



Analisa Karakteristik Campuran Aspal Menggunakan Serbuk Kaca

Sucipto^{1*}, Yusra Aulia Sari²

^{1,2} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Internasional Batam,
Jl. Gajah Mada Baloi, Sei Ladi, Kota Batam 29442, Indonesia
Email: suciptotan3103@gmail.com

Abstract

Pavement is a space for vehicles to operate, consisting of a composition of materials which is divided into several layers aiming to withstand the weight working on it and distribute them to the layers below. Road Pavement consists of several types, flexible pavement, rigid pavement and composite pavement. Road which is commonly used in Batam city is composite pavement, which is a combination of rigid pavement and flexible pavement. This study discusses the use of glass powder as an alternative to filler in the AC-WC pavement mixture. Waste pieces of glass that are no longer in use are destroyed until they pass through filter no. 200, pieces of glass are easily encountered because of the many furniture that uses glass as the main material. Glass waste as a filler mixture is expected to reduce the budget and reduce glass waste itself. The sample in this study consisted of 3 samples with 3 types of test, conventional asphalt with 4 samples, asphalt with a mixture of 3% glass powder filler with 3 samples, and asphalt with a mixture of 6% glass powder filler with 3 samples. Based on the laboratory tests that were conducted, asphalt that uses glass powder filler as a filler substitute meets the 2018 BinaMarga specifications with the MQ value of 637,235, VIM value of 3,829, VMA value of 18,609 and VFA value of 79,455. Based on this study it can be concluded that glass powder waste can be used as a replacement for pavement fillers.

Keywords: Road pavement, ACWC, flexible pavement, glass powder

Abstrak

Perkerasan jalan merupakan tempat untuk kendaraan beroperasi, terdiri atas susunan material yang terbagi menjadi beberapa lapisan dengan tujuan untuk menahan beban yang bekerja di atasnya dan mendistribusikan ke lapisan yang terdapat dibawah nya. Perkerasan jalan terdiri dari beberapa jenis yaitu perkerasan lentur, perkerasan kaku dan perkerasan komposit. Perkerasan jalan yang umumnya digunakan di kota Batam yaitu perkerasan komposit yaitu mengkombinasikan campuran dari perkerasan lentur dan perkerasan. Penelitian ini membahas tentang penggunaan serbuk kaca sebagai alternatif pengganti *filler* pada campuran perkerasan AC-WC. Limbah potongan kaca yang sudah tidak digunakan lagi di hancurkan hingga melewati saringan no 200, potongan kaca mudah kita jumpai dikarenakan banyaknya perabot yang menggunakan kaca sebagai bahan utama. Pemanfaatan limbah kaca sebagai campuran *filler* diharapkan mampu mengurangi budget dan mengurangi limbah kaca itu sendiri. Sampel dalam penelitian ini terdiri dari 3 sampel dengan 3 jenis perlakuan yaitu aspal konvensional sebanyak 4 buah sampel, aspal dengan campuran 3% *filler* serbuk kaca sebanyak 3 buah sampel, dan aspal dengan campuran 6% *filler* serbuk kaca sebanyak 3 buah sampel. Berdasarkan pengujian laboratorium yang dilakukan, didapatkan bahwa aspal yang menggunakan *filler* serbuk kaca sebagai alternatif pengganti *filler* memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Dengan nilai MQ 637,235. Nilai VIM 3,829. Nilai VMA 18,609 dan Nilai VFA 79,455 dimana secara keseluruhan sudah sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018. Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa limbah serbuk kaca dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti *filler*.

Kata kunci : Perkerasan jalan, ACWC, Perkerasan Lentur, Serbuk kaca.

1. Pendahuluan

Kota Batam merupakan salah satu kota di Indonesia dengan pembangunan yang pesat, baik dalam bidang teknologi, budaya maupun infrastruktur. Terdapat beberapa perusahaan dari luar juga turut melakukan investasi di Kota Batam. Beberapa pembangunan infrastruktur sedang banyak dilakukan oleh pemerintah, termasuk pelebaran jalan dan pembuatan jalan baru.

Modifikasi pada campuran aspal juga sudah banyak dilakukan pada penelitian sebelumnya, pada penelitian ini menggunakan serbuk kaca sebagai pengganti *filler* pada campuran aspal.



Kaca adalah salah satu produk industri kimia yang sering kita jumpai di kehidupan sehari – hari. Kaca merupakan zat cair yang sangat dingin, karena partikel penyusunnya yang saling berjauhan seperti pada zat cair. Namun kaca berbentuk padat akibat dari pendinginan yang sangat cepat sehingga partikel yang terdapat didalamnya tidak sempat untuk menyusun diri secara teratur. Kaca merupakan hasil dari penguraian senyawa organik yang telah mengalami pendinginan tanpa kristalisasi. Unsur pokok dari kaca adalah silika (Setiawan, 2006).

Limbah Kaca bisa didapat pada tempat pembuangan sampah khusus kaca. Pada kota batam, rata – rata limbah kaca yang terkumpul dalam sehari sebanyak 200 – 300 kg. Penggunaan limbah kaca hanya digunakan sebagai kerajinan tangan. Penelitian ini menggunakan campuran perkerasan AC-WC dengan melihat pengaruh penggunaan serbuk kaca sebagai pengganti *filler* yang diuji agar lolos melalui saringan No. 200, dengan variasi *filler* uji adalah 3%, dan 6%. Dengan menggunakan menggunakan metode pengujian penetrasi aspal, pengujian titik lembek aspal, pengujian daktilitas aspal, pengujian berat jenis aspal, pengujian titik nyala dan titik bakar, pengujian kehilangan berat aspal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran aspal menggunakan serbuk kaca dan mengetahui pengaruh campuran serbuk kaca terhadap kekuatan pada campuran aspal dengan batasan penelitian adalah hanya menganalisis penggunaan jenis kaca bening dan kelayakan penggunaan serbuk kaca sebagai campuran *filler*.

2. Tinjauan Pustaka

Perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang menjadi tempat jalannya roda pada kendaraan, yang berfungsi untuk menopang beban yang ditimbulkan oleh benda diatasnya. Perkerasan merupakan campuran dari material – material dan pengikat untuk membentuk suatu lapisan yang dapat dilalui oleh kendaraan. Pengetahuan mengenai jenis material yang digunakan harus sesuai agar dapat tercapai mutu yang di harapkan. (Sukirman, 1999).

