

Pengujian Batu Apung Sebagai *Filler* Pada Campuran Lataston HRS-Base

Meitari, M.T.A^{*1}, Morai, S.^{*2}, Charles Kamba^{*3}, Alpius^{*4}

^{*1,2} Mahasiswa Prodi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar, Indonesia
meitarianti@gmail.com, salmon.morai@gmail.com

^{*3,4} Dosen Prodi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar, Indonesia
alpiusnini@yahoo.com, kamba.charles@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penggunaan abu batu apung dari Tidore Provinsi Maluku Utara sebagai pengganti *filler* pada campuran Lataston HRS-Base bergradasi senjang dan semi senjang. Metode pengujian, yaitu berat jenis *filler* abu batu apung, uji *Marshall Konvensional* dan *Marshall Immertion*. Melalui uji *Marshall* diperoleh nilai karakteristik campuran Lataston HRS-Base bergradasi senjang dan semi senjang. Hasil pengujian *Marshall Immertion* campuran Lataston HRS-Base bergradasi senjang dan semi senjang dengan menggunakan kadar *filler* optimum didapatkan Indeks Perendaman (IP) / Indeks Kekuatan Sisa (IKS) / Durabilitas campuran sebesar 90,86% dan 91,49% yang berarti melampaui syarat batas yaitu $\geq 90\%$ sehingga campuran tahan terhadap perendaman dalam air

Kata Kunci : Abu batu apung, Lataston HRS-Base, Pengujian Marshall.

ABSTRACT

This study aims to analyze the use of pumice ash from Tidore, North Maluku Province as a substitute for fillers in a mixture of Lataston HRS-Base graded gaps and semi-gaps. Test methods, namely specific gravity of pumice ash filler, Conventional Marshall test and Marshall Immertion. Through the Marshall test, the characteristics of Lataston HRS-Base mix values are obtained by gradation and semi-gap grading. From the test, the optimum filler content of 25% of pumice ash is found to meet the requirements of the revised 2010 general specifications. IKS) / Durability of a mixture of 90.86% and 91.49% which means it exceeds the boundary conditions of $\geq 90\%$ so that the mixture is resistant to immersion in water.

Keywords: Pumice ash, Lataston HRS-Base, Marshall Testing.

PENDAHULUAN

Dewasa ini jalan merupakan unsur penting yang digunakan untuk menyejahterakan kehidupan manusia. Jalan digunakan manusia agar dapat berpindah dari satu daerah ke daerah lainnya. Oleh karenanya jalan selalu dituntut berada dalam kondisi yang baik agar tercipta lalu lintas yang aman dan nyaman yang dapat dilalui oleh kendaraan yang melintas.

Dalam rangka memberikan prasarana yang memadai, maka pemakaian material pun harus diperhitungkan. Misalnya pemakaian *filler*. Bahan *filler* yang biasa digunakan untuk campuran aspal beton berupa semen, kapur dan abu batu. Adapun yang menjadi masalah adalah bahwa tidak semua daerah tersedia bahan penyusun tersebut, atau harganya yang sangat mahal, sehingga diperlukan bahan alternatif lain dengan menggunakan bahan lokal yaitu batu apung yang berasal dari Tidore yang mana batu apung tersebut cukup melimpah di daerah

tersebut dan kami bermaksud menelitinya untuk dipergunakan sebagai pengganti *filler*.

Dengan mengacu pada hal tersebut maka batu apung yang diketahui adalah jenis bebatuan dengan istilah tekstural untuk batuan vulkanik, merupakan lava berbuih padat yang tersusun atas piroklastik kaca yang mikrovesikular dengan dinding batuan beku gunung berapi yang bergelembung dan sangat tipis serta memiliki kandungan mineral yang banyak salah satunya Silika (Si). Batu apung yang digunakan merupakan batu apung yang berasal dari wilayah pesisir Pantai Tidore Propinsi Maluku Utara. Batu apung di daerah tersebut masih minim untuk digunakan dalam bidang konstruksi, seperti perkerasan jalan, oleh karena itu pada penelitian ini digunakan abu batu apung tersebut sebagai campuran perkerasan jalan.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui berat jenis filler abu batu apung, mengetahui komposisi campuran HRS-Base dengan berbagai variasi abu batu apung sebagai *filler*, mengetahui karakteristik

campuran HRS-Base yaitu nilai VIM, Flow, VMA, MQ, Stabilitas, dan mengetahui Indeks Kekuatan Sisa/ Indeks Perendaman melalui uji *Immertion*.

1. Lapis Permukaan (LP)

Lapis permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas. Lapis permukaan itu sendiri masih bisa dibagi lagi menjadi dua lapisan lagi, yaitu: lapis aus (*Wearing Course*) dan lapis antara [1].

Lapis aus (*wearing course*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak di atas lapis antara (*binder course*). Fungsi dari lapis aus adalah: mengamankan perkerasan dari pengaruh air, menyediakan permukaan yang halus, dan menyediakan permukaan yang kesat.

Lapis antara (*binder course*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak di antara lapis pondasi atas (*base course*) dengan lapis aus (*wearing course*). Fungsi dari lapis antara adalah mengurangi tegangan pada tanah dasar dan

menahan beban paling tinggi akibat beban lalu lintas sehingga harus mempunyai kekuatan yang cukup.

Lapis pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dengan tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah.

2. Agregat

Agregat adalah sekumpulan butiran batu pecah, pasir atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun hasil pengolahan (penyaringan, pemecahan) yang digunakan sebagai bahan penyusun utama pada perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan perbandingan volume.

a. Agregat Kasar

Agregat kasar (*coarse aggregate*) adalah agregat yang tertahan No.4 (4,75 mm) [2]. Ketentuan Agregat Kasar dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Ketentuan agregat kasar

Pengujian		Standar	Nilai	
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12 %	
	Magnesium sulfat		Maks. 18%	
Abrasi dengan mesin Los Angeles¹⁾	Campuran AC bergradasi kasar	100 putaran	Maks. 6%	
		500 putaran	Maks. 30%	
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8%
		500 putaran		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011		Min. 95%	
Butir pecah pada agregat kasar	SNI 7619:2012		95/90 ¹⁾	
Partikel pipih dan lonjong	ASTM D4791 Perbandingan 1 : 5		Maks. 10%	
Material lolos ayakan no.200	SNI 03-4142-1996		Maks. 2%	

b. Agregat Halus

Agregat halus (*fine aggregate*) adalah agregat yang lolos saringan No.4 (4,75 mm). Agregat halus terdiri dari pasir alam atau pasir buatan atau pasir terak ataupun gabungan daripada bahan- bahan tersebut. Agregat halus berasal dari hasil pemecahan batu,

harus berasal dari batuan induk yang memenuhi persyaratan agregat kasar. Ketentuan Agregat Halus dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Ketentuan agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min 60%
Angularitas dengan Uji Kadar Rongga	SNI 03-6877-2002	Min 45
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%

Gradasi Gabungan

Rancangan campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas-batas yang diberikan. Dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal

Ukuran Ayakan (mm)	Berat yang Lolos Terhadap Total Agregat Dalam Campuran									
	Latasir (SS)		Lataston (HRS)				Lataston (AC)			
			Gradasi Senjang ²		Gradasi Semi Senjang ³					
	Kelas A	Kelas B	WC	BASE	WC	BASE	WC	BC	BASE	
37,5										100
25									100	90-100
19	100	100	100	100	100	100	100	100	90-100	76-90
12,5			90-100	90-100	87-100	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
9,5	90-100		75-85	65-90	55-88	55-70	77-90	66-82	52-71	
4,75							53-69	46-64	35-54	
2,36		75-100	50-72 ³	35-55 ³	50-62	32-44	35-53	30-49	23-41	
1,18							21-40	18-38	13-30	
0,600			35-60	15-35	20-45	15-35	14-30	12-28	10-22	
0,300					15-35	5-35	9-22	7-20	6-15	
0,150							6-15	5-13	4-10	
0,075	10-15	8-13	6-10	2-9	6-10	4-8	4-9	4-8	3-7	

Bahan pengisi (filler)

Bahan pengisi (*Filler*) menjadikan campuran lebih padat, membantu menyelimuti partikel agregat dan membantu mencegah terjadinya pengelupasan serta mengurangi rongga-rongga pada campuran.

