

PENGARUH BAHAN PENGISI BATU KARANG TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN BETON ASPAL LAPIS AUS ASBUTON

Hamkah

Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Ambon
Jl. Ir. M. Putuhena, Wailela
Rumahtiga Ambon
hamkah27@yahoo.co.id

Juvrianto C. Jakob

Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Ambon
Jl. Ir. M. Putuhena, Wailela
Rumahtiga Ambon
juvrianto.jakob@polnam.ac.id

Rosmawati Walalayo

Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Ambon
Jl. Ir. M. Putuhena, Wailela
Rumahtiga Ambon
rosmawatiwalalayo@gmail.com

Abstract

Mountain coral found in Taeno Village, Ambon, is available in abundance and has the potential to be used as a filler for asphalt concrete mixtures. This research aims to determine the potential use of filler material derived from coral rock found in Taeno Village and the effect of coral filler material on the characteristics of the asbuton wearing-course asphalt concrete mixture. This research was carried out by adding filler material, with level content of 0%, 1%, 2%, and 3%, to asbuton wearing-course asphalt concrete with 3 variations of asphalt content, namely 5.0%; 5.5%, and 6.0%. Marshall tests were, then, carried out on the specimens made from the mixture. This research shows that the coral stone filler, which comes from Taeno Village, can be used as a filler for asbuton wearing-course asphalt concrete. From the analysis carried out, it was concluded that the asphalt content of the mixture influences the level of filler that can be added to the mixture. The higher the asphalt content value in a mixture, the higher the optimum filler content that can be added to the mixture. The optimum levels of filler that can be added to mixtures made with asphalt content of 5.0%, 5.5%, and 6.0% are 1.55%, 1.63%, and 1.75%, respectively.

Keywords: asphalt concrete; filler; wearing-course; *asbuton*; coral filler

Abstrak

Batu karang gunung yang terdapat di Dusun Taeno, Ambon, tersedia melimpah dan berpotensi untuk digunakan sebagai bahan pengisi campuran beton aspal. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan potensi penggunaan bahan pengisi yang berasal dari batu karang yang terdapat di Dusun Taneo dan pengaruh bahan pengisi batu karang tersebut terhadap karakteristik campuran beton aspal lapis aus Asbuton. Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan bahan pengisi, dengan kadar 0%, 1%, 2%, dan 3%, kepada beton aspal lapis aus Asbuton ($AC-WC_{Asb}$) dengan 3 variasi kadar aspal, yaitu 5,0%; 5,5% dan 6,0%. Selanjutnya dilakukan pengujian Marshall terhadap benda-benda uji yang dibuat dari campuran tersebut. Penelitian ini menunjukkan bahwa bahan pengisi batu karang, yang berasal dari Dusun Taeno, dapat digunakan sebagai bahan pengisi untuk campuran lapis beton aspal lapis aus asbuton. Dari analisis yang dilakukan, disimpulkan bahwa kadar aspal campuran berpengaruh terdapat kadar bahan pengisi yang dapat ditambahkan dalam campuran. Semakin tinggi nilai kadar aspal pada suatu campuran, semakin tinggi pula kadar bahan pengisi optimum yang dapat ditambahkan pada campuran tersebut. Kadar bahan pengisi optimum yang dapat ditambahkan pada campuran yang dibuat dengan kadar aspal 5,0%, 5,5%, dan 6,0% berturut-turut adalah 1,55%, 1,63%, dan 1,75%.

Kata-kata kunci: beton aspal; bahan pengisi; lapis aus; asbuton; bahan pengisi batu karang

PENDAHULUAN

Lapis beton aspal, disingkat laston, adalah suatu jenis lapisan yang dibuat dari campuran beton aspal atau asphalt concrete (AC), yang sering digunakan sebagai lapis aus pada konstruksi perkerasan jalan, atau dikenal dengan nama AC-WC. Lapis AC-WC ini

terdiri atas campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar, dan dipadatkan pada temperatur tertentu. Bila campuran laston ini menggunakan asbuton butir, pada studi ini selanjutnya disebut dengan AC-WC_{Asb.} atau laston lapis aus asbuton.

