

Pengujian Batu Apung Sebagai *Filler* Pada Campuran HRS -WC

Sri Yanti^{*1}, Rosiana^{*2}, Alpius^{*3}, Desy Sandy^{*4},

^{*1,2} Mahasiswa Prodi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar, Indonesia

yantysri@yahoo.com, rosiioctaviaa@yahoo.com

^{*3,4} Dosen Prodi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar, Indonesia

alpiusnini@yahoo.com, sandy.mylife@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penelitian ini dimaksudkan untuk merancang komposisi dan menganalisis karakteristik *marshall* dan indeks kekuatan sisa campuran Lataston HRS-WC gradasi senjang dan semi senjang yang memanfaatkan batu apung dari Provinsi Maluku Utara, Pulau Ternate sebagai pengganti *filler*. Metodologi dalam penelitian ini adalah melakukan serangkaian pengujian karakteristik berupa agregat kasar, halus dan *filler* lalu merancang komposisi campuran kemudian pembuatan benda uji berupa campuran Lataston HRS-WC bergradasi senjang dan semi senjang serta pengujian Marshall untuk mendapatkan karakteristik campuran dan pengujian Marshall *Immertion* untuk mendapatkan Indeks Perendaman (IP) / Indeks Kekuatan Sisa (IKS) / Durabilitas campuran yang berkadar *filler* optimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik abu batu apung memenuhi spesifikasi sebagai bahan pengganti *filler* pada campuran Lataston HRS-WC gradasi senjang dan semi senjang. Melalui uji Marshall diperoleh karakteristik campuran Lataston HRS-WC bergradasi senjang dan semi senjang dengan kadar aspal 6,75%. Hasil pengujian Marshall *Immertion* campuran Lataston HRS-WC bergradasi senjang dan semi senjang dengan kadar *filler* optimum 100% mendapatkan Indeks Perendaman (IP) / Indeks Kekuatan Sisa (IKS) / Durabilitas campuran sebesar 95,73% dan 96,66% yang artinya campuran tersebut tahan terhadap suhu, lamanya terendam air.

Kata Kunci : Karakteristik, HRS-WC Marshall, *filler* batu apung

ABSTRACT

This research is intended to design the composition and analyze the characteristics of Marshall and strength index of the remaining mixture of Lataston HRS-WC gradation and semi-gap gradation which uses pumice from North Maluku Province, Ternate Island as a substitute for *filler*. The methodology in this research is to conduct a series of characteristics testing in the form of coarse, fine aggregate and *filler* and then design the composition of the mixture then manufacture test specimens in the form of a Lataston HRS-WC graded gap and semi-gap length and Marshall test to obtain the mixture characteristics and Marshall Immertion test to obtain an Immersion Index (IP) / Residual Strength Index (IKS) / Durability of mixtures containing optimum *filler* content. The results showed that the characteristics of pumice ash meet the specifications as a substitute for *filler* in the Lataston HRS-WC mixture of gradation and semi-gap gradation. Through the Marshall test, the characteristics of the Lataston HRS-WC mixture with a graded gap and semi-gap with asphalt content of 6.75%, meet the requirements issued by the Directorate General of Highways of the Republic of Indonesia Ministry of Public Works, General Specifications 2010 Division 6 revision 3. Marshall Immertion test results mixture of Lataston HRS-WC graded gaps and semi-gaps with optimum *filler* content 100% get an Soaking Index (IP) / Residual Strength Index (IKS) / Durability of a mixture of 95.73% and 96.66% which means the mixture is resistant to temperature, time immersed in water.

