainase jelek air setelah di tambahkan proporsi *filler* kaca. Nilai permeabilitas pada campuran *Superpave* yang menggunakan kaca sebagai *filler* mengalami peningkatan cukup signifikan. Pada tekanan 2-2 mengalami peningkatan yang signifikan namun pada tekanan 1-1 tidak signifikan. Hal ini menunjukan bahwa seiring penambahan *filler* kaca kedalam campuran *Superpave* meningkatkan kemampuan campuran mengalirkan air.

Saran

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai limbah kaca sebagai pengganti agregat halus maupun *filler* dalam perkerasan.
2. Perlu adanya penelitian campuran perkerasan lain mengenai limbah kaca sebagai pengganti *filler*.

3. Pada penelitian ini menggunakan AC 60/70 produksi PT. Pertamina, maka perlu adanya penelitian lanjutan menggunakan jenis aspal lain.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] Direktorat Jendral Bina Marga Departement Pekerjaan Umum Republik Indonesia. *Spesifikasi Umum.* 2010. Divisi 6.

[2] Aminah, Siti. (2015). Pengaruh Kadar Limbah Batu Andesit Sebagai Filler Pengganti terhadap Karakteristik Campuran *Superpave. Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

[3] Fauziah, Miftahul, Berlian Kushari, dan Fauzan Ranski, (2014). Pengaruh Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pengganti Terhadap Karakteristik *Marshall* Campuran *Superpave. International Symposium Journal*. Universitas Jember, Jember.

[4] Putranto, Rizky Eka. (2011). Penggunaan Material Galian Dari Desa Koripan, Matesih Untuk Pembuatan Aspal Porous. *Tugas Akhir*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

[5] Rosid, Imron Ahmad. (2011). Pemanfaatan Kaca sebagai *Filler* pada Campuran Perkerasan Jalan *Hrs – Wc*. *Tugas Akhir*. Universitas Jember,Jember.

[6] Zeelliin, Elisabeth. (2015). Evaluasi Kinerja Stabilitas Dinamis pada Campuran *Superpave* dengan Tambahan Serat Serabut Kelapa Menggunakan uji *Marshall* dan Uji *Wheel Tracking.Skripsi*.Universitas Mercu Buana, Jakarta Barat.