

Studi Kelayakan Penggunaan Material Lokal Berupa Agregat Kasar dan Agregat Halus di Kabupaten Jayapura Sebagai Bahan Dasar *Stone Matrix Asphalt* (SMA) Kasar

Muhammad Arie Nugraha^{*1}, Bahtiar², Davy I.R. Jansen³

^{*1} Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas Cenderawasih, Jayapura, Indonesia

^{2,3} Dosen Teknik Sipil, Universitas Cenderawasih, Jayapura, Indonesia

Korespondensi Penulis : arie.nugraha2196@gmail.com

ABSTRACT : *Flexible pavement is the most widely used pavement in Indonesia. There are three types of hot mix asphalt in Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Rev. 2, including Asphalt Concrete (AC), Thin Layer Asphalt Concrete (Hot Rolled Sheet, HRS) and Stone Matrix Asphalt (SMA). Of the three types of hot mix asphalt Stone Matrix Asphalt has advantages but is rarely used in Indonesia, especially in Papua. This is what then motivated the author to raise the research topic to find out whether local materials in the Jayapura Regency area can be utilized as a basic material for Rough Stone Matrix Asphalt (SMA). This research was conducted at the BPJN Jayapura Testing Laboratory with asphalt levels of 5.5%, 6.0%, 6.5%, 7.0% and 7.5%. Coarse aggregate in the form of crushed stone and stone ash was obtained from Kampung Harapan, Jayapura Regency while sand was obtained from River at Waibu District Jayapura Regency and filler from stone ash. The results of the water absorption test stated that the aggregate from Kampung Harapan had a value greater than 2% and sand 0.872%. The marshall test results showed that the stability and flow values continued to increase with the addition of asphalt content and decreased at 7.5% asphalt content. While the Void In Mix value decreased with the addition of asphalt content and the Void In Mineral Aggregate value continued to increase with the addition of asphalt content although it was still below the standard. Optimum Asphalt Content is obtained with a value of 6.13%. The residual strength index is 84.77%. As for the price difference between Stone Matrix Asphalt Rough is more expensive by 15.02% compared to the Intermediate Layer Laston (AC - BC).*

Keywords: *Jayapura Regency, Stone Matrix Asphalt, Flexible Pavement, Road*

ABSTRAK : *Perkerasan jalan tipe lentur merupakan perkerasan yang paling banyak dipakai di Indonesia. Terdapat tiga jenis campuran beraspal panas yang ada di dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Rev. 2 antara lain Lapis Aspal Beton (Asphalt Concrete, AC), Lapis Tipis Aspal Beton (Hot Rolled Sheet, HRS) dan Stone Matrix Asphalt (SMA). Dari ketiga jenis campuran beraspal panas tersebut Stone Matrix Asphalt memiliki keunggulan namun jarang digunakan di Indonesia terutama di Papua. Hal inilah yang kemudian melatarbelakangi Penulis mengangkat topik penelitian untuk mengetahui apakah material lokal di daerah Kabupaten Jayapura dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar Stone Matrix Asphalt Kasar. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengujian BPJN Jayapura dengan kadar aspal 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,0% dan 7,5%. Agregat kasar berupa batu pecah dan abu batu didapatkan dari Kampung Harapan, Kab. Jayapura sementara pasir didapatkan dari Sungai di Distrik Waibu, Kab. Jayapura dan filler dari debu batu. Hasil pengujian penyerapan air (Absorsi) menyatakan bahwa agregat dari Kampung Harapan memiliki nilai lebih besar dari 2% dan pasir 0,872%. Hasil pengujian marshall menunjukkan nilai stabilitas dan flow/Kelelahan yang terus meningkat seiring dengan penambahan kadar aspal dan menurun pada kadar aspal 7,5%. Sementara nilai Void In Mix mengalami penurunan seiring dengan penambahan kadar aspal dan nilai Void In Mineral Aggregate terus bertambah seiring penambahan kadar aspal meskipun masih berada di bawah standar. Kadar Aspal Optimum didapatkan dengan nilai 6,13%. Indeks Kekuatan Sisa berada di angka 84,77%. Sedangkan untuk selisih harga antara Stone Matrix Asphalt Kasar lebih mahal sebesar 15,02% dibandingkan dengan Laston Lapis Antara (AC – BC).*