Keywords: Characteristics, Marshall HRS-WC, pumice *filler*

1. PENDAHULUAN

Potensi sumber daya alam di bidang pertambangan cukup melimpah di Indonesia. Salah satunya adalah potensi ketersediaan batu apung. Persebaran batu apung di Indonesia meliputi Pulau Sumatera bagian tengah, Provinsi Sumatera Selatan, Provinsi Lampung, Provinsi Jawa Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat, Provinsi Sulawesi Tengah, dan Pulau Ternate Provinsi Maluku Utara. Dilihat dari

banyaknya batu apung yang ada di Indonesia sangat disayangkan apabila tidak dimanfaatkan secara baik.

Batu apung yang terdapat di Pulau Ternate adalah salah satu bahan lokal yang jumlahnya masih banyak sehingga masyarakat setempat sering menggunakannya untuk terapi kesehatan, penghias interior rumah, isolator temperatur tinggi, dan bahan bangunan.

Salah satu campuran yang paling sering digunakan di Indonesia yang beriklim tropis yakni *Hot Rolled Sheet* (HRS). Karena mempunyai kelenturan yang tinggi, tahan terhadap kelelahan. HRS atau Lapisan Tipis Aspal Beton (Lataston) campuran bergradasi senjang dan semi senjang yang mutunya ditentukan oleh komposisi campuran antara aspal, agregat kasar, agregat halus dan *filler* yang bertujuan untuk mengurangi rongga/pori pada lapisan permukaan jalan [1].

Material yang umum digunakan sebagai *filler* pada penyusunan campuran beraspal adalah semen, kapur, dan abu terbang dimana persediannya terbatas serta relatif mahal. Oleh karena itu perlu ditemukan alternatif yang murah untuk mengganti *filler* yang selama ini banyak dipakai sebagai bahan campuran beton aspal. Salah satu alternatifnya adalah dengan pemanfaatan potensi daerah setempat. Pemanfaatan tersebut antara lain dengan menggunakan material dari batu apung yang dihaluskan menjadi abu. Sehingga dalam hal ini penulis mengadakan penelitian terhadap pemanfaatan batu apung yang terdapat di Pulau Ternate untuk mengetahui apakah batu apung pada daerah tersebut bisa dipakai sebagai bahan *filler* dalam campuran lataston.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui karakteristik berat jenis *filler* batu apung; untuk mengetahui komposisi campuran Lataston HRS-WC yang menggunakan batu apung sebagai *filler*, dan mengetahui karakteristik *marshall* dan indeks kekuatan sisa campuran Lataston HRS-WC yang menggunakan batu apung sebagai *filler*.

1.1. Penelitian Terdahulu

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% [2].

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].

Pengaruh penggunaan Pasir Carita sebagai campuran agregat halus pada lapis permukaan aspal beton terhadap parameter Marshall dengan komposisi 50% Pasir Carita dan 50% non Pasir Carita menghasilkan nilai stabilitas, kelelahan, MQ, VMA, VFB, dan VIM pada perkerasan AC-WC yang memenuhi persyaratan [4].