2.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang menjadi tempat jalannya roda pada kendaraan, yang berfungsi untuk menopang beban yang ditimbulkan oleh benda diatasnya. Perkerasan merupakan campuran dari material – material dan pengikat untuk membentuk suatu lapisan yang dapat dilalui oleh kendaraan. Pengetahuan mengenai jenis material yang digunakan harus sesuai agar dapat tercapai mutu yang di harapkan. (Sukirman, 1999).

2.2 Jenis Perkerasan

Terdapat 3 jenis perkerasan berdasarkan susunan lapisan dan penggunaan materialnya:

Pertama Perkerasan keras atau yang biasa disebut dengan perkerasan kaku atau bahasa inggrisnya *Rigid Pavement* terdiri dari pelat beton semen dan terdapat lapisan pondasi diatas tanah dasar. Kedua Perkerasan lentur atau dalam bahasa inggris itu *Flexible Pavement* atau yang biasa dikenal dengan jalan aspal merupakan campuran antara agregat – agregat dengan aspal yang menjadi bahan pengikat pada suhu tertentu. (Sukirman, 1999),

Ketiga Perkerasan komposit adalah perkerasan yang menggabungkan perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan lapisan perkerasan kaku (*rigid pavement*), dimana perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*) bekerja sama untuk memikul beban jalan.

2.3 *Filler* Serbuk Kaca

Kaca merupakan material padat yang memiliki tekstur bening dan transparan. Jenis kaca yang paling sering digunakan adalah untuk jendela dan gelas minum. Kaca terbuat dari 75% silicon dioksida (SiO_2), ditambah Na_2O , CaO dan beberapa zat tambahan. (Indrawan & Hastuty, 2016) Kaca dihaluskan hingga dapat melewati saringan no 200.



2.4 Bahan Campuran

1. Agregat

Agregat merupakan bagian-bagian dari batu-batu pecah seperti kerikil atau bahan mineral lainnya yang berupa hasil alam maupun buatan. Agregat dalam campuran perkerasan lentur merupakan komponen yang penting karena mengisi persentase berat sebesar 90-95% sedangkan dalam persentase volume mengisi 75-85%. Oleh karena itu penggunaan karakteristik agregat memiliki peranan besar dalam menentukan daya dukung perkerasan jalan

2. Aspal

Aspal merupakan cairan kental yang berwarna hitam dan pada temperature ruangan aspal berbentuk padat tetapi pada temperatur tinggi aspal berubah menjadi cairan. Aspal digunakan sebagai bahan untuk mengikat dalam perkerasan lentur yang memiliki sifat viskoelastis.

3. Filler

Material pengisi (*filler*) adalah material berbentuk butiran halus yang lolos dari saringan No. 30 dimana presentasi berat yang lolos saringan No. 200 harus minimal 65 %. Bahan *filler* dapat berupa kapur, sbatu kapur, semen atau bahan non plastis lain(Bina Marga, 1989).

Tabel 2.1 Gradasi Bahan Pengisi (*Filler*)

Ukuran saringan	Persentase berat yang lolos
No. 30 (0,590 mm)	100
No. 50 (0,279 mm)	95 – 100
No. 100 (0,149 mm)	90 – 100
No. 200 (0,074 mm)	65 – 100

Sumber : Bina Marga (1989), SNI No. 1737 - 1989 –F

2.5 Pengujian Marshall

1. Rongga Dalam Mineral Agregat (*Voids in the Mineral Agreggate, VMA*)

Rongga dalam mineral agregat (*Voids in the Mineral Agreggate, VMA*) adalah rongga udara yang terdapat diantara partikel agregat dalam campuran, termasuk ruang yang berisi aspal dan dinyatakan sebagai persen dari volume total. Bina Marga (2008) mengisyaratkan nilai minimum dari *VMA* adalah 14% untuk campuran AC-WC.

2. Rongga Dalam Campuran (*Voids in Mix, VIM*)

Rongga dalam campuran (*Voids in mix, VIM*) adalah rongga udara yang terdapat diantara partikel agregat dan campuran aspal yang telah dipadatkan dan dinyatakan dalam persen dari volume total. Bina Marga(2008) membatasi nilai *VIM* untuk campuran aspal beton untuk melayani jalan raya lalu lintas berat yaitu minimal 3 % dan maksimal 5 %.

3. Rongga Terisi Aspal (*Voids Filled with Asphalt, VFA*)

Rongga terisi aspal (*Voids filled with asphalt, VFA*) merupakan persen volume rongga di dalam rongga yang terisi aspal, tidak termasuk aspal yang diserap agregat. Untuk mendapatkan campuran perkerasan yang awet maka pori antara agregat harus.

4. Marshall Quotient (*MQ*)

Marshall Quotient (*MQ*) merupakan hasil bagi stabilitas dan *flow*. *Marshall Quotient* (*MQ*) adalah indikator kelenturan yang potensial terhadap keretakan perkerasan. Bina Marga (2008) memberi batasan nilai *MQ* untuk lalu lintas berat minimal 300 kg/mm dan maksimal 350 kg/mm.



3. Metode Penelitian

3.1. Pengujian Agregat

1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (SNI ASTM c136-2012)

Pengujian Berat jenis dan penyerapan agregat kasar bertujuan untuk mencari berat jenis maksimum campuran menggunakan tabel *Marshall* untuk mendapatkan nilai KOA dan untuk Penentuan persen agregat untuk metode luas permukaan.

2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (SNI ASTM c136-2012)

Pengujian Berat jenis dan penyerapan agregat halus bertujuan untuk penentuan Design Mix Formula. Data dari pengujian juga dapat digunakan untuk mencari berat jenis maksimum dengan menggunakan metode luas permukaan untuk mendapatkan KOA.

3. Pemeriksaan Kelekatan Agregat Kasar Terhadap Aspal (SNI 2439-2011)

Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal bertujuan untuk penggunaan agregat sesuai dengan standart agar pelaksanaan perkerasan jalan dapat menghasilkan hasil yang sesuai perencanaan. Pengujian ini juga menentukan berapa lama ketahanan agregat terhadap aspal pada perkerasan jalan.

4. Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Mesin *Los Angeles* (SNI 2417-2008)

Pengujian Abrasi test bertujuan untuk mengetahui apakah agregat yang digunakan mampu menahan gaya gesek atau tidak dengan nilai keausannya. Standart dari bina marga menyatakan bahwa nilai keausan minimal harus melebihi dari 30% maka agregat dianggap mampu menahan beban dan lapisan perkerasan tidak mengalami deformasi.

5. Pemeriksaan Penetrasi Aspal (SNI 2456-2011)

Pengujian Penetrasi aspal bertujuan untuk mengetahui kekuatan dan jenis aspal yang akan digunakan. Aspal dengan nilai penetrasi yang tinggi dapat digunakan di daerah yang memiliki iklim dingin dan memiliki volume lalu lintas yang sedikit, sebaliknya jika nilai penetrasi rendah maka bisa digunakan pada daerah yang memiliki tingkat suhu yang relatif panas dan memiliki volume lalu lintas yang tinggi.

6. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal (SNI 2434-2011)

Pengujian Titik Lembek aspal bertujuan untuk menentukan aspal yang digunakan dengan mempertimbangkan suhunya. Aspal dengan temperatur suhu yang tinggi dapat digunakan di daerah dengan iklim yang dingin dan memiliki volume lalu lintas yang relatif rendah, sebaliknya aspal dengan temperatur titik lembek yang rendah dapat digunakan pada daerah yang memiliki suhuyang panas dan volume lalu lintas yang tinggi.

7. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar (SNI 2433 – 2011)

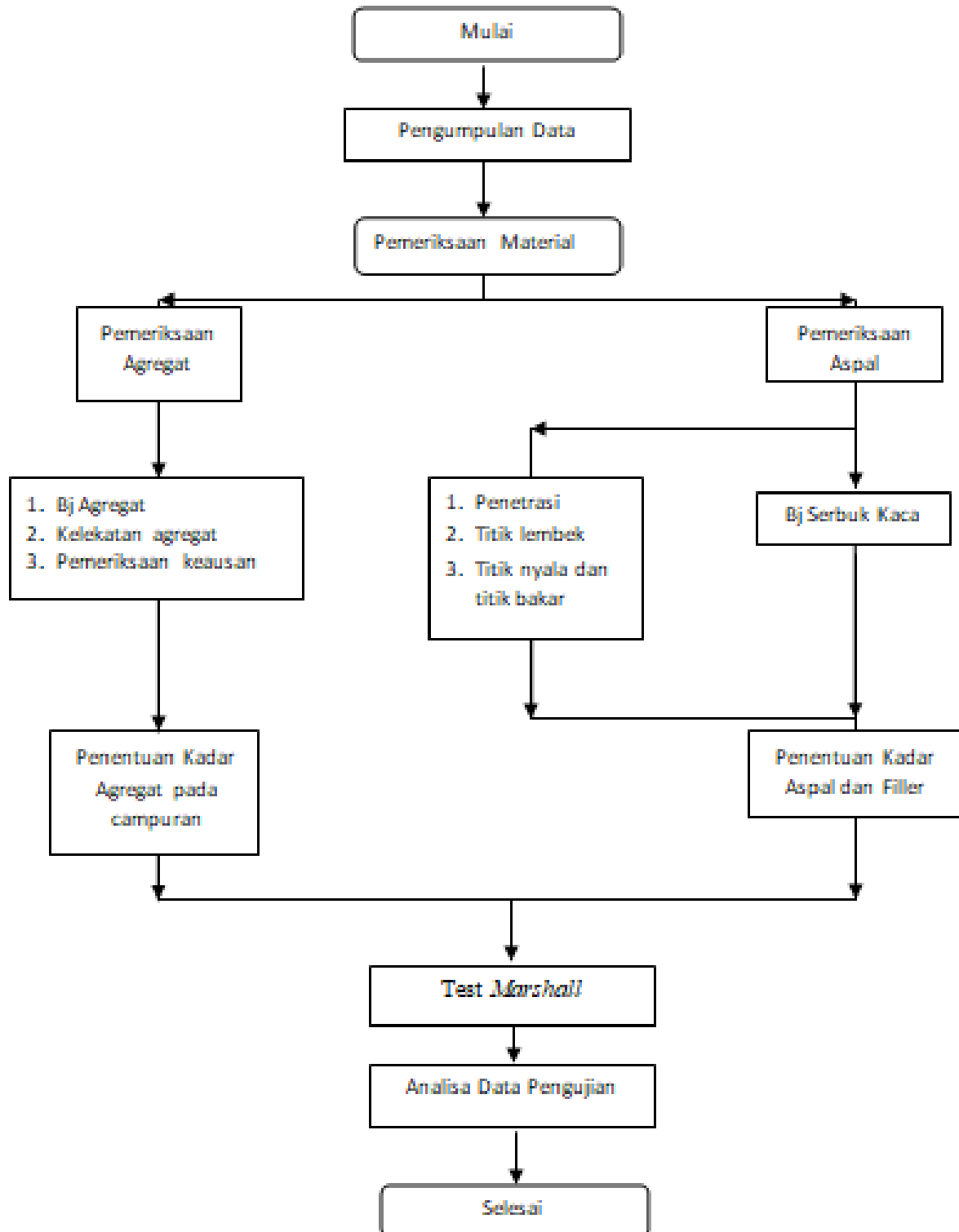
Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar bertujuan untuk menentukan temperatur maksimal sehingga tidak terjadi aspal yang terbakar saat pemanasan aspal. Serta sebagai prosedur keselamatan pekerjaan pada saat penghamparan aspal.

3.2 Analisa Saringan (SNI ASTM C136 – 2012)

Pengujian Analisa Saringan bertujuan untuk menentukan nilai persentase campuran dari agregat kasar, sedang dan halus yang digunakan pada saat melakukan *Mix Design*.

3.3 Alur Penelitian

Alur penelitian yang dilakukan pada penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1 Alur Penelitian berikut ini.