Kata kunci: *Kabupaten Jayapura, Stone Matrix Asphalt, Perkerasan Lentur, Jalan*

1. PENDAHULUAN

Perkerasan jalan tipe lentur merupakan perkerasan yang paling banyak dipakai di Indonesia. Perkerasan lentur sendiri merupakan perkerasan yang menjadikan bahan aspal sebagai pengikat antar komponen pendukungnya. Di Indonesia terdapat 3 (tiga) jenis campuran

beraspal panas yang masuk dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian PUPR. Ketiga jenis campuran beraspal yang ada di dalam Spesifikasi tersebut antara lain Lapis Aspal Beton (*Asphalt Concrete, AC*), Lapis Tipis Aspal Beton (*Hot Rolled Sheet, HRS*) dan *Stone Matrix Asphalt (SMA)*. Namun dari ketiga jenis perkerasan jalan ini, penggunaan *Stone Matrix Asphalt* di Provinsi Papua masih belum ada. Hal inilah yang kemudian melatarbelakangi Penulis mengangkat topik penelitian untuk mengetahui apakah material lokal di daerah Kabupaten Jayapura dapat dimanfaatkan untuk membuat campuran beraspal panas *Stone Matrix Asphalt Kasar*

2. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan Kota Jayapura Provinsi Papua. Pengujian benda uji material dan pembuatan sampel campuran beraspal dilakukan di Laboratorium Pengujian Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Jayapura. Sampel material kasar berupa batu pecah ukuran 2,5 cm – 1 cm, 0,5 cm – 1 cm serta abu batu diambil dari hasil mesin *stone chruser* milik PT. Bintang Mas yang berada di Kampung Harapan, Distrik Sentani Timur, Kabupaten Jayapura, Provinsi Papua dengan lokasi geografis 2°34'37,71" lintang selatan, 140°33'59,73" bujur timur

Sampel material agregat halus berupa pasir diambil dari salah satu lokasi penambangan pasir yang berada pada sungai di Distrik Waibu, Kabupaten Jayapura, Provinsi Papua dengan lokasi geografis 2°32'35.43" lintang selatan, 140°26'36.06" bujur timur



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Material Agregat Kasar dan Abu Batu