Batu karang gunung merupakan formasi geologis yang terjadi ketika batuan kapur tererosi dan terkikis oleh air hujan atau air permukaan. Batuan ini berpotensi digunakan sebagai alternatif *filler*, karena belum banyak digunakan di bidang konstruksi jalan. Demikian dengan batu karang yang berasal dari Dusun Taeno, di Ambon, yang mempunyai butiran dengan ukuran yang berbeda, namun mengandung unsur yang serupa dengan material yang digunakan oleh peneliti terdahulu. Ketersediaan batu karang ini juga melimpah, di Dusun Waringin Cap, Kecamatan Teluk Ambon, Provinsi Maluku.

Wibowo et al. (2023) melakukan penelitian menggunakan batu pecah sebagai agregat kasar, pasir sebagai agregat halus, bahan pengisi yang berasal dari batu karang sebesar 2%, dan aspal minyak penetrasi 60/70 buatan Pertamina. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan bahan pengisi yang berasal dari batu karang dapat memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 revisi 2, dengan kadar aspal 6,2% sampai dengan 7,4% atau kadar aspal rata-rata sebesar 6,8% sebagai kadar aspal optimum.

Miftahlulhair et al. (2022) menunjukkan adanya pengaruh penggunaan abu batu karang terhadap karakteristik Marshall campuran beton aspal. Hasil uji Marshall terhadap campuran beton aspal yang menggunakan bahan abu batu karang, dengan beberapa variasi kadar abu batu karang, memperoleh nilai kadar abu batu karang optimum sebesar 6%, dengan nilai stabilitas sebesar 1066,55 kg.

Almuizza (2022) meneliti pengaruh penggunaan bahan pengisi batu karang pada campuran beton aspal *wearing course* (AC-WC) menggunakan batu pecah sebagai agregat kasar dan pasir sebagai agregat halus, dengan tambahan bahan pengisi batu karang sebanyak 5,5%. Jenis aspal yang digunakan adalah aspal minyak produksi Pertamina, dengan penetrasi 60/70. Penelitian Almuizza (2022) tersebut menunjukkan bahwa pengaruh penggunaan bahan pengisi batu karang pada campuran AC-WC berdampak pada kinerja Marshall yang meningkat pada kadar bahan pengisi optimum sebesar 5,5%. Pada studi tersebut, stabilitas campuran meningkat sebesar 10,08%. Selain itu, pengujian Marshall Immersion campuran AC-WC menggunakan bahan pengisi batu karang juga memenuhi persyaratan minimum Spesifikasi Umum (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020).

Penelitian lain yang terkait dengan bahan pengisi batu karang dilakukan oleh Sihombing et al. (2019). Pada studi tersebut diteliti penggunaan serbuk batu karang sebagai bahan pengisi pada campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC), yang menggunakan batu pecah sebagai agregat kasar dan pasir sebagai agregat halus serta menggunakan tambahan bahan pengisi dengan perbandingan 50% semen portland dan 50% serbuk batu karang. Aspal yang digunakan adalah aspal keras penetrasi 80/100. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa stabilitas Marshall untuk semua persentase atau komposisi bahan pengisi pada campuran beton aspal memenuhi spesifikasi yang ditentukan, yaitu minimal 800 kg, dan campuran yang dihasilkan layak digunakan untuk lapisan perkerasan jalan

dengan tingkat lalu lintas berat. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa persentase komposisi bahan pengisi antara bahan pengisi semen 50% dengan bahan pengisi serbuk batu karang 50% memberikan hasil terbaik.