Aspal

Berikut ini adalah tabel ketentuan untuk aspal keras yang dikeluarkan oleh Bina Marga. Ketentuan-ketentuan untuk aspal keras dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Ketentuan untuk aspal keras

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60-70
2	Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 06-6441-2000	160-240
3	Viskositas Kinematis	SNI 06-6441-2000	≥ 300

135°C (cSt)			
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434 : 2011	≥ 48
5	Daktalitas pada 25°C (cm)	SNI 2432 : 2011	≥ 100
6	Titik Nyata (°C)	SNI 2433 : 2011	≥ 232
7	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-03	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 2441 : 2011	≥ 1,0
9	Stabilitas Penyimpanan : Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976 part 6.1	-
10	Partikel yang lebih halus dari 150 micron (µm) (%)	Pengujian Residu hasil TFOT (SNI 06-2440-1991) atau RTFOT (SNI 03-6835-2002)	

11	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8
12	Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 03-6441-2000	≤ 800
13	Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 06-2456-1991	≥ 54
14	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432 : 2011	≥ 100
15	Keelastisan setelah Pengembalian (%)	AASHTO 301-98	-

Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) yang selanjutnya disebut HRS, terdiri dari dua jenis campuran, HRS Pondasi (HRS-Base) dan HRS Lapis Aus (HRS Wearing Course/ HRS-WC) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm. HRS- Base mempunyai proporsi fraksi agregat kasar yang lebih besar daripada HRS-WC.

Lapisan *Base* adalah lapisan pondasi permukaan, dimana pada struktur jalan berada dibawah lapis *Wearing Course*, meskipun lapisan *Base* tidak memiliki kontak langsung dengan ban kendaraan, namun lapisan ini memikul beban yang lebih besar dari lapis *Wearing Course*.

Batu apung (*pumice*) adalah batuan dengan ciri ciri utama berwarna terang serta sangat berpori. Batu apung termasuk jenis batuan beku dan dari metamorfosisnya, hanya daerah-daerah yang relatif ada gunung api, akan mempunyai endapan batu apung yang ekonomis. Batu apung paling banyak digunakan sebagai agregat beton ringan dan sebagai bahan abrasif pada berbagai produk industri atau yang kepadatannya rendah dan insulatif. Batu apung mempunyai sifat kimia dan fisika antara lain: mengandung oksida SiO₂, K₂O, MgO, CaO, Al₂O₃, SO₃, Fe₂O₃, Na₂O, TiO₂, dan Cl, LOI (Loss of Ignition) 6%, pH 5, berat jenis 0,8 gr/cm³, hantaran suara (sound transmission) rendah, water absorption (peresapan air) 16.67%, ketahanan terhadap api bisa sampai 6 jam, konduktivitas panas (thermal conductivity) rendah, dan rasio kuat tekan terhadap beban cukup tinggi. Berdasarkan sifat kimia yang dimiliki batu apung yaitu diantaranya zat kapur (CaO) dan silika (Si) dimana kandungan tersebut merupakan komponen pembentuk semen.

3. Penelitian Terdahulu

Pengujian untuk campuran HRS menggunakan material piropilit sebagai *filler* yang tahan hujan asam menghasilkan polusi udara yang terjadi di Kota Surabaya tergolong aman dan tidak berpengaruh terhadap nilai stabilitas dan durabilitas dari campuran HRS [3].

Pemanfaatan abu Bagasse sebagai filler terhadap nilai Marshall Test pada campuran *Asphalt Treated Base* menghasilkan kadar Abu Bagasse optimum dengan penambahan variasi kadar Abu Bagasse yang berbeda akan menghasilkan kadar Abu Bagasse optimum untuk *Marshall Quotient* sebesar 46% dengan nilai *Marshall Quotient* sebesar 5,06 KN/mm [4].

Kinerja campuran HRS WC dengan *filler* abu ampas debu diperoleh nilai berat jenis agregat 2,54 g/cm³, berat jenis SSD 2,57 g/cm³, penyerapan 1,2%, abrasi 34,8%, berat jenis spesifik nilai agregat halus 2,5 g/cm³, berat jenis SSD 2,55 g/cm³, penyerapan 1,63%, nilai kadar aspal optimum 7,2%, uji Marshall MQ 319,22 kg/mm, VIM 5,31%, VMA 18,67%, dan VFB 72,03% [5].

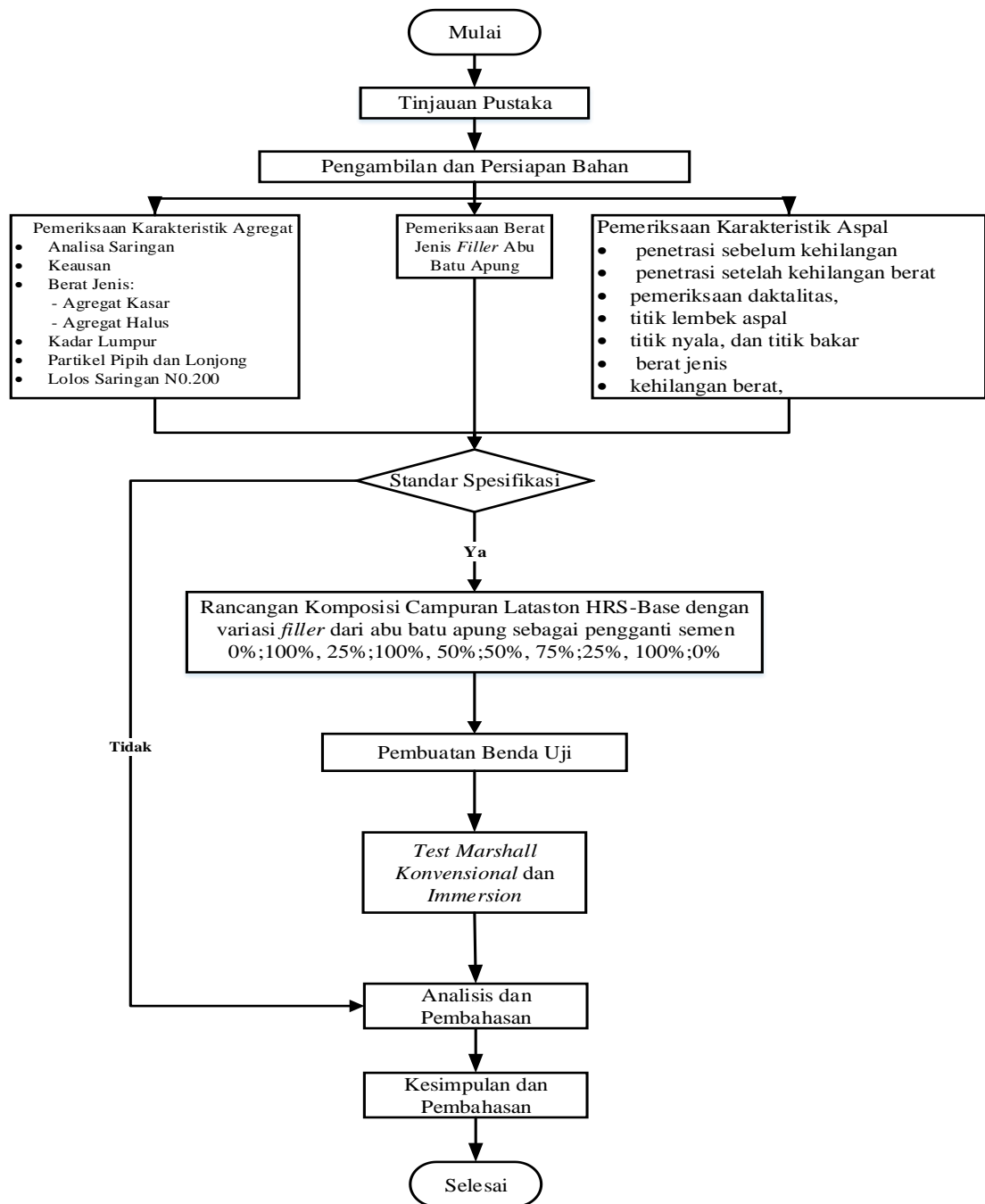
Studi penggunaan serbuk bata merah sebagai filler pada perkerasan HRS-WC dengan proporsi campuran pada HRS – WC 34% (agregat kasar), 56% (Agregat Halus), 10% (*Filler*). Dengan hasil penggunaan filler serbuk bata merah yang memenuhi standar Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga adalah pada kadar aspal 6,5% jadi nilai kadar aspal optimum (KAO) adalah 6,5%[6].