Gambar 3.1 Alur Penelitian
Sumber : Pengujian Laboratorium



4 Analisis Hasil dan Pembahasan

4.1 Karakteristik Campuran Aspal Menggunakan Serbuk Kaca

Berdasarkan hasil penelitian dengan penggunaan *filler* serbuk kaca dengan menggunakan test *Marshall*. Karakteristik dari campuran aspal tidak mengalami banyak perubahan dikarenakan *filler* yang digunakan memiliki unsur yang mirip dengan semen, sehingga karakteristik daripada campuran aspal tidak memiliki perubahan yang signifikan.

4.2 Hasil Pemeriksaan Material Dasar Dan Campuran Perkerasan

Pemeriksaan penggunaan bahan campuran perkerasan seperti agregat kasar, agregat halus, aspal, dan campuran *filler* bila diperlukan. Apabila ada agregat yang tidak masuk kedalam persyaratan, maka agregat tersebut tidak dapat dipakai untuk campuran perkerasan.

4.2.1 Hasil Pemeriksaan Agregat

1. Pemeriksaan Agregat Halus

Pasir yang digunakan untuk pengujian ini adalah pasir merah yang di ambil di daerah Nongsa Kota Batam. Pasir jenis ini sudah sering digunakan untuk konstruksi di kota batam apalagi dengan harganya yang terbilang relatif rendah. Agregat halus berfungsi untuk mengisi rongga kekosongan yang tidak bisa diisi oleh agregat kasar. Agregat halus yang bagus harus memiliki butiran yang kecil dan permukaan yang cenderung kasar, dengan ini dapat menjadi pengikat antar agregat. Agregat halus berfungsi untuk mengisi rongga kekosongan yang tidak bisa diisi oleh agregat kasar. Agregat halus yang bagus harus memiliki butiran yang kecil dan permukaan yang cenderung kasar, dengan ini dapat menjadi pengikat antar agregat. Hasil pengujian agregat halus ditunjukkan pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil Pengujian	Satuan	Spesifikasi Bina Marga	
					Min	Max
1	Berat Jenis					
	- Berat Jenis Bulk	SNI 1970:2016	2.52	-	2.5	
	- Berat Jenis SSD		2.54	-	-	-
	- Berat Jenis Apparent		2.56	-	-	-
	- Penyerapan		0.58	%	-	5

Sumber : Pengujian Laboratorium

2. Pengujian Agregat Kasar

Agregat Kasar yang digunakan untuk pengujian sudah memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Binamarga Tahun 2018. Menggunakan Metode pengujian agregat landasan acuan SNI ASTM C136 : 2012. Hasil pengujian agregat kasar ditunjukkan pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil Pengujian	Satuan	Spesifikasi Bina Marga	
					Min	Max
1	Berat Jenis	SNI 1969:2016				
	- Berat Jenis Bulk		2.52	-	2.5	-
	- Berat Jenis SSD		2.53	-	2.5	-
	- Berat Jenis Apparent		2.54	-	-	-
	- Penyerapan		0.28	%	-	3
2	Pengujian Los Angeles Abration	SNI 2417:2008	27.034	%	-	40

Sumber : Pengujian Laboratorium

Syarat dari penyerapat agregat kasar yaitu tidak boleh lebih dari 3%, Hal ini dikarenakan permeabilitas pada agregat cukup besar sehingga air lebih banyak diserap oleh agregat yang menyebabkan agregat lembab dan rapuh akibat terlalu banyak kadar air didalamnya.

3. *Filler Serbuk Kaca*

Serbuk kaca yang digunakan untuk campuran pada perkerasan aspal sudah di uji berat jenisnya dan hasil uji gradasi untuk *filler*. Hasil pengujian gradasi *filler* ditunjukkan pada Tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Gradasi *Filler*

Ukuran saringan	Persentase berat yang lolos	Syarat
No. 30 (0,590 mm)	2.20%	
No. 50 (0,279 mm)	4.30%	
No. 100 (0,149 mm)	10.20%	
No. 200 (0,074 mm)	83.30%	Min 65% (Bina Marga 1989)

Sumber : Pengujian Laboratorium

Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Serbuk Kaca yaitu 2.52 gr/ml

4. *Analisa Saringan*

Hasil pemeriksaan Analisa saringan agregat ditunjukkan pada Tabel 4.4, Tabel 4.5, dan Tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4.4 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

SNI ASTM C136 : 2012

Berat Bahan Kering : 5000 g

Ukuran Saringan	Berat Tertahan	Jumlah Berat Tertahan	Jumlah Persen	
			Tertahan	Lewat
19,0 mm (3/4")				
12,5 mm (1/2")	782.00	782.000	15.64%	84.36%
9,5 mm (3/8")	1220.00	2002	40.04%	59.96%
4,75 mm (No. 4)	2649.00	4651.000	93.02%	6.98%
2,36 mm (No. 8)	93.10	4744.1	94.88%	5.12%
1,18 mm (No. 16)	52.00	4796.1	95.92%	4.08%
0,60 mm (No. 30)	57.80	4853.9	97.08%	2.92%
0,30 mm (No. 50)	47.20	4901.1	98.02%	1.98%
0,15 mm (No. 100)	56.00	4957.1	99.14%	0.86%
0,075 mm (No. 200)	41.90	4999	99.98%	0.02%
PAN	1.00	5000	100.00%	0.00%

Tabel 4.5 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Sedang

PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN AGREGAT SEDANG				
SNI ASTM C136 : 2012				
Ukuran Saringan	Berat Tertahan	Jumlah Berat Tertahan	Jumlah Persen	
			Tertahan	Lewat
2,36 mm (No. 8)	699.54	699.54	69.95%	30.05%
1,18 mm (No. 16)	96.00	795.54	79.55%	20.45%
0,60 mm (No. 30)	43.50	839.04	83.90%	16.10%
0,30 mm (No. 50)	72.50	911.54	91.15%	8.85%
0,15 mm (No. 100)	52.09	963.63	96.36%	3.64%
0,075 mm (No. 200)	33.43	997.06	99.71%	0.29%
PAN	2.94	1000	100.00%	0.00%

Sumber : Pengujian Laboratorium

Perbedaan antara agregat sedang dan agregat kasar terdapat pada nomor saringan yang digunakan. Gradasi agregat sedang menggunakan saringan diameter mulai dari 2.36 mm sedangkan pada gradasi agregat kasar menggunakan diameter mulai dari 19 mm. Pada penelitian ini penyusun pada agregat sedang dan kasar sama yaitu menggunakan batu kerikil.

Tabel 4.6 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS				
SNI ASTM C136 : 2012				
Ukuran Saringan	Berat Tertahan	Jumlah Berat Tertahan	Jumlah Persen	
			Tertahan	Lewat
2,36 mm (No. 8)	205.98	205.98	41.20%	58.80%
1,18 mm (No. 16)	111.02	317	63.40%	36.60%
0,60 mm (No. 30)	52.01	369.01	73.80%	26.20%
0,30 mm (No. 50)	54.05	423.06	84.61%	15.39%
0,15 mm (No. 100)	21.40	444.46	88.89%	11.11%
0,075 mm (No. 200)	15.20	459.66	91.93%	8.07%
PAN	40.34	500	100.00%	0.00%

Sumber : Pengujian Laboratorium

Berdasarkan Tabel 4.6 diketahui bahwa butiran dari agregat halus cukup besar. Hal ini diketahui dari banyaknya agregat yang tertahan di saringan no 8 dan no 16. Fungsi dari agregat halus yaitu untuk mengisi rongga yang di timbulkan agregat kasar dan sedang, maka agregat halus harus bervariasi agar rongga yang ditimbulkan dapat terisi rapat.

Setelah masing – masing fraksi agregat disaring kemudian persen lolos agregat dikelompokkan dalam sebuah tabel seperti terlampir dibawah ini

Tabel 4.7 Persen Lolos Masing – Masing Fraksi
NILAI PERSEN LOLOS MASING - MASING FRAKSI

Ukuran Saringan	Agregat Kasar	Agregat Sedang	Agregat Halus
9,5 mm (3/8")	59.96%	100.00%	100.00%
4,75 mm (No. 4)	6.98%	100.00%	100.00%
2,36 mm (No. 8)	5.12%	30.05%	58.80%
1,18 mm (No. 16)	4.08%	20.45%	36.60%
0,60 mm (No. 30)	2.92%	16.10%	26.20%
0,30 mm (No. 50)	1.98%	8.85%	15.39%
0,15 mm (No. 100)	0.86%	3.64%	11.11%
0,075 mm (No. 200)	0.02%	0.29%	8.07%
PAN	0.00%	0.00%	0.00%

Sumber : Pengujian Laboratorium

Fraksi lolos masing-masing agregat kemudian dikelompokkan untuk kemudian dianalisa apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang berlaku. Tabel fraksi agregat akan digunakan saat perhitungan *Mix Design*.

5. Pemeriksaan Keausan (*Los Angeles*)

Dilakukannya pemeriksaan keausan untuk memastikan agregat kasar yang akan digunakan tahan terhadap aus dan tidak menyebabkan licin saat pengendara menggunakan jalan.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan didapatkan bahwa persen keausan agregat kasar yaitu 27.03% yang berarti masih masuk dalam spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu maksimum persen keausan 40%.

6. Pengujian Penetrasi Aspal

Pemeriksaan penetrasi aspal dilakukan untuk memastikan kekuatan aspal yang ada di lapangan. Semakin rendah penetrasi aspal maka semakin bagus kualitasnya. Hasil pemeriksaan penetrasi aspal ditunjukkan pada Tabel 4.8 di bawah ini.

Tabel 4.8 Pemeriksaan Penetrasi Aspal

Pemeriksaan Penetrasi	I
Pengamatan ke- 1	62.7
Pengamatan ke- 2	63.4
Pengamatan ke- 3	63.1
Rata - rata	63.06667

Sumber : Pengujian Laboratorium

Berdasarkan penelitian yang didapat nilai penetrasi aspal rata – rata yaitu 63.0667 mm. Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal penetrasi 60/70. Nilai penetrasi dari aspal harus pada 60 – 70 mm menurut spesifikasi Bina Marga tahun 2018,

aspal yang digunakan pada penelitian ini berarti sudah memenuhi spesifikasi bina marga.

7. Pengujian Titik Lembek Aspal

Pengujian titik lembek aspal bertujuan untuk tipe aspal dan jenis aspal berdasarkan suhu daerah tersebut. Semakin tinggi nilai titik lembek aspal maka bagus digunakan di daerah yang memiliki suhu yang dingin, sebaliknya jika nilai titik lembek aspal rendah maka bagus digunakan untuk daerah yang memiliki suhu yang relatif tinggi

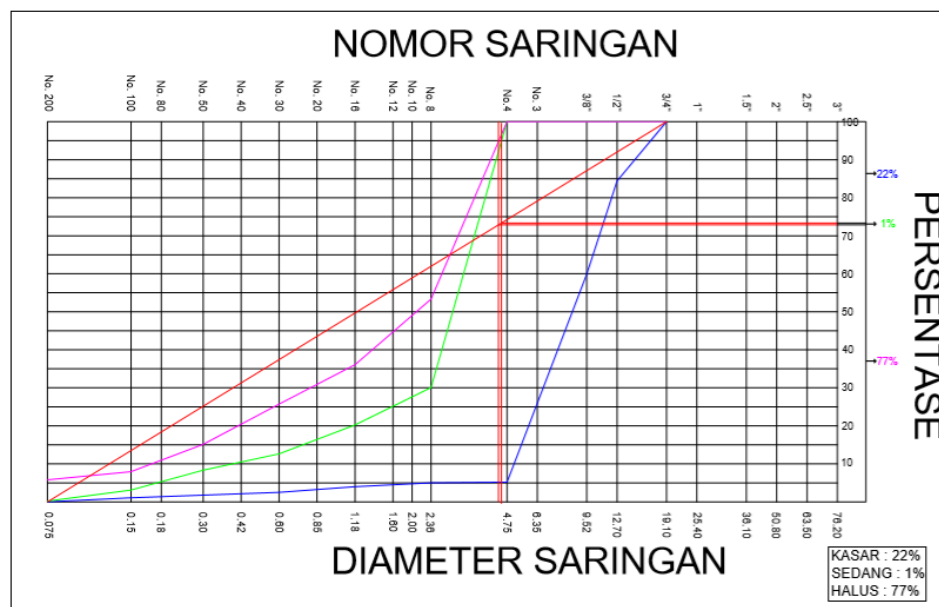
Menurut data yang didapat dari pengujian di laboratorium, didapatkan bahwa titik lembek aspal ada pada suhu 67°C - 68°C. Pada pengujian titik lembek ini menggunakan metode *ring and ball* dimana cara kerjanya yaitu aspal diberi bola baja yang sudah dipanaskan dengan suhu tertentu dan berdasarkan Bina Marga 2018 minimal suhu dari pengujian titik lembek harus melebihi dari 48°C, jadi nilai titik lembek yang didapat dari penelitian sudah sesuai dengan spesifikasi Bina Marga.

8. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar

Pengujian titik nyala dan titik bakar dilakukan dengan menggunakan alat penguji *Cleveland Open-Cup*. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan batas suhu aspal dapat terbakar sehingga pekerja dilapangan dapat mengetahui batas dari suhu aspal tersebut agar tidak terjadi kecelakaan saat kerja. Berdasarkan pengujian dilaboratorium didapatkan bahwa titik nyala adalah 251,6 °C dan titik bakar adalah 273 °C. Menurut Bina Marga 2018 titik nyala harus lebih besar dari 232 °C, maka pengujian ini sudah sesuai dengan spesifikasi Bina Marga.

4.3 Perhitungan Kadar Optimum Aspal

Untuk mendapatkan kadar optimum aspal dapat digunakan metode luas permukaan. Data yang digunakan merupakan data yang didapat dari analisa saringan pada persen lolos fraksi agregat. Fraksi persen lolos masing – masing agregat dimasukkan kedalam grafik *semilog* untuk mendapatkan batas atas dan batas bawah dari persen agregat. Grafik *semilog* ditunjukkan pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Grafik *Semilog*

Tabel 4.9 Metode Diagonal

Ukuran Saringan	Agregat Kasar		Agregat sedang		Agregat halus		Lolos Kumulatif	Spesifikasi	Keterangan
	%Lolos	22.00%	%Lolos	1.00%	%Lolos	77.00%			
(3/4")	100.00%	22.00%	100.00%	1.00%	100.00%	77.00%	100.00%	(100)	OK
1/2"	84.18%	18.52%	100.00%	1.00%	100.00%	77.00%	96.52%	(90-100)	OK
3/8"	59.80%	13.16%	100.00%	1.00%	100.00%	77.00%	91.16%	(77-90)	NOT OK
No. 4	7.16%	1.57%	100.00%	1.00%	100.00%	77.00%	79.57%	(53-69)	NOT OK
No. 8	5.26%	1.16%	29.93%	0.30%	58.71%	45.21%	46.67%	(33-53)	OK
No. 16	4.23%	0.93%	20.35%	0.20%	36.58%	28.17%	29.30%	(21-40)	OK
No 30	3.06%	0.67%	15.99%	0.16%	26.29%	20.24%	21.07%	(14-30)	OK
No 50	2.13%	0.47%	8.73%	0.09%	15.23%	11.73%	12.28%	(9-22)	OK
No 100	0.87%	0.19%	3.55%	0.04%	10.92%	8.41%	8.64%	(6-15)	OK
No 200	0.02%	0.00%	0.23%	0.00%	7.96%	6.13%	6.14%	(4-9)	OK
PAN	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	(0)	OK

Sumber : Pengujian Laboratorium

Tabel 4.10 Trial and Error

Ukuran Saringan	Agregat Kasar		Agregat sedang		Agregat halus		Lolos Kumulatif	Spesifikasi	Keterangan
	%Lolos	45.00%	%Lolos	5.00%	%Lolos	50.00%			
(3/4")	100.00%	45.00%	100.00%	5.00%	100.00%	50.00%	100.00%	(100)	OK
1/2"	84.18%	37.88%	100.00%	5.00%	100.00%	50.00%	92.88%	(90-100)	OK
3/8"	59.80%	26.91%	100.00%	5.00%	100.00%	50.00%	81.91%	(77-90)	OK
No. 4	7.16%	3.22%	100.00%	5.00%	100.00%	50.00%	58.22%	(53-69)	OK
No. 8	5.26%	2.37%	29.93%	1.50%	58.71%	29.36%	33.22%	(33-53)	OK
No. 16	4.23%	1.90%	20.35%	1.02%	36.58%	18.29%	21.21%	(21-40)	OK
No 30	3.06%	1.38%	15.99%	0.80%	26.29%	13.14%	15.32%	(14-30)	OK
No 50	2.13%	0.96%	8.73%	0.44%	15.23%	7.62%	9.01%	(9-22)	OK
No 100	0.87%	0.39%	3.55%	0.18%	10.92%	5.46%	6.03%	(6-15)	OK
No 200	0.02%	0.01%	0.23%	0.01%	7.96%	3.98%	4.00%	(4-9)	OK
PAN	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	(0)	OK

Sumber : Pengujian Laboratorium

Dengan menggunakan metode *Trial and Error* memungkinkan untuk merubah persen lolos agregat agar dapat disesuaikan dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Tetapi pada metode ini, yang dapat diganti hanyalah persen lolos agregatnya.

Tabel 4.11 Metode Luas Permukaan

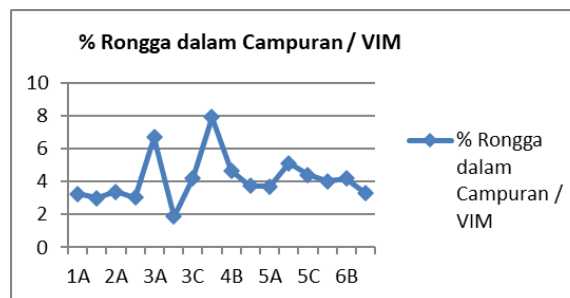
Luas Permukaan	Lolos Kumulatif	% Tertahan	% Fraksi	Luas Permukaan
(3/4")	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
1/2"	93.74%	6.26%	6.26%	8.52%
3/8"	83.98%	16.02%	9.76%	31.28%
No. 4	62.79%	37.21%	21.19%	67.57%
No. 8	35.89%	64.11%	26.90%	172.30%
No. 16	22.78%	77.22%	13.11%	213.77%
No. 30	16.38%	83.62%	6.40%	166.80%
No. 50	9.70%	90.30%	6.68%	544.76%
No. 100	6.64%	93.36%	3.06%	556.92%
No. 200	4.46%	95.54%	2.18%	314.76%
PAN	0.00%	100.00%	4.46%	2472.90%
	total			4549.58%
	% aspal			7.51%

Sumber : Pengujian Laboratorium

4.4 Hasil Pengujian *Marshall*

4.4.1 Rongga Dalam Campuran (VIM)

Grafik rongga dalam campuran (VIM) dapat dilihat pada Gambar 4.2 di bawah ini.