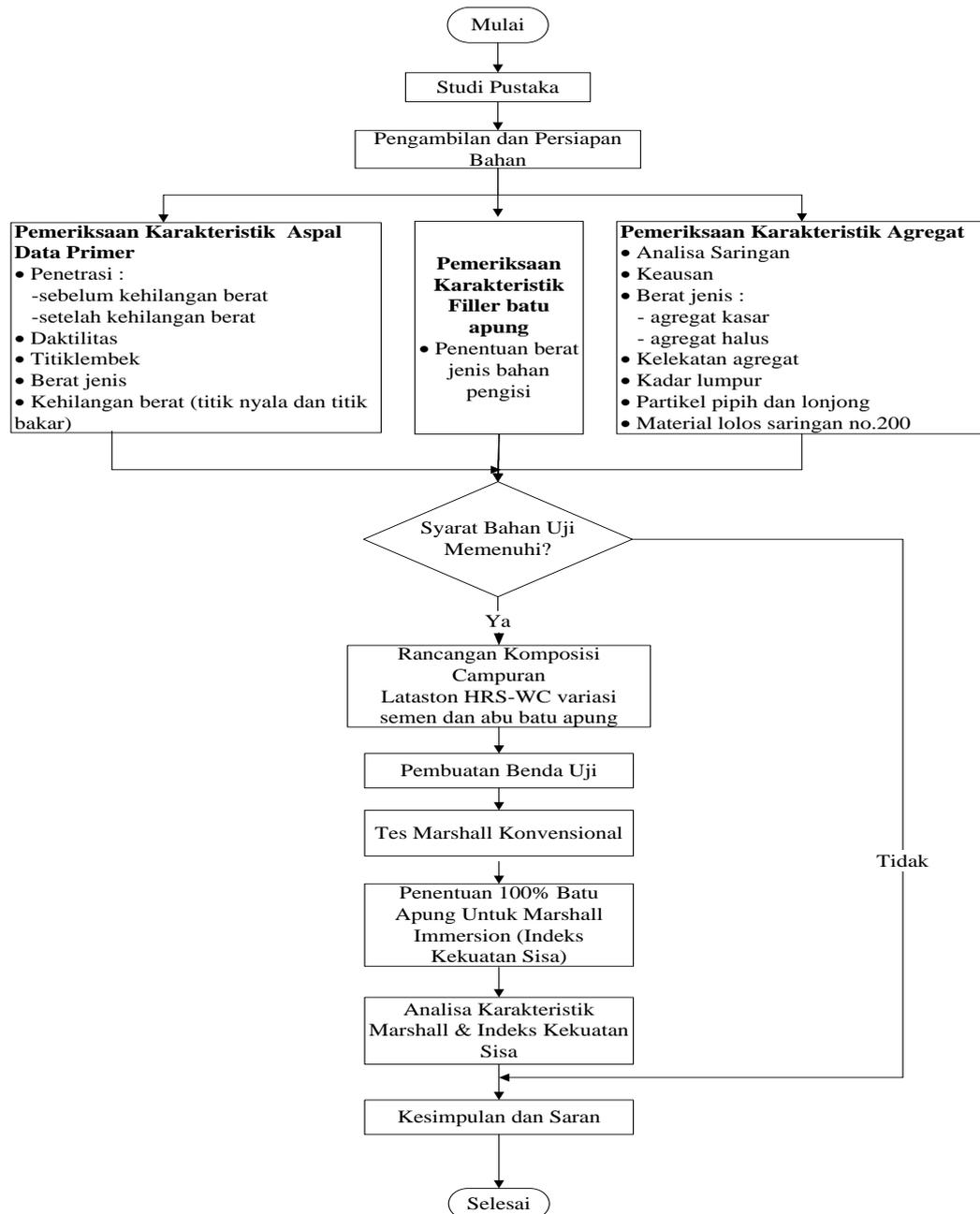
Studi penggunaan serbuk bata merah sebagai *filler* pada perkerasan HRS-WC dengan proporsi campuran pada HRS – WC 34% (agregat kasar), 56% (Agregat Halus), 10% (*Filler*). Dengan hasil penggunaan *filler* serbuk bata merah yang memenuhi standar Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga adalah pada kadar aspal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

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% [6].

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 [7].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah eksperimental yaitu serangkaian tahapan pengujian di Laboratorium Jalan dan aspal UKI Paulus Makassar dengan menguji karakteristik *filler* batu apung, merancang campuran dan menguji karakteristik campuran. *Filler* yang digunakan adalah batu apung yang diperoleh dari Laboratorium Bahan dan Beton UKI Paulus Makassar yang sebelumnya digunakan dalam penelitian mahasiswa. Proses pengolahan batu apung yaitu dimulai dengan pembersihan batu apung, pengeringan batu apung, penghalusan batu apung melalui ditumbuk secara manual dengan menggunakan palu besi, penyaringan batu apung dengan menggunakan saringan No.200, kemudian dihasilkan abu batu apung yang siap dijadikan *filler*.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Secara keseluruhan terdapat dua variasi campuran yang dipilih dalam penelitian yaitu : tipe A adalah campuran AC-WC dengan kadar pipih dan lonjong lebih besar dari standar (> 25%) dengan jumlah sampel 15 buah dan tipe B adalah campuran AC-WC dengan kadar pipih dan lonjong 0% (15 sampel).