Berdasarkan 4 hasil penelitian terdahulu yang telah diuraikan, penelitian ini memilih campuran beton aspal lapis aus Asbuton ($AC-WC_{Asb.}$) sebagai campuran yang dikaji, yang ditambah dengan bahan pengisi batu karang. Selain itu, persentase bahan pengisi batu karang yang digunakan berbeda dengan penelitian awal yang telah diuraikan. Campuran $AC-WC_{Asb.}$ yang diteliti, dirancang oleh laboratorium Balai Pelaksanaan Jalan Nasional (BPJN) Maluku, sebagai campuran beraspal yang ditambah dengan bahan pengisi batu karang.

METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Penelitian sifat bahan penyusun dan pengujian Marshall campuran $AC-WC_{Asb.}$ dilaksanakan di Laboratorium Aspal, Politeknik Negeri Ambon. Analisis pemenuhan karakteristik Marshall disesuaikan dengan spesifikasi Bina Marga (2020), yang terdiri atas Stabilitas, VMA, VIM, VFB, Flow, dan Marshall Quotient. Campuran yang diteliti menggunakan bahan agregat asal *quarry* Wai Kaputy, aspal minyak Pertamina Penetrasi 60/70, dan Aspal Buton (asbuton) berbutir B 5/20, yang ditambah dengan bahan pengisi batu karang asal Dusun Taeno, Desa Waringin Cap, Kota Ambon, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi Quarry Filler Batu Karang di Dusun Taeno Ambon

Data primer yang dikumpulkan meliputi VIM, VMA, VFB, Stabilitas, Flow, MQ, dan sifat-sifat bahan pengisi batu karang, berupa gradasi, kekerasan, dan Batas Atterberg, yang digunakan sebagai bahan pengisi $AC-WC_{Asb.}$. Data sekunder berupa sifat-sifat bahan agregat, aspal, dan asbuton butir B 5/20, yang diperoleh dari hasil uji Laboratorium BPJN Maluku.

Penelitian dilakukan dengan memvariasikan 3 kadar aspal dan masing-masing dengan 4 kadar bahan pengisi yang berbeda, yang berasal dari batu karang yang telah dihaluskan

(Walalayo, 2023). Pemenuhan karakteristik Marshall disesuaikan dengan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun, yang terdiri atas Stabilitas, VMA, VIM, VFB, Flow, dan Marshall Quotient. Bahan agregat berasal dari *quarry* Wai Kaputy, aspal yang digunakan adalah aspal minyak Pen 60/70 produksi Pertamina dan aspal Asbuton berbutir B 5/20. Campuran dibuat dengan menambahkan bahan pengisi batu karang yang berasal dari Dusun Taeno, Ambon, dengan 4 variasi kadar bahan pengisi, yaitu 0%, 1%, 2%, 3% terhadap berat campuran dengan 3 variasi kadar aspal, yaitu 5,0%, 5,5%, dan 6,0%.

Komposisi Campuran AC-WC_{Asb}

Sampel briket untuk uji Marshall dibuat berdasarkan komposisi campuran Laston Lapis Aus Asbuton (AC-WC_{Asb}). Komposisi material untuk rancangan campuran disajikan pada Tabel 1 (BPJN Maluku, 2023).

Tabel 1 Komposisi Material AC-WC_{Asb}.

No.	Jenis Material	Komposisi
1	Batu pecah 10-20	15,06%
2	Batu Pecah 5-10	25,41%
3	Abu Batu	37,64%
4	Pasir	13,17%
5	Asbuton butir B 5/20	2,82%
6	Aspal Pertamina	5,90%
Total		100%

Sejumlah 12 macam campuran AC-WC_{Asb} yang dibedakan menurut kadar aspal dan kadar bahan pengisi. Variasi kadar bahan pengisi batu karang terhadap berat campuran AC-WC_{Asb} adalah 0%, 1%, 2%, dan 3%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan Pengisi Batu Karang

Batu karang yang digunakan sebagai bahan pengisi pada penelitian ini, terlebih dahulu dihaluskan dengan menggunakan alat sederhana, yaitu martil, sehingga ukuran lolos saringan berukuran 3/8". Hasil uji analisis saringan terhadap batu karang yang telah dihaluskan disajikan pada Tabel 2. Fraksi yang lolos saringan No. 8 adalah 84,66% dan lolos saringan No. 200 adalah 5,63%. Hasil uji karakteristik material lainnya adalah kekerasan sebesar 56,3% (SNI 2417:2008) dan uji batas Atterberg (SNI 1966-2008) menunjukkan bahwa bahan pengisi Batu Karang Taeno bersifat nonplastis. Bahan pengisi batu karang yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas 5,63% fraksi bahan pengisi halus (*fine*) atau lolos saringan No. 200), 79,03% fraksi agregat halus (*fine aggregate*), dan 15,34% fraksi agregat kasar (*coarse aggregate*). Hasil analisis saringan bahan pengisi batu karang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Analisis Saringan Bahan Pengisi Batu Karang

No. Saringan		Berat Tertahan	Kumulatif Tertahan		Lolos (%)
ASTM	mm	(gr)	Berat (gr)	Persen	
3/8 inch	9,52	0,00	0,00	0,00	100,0
No. 4	4,75	52,80	52,80	2,11	97,89
No. 8	2,36	330,70	383,50	15,34	84,66
No. 16	1,18	593,20	976,70	39,07	60,93
No. 30	0,60	488,10	1464,8	58,59	41,41
No. 50	0,30	330,60	1795,7	71,82	28,18
No. 100	0,15	277,30	2072,70	82,91	17,09
No. 200	0,075	286,50	2359,20	94,37	5,63
-	PAN	140,80	2500,00	100,00	0,00

Karakteristik Marshall

Pengujian karakteristik Marshall 12 briket, yang dibedakan menurut kadar bahan pengisi dan kadar aspal, meliputi stabilitas, flow, VIM, VMA, VFB, dan MQ. Hasil pengujian dan syarat spesifikasi yang harus dipenuhi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall

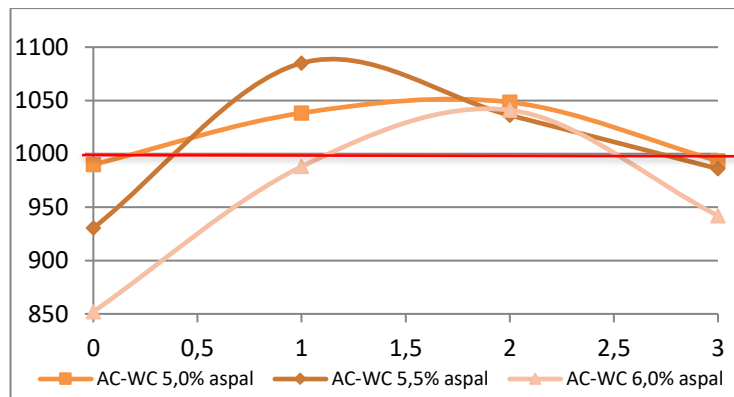
No. Sampel	Bahan Pengisi Batu Karang (%)	Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	MQ (kg/mm)
1.a	0	5,0	990,0	3,2	3,71	18,24	72,44	309,4
1.b	1,0	5,0	1038,3	2,8	4,12	17,03	69,82	370,8
1.c	2,0	5,0	1048,4	2,3	4,68	16,32	68,42	455,8
1.d	3,0	5,0	993,4	2,1	5,02	15,22	68,04	473,0
2.a	0	5,5	930,5	3,6	3,48	18,03	72,74	258,5
2.b	1,0	5,5	1085,1	3,3	4,49	17,16	69,77	328,8
2.c	2,0	5,5	1036,2	2,8	4,64	16,41	68,36	370,1
2d	3,0	5,5	986,0	2,5	4,76	16,01	67,38	394,4
3.a	0	6,0	852,0	4,1	3,12	17,92	72,86	207,8
3.b	1,0	6,0	988,0	3,7	4,18	17,22	68,71	267,0
3.c	2,0	6,0	1041,0	3,4	4,74	16,49	67,52	306,2
3.d	3,0	6,0	942,0	2,9	5,05	16,12	66,36	324,8
Spesifikasi			Min. 1000	2 - 4	3 - 5	Min.15	Min.65	Min.250

Pada Tabel 3 disajikan data karakteristik Marshall campuran beton aspal yang dikaji. Terlihat bahwa VMA, VFB, dan Marshall Quotient (MQ) semua campuran yang menggunakan asbuton butir B 5/20 (AC-WC_{Asb.}), dengan kadar bahan pengisi 0%, 1,0%, 2,0%, dan 3,0% memenuhi spesifikasi (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020).

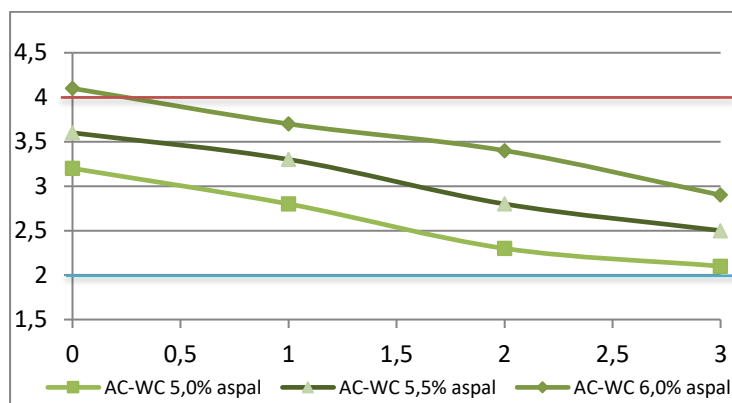
Hubungan antara stabilitas dan kadar bahan pengisi untuk semua campuran yang diamati disajikan pada Gambar 2. Nilai stabilitas meningkat hingga kadar bahan pengisi optimum dan kembali menurun bila bahan pengisi terus ditambahkan. Nilai stabilitas minimum menurut Spesifikasi Umum Bina Marga adalah 1000 kg (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020).

Hasil pengujian flow menunjukkan bahwa hanya 1 briket yang mempunyai nilai flow yang tidak memenuhi spesifikasi, yaitu briket dengan kadar aspal 6,0% dan kadar bahan

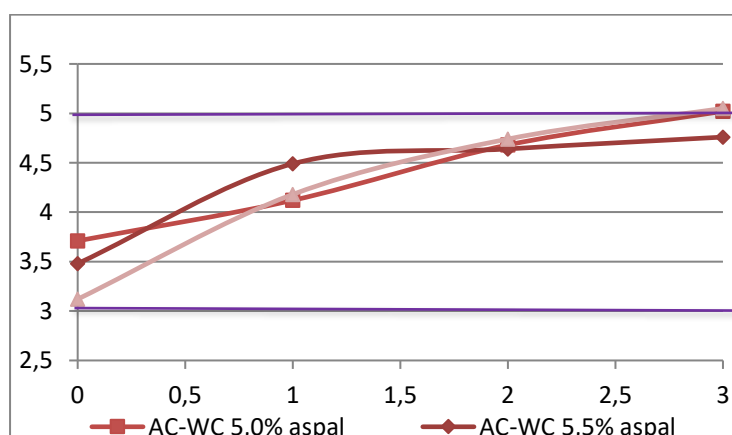
pengisi 0%, dengan nilai flow sebesar 4,1 mm. Nilai flow yang disyaratkan menurut Spesifikasi Umum Bina Marga adalah (2-4) mm (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020). Hubungan antara flow dan kadar bahan pengisi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2 Hubungan Stabilitas dengan Kadar Bahan Pengisi AC-WC_{Asb}



Gambar 3 Hubungan Flow dengan Kadar Bahan Pengisi AC-WC_{Asb}



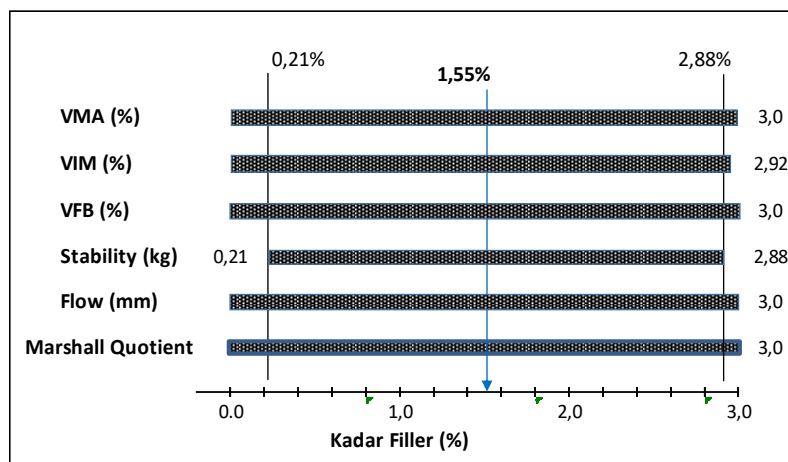
Gambar 4 Hubungan VIM dengan Kadar Bahan Pengisi AC-WC_{Asb}

Untuk VIM, hanya 2 briket yang tidak memenuhi spesifikasi, yaitu briket dengan kadar aspal 5% serta kadar bahan pengisi batu karang 3,0% (VIM sebesar 5,02%) dan briket dengan kadar aspal 6% serta kadar bahan pengisi batu gunung 3,0% (VIM sebesar 5,05%). Nilai VIM yang disyaratkan pada spesifikasi Bina Marga adalah (3-5)%. Hubungan antara VIM dengan kadar bahan pengisi dapat dilihat pada Gambar 4.

Pembahasan dan Penentuan Kadar Bahan Pengisi Optimum

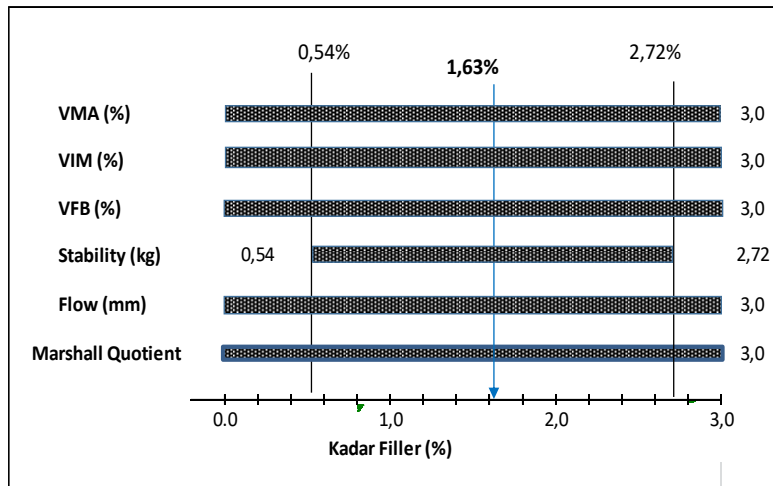
Pada Gambar 5 disajikan hasil pengujian Marshall bagi AC-WC_{Asb.} berkadar aspal 5,0%. Terlihat bahwa VMA, VFB, Flow, dan Marshall Quotient memenuhi spesifikasi bila campuran ditambah bahan pengisi sampai dengan 3,0%. Tetapi VIM, pada campuran AC-WC_{Asb.} dengan kadar aspal 5,0% yang ditambah bahan pengisi 3,0% bernilai 5,02%, yang mana nilai ini melampaui batas spesifikasi, yaitu maksimum 5,0% (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020).

Demikian pula dengan nilai stabilitas, beberapa nilai stabilitas benda uji kurang dari nilai minimum menurut spesifikasi, yaitu 1.000 kg. Dari interpolasi diperoleh kadar bahan pengisi yang masih menghasilkan stabilitas yang memenuhi spesifikasi adalah 0,21% hingga 2,88%. Dengan demikian diperoleh kadar bahan pengisi optimum adalah 1,55% (lihat Gambar 5).

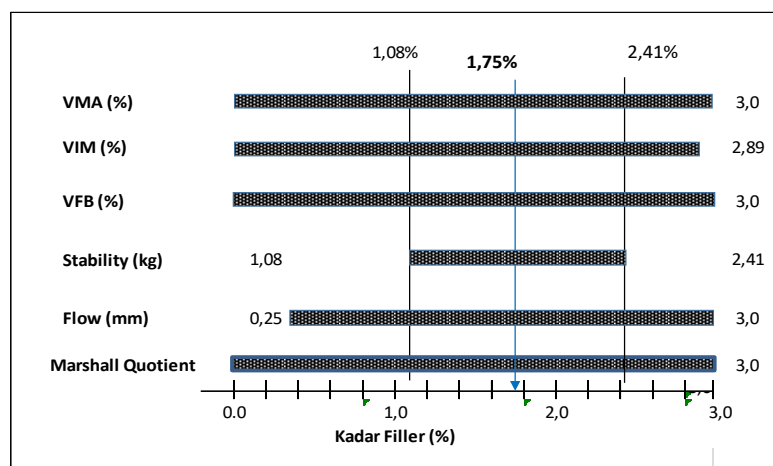


Gambar 5 Penentuan Kadar Bahan Pengisi Optimum Campuran dengan Kadar Aspal 5,0%

Hasil pengujian Marshall untuk campuran bagi AC-WC_{Asb.} dengan kadar aspal 5,5% dapat dilihat pada Gambar 6. Terlihat bahwa VMA, VIM, VFB, Flow, dan MQ memenuhi spesifikasi apabila ditambah bahan pengisi sampai dengan 3,0%. Tetapi tidak demikian dengan stabilitas campuran, karena terdapat nilai stabilitas yang tidak memenuhi spesifikasi, yaitu minimum 1.000 kg (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020). Dengan interpolasi diperoleh kadar bahan pengisi yang memberikan nilai stabilitas yang memenuhi spesifikasi adalah 0,54% dan 2,72%. Dengan demikian didapat kadar bahan pengisi optimum adalah 1,63% (lihat Gambar 6).



Gambar 6 Penentuan Kadar Bahan Pengisi Optimum Campuran dengan Kadar Aspal 5,5%



Gambar 7 Penentuan Kadar Bahan Pengisi Optimum Campuran dengan Kadar Aspal 6,0%

Pada Gambar 7 hasil uji Marshall bagi AC-WC_{Asb}. berkadar aspal 6,0%. Hanya VMA, VFB, dan MQ yang memenuhi spesifikasi bila ditambahkan bahan pengisi hingga 3,0%. Penambahan bahan pengisi 3,0% memberikan nilai VIM sebesar 5,05%, yang mana nilai ini melampaui batas spesifikasi, yaitu maksimum 5,0% (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020). Dengan interpolasi diperoleh kadar bahan pengisi yang memberikan nilai VIM yang memenuhi spesifikasi adalah 2,89%. Nilai flow campuran AC-WC_{Asb}. dengan kadar aspal 6,0% aspal tanpa tambahan bahan pengisi (atau kadar bahan pengisi 0%) adalah 4,1 mm, yang mana nilai ini melampaui batas spesifikasi, yaitu maksimum 4,0 mm (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020). Dengan interpolasi, diperoleh kadar bahan pengisi minimum yang memberikan nilai flow yang memenuhi spesifikasi adalah 0,25%. Demikian pula dengan stabilitas. Campuran tanpa bahan pengisi (bahan pengisi 0%) maupun campuran dengan bahan pengisi 3,0% memberikan nilai stabilitas berturut-turut sebesar 852,0 kg dan 942,0 kg, yang mana kedua nilai ini kurang dari yang disyaratkan dalam spesifikasi, yaitu minimum 1.000 kg (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020). Dengan cara interpolasi,

diperoleh kadar bahan pengisi yang memberi stabilitas yang memenuhi spesifikasi adalah 1,08% dan 2,41%. Dengan demikian diperoleh kadar bahan pengisi optimum adalah 1,75% (lihat Gambar 7).

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, diketahui bahwa bahan pengisi batu karang asal Dusun Taeno, Ambon, dapat dipakai sebagai bahan pengisi campuran Laston Lapis Aus Asbuton. Kadar aspal pada campuran AC-WC_{Asb.} diketahui berpengaruh terhadap kadar bahan pengisi optimum campuran AC-WC_{Asb.} tersebut. Kadar bahan pengisi optimum untuk campuran dengan kadar aspal 5,0%, 5,5%, dan 6,0% adalah 1,55%, 1,63%, dan 1,75%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada studi ini dikaji penggunaan bahan pengisi batu karang terhadap karakteristik campuran beton aspal lapis aus asbuton (AC-WC_{Asb.}). Bahan pengisi yang digunakan berasal dari batu karang yang terdapat di Dusun Taeno, Ambon.

Penelitian ini menunjukkan bahwa bahan pengisi batu karang, yang berasal dari Dusun Taeno, dapat digunakan sebagai bahan pengisi untuk campuran lapis beton aspal lapis aus asbuton (AC-WC_{Asb.}). Dari analisis yang dilakukan, disimpulkan bahwa kadar aspal campuran AC-WC_{Asb.} berpengaruh terhadap kadar bahan pengisi yang dapat ditambahkan dalam campuran. Semakin tinggi nilai kadar aspal pada campuran AC-WC_{Asb.}, semakin tinggi pula kadar bahan pengisi optimum yang dapat ditambahkan pada campuran tersebut. Kadar bahan pengisi optimum yang dapat ditambahkan pada campuran AC-WC_{Asb.} yang dibuat dengan kadar aspal 5,0%, 5,5%, dan 6,0% berturut-turut adalah 1,55%, 1,63%, dan 1,75%.

DAFTAR PUSTAKA

- Almuizza, K. 2022. *Pengaruh Penggunaan Filler Batu Karang pada Campuran Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC)*. Disertasi (tidak diterbitkan). Padang: Universitas Andalas.
- Badan Pelaksanaan Jalan Nasional (BPJN) Maluku. 2023. *Laporan Hasil Pengujian Material dan Desain Mix Formula Laston Lapis Aus Asbuton Paket Preservasi Jalan Piru-Kairatu-Waiselan-Latu-Liang*. Laboratorium Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Maluku. Ambon.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. *Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi*. Los Angeles; SNI 2417:2008. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. *Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah*; SNI 1966:2008. Jakarta.

- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2020. *Spesifikasi Umum 2018 Revisi-2*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta.
- Miftahulhair, M., Muhlis, M.R., Alifuddin, A., dan Bulgis, B. 2022. *Pengaruh Penambahan Abu Batu Karang terhadap Durabilitas pada Campuran Aspal Beton*. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Sipil, 4 (2): 128–136.
- Sihombing, S., Rodji, A.P., dan Akbar, J.A. 2019. *Analisis Penggunaan Serbuk Batu Karang Sebagai Filler pada Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Universitas Krisnadwipayana: 368–375.
- Walalayo, R. 2023. *Pengaruh Penambahan Filler Batu Karang terhadap Karakteristik Marshall Campuran Laston Lapis Aus Asbuton (AC-WC_{Asb})*. Skripsi Mahasiswa D4 tidak diterbitkan. Ambon: Program Studi Teknik Konstruksi Jalan dan Jembatan, Politeknik Negeri Ambon.
- Wibowo, P. dan Mabui, D.S. 2023. *Karakteristik Marshall pada Campuran Aspal HRS-WC dengan Menggunakan Filler Batu Karang*. Universitas Yapis Papua: Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil, 1 (1): 477–486.