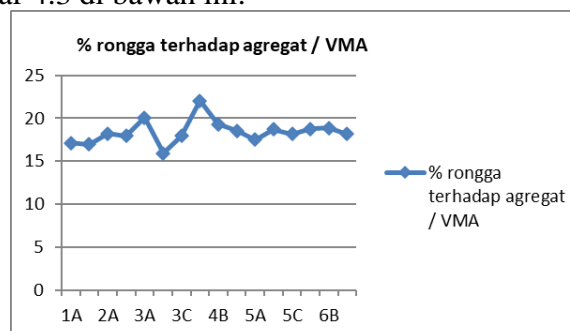


Gambar 4.2 Grafik VIM

Berdasarkan gambar grafik di atas dapat diketahui dari tabel VIM spesifikasi umum yang ditetapkan yaitu nilai VIM harus berada pada interval 3 – 5 %. Sedangkan pada pengujian 3B nilai VIM berada dibawah 3% maka tidak memenuhi spesifikasi. Hal ini terjadi karena kesalahan pada saat penimbangan Sampel.

4.4.2 Rongga dalam Mineral Agregat (VMA)

Grafik rongga dalam mineral agregat (VMA) disajikan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 di bawah ini.

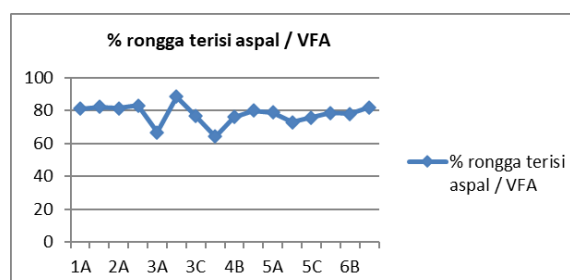


Gambar 4.3 Grafik VMA

Berdasarkan gambar grafik diatas dapat diketahui bahwa hampir seluruh benda uji melewati syarat minimum persen rongga mineral agregat. Minimum persen rongga agregat pada campuran AC-WC yang di tentukan oleh Bina Marga 2018 adalah tidak kurang lebih dari 15 %. Apabila VMA semakin kecil, maka campuran tidak dapat menyelimuti seluruh agregat yang mengakibatkan campuran tidak dapat terikat dengan sempurna sehingga memungkinkan aspal dapat rusak sebelum umur rencana.

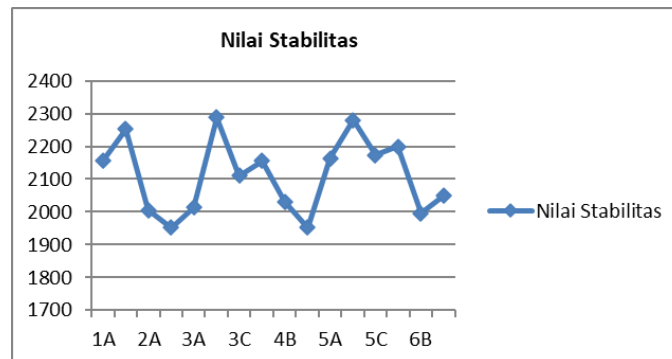
4.4.3 Rongga Terisi Aspal (VFA)

Grafik rongga terisi aspal/ VFA disajikan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 di bawah ini.



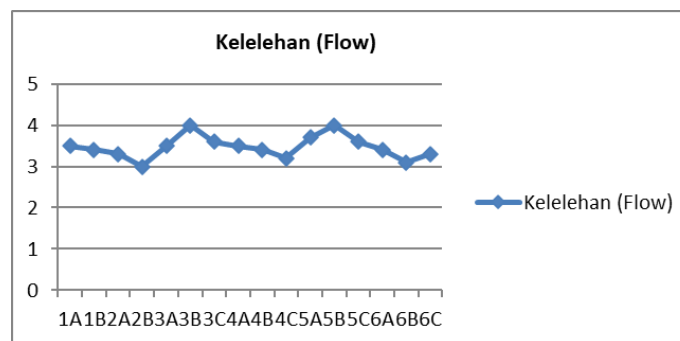
Gambar 4.4 Grafik VFA

Berdasarkan gambar grafik di atas dapat diketahui persentase dari pengujian semua melewati dari batas yang di tentukan oleh Bina Marga 2018 yaitu minimum persen rongga terisi aspal untuk campuran AC-WC adalah 65 %. Apabila nilai VFA tidak lebih dari 65 % maka campuran perkerasan tersebut tidak dapat digunakan karena ditakutkan apabila jalan dilalui dengan kendaraan lalu lintas.



Gambar 4.5 Nilai Stabilitas

Berdasarkan percobaan yang telah dilaksanakan, spesifikasi stabilitas harus melebihi 800 kg, maka semua sampel yang dibuat layak digunakan. Apabila nilai stabilitas terlalu rendah maka dapat mempengaruhi nilai marshalnya.



Gambar 4.6 Nilai Kelelahan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai kelelahan pada grafik diatas dan sesuai spesifikasi nilai kelelahan harus berada diantara 2 – 4 %, maka semua sampel yang dibuat sudah memenuhi spesifikasi. Nilai kelelahan sebanding dengan fleksibilitas dan berbanding terbalik dengan stabilitas.



Tabel 4.12 Hasil Pengujian *Marshall*

NO	% aspal thd campuran	% agregat thd campuran	berat sampel	berat ssd	berat dlm air	isi	berat isi sampel	BJ teoritis	isi aspal	isi agregat	% rongga thd agregat	% rongga terisi aspal	% rongga dlm campuran	pembacaan stabilitas	kalibrasi alat	tinggi sampel	angka korelasi	nilai stabilitas	kelelahan (Flow)	marshall quotient
SAMPEL	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
1A	6.53	93.470	1181.7	1197.3	664	533.300	2.216	2.290	13.899	82.845	17.155	81.024	3.255	243	11.702	7600	0.758	2155.438	3.5	615.839
1B	6.53	93.470	1180.5	1196.4	665	531.400	2.221	2.290	13.935	83.057	16.943	82.247	3.008	254	11.702	7600	0.758	2253.009	3.4	662.650
2A	7.03	92.970	1166.2	1185.4	655	530.400	2.199	2.276	14.848	81.766	18.234	81.431	3.386	226	11.702	7600	0.758	2004.646	3.3	607.469
2B	7.03	92.970	1174.3	1190.1	658	532.100	2.207	2.276	14.904	82.071	17.929	83.125	3.026	220	11.702	7600	0.758	1951.426	3	650.475
3A	6.53	93.470	1260	1262.5	673	589.500	2.137	2.290	13.408	79.913	20.087	66.748	6.679	227	11.702	7600	0.758	2013.516	3.5	575.290
3B	6.53	93.470	1209.6	1211.1	673	538.100	2.248	2.290	14.101	84.045	15.955	88.377	1.854	258	11.702	7600	0.758	2288.490	4	572.122
3C	6.53	93.470	1235.7	1239.2	676	563.200	2.194	2.290	13.763	82.032	17.968	76.597	4.205	238	11.702	7600	0.758	2111.088	3.6	586.413
4A	7.03	92.970	1226.1	1231	646	585.000	2.096	2.276	14.154	77.942	22.058	64.167	7.904	243	11.702	7600	0.758	2155.438	3.5	615.839
4B	7.03	92.970	1282.1	1285.9	695	590.900	2.170	2.276	14.653	80.688	19.312	75.874	4.659	229	11.702	7600	0.758	2031.257	3.4	597.428
4C	7.03	92.970	1243.6	1250.6	683	567.600	2.191	2.276	14.796	81.478	18.522	79.884	3.726	220	11.702	7600	0.758	1951.426	3.2	609.820
5A	6.53	93.470	1258.5	1266.6	696	570.600	2.206	2.290	13.835	82.462	17.538	78.887	3.703	244	11.702	7600	0.758	2164.308	3.7	584.948
5B	6.53	93.470	1252.9	1262.4	686	576.400	2.174	2.290	13.635	81.269	18.731	72.794	5.096	257	11.702	7600	0.758	2279.620	4	569.905
5C	6.53	93.470	1255.7	1264.6	691	573.600	2.189	2.290	13.732	81.848	18.152	75.652	4.420	245	11.702	7600	0.758	2173.178	3.6	603.661
6A	7.03	92.970	1252.1	1266.3	693	573.300	2.184	2.276	14.749	81.219	18.781	78.533	4.032	248	11.702	7600	0.758	2199.789	3.4	646.997
6B	7.03	92.970	1299.6	1308.9	713	595.900	2.181	2.276	14.728	81.103	18.897	77.939	4.169	225	11.702	7600	0.758	1995.776	3.1	643.799
6C	7.03	92.970	1263.8	1272.2	698	574.200	2.201	2.276	14.863	81.850	18.150	81.892	3.287	231	11.702	7600	0.758	2048.997	3.3	620.908



5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan dengan menggunakan campuran *filler* serbuk kaca terhadap hasil campuran aspal konvensional yang mengacu pada spesifikasi Bina Marga tahun 2018 dapat disimpulkan bahwa :

1. Campuran dengan menggunakan *filler* serbuk kaca sebanyak 3% pada KOA 6.53% dan KOA 7.03% menghasilkan campuran dengan tingkat stabilitas dan Flow yang lebih rendah dari aspal konvensional.
2. Campuran dengan menggunakan *filler* serbuk kaca sebanyak 6% pada KOA 6.53% dan KOA 7.03% menghasilkan campuran dengan tingkat stabilitas hampir sama dengan aspal konvensional.
3. Penggunaan Serbuk Kaca sebagai *Filler* memenuhi syarat dari Bina Marga 1989 yaitu persen lolos saringan no 200 minimal 65%, dan serbuk kaca yang digunakan memiliki tingkat lolos saringan no 200 sebanyak 83.3%.
4. Penggunaan Serbuk Kaca sebagai *Filler* memenuhi standar SNI 0013 – 81 memiliki berat jenis berkisar antara 2.25 – 2.7 gr/ml dan menurut pengujian serbuk kaca yang digunakan memiliki berat jenis 2.52 gr/ml.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan yaitu untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan *filler* serbuk kaca sampai 7 % - 9% untuk mendapatkan stabilitas yang lebih maksimal dan dapat dijadikan pertimbangan untuk perencanaan pembangunan jalan raya pada kota batam dengan campuran *filler* serbuk kaca.

Daftar Pustaka

- ASTM, 1989, *Annual Book of ASTM Sandards – Section 4 – Construction*, ASTM, USA
- Bina Marga, 1990, SK SNI M 58-1990-03, *Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall*. Jakarta : Dep PU.
- Bina Marga, 1989, SNI No. 1737-1989-F, *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk perkerasan Jalan Raya*. Jakarta : Dep PU.
- Indrawan, I., & Hastuty, I. P. (2016). *PEMANFAATAN SERBUK KACA SEBAGAI BAHAN TAMBAH DALAM PEMBUATAN BATAKO*
- Permukiman, D., & Prasarana, D. A. N. (2003). *Perencanaan perkerasan jalan beton semen DEPARTEMEN PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH*.
- Sukirman, S. (1999). *TI I/ ,1. Perkerasan Jalan Lentur*.
- Sukirman, Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Grafika Yuana Marga : Bandung
- Wijayanti, Erni. 2012. *Pengaruh Penuaan Perkerasan Terhadap Karakteristik Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Menggunakan Spesifikasi Bina Marga 2010*. Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Surakarta : Surakarta.
- Wibowo, Levin. 2013. *Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca dan Water Reducing High Range Admixtures terhadap Kuat Desak dan Modulus Elastisitas pada Beton*, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Yogyakarta: UAJY.
- Yuniarti, R., Hasyim, H., Hariyadi, H., & Handayani, T. (2019). *Penggunaan Limbah Kaca Sebagai Filler Pada Campuran Perkerasan Aspal Panas*.