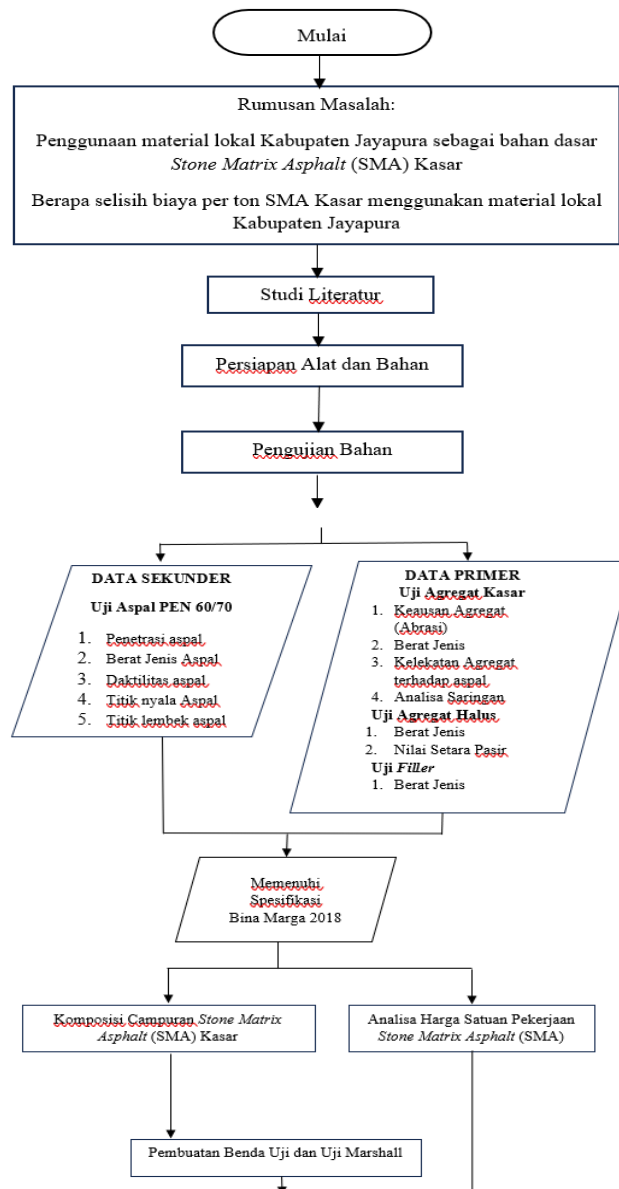
Sumber: Google Earth. 2023



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Pasir

Sumber: Google Earth. 2023

Tahapan Penelitian





Gambar 3. Flowchart Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Agregat

1) Pengujian Abrasi (*Los Angeles*)

Tabel 1. Hasil Pengujian Keausan Agregat

Saringan		Berat dan Gradasi Benda Uji	
Lolos	Tertahan	Benda Uji 1	Benda Uji 2
3 / 4 "	1 / 2 "	2500	2500
1 / 2 "	3 / 8 "	2500	2500
Jumlah Berat (gram) (A)		5000	5000
Berat Tertahan Saringan No. 12 (gram) (B)		4727,8	3973,5
Jumlah Bola Besi		11	11
Jumlah Tumbukan		100	500
Berat yang Aus (gram) (C = A – B)		272,2	1026,5
Berat yang Aus (%)		5,44	20,53
Syarat (Maksimal) (%)		6	30
Keterangan		Memenuhi Syarat	Memenuhi Syarat

Berdasarkan data di atas didapatkan bahwa nilai keausan untuk material kasar memenuhi syarat yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Rev. 2

2) Pengujian Penyerapan dan Pengelupasan Pada Campuran Agregat – Aspal

Pengujian ini mengacu pada peraturan SNI 2439:2011 tentang Cara Uji Penyerapan dan Pengelupasan Pada Campuran Agregat – Aspal. Tujuan daripada pengujian ini adalah mengetahui luas permukaan agregat yang diselubungi oleh aspal terhadap permukaan agregat yang dinyatakan dalam persentase. Syarat yang diperlukan adalah minimal 95% permukaan

agregat terlapis oleh aspal. Hasil pengujian ini diobservasi secara visual dengan hasil 98% agregat yang ada terselimuti oleh aspal.

3) Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air pada Agregat

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan hasil seperti di bawah ini

Tabel 2. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Pada Agregat

Jenis Agregat	Berat Jenis (Bulk)	Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)	Berat Jenis Semu (App)	Penyerapan
Batu 2,5 - 1	2,532	2,695	2,703	2,492
Batu 1 – 0,5	2,529	2,593	2,702	2,526
Abu Batu	2,576	2,637	2,743	2,365
Pasir	2,577	2,60	2,635	0,827
Debu Batu (Filler)	2,71			

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa nilai penyerapan air pada agregat dari Kampung Harapan, Kabupaten Jayapura tidak memenuhi persyaratan yaitu maksimal sebesar 2%. Sementara material pasir masih memenuhi syarat.

4) Pengujian Setara Pasir Yang Mengandung Bahan Plastik

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada agregat berupa abu batu dan pasir, didapatkan nilai setara pasir pada kedua material tersebut berada di angka 70,60% untuk material pasir dan 54,92% untuk material abu batu. Hal ini membuat kedua material memenuhi persyaratan yaitu minimal 50% dari Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Rev. 2

Gradasi Agregat

Pada penelitian ini nilai gradasi yang digunakan merupakan nilai tengah sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2. Penggunaan nilai tengah gradasi ini dimaksudkan agar gradasi yang digunakan adalah gradasi yang paling ideal mengingat belum ada nya penelitian yang membahas tentang *Stone Matrix Asphalt* di wilayah Papua. Adapun nilai gradasi yang digunakan dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 3. Gradasi Gabungan