Pengujian Marshall adalah untuk menentukan Kadar Aspal Optimum, yaitu kadar aspal dimana campuran yang dihasilkan memiliki sifat-sifat yang terbaik berdasarkan pengujian sifat-sifat volumetrik (kepadatan, VIM, VMA dan VFA) dan karakteristik Marshall (stabilitas, kelelahan dan *Marshall Quotient*) [1].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Berat jenis dan penyerapan agregat kasar yang menggunakan dua sampel diperoleh nilai rata-rata untuk Berat Jenis *Bulk* adalah 2,67 %, berat jenis SSD adalah 2,70%, berat jenis semu adalah 2,75 %, dan penyerapan air adalah 1,05%. Semua hasil pengujian memenuhi standar Bina Marga yaitu untuk Berat Jenis *Bulk* adalah minimal 2,5%, Berat Jenis SSD adalah minimal 2,5%, Berat Jenis Semu adalah minimal 2,5%, dan Penyerapan Air maksimal 3%.

3.2. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Berat jenis dan penyerapan agregat halus yang menggunakan dua sampel diperoleh nilai rata-rata untuk Berat Jenis *Bulk* adalah 2,54 %, berat jenis SSD adalah 2,59%, berat jenis semu adalah 2,66 %, dan penyerapan air adalah 1,73%. Semua hasil pengujian memenuhi standar Bina Marga yaitu untuk Berat Jenis *Bulk* adalah minimal 2,5%, Berat Jenis SSD adalah minimal 2,5%, Berat Jenis Semu adalah minimal 2,5%, dan Penyerapan Air maksimal 3%.

3.3. Analisa Saringan

3.4. Hasil pengujian analisa saringan untuk Lataston HRS-WC gradasi senjang dan semi senjang dapat disimpulkan bahwa untuk gradasi agregat dapat digunakan untuk campuran Lataston HRS-WC gradasi senjang dan semi senjang.

3.5. Keausan dengan Alat Abrasi Los Angeles

Hasil pengujian keausan agregat dengan menggunakan Alat Abrasi Los Angeles diperoleh nilai ketahanan agregat kasar terhadap keausan dari Fraksi A adalah 15,72%, Fraksi B adalah 17,18%, Fraksi C adalah 20,16%, Fraksi D adalah 28,04%. Semuanya memenuhi standar Bina Marga yaitu maksimum 40%. Dari hasil pengujian keausan agregat, dapat diketahui bahwa agregat yang digunakan sebagai bahan lapisan permukaan jalan dapat tahan terhadap keausan akibat gesekan antara agregat dengan agregat atau agregat dengan roda kendaraan.

3.6. 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%.

3.7. Kadar Lumpur

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

3.8. 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%.

3.9. 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.

3.10. 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.

3.11. *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.

3.12. *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.

3.13. *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.

3.14. *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.

3.15. *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.

3.16. *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 (0,1) mm untuk nilai penetrasi aspal.

3.17. *Data dan Analisis Campuran Beraspal.*

Pada pemadatan standar *Marshall* dalam penelitian ini hanya menggunakan 2x75 tumbukan (lalu lintas berat). Hasil pengujian *Marshall* terhadap benda uji menggunakan pemadatan standar.

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

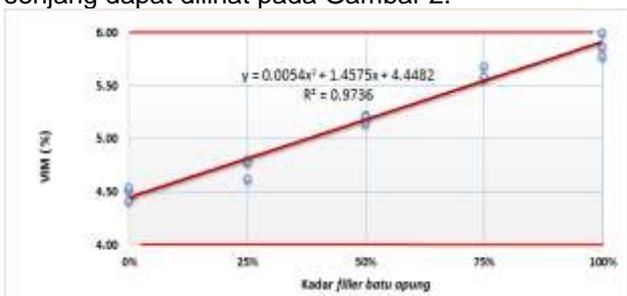
Kadar Filler Batu Apung	PERSYARATAN Kadar Aspal (%)	Min 4-6(%) VIM	Min 800 Stabilitas	Min 68 VFB	Min 3 Flow	Min 250 MQ	Min 18 VMA
0%	6,75	4,51	2012,65	75,84	4,00	503,16	18,68
0%	6,75	4,41	1975,72	76,28	4,45	443,98	18,59
0%	6,75	4,54	1901,86	75,74	4,60	413,45	18,70
25%	6,75	4,80	2215,76	74,35	3,95	560,95	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

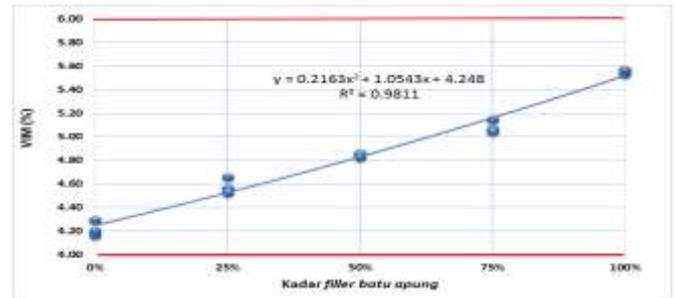
3.18. Analisis terhadap VIM

Berdasarkan Gambar 2 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 2.



Gambar 2. Grafik Hubungan VIM Lataston HRS WC Gradasi Senjang

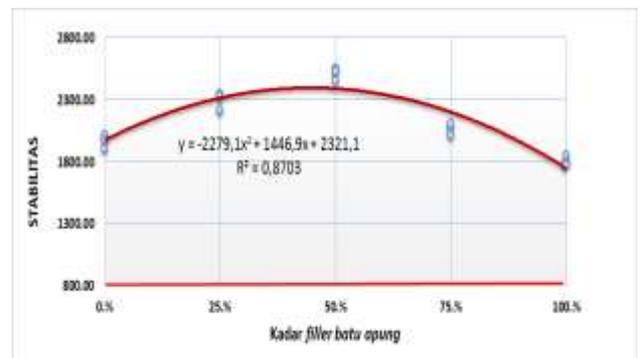
Semakin banyak filler batu apung yang digunakan maka nilai VIM semakin besar (bertambah) karena filler batu apung yang dihaluskan lebih kasar dibandingkan semen sehingga rongga yang tidak terisi aspal (VIM) semakin bertambah. Hubungan VIM Lataston HRS WC gradasi semi senjang diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan VIM Lataston HRS- WC Gradasi Semi Senjang

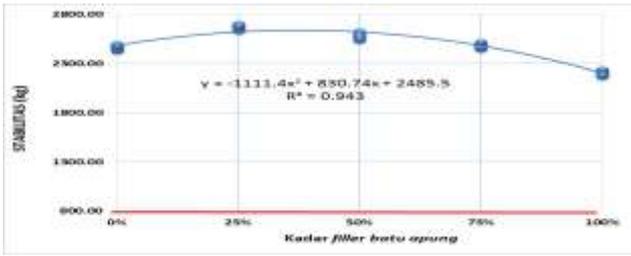
3.19. Analisis Terhadap Stabilitas

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.



Gambar 4. Grafik Hubungan Stabilitas Lataston HRS-WC Gradasi Senjang

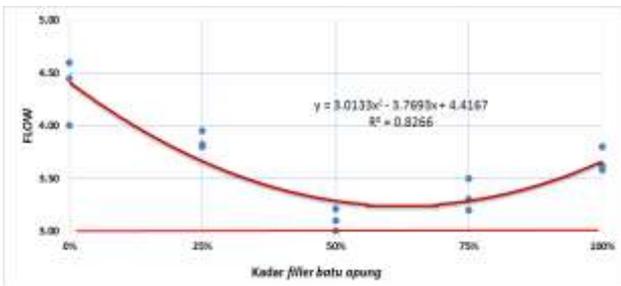
Penggunaan filler batu apung pada proporsi 0% - 25% akan mencapai nilai stabilitas maksimum, tetapi pada penggunaan proporsi 50% - 100 % nilai stabilitas kembali menjadi menurun sehingga penggunaan filler batu apung yang terlalu tinggi menyebabkan nilai stabilitas menjadi rendah.



Gambar 5. Grafik Hubungan Stabilitas Lataston HRS-WC Gradasi Semi Senjang

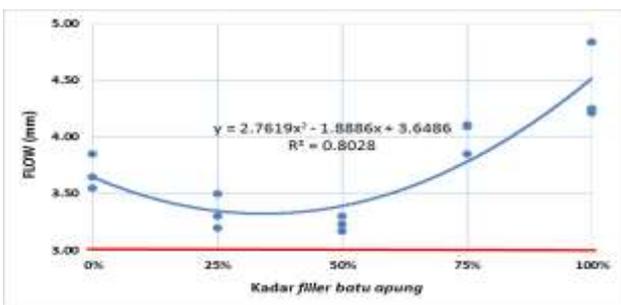
3.20. Analisis Terhadap Flow

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 6.



Gambar 6. 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 seni senjang disajikan pada Gambar 7.

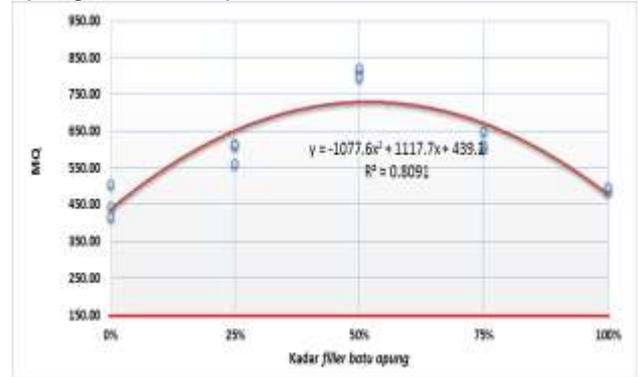


Gambar 7. Grafik Hubungan Flow Lataston HRS-WC Gradasi Semi Senjang

3.21. Analisis terhadap MQ (Marshall Quotient)

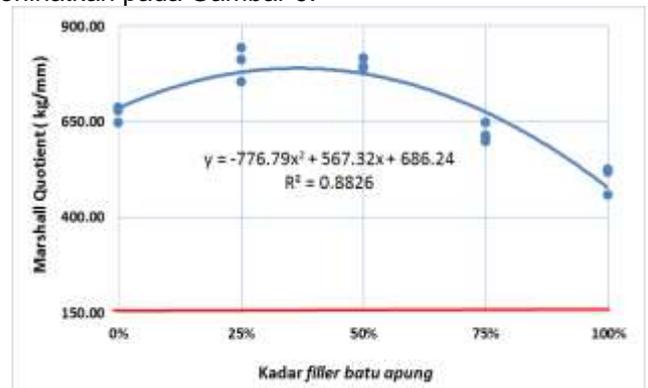
Dari hasil pengujian di laboratorium nilai MQ turun mengalami penurunan pada kadar variasi 100% yang menandakan berkurangnya volume filler batu apung maka nilai MQ akan turun pula

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 8. Grafik Hubungan Marshall Quotient (MQ) Lataston HRS-WC Gradasi Senjang

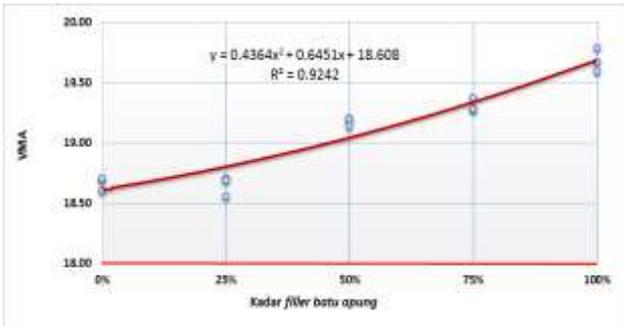
Dari hasil pengujian di laboratorium nilai MQ mengalami penurunan hingga variasi kadar filler batu apung 100% yang menandakan bahwa bertambahnya kadar filler nilai MQ akan turun pula seiring dengan semakin bertambahnya volume kadar filler dalam campuran. Hubungan Marshall Quotient Lataston HRS – WC gradasi semi senjang diperlihatkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Hubungan Marshall Quotient (MQ) Lataston HRS-WC Gradasi Semi Senjang.

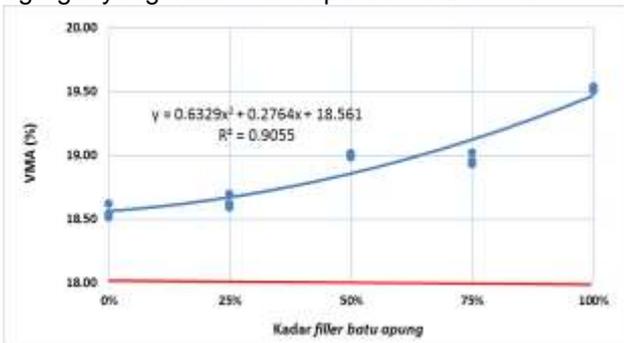
3.22. Analisis terhadap VMA (Void in Mineral Aggregate)

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 10. Grafik Hubungan VMA Lataston HRS-WC Gradasi Senjang

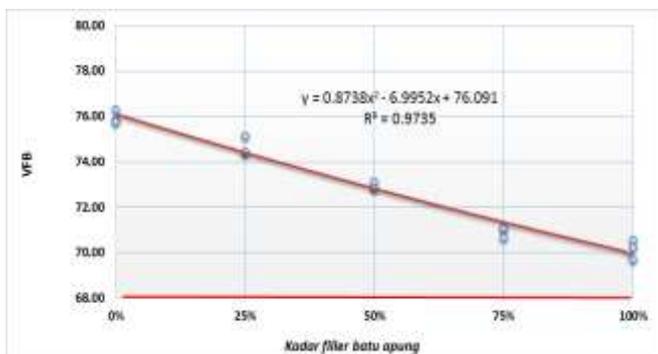
Semakin banyak *filler* batu apung akan membuat rongga dalam butiran agregat yang terisi aspal semakin banyak (VMA). Hal disebabkan karena pada saat penumbukan, aspal lebih banyak mengikat *filler* batu apung ketimbang mengisi rongga dalam agregat sehingga rongga dalam agregat yang tidak terisi aspal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



Gambar 11. Grafik Hubungan VMA Lataston HRS-WC Gradasi Semi Senjang.

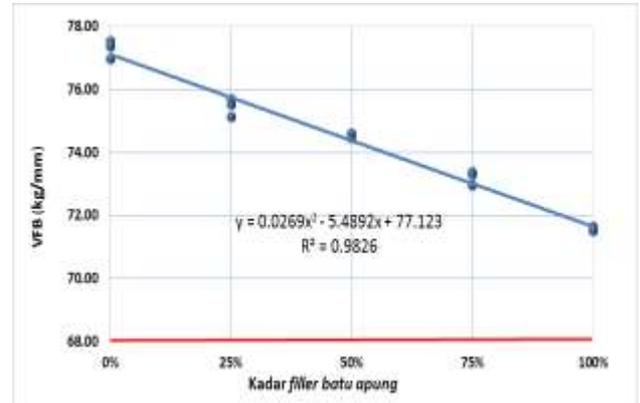
3.23. Analisis terhadap VFB (*Void Filled with Bitumen*)

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.



Gambar 12. 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 13. Grafik Hubungan VFB Lataston HRS-WC Gradasi Semi Senjang

3.24. 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

Diagram analisis Proporsi campuran HRS (Senjang)			
Karakteristik Marshall	VIM (%)	4.0 - 6.0	Ket.
	Stabilitas (kg)	Min 8 0 0	Tidak Berwarna = Tidak Memenuhi
	Flow (mm)	Min 3	Berwarna = Memenuhi
	MQ (kg/mm)	Min 2 5 0	
	VMA (%)	Min 18	
	VFB (kg/mm)	Min 68	
		0% : 100%	
		25% : 75%	
		50% : 50%	
		75% : 25%	
		100% : 0%	
Kadar filler batu apung			

Gambar 14. 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

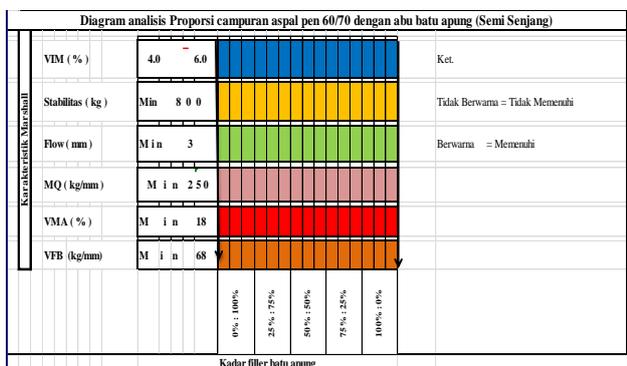
$$IP = \frac{\text{Stabilitas Marshall Immertion}}{\text{Stabilitas Marshall Konvensional}} \times 100\%$$

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

$$= 95,73 \%$$

3.25. 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 15. 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

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

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

$$= 96,66\%$$

4. 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] "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>. [Accessed: 09-Dec-2019].
- [2] "Kinerja Campuran Hot Rolled Sheet-wearing Course (Hrs-wc) Dengan Filler Abu Ampas Tebu - Neliti." [Online]. Available: <https://www.neliti.com/publications/217437/kinerja-campuran-hot-rolled-sheet-wearing-course-hrs-wc-dengan-filler-abu-ampas>. [Accessed: 09-Dec-2019].
- [3] "Campuran Hot Rolled Sheet (HRS) dengan Material Piroplit Sebagai Filler yang Tahan Hujan Asam | Ambarwati | Rekayasa Sipil." [Online]. Available: <https://rekayasasipil.ub.ac.id/index.php/rs/article/view/136>. [Accessed: 09-Dec-2019].
- [4] I. Arifiardi, W. Hadi, and A. Purnomo, "Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Carita Sebagai Campuran Agregat Halus Pada Lapis Permukaan Aspal Beton Terhadap Persyaratan Parameter Marshall," p. 16, 2016.
- [5] "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>. [Accessed: 12-Dec-2019].
- [6] "Pengaruh Kadar Zeolite Sebagai Filler Terhadap Campuran Aspal Beton." [Online]. Available: <http://e-journal.uajy.ac.id/3675/>. [Accessed: 13-Dec-2019].
- [7] A. S. Amal, "Pemanfaatan Abu Bagasse Sebagai Filler Terhadap Nilai Marshall Test Pada Campuran Asphalt Treated Base (ATB)," *JMTS*, vol. 9, no. 2, Jan. 2013.