Pengaruh kadar Zeolite sebagai *filler* terhadap campuran aspal beton yaitu variasi 4% *filler* abu batu : 6% *filler* zeolite, dengan kadar aspal 6%, yaitu nilai density sebesar 2,321 gr/ml, nilai VFWA sebesar 74,57%, nilai VITM sebesar 4,34%, nilai stabilitas sebesar 1297,676 kg, nilai *flow* sebesar 4 mm, dan nilai QM sebesar 342,419 kg/mm. Pada variasi ini didapatkan nilai kadar aspal optimum sebesar 5,83% [7].

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah melakukan tinjauan dengan mengumpulkan buku atau literatur, mempelajari tahapan dan standar desain campuran *Hot Rolled Sheet* (HRS), serta metode- metode campuran *Hot Rolled Sheet* (HRS). Kemudian melakukan pemeriksaan terhadap contoh material yang dipakai pada penelitian yaitu agregat kasar dan halus yang berasal dari Sungai Jeneberang Prov dan pemeriksaan karakteristik aspal yang berasal dari Balai Pengujian Baddoka Makassar lalu melakukan pemeriksaan terhadap berat jenis *filler* dalam hal ini adalah abu batu apung. Pemeriksaan tersebut dibandingkan dengan persyaratan yang di tetapkan oleh Bina marga jika sudah memenuhi dilanjutkan ke rancangan komposisi campuran dan pembuatan benda uji. Pembuatan benda uji sesuai dengan rancangan komposisinya yaitu dengan menggunakan variasi kadar *filler*. melalui uji test *Marshall Konvensional* didapatkan nilai karakteristik campuran dan kadar *filler* optimum. Setelah itu dilanjutkan dengan test *Marshall Immertion* untuk mendapatkan nilai indeks perendamannya.

Untuk menjabarkan metode ini, disajikan dalam bentuk bagan alir, pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

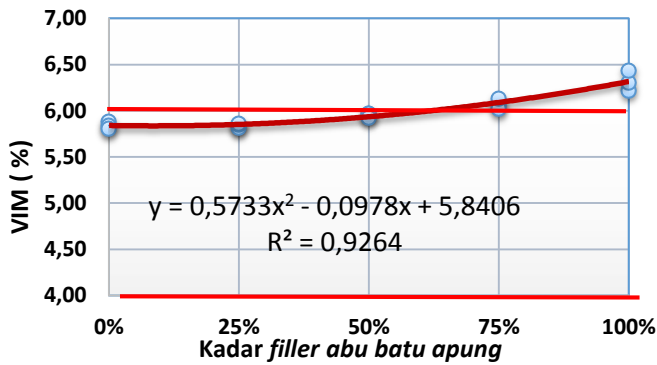
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, terdapat 3 variasi kerapatan model untuk yakni kerapatan I, kerapatan II, dan kerapatan III dengan ukuran model 4x6 cm dan satu model dengan ukuran 8x12 cm sebagai pembanding. Pembahasan untuk hasil dari penelitian ini berupa grafik yang akan dijelaskan sebagai berikut.

1. Analisis terhadap VIM (Void In Mix)

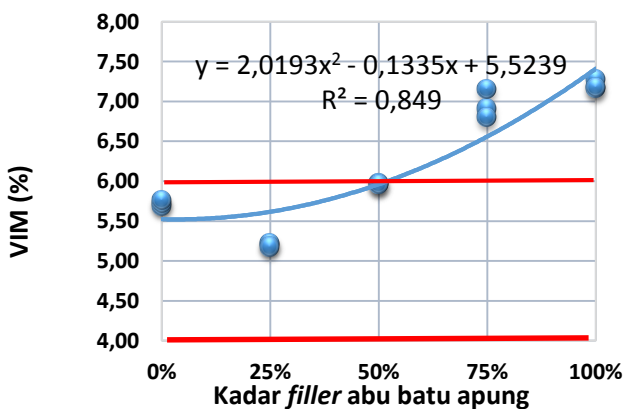
Hasil pengujian analisis terhadap VIM bergradasi senjang dan semi senjang. Semakin tinggi kadar *filler*

batu apung yang digunakan maka nilai VIM akan semakin besar (bertambah) hal ini dipengaruhi karena volume *filler* abu batu apung yang besar dibanding semen sehingga aspal lebih banyak berlekatan dengan abu batu apung dan tidak mengisi rongga membuat VIM menjadi besar. Hubungan Vim Lataston HRS – Base gradasi senjang diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Hubungan VIM Lataston HRS-Base gradasi senjang

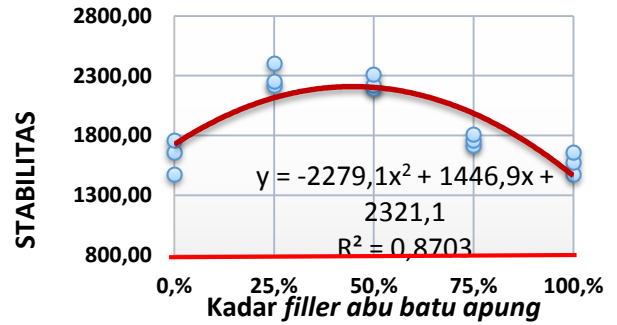
Semakin meningkat *filler* abu batu apung yang digunakan maka nilai VIM akan semakin besar (bertambah) hal ini dipengaruhi karena volume *filler* abu batu apung yang besar dibanding semen sehingga aspal lebih banyak berlekatan dengan abu batu apung dan VIM menjadi besar. Hubungan VIM Lataston HRS – Base gradasi semi senjang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Hubungan VIM Lataston HRS-Base gradasi semi senjang

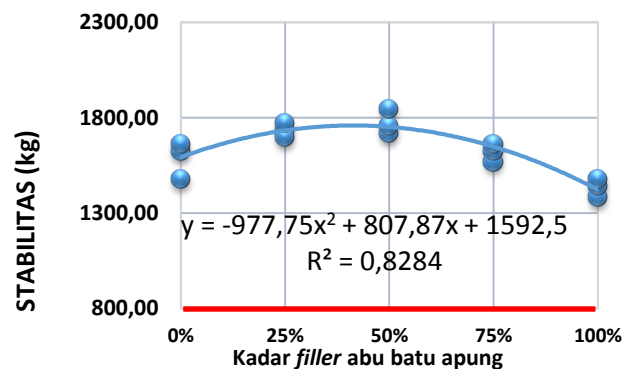
2. Analisis Terhadap Stabilitas

Hasil pengujian analisis terhadap Stabilitas untuk campuran HRS Base bergradasi senjang dan semi senjang. Penggunaan *filler* abu batu apung akan meningkatkan stabilitasnya pada proporsi 25% dari total kadar *filler* campuran. Hal ini disebabkan karena pada kadar 25% *filler* abu batu apung aspal masih baik mengikat agregat, tapi jika ditambahkan *filler* abu batu apung ditambahkan maka ikatan oleh aspal berkurang dan menyebabkan stabilitasnya menurun. Hubungan stabilitas lataston HRS-Base gradasi senjang diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Hubungan stabilitas Lataston HRS-Base gradasi senjang

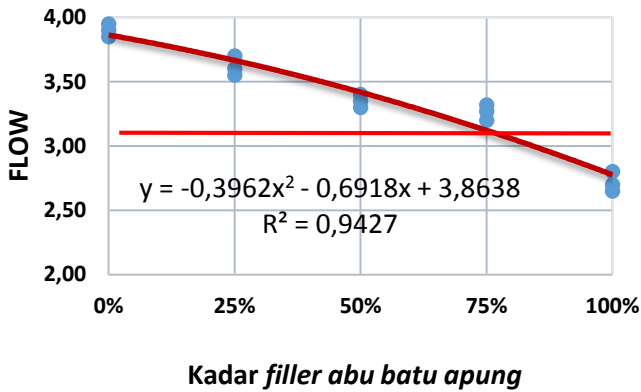
Penggunaan abu batu apung sebagai *filler* akan membantu meningkatkan kekuatan/stabilitas campuran semi senjang pada 50% *filler* abu batu apung. Sedangkan pada campuran 75%-100% *filler* abu batu apung kekuatan/stabilitasnya berkurang. Hal ini disebabkan karena pada kadar 50% *filler* abu batu apung aspal masih baik mengikat agregat, tapi jika ditambahkan *filler* abu batu apung ditambahkan maka ikatan oleh aspal berkurang dan menyebabkan stabilitasnya menurun. Hubungan stabilitas lataston HRS-Base diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Hubungan stabilitas Lataston HRS-Base gradasi semi senjang

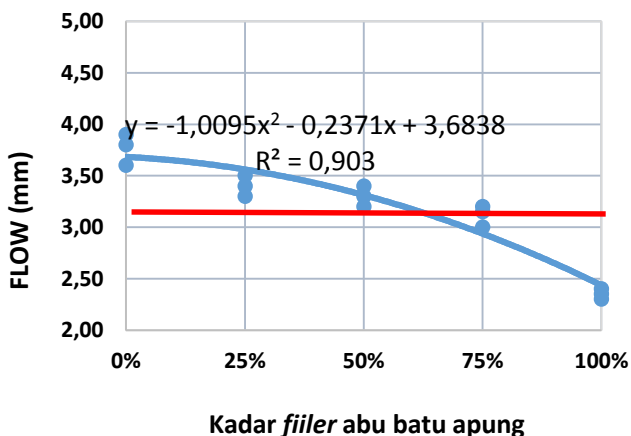
3. Analisis Terhadap Flow

Semakin besar kadar *filler* abu batu apung yang digunakan akan menurunkan nilai *flow*. Hal ini dikarenakan rongga dalam campuran semakin meningkat sehingga membuat agregat tidak dapat terselubungi aspal dengan baik sehingga *flow* menurun. Hubungan *flow* lataston HRS-Base gradasi senjang disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan *flow* Lataston HRS-Base gradasi senjang

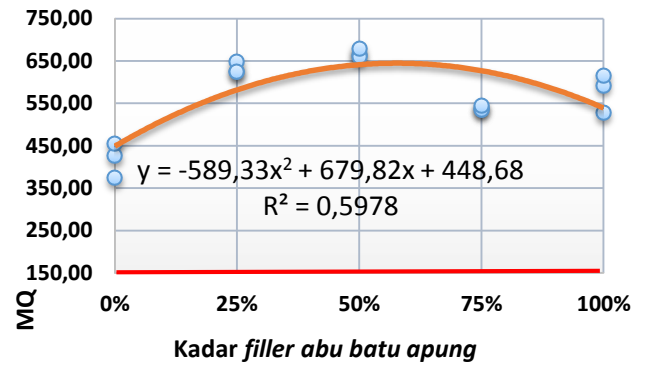
Semakin besar kadar *filler* abu batu apung yang digunakan akan menurunkan nilai *flow*. Hal ini dikarenakan akibat rongga dalam campuran semakin meningkat sehingga membuat agregat tidak dapat terselimuti aspal dengan baik sehingga *flow* menurun. Hubungan *flow* lataston HRS – Base gradasi semi senjang dapat dilihat pada Gambar 7



Gambar 7. Hubungan *flow* lataston HRS-Base Gradasi semi senjang

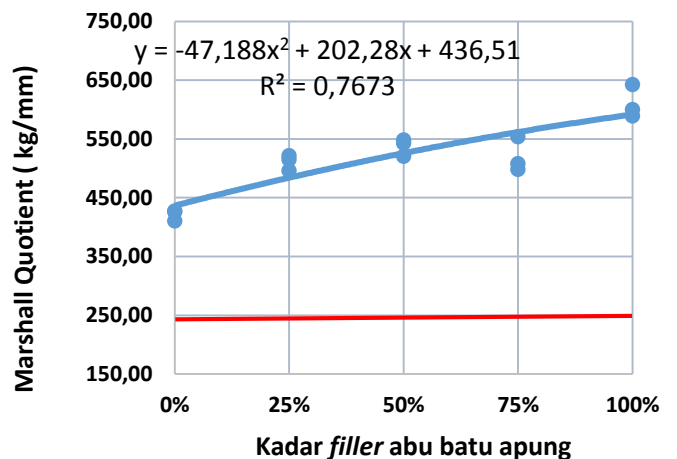
4. Analisis Terhadap MQ (*Marshall Quotient*)

Semakin besar kadar *filler* yang digunakan akan meningkatkan nilai MQ saja pada kadar 50% dari total kadar *filler* yang di gunakan, tetapi jika kadar *filler* bertambah lagi maka nilai MQ menurun. Hal ini berakibat berkurangnya ikatan antar agregat sehingga menurunkan kekuatan/stabilitas dan membuat campuran cenderung kaku dan mudah retak. Hubungan Marshall Quotient lataston HRS-Base gradasi senjang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hubungan Marshall Quotient (MQ) Lataston HRS-Base gradasi senjang

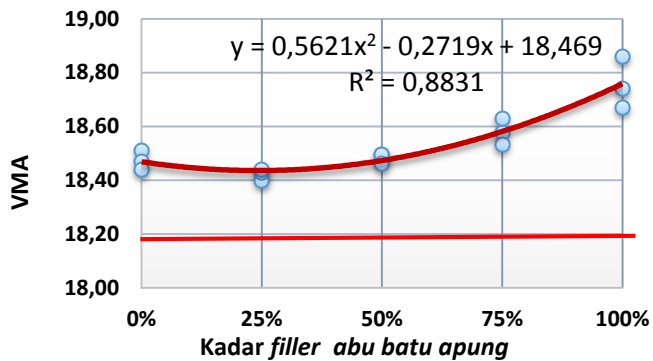
Semakin besar kadar *filler* yang digunakan akan meningkatkan nilai MQ pada kadar *filler* 100%. Hubungan Marshall Quotient lataston HRS-Base gradasi semi senjang diperlihatkan pada Gambar 9.



Gambar 10. Hubungan Marshall Quotient (MQ) Lataston HRS-Base gradasi semi senjang

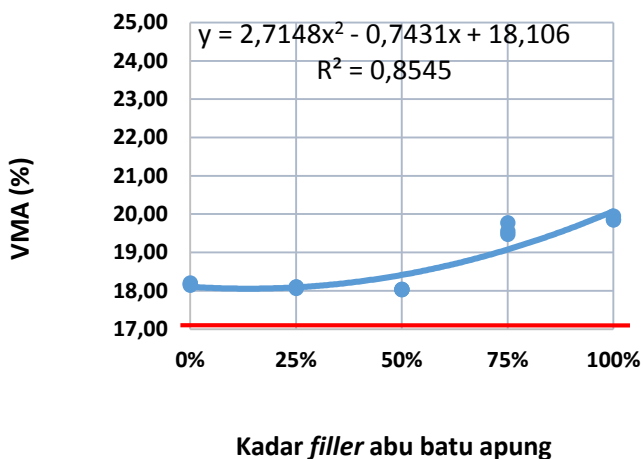
5. Analisis Terhadap VMA (*Void in Mineral Aggregate*)

Semakin banyak *filler* abu batu apung nilai VMA akan semakin tinggi juga, dikarenakan pada saat pemadatan aspal lebih banyak mengikat partikel abu batu apung dibandingkan mengisi rongga dalam agregat sehingga rongga-rongga pada agregat tidak terisi oleh aspal. Hubungan VMA lataston HRS-Base gradasi senjang dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hubungan VMA lataston HRS-Base gradasi senjang

Semakin banyak *filler* abu batu apung nilai VMA akan semakin tinggi juga, dikarenakan pada saat pemadatan aspal lebih banyak mengikat partikel abu batu apung dibandingkan mengisi rongga dalam agregat sehingga rongga-rongga pada agregat tidak terisi oleh aspal. Hubungan VMA Lataston HRS-Base gradasi semi senjang disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Hubungan VMA lataston HRS-Base gradasi semi senjang

6. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Nilai kelekatan ditentukan dari luas permukaan sampel yang terselimuti aspal (kurang dari 95% atau lebih dari 95%). Dari pengamatan ini dapat diketahui bahwa aspal dapat melekat dengan baik pada agregat dengan nilai kelekatan >95%.

7. Kadar Lumpur

Hasil pengujian kadar lumpur dengan menggunakan 2 (dua) sampel diperoleh hasil rata-rata untuk nilai Sand Equivalen (SE) adalah 97,86% dan kadar lumpur adalah 2,14%. Keduanya memenuhi standar Bina Marga yaitu minimal 50% untuk *Sand Equivalen* dan maksimal 5% untuk kadar lumpur.

8. Indeks Kepipihan dan Kelonjongan

Hasil pengujian indeks kepipihan dan kelonjongan agregat kasar diperoleh indeks kepipihan yaitu 3,65%, 2,45%, 1,50%, 1,10%. Dan indeks kelonjongan yaitu 2,70%, 1,19%, 1,34%, 1,83%. Kedua indeks tersebut telah memenuhi standar Bina Marga yaitu maksimal 10%.

9. Material Lolos Saringan No. 200

Hasil pengujian material lolos saringan No.200 diperoleh hasil memenuhi standar Bina Marga yaitu maksimal 8%. Dapat diketahui bahwa agregat tersebut bersih dari lempung dan lanau.

10. Berat Jenis *Filler*

Spesifikasi Bina Marga tidak mencantumkan nilai batasan untuk berat jenis *filler*. *Filler* yang digunakan adalah batu apung dari Ternate.

Hasil rata-rata untuk nilai penetrasi sebelum kehilangan berat adalah 68,8 dmm telah memenuhi standar Bina Marga yaitu minimal 60 (0,1) mm – maksimum 79 (0,1) mm untuk nilai penetrasi aspal.

11. Pemeriksaan Daktilitas (Kelenturan)

Aspal hasil rata-rata untuk nilai daktilitas adalah 149 cm, telah memenuhi standar Bina Marga yaitu minimal 100 cm untuk nilai daktilitas.

12. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

Hasil rata-rata untuk nilai titik lembek adalah 48°C. telah memenuhi standar Bina Marga yaitu minimal 48°C dan maksimal 58°C untuk nilai titik lembek.

13. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar

Dari hasil pengujian titik nyala dan titik bakar didapatkan nilai rata-rata 300. Nilai ini masuk dalam syarat yang ditentukan dalam SNI 2433 – 2011 yaitu Min 200.

14. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

Hasil rata-rata untuk nilai berat jenis aspal adalah 1,037 gram/cc, telah memenuhi standar Bina Marga yaitu minimal 1 gram/cc untuk nilai berat jenis aspal.

15. Pemeriksaan Penurunan Berat Aspal

Hasil rata-rata untuk nilai penurunan berat aspal adalah 0,142%, telah memenuhi standar Bina Marga yaitu maksimal 0,8% untuk nilai penurunan berat aspal.

16. Penetrasi Sesudah Kehilangan Berat

Hasil rata-rata untuk nilai penetrasi sesudah kehilangan berat adalah 65,9 dmm, telah memenuhi standar Bina Marga yaitu minimal 60 (0,1) mm- maksimum 79 90,1) mm untuk nilai penetrasi aspal.

17. Data dan Analisis Campuran Beraspal

Pada pemadatan standar *Marshall* dalam penelitian ini hanya menggunakan 2x75. Hasil pengujian *Marshall* terhadap benda uji menggunakan pemadatan standar.

Tabel 1. Hasil Pengujian Karakteristik Marshall Lataston HRS - WC Gradasi Senjang

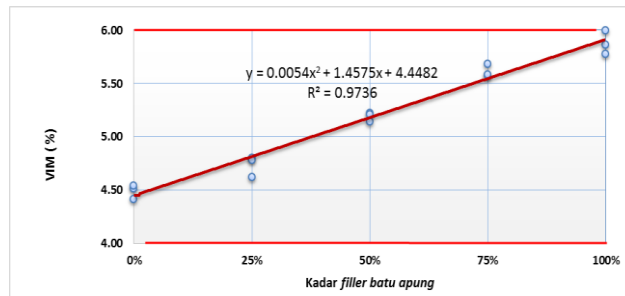
Kadar Filler Batu Apung	PERSYARATAN Kadar Aspal (%)	Min 4-6(%) VIM	Min 800 Stabilitas	Min 68 VFB	Min 3 Flow	Min 250 MQ	Min 18 VMA
0%	6,75	4,51	2012,65	75,84	4,00	503,16	18,68
0%	6,75	4,41	1975,72	76,28	4,45	443,98	18,59
0%	6,75	4,54	1901,86	75,74	4,60	413,45	18,70
25%	6,75	4,80	2215,76	74,35	3,95	560,95	18,70
25%	6,75	4,78	2345,02	74,43	3,82	613,88	18,69
25%	6,75	4,62	2326,55	75,11	3,80	612,25	18,55
50%	6,75	5,22	2548,13	72,82	3,21	793,81	19,20
50%	6,75	5,21	2529,66	72,86	3,10	816,02	19,19
50%	6,75	5,14	2455,81	73,13	3,00	818,60	19,14
75%	6,75	5,57	2068,05	71,08	3,20	646,26	19,28
75%	6,75	5,58	2104,98	71,07	3,50	601,42	19,28
75%	6,75	5,68	2012,65	70,66	3,30	609,89	19,37
100%	6,75	5,77	1846,47	70,55	3,80	485,91	19,59
100%	6,75	6,00	1791,08	69,69	3,62	494,77	19,79
100%	6,75	5,86	1772,61	70,21	3,58	495,14	19,67

Tabel 2. Hasil pengujian karakteristik Marshall Lataston HRS - WC gradasi semi senjang

Kadar Filler Batu Apung	PERSYARATAN Kadar Aspal (%)	Min 4-6(%) VIM	Min 800 Stabilitas	Min 68 VFB	Min 3 Flow	Min 250 MQ	Min 18 VMA
0%	6,75	4,16	2492,73	77,50	3,85	647,46	18,51
0%	6,75	4,20	2437,34	77,35	3,55	686,57	18,54
0%	6,75	4,29	2474,27	76,95	3,65	677,88	18,62
25%	6,75	4,56	2640,45	75,51	3,50	754,41	18,61
25%	6,75	4,65	2695,85	75,11	3,20	842,45	18,70
25%	6,75	4,52	2677,38	75,66	3,30	811,33	18,59
50%	6,75	4,86	2621,99	74,45	3,30	794,54	19,01
50%	6,75	4,86	2585,06	74,45	3,17	815,48	19,01
50%	6,75	4,82	2548,13	74,59	3,23	788,89	18,98
75%	6,75	5,06	2492,73	73,28	3,85	647,46	18,95
75%	6,75	5,04	2455,81	73,36	4,11	597,52	18,93
75%	6,75	5,14	2511,20	72,95	4,09	613,99	19,02
100%	6,75	5,57	2215,76	71,49	4,84	457,80	19,54
100%	6,75	5,53	2234,23	71,64	4,25	525,70	19,50
100%	6,75	5,56	2178,83	71,52	4,21	517,54	19,53

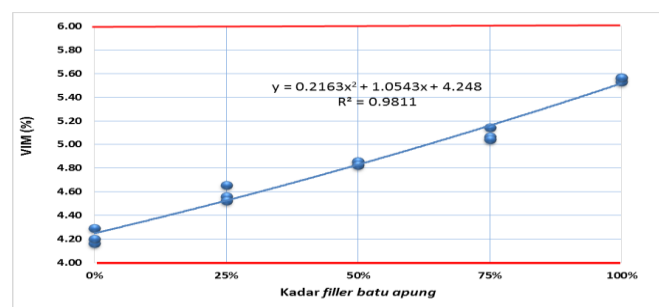
a. Analisis terhadap VIM

Berdasarkan gambar diatas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak *filler* batu apung yang digunakan maka nilai VIM semakin besar (bertambah) karena *filler* batu apung yang dihaluskan lebih halus dibandingkan semen memiliki volume yang lebih besar sehingga aspal akan menyelimuti permukaan *filler* dan sedikit yang mengisi rongga dalam campuran. Hubungan VIM Lataston HRS WC gradasi senjang dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik hubungan VIM lataston HRS WC gradasi senjang

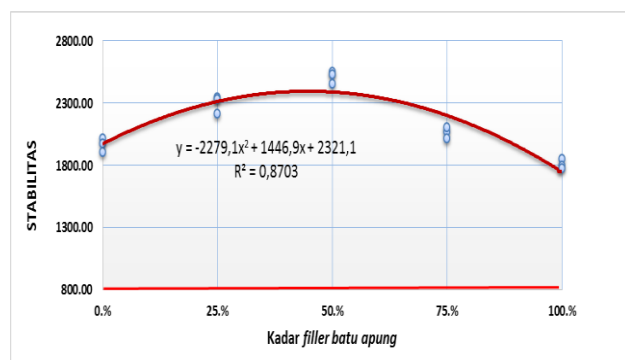
Semakin banyak *filler* batu apung yang digunakan maka nilai VIM semakin besar (bertambah) karena *filler* batu apung yang dihaluskan lebih kasar dibandingkan semen sehingga rongga yang tidak terisi aspal (VIM) semakin bertambah. Hubungan VIM Lataston HRS WC gradasi semi senjang diperlihatkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik hubungan VIM lataston HRS-WC gradasi semi senjang

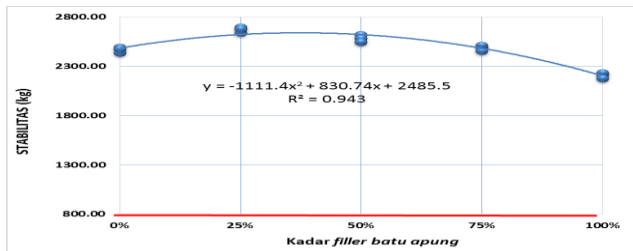
b. Analisis Terhadap Stabilitas

Penggunaan *filler* batu apung pada proporsi 0% - 50% akan mencapai nilai stabilitas maksimum, tetapi pada penggunaan proporsi 75% - 100 % nilai stabilitas kembali menjadi menurun sehingga penggunaan *filler* batu apung yang terlalu tinggi menyebabkan nilai stabilitas menjadi rendah. Hubungan stabilitas lataston HRS WC gradasi senjang disajikan pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik hubungan stabilitas lataston HRS-WC gradasi senjang

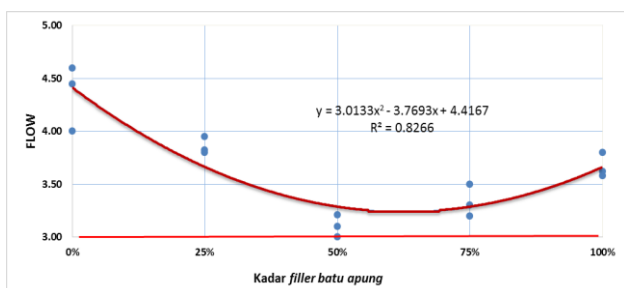
Penggunaan *filler* batu apung pada proporsi 0% - 25% akan mencapai nilai stabilitas maksimum, tetapi pada penggunaan proporsi 50% - 100 % nilai stabilitas kembali menjadi menurun sehingga penggunaan *filler* batu apung yang terlalu tinggi menyebabkan nilai stabilitas menjadi rendah. Hubungan stabilitas lataston HRS WC gradasi semi senjang dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Grafik hubungan stabilitas lataston HRS-WC gradasi semi senjang

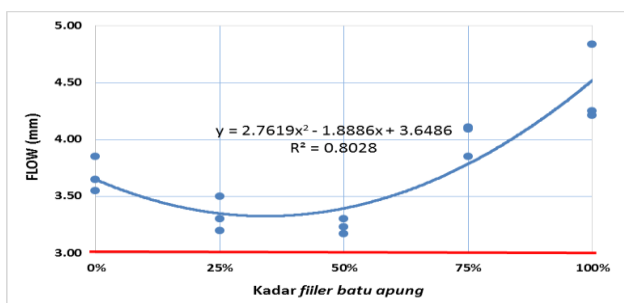
c. Analisis Terhadap *Flow*

Penggunaan batu apung sebagai *filler* akan menurunkan nilai *flow*. Hal ini dikarenakan rongga dalam campuran semakin meningkat sehingga membuat agregat tidak dapat terselimuti aspal dengan baik sehingga *flow* menurun. Hubungan *flow* Lataston HRS-WC gradasi senjang disajikan pada Gambar 16.



Gambar 16. Grafik hubungan *flow* lataston HRS-WC gradasi senjang

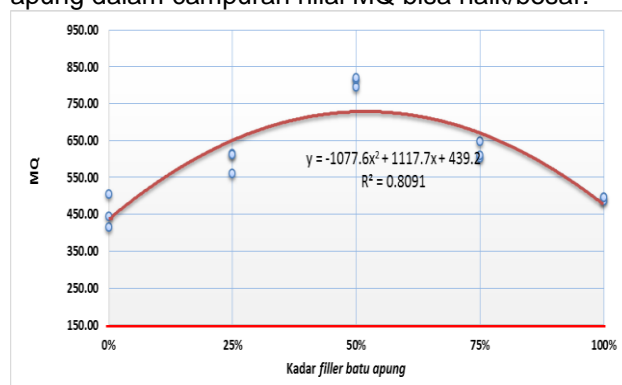
Penggunaan batu apung sebagai *filler* akan menyebabkan meningkatkan kelenturan/*flow* pada proporsi 50% - 100% *filler* batu apung karena batu apung lebih lunak dibandingkan semen sehingga campuran menjadi lebih lunak/lentur. Hubungan *flow* lataston HRS WC gradasi semi senjang disajikan pada Gambar 17.



Gambar 17. Grafik Hubungan *Flow* Lataston HRS-WC Gradasi Semi Senjang

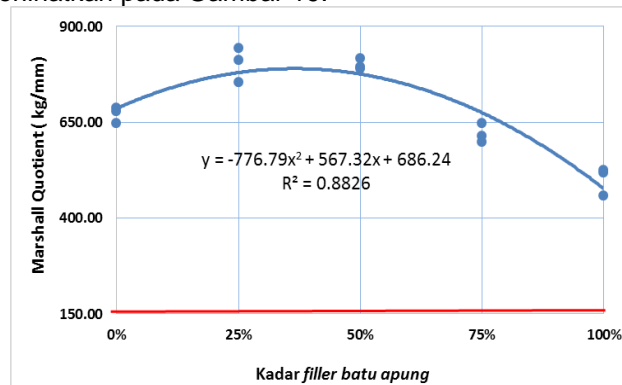
d. Analisis terhadap MQ (Marshall Quotient)

Dari hasil pengujian di laboratorium nilai MQ turun mengalami penurunan pada kadar variasi 100% yang menandakan berkurangnya volume filler batu apung maka nilai MQ akan turun pula dalam campuran. Seperti yang tergambar pada karakteristik *marshall* stabilitas dan *flow*, jika nilai stabilitas besar dan nilai *flow* kecil maka nilai MQnya akan besar, tetapi jika nilai stabilitas kecil dan *flow* besar, maka nilai MQnya akan menjadi kecil. Nilai MQ yang besar terdapat pada proporsi 50% (MQ 809,48 kg/mm), memperlihatkan bahwa penggunaan filler batu apung dalam campuran nilai MQ bisa naik/besar.



Gambar 18. Grafik hubungan Marshall Quotient (MQ) Lataston HRS-WC gradasi senjang

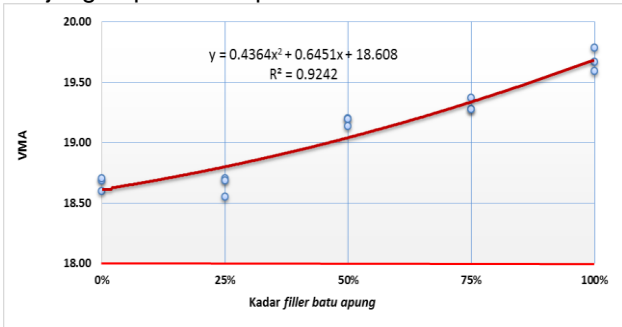
Dari hasil pengujian di laboratorium nilai MQ mengalami penurunan hingga variasi kadar filler batu apung 100% yang menandakan bahwa bertambahnya kadar *filler* nilai MQ akan turun pula seiring dengan semakin bertambahnya volume kadar filler dalam campuran. Hubungan Marshall Quotient Lataston HRS - WC gradasi semi senjang diperlihatkan pada Gambar 19.



Gambar 19. Grafik Hubungan Marshall Quotient (MQ) Lataston HRS-WC Gradasi Semi Senjang.

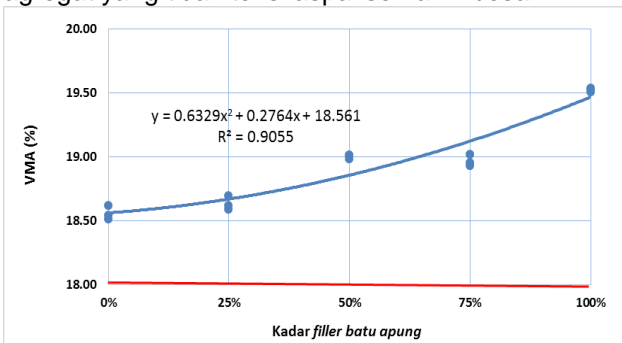
e. Analisis terhadap VMA (Void in Mineral Agregate)

Semakin banyak *filler* batu apung akan membuat rongga dalam butiran agregat yang terisi aspal semakin banyak (VMA). Hal disebabkan karena pada saat penumbukan, aspal lebih banyak mengikat *filler* batu apung ketimbang mengisi rongga dalam agregat sehingga rongga dalam agregat yang tidak terisi aspal semakin besar. Hubungan VMA lataston HRS-WC gradasi senjang dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Grafik hubungan VMA lataston HRS-WC gradasi senjang

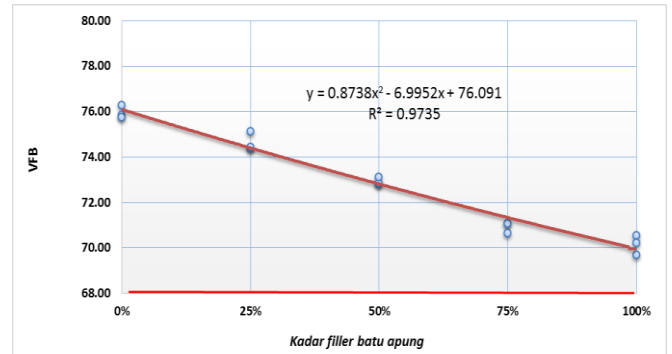
Semakin banyak filler batu apung akan membuat rongga dalam butiran agregat yang terisi aspal semakin banyak (VMA). Hal disebabkan karena pada saat penumbukan, aspal lebih banyak mengikat filler batu apung ketimbang mengisi rongga dalam agregat sehingga rongga dalam agregat yang tidak terisi aspal semakin besar.



Gambar 21. Grafik hubungan VMA lataston HRS-WC gradasi semi senjang

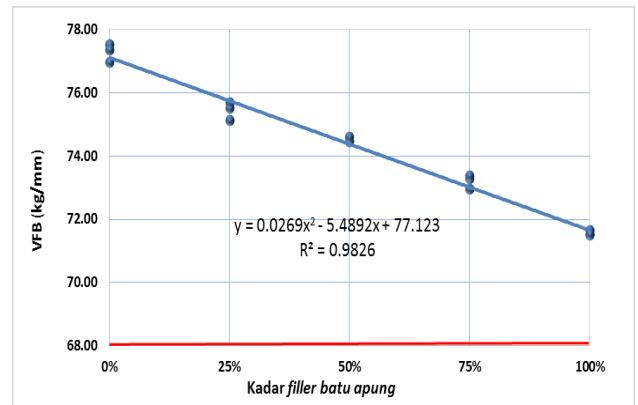
f. Analisis terhadap VFB (*Void Filled with Bitumen*)

Semakin banyak filler batu apung akan membuat rongga dalam campuran yang terisi aspal semakin sedikit (VFB). Hal disebabkan karena pada saat penumbukan, aspal lebih banyak mengikat filler batu apung dibandingkan mengisi rongga dalam campuran sehingga rongga dalam campuran yang terisi oleh aspal (VFB) semakin kecil. Grafik hubungan VFB lataston HRS-WC gradasi senjang diperlihatkan pada Gambar 22.



Gambar 22. Grafik hubungan VFB lataston HRS-WC gradasi senjang

Semakin banyak filler batu apung akan membuat rongga dalam campuran yang terisi aspal semakin sedikit (VFB). Hal disebabkan karena pada saat penumbukan, aspal lebih banyak mengikat filler batu apung dibandingkan mengisi rongga dalam campuran sehingga rongga dalam campuran yang terisi oleh aspal (VFB) semakin kecil.

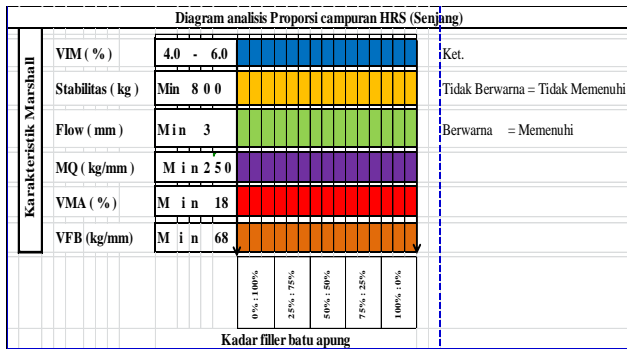


Gambar 23. Grafik hubungan VFB lataston HRS-WC gradasi semi senjang

g. Penentuan Kadar *Filler* Optimum

Dari hasil pengujian *Marshall Immertion* diperoleh nilai rata-rata untuk indeks perendaman yaitu **95,73**. Nilai indeks perendaman ini telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh Bina Marga yaitu $\geq 90\%$. Berdasarkan nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa perkerasan jalan yang menggunakan batu aung sebagai *filler* untuk lataston HRS-WC gradasi senjang tahan terhadap suhu dan perendaman dalam air.

Campuran Lataston HRS-WC gradasi senjang



Gambar 24. Diagram analisis kadar filler optimum campuran lataston HRS-WC senjang

Tabel 2. Indeks Perendaman untuk Lataston HRS-WC Senjang

Benda Uji	Kadar Filler (%)	Stabilitas Marshall Immertion (kg)	Stabilitas Marshall Konvensional (kg)	Indeks perendaman IP.(%)
1	100	1754.15	1830.00	95.86
2	100	1698.75	1775.10	95.70
3	100	1680.29	1756.80	95.64
Rata-rata		1711.06	1787.3	95.73

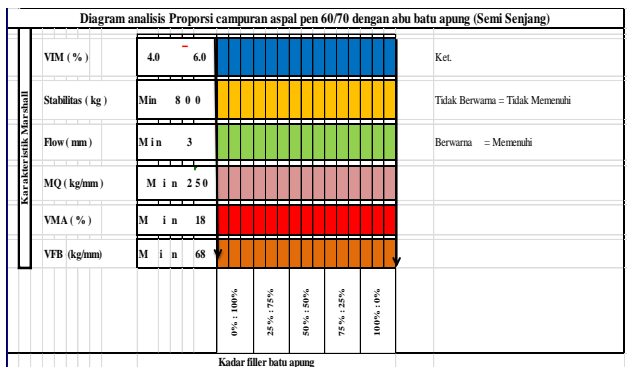
$$IP = \frac{\text{Stabilitas Marshall Immertion}}{\text{Stabilitas Marshall Konvensional}} \times 100\%$$

$$= \frac{1711,06}{1787,3} \times 100\%$$

$$= 95,73\%$$

h. Campuran Lataston HRS-WC Gradasi Semi Senjang

Dari hasil pengujian *Marshall Immertion* diperoleh nilai rata-rata untuk indeks perendaman yaitu **96,66**. Nilai indeks perendaman ini telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh Bina Marga yaitu $\geq 90\%$. Berdasarkan nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa perkerasan jalan yang menggunakan batu apung sebagai filler untuk lataston HRS-WC gradasi semi senjang tahan terhadap suhu dan perendaman dalam air.



Gambar 25. Diagram analisis kadar filler optimum campuran lataston HRS-WC semi senjang

Tabel 3. Indeks perendaman untuk Lataston HRS-WC semi senjang

Benda Uji	Kadar Filler (%)	Stabilitas Marshall Immertion (kg)	Stabilitas Marshall Konvensional (kg)	Indeks perendaman IP.(%)
1	100	2141.91	2215.76	96.67
2	100	2160.37	2234.23	96.69
3	100	2104.98	2178.83	96.61
Rata-rata		2135.75	2209.61	96.66

$$IP = \frac{\text{Stabilitas Marshall Immertion}}{\text{Stabilitas Marshall Konvensional}} \times 100\%$$

$$= \frac{2135,75}{2209,61} \times 100\%$$

$$= 96,66\%$$

KESIMPULAN

Komposisi campuran Lataston HRS-WC bergradasi senjang 17,75% agregat kasar, 68,63% agregat halus, 6,75% kadar aspal, dan 6,88% filler batu apung. Komposisi campuran lataston HRS-WC bergradasi semi senjang 26,25% agregat kasar, 60,13 % agregat halus, 6,75% kadar aspal dan 6,88% filler batu apung. Hasil pengujian *Marshall Immertion* diperoleh Indeks Perendaman atau Indeks Kekuatan sisa (IKS) 95,73 % untuk Lataston HRS-WC Senjang dan 96,66% untuk Lataston HRS-WC Semi Senjang, yang artinya campuran Lataston HRS-WC tersebut tahan terhadap suhu, lamanya perendaman dan terendam air.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Perkerasan lentur jalan raya / Penyusun Silvia Sukirman." [Online]. Available: <http://library.um.ac.id/free-contents/index.php/buku/detail/perkerasan-lentur-jalan-raya-penyusun-silvia-sukirman-27261.html>.
- [2] "Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 2010 Perkerasan Aspal." [Online]. Available: <https://www.scribd.com/doc/52889551/Spesifikasi-Umum-Bina-Marga-Divisi-6-2010-Perk-Eras-An-Aspal>.
- [3] "Campuran Hot Rolled Sheet (HRS) dengan Material Piropilit Sebagai Filler yang Tahan Hujan Asam | Ambarwati | Rekayasa Sipil." [Online]. Available: <https://rekayasasipil.ub.ac.id/index.php/rs/article/view/136>.
- [4] A. S. Amal, "Pemanfaatan Abu Bagasse Sebagai Filler Terhadap Nilai Marshall Test Pada Campuran Asphalt Treated Base," *JMTS*, vol. 9, no. 2, Jan. 2013.
- [5] "Kinerja Campuran Hot Rolled Sheet-wearing Course (Hrs-wc) Dengan Filler Abu Ampas Tebu - Neliti." [Online]. Available: <https://www.neliti.com/publications/217437/kinerja>

- a-campuran-hot-rolled-sheet-wearing-course-hrs-wc-dengan-filler-abu-ampas.
- [6] "Studi Penggunaan Serbuk Bata Merah Sebagai Filler Pada Perkerasan HRS WC." [Online]. Available: <https://adoc.tips/queue/studi-penggunaan-serbuk-bata-merah-sebagai-filler-pada-perke.html>.
- 7] "Pengaruh Kadar Zeolite Sebagai Filler Terhadap Campuran Aspal Beton." [Online]. Available: <http://e-journal.uajy.ac.id/3675/>.