Ukuran Saringan		Lolos Saringan (%)		
inch	mm	Spesifikasi		Gradasi Campuran
		Min	Max	
1"	25	100		-
3/4"	19	90	100	95
1/2"	12,5	50	88	69
3/8"	9,5	25	60	42,5
No.4	4,75	20	28	24
No.8	2,36	16	24	20
No.200	0,075	8	11	9,5
Pan				

Komposisi Bahan *Stone Matrix Asphalt*

Tabel 4. Rencana Komposisi Gabungan

Kadar Aspal	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%	7,5%
Berat Agregat (gr)	1134	1128	1122	1116	1110
Berat Aspal (gr)	66	72	78	84	90
Berat Campuran (gr)	1200	1200	1200	1200	1200

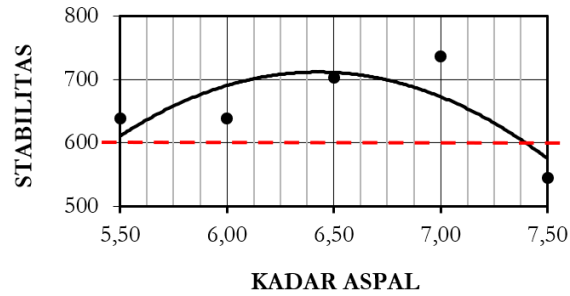
Stabilitas

Tabel 5. Hasil Rata – rata Pengujian Stabilitas

Kadar Aspal (%)	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
Stabilitas (kg)	638,36	638,23	702,80	736,29	544,85
Persyaratan (kg)	Minimal 600				

Dari data di atas didapatkan bahwa nilai stabilitas terus mengalami kenaikan mulai dari kadar aspal 6,0% sampai dengan puncaknya pada kadar aspal 7,0%. Pada kadar aspal 7,5% stabilitas mulai mengalami penurunan bahkan sampai di bawah standar yang ditetapkan.

Hal ini dikarenakan fungsi aspal pada campuran adalah sebagai pengisi dan pelumas. Aspal berfungsi untuk mengisi rongga pori pada agregat dan juga dicelah antar agregat serta sebagai pelumas pada saat pemadatan sehingga agregat dapat dengan mudah dipadatkan. Kadar aspal yang terlalu tinggi menyebabkan daya ikat menjadi lemah sehingga kekuatan campuran aspal untuk memikul beban menjadi rendah.



Gambar 4. Grafik Nilai Stabilitas

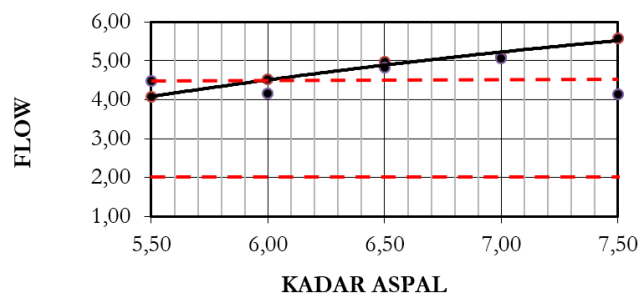
Flow/Kelelehan

Tabel 6. Hasil Rata – rata Pengujian *Flow*

Kadar Aspal (%)	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
Stabilitas (mm)	4,47	4,16	4,82	5,06	4,13
Persyaratan (mm)	2 – 4,5				

Berdasarkan dari tabel di atas didapatkan bahwa nilai *flow* terus bertambah mulai dari kadar aspal 6% sampai dengan 7%. Sementara pada kadar aspal 7,5% mengalami penurunan.

Hal ini selaras dengan nilai stabilitas yang terus meningkat. Hal ini disebabkan seiring bertambahnya kadar aspal maka campuran akan menjadi semakin plastis sehingga besarnya deformasi pada saat menerima beban meningkat. Bertambahnya kadar aspal dalam campuran yang menyebabkan aspal menjadi lembek, sehingga deformasi yang terjadi semakin besar dimana hal tersebut menyebabkan nilai *flow* bertambah. (Hassanoessi, 1983)



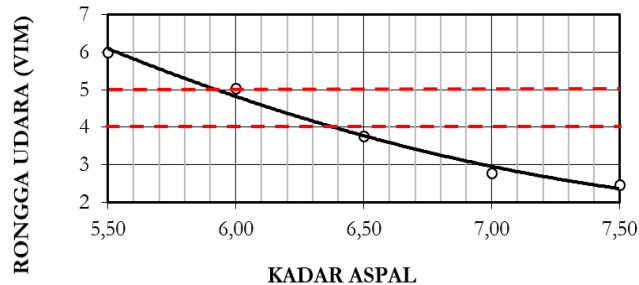
Gambar 5. Grafik Nilai *Flow*

Void In Mix (VIM)

Tabel 7. Hasil Rata – Rata Pengujian *Void In Mix*

Kadar Aspal (%)	5,5	6,0	6,50	7,0	7,5
VIM (%)	6,00	5,02	3,76	2,77	2,45
Persyaratan (%)	4 – 5				

Dari data di atas, didapatkan bahwa nilai *Void In Mix* akan terus berkurang seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini karena aspal bersifat mengisi rongga pada campuran sehingga semakin tinggi kadar aspal maka kadar rongga udara dalam campuran akan semakin kecil terisi oleh aspal



Gambar 6. Grafik Nilai *Void In Mix*

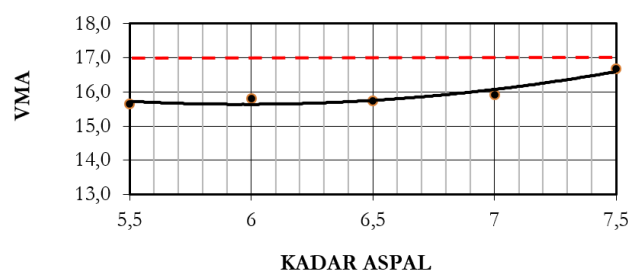
Void In Mineral Aggregate (VMA)

Tabel 8. Hasil Rata – Rata Pengujian

Void In Mineral Aggregate

Kadar Aspal (%)	5,5	6,00	6,5	7,0	7,5
VMA (%)	15,64	15,81	15,74	15,92	16,68
Persyaratan (%)	Min 17				

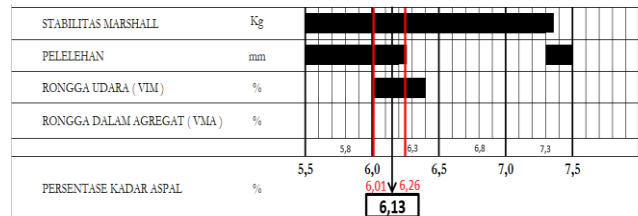
Void In Mineral Aggregate merupakan banyaknya rongga di antara butir – butir agregat di dalam beton aspal padat, dinyatakan dalam persentase. *Void In Mineral Aggregate* akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal, atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka (Sukirman, 2016). Namun dari hasil pengujian nilai *Void In Mineral Aggregate* belum memenuhi syarat karena berada dikisaran nilai 15%. Faktor-faktor yang mempengaruhi *Void In Mineral Aggregate* antara lain struktur/distribusi target gradasi (jumlah fraksi agregat dalam campuran), ukuran diameter butir terbesar, energi pemadat, kadar aspal, tekstur permukaan, bentuk butiran, dan serapan air oleh agregat. (Fithra, 2018)



Gambar 7. Grafik Nilai *Void In Mineral Aggregate*

Kadar Aspal Optimum (KAO)

Berdasarkan hasil analisis karakteristik di atas, dapat ditentukan kadar aspal yang memiliki banyak kesesuaian dengan kriteria yang ditetapkan. Pada hal ini terdapat 4 (empat) kriteria yang dapat dinilai yaitu stabilitas, *flow* /kelelehan, *Void In Mix* dan *Void In Mineral Aggregate*



Gambar 7. Diagram Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan pada gambar di atas, didapatkan bahwa irisan terbanyak yang karakteristik campurannya memenuhi syarat berada diantara kadar aspal 6,01% sampai dengan 6,26% sehingga didapatkan nilai tengah 6,13% yang digunakan sebagai Kadar Aspal Optimum (KAO).

Pengujian Marshall Sisa

Tabel 9 Hasil Pengujian Marshall Sisa

Marshall perendaman 30 menit suhu 60°C				
No.	Kadar Aspal (%)	Pembacaan Arloji (Kg)	Koreksi Volume	Stabilitas (Kg)
1	6,13	738,0	1,00	738,0
2	6,13	670,8	1,00	670,8
3	6,12	610,5	1,00	610,5
Rata – Rata (a)				673,1
Marshall perendaman 24 Jam suhu 60°C				
No.	Kadar Aspal (%)	Pembacaan Arloji (Kg)	Koreksi Volume	Stabilitas (Kg)
1	6,13	560,4	1,00	560,4
2	6,13	523,3	1,00	523,3
3	6,13	627,9	1,00	627,9
Rata – Rata (b)				570,6
Indeks Kekuatan Sisa (%)		(b)/(a)x100		84,77
Spesifikasi (min) (%)				90

Berdasarkan data di atas, diketahui bahwa Indeks Kekuatan Sisa berada di angka 84,77% yang berarti nilai ini berada di bawah persyaratan yang tertera di Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Rev. 2 yaitu sebesar $\geq 90\%$. Hal ini membuktikan bahwa air mempunyai pengaruh yang besar terhadap ketahanan dari campuran tersebut.

Perbandingan Harga Satuan Pekerjaan

Perhitungan perbandingan harga antara *Stone Matrix Asphalt* Kasar dengan Laston Lapis Antara (AC-BC) dilakukan dengan menggunakan aplikasi AHSP Bina Marga Versi 5.0 yang berbasis microsoft excel. Adapun dalam perhitungan ini dilakukan perbandingan Harga Satuan Pekerjaan item pekerjaan *Stone Matrix Asphalt* Kasar dengan Laston Lapis Antara (AC – BC) pada *Owner Estimate* (OE) Pembangunan Jalan Akses Jembatan Holtekamp (Sisi Holtekamp) (MYC) yang berada di Satuan Kerja PJN Wilayah I Provinsi Papua (Jayapura). Adapun Komponen pembentuk harga satuan dijabarkan pada tabel di bawah ini

Tabel 10. Perbandingan Harga Satuan Pekerjaan *Stone Matrix Asphalt* Kasar dan Laston Lapis Antara AC-BC

<i>Stone Matrix Asphalt</i> (SMA) Kasar		
No.	Komponen	Jumlah Harga
1	Tenaga Kerja	Rp 5.712,26
2	Bahan	Rp 1.433.049,52
3	Peralatan	Rp 306.518,76
A	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Peralatan	Rp 1.745.280,53
B	Overhead dan Profit (10%)	Rp 174.528,05
C	Harga Satuan Pekerja (A+B)	Rp 1.919.808,59
Laston Lapis Antara (AC – BC)		
No.	Komponen	Jumlah Harga
1	Tenaga Kerja	Rp 5.712,26
2	Bahan	Rp 1.248.188,66
3	Peralatan	Rp 263.418,84
A	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Peralatan	Rp 1.517.319,76
B	Overhead dan Profit (10%)	Rp 151.731,98
C	Harga Satuan Pekerja (A+B)	Rp 1.669.051,74

Berdasarkan hal tersebut maka harga satuan pekerjaan *Stone Matrix Asphalt* Kasar sebesar Rp 1.919.808,58 (termasuk Overhead dan profit 10%) lebih mahal 15,02% dibandingkan dengan harga satuan pekerjaan Laston Lapis Antara (AC-BC) yang berada di angka Rp 1.669.051,74 (termasuk Overhead dan profit 10%).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik dari material lokal Kabupaten Jayapura berupa agregat kasar dan abu batu yang berasal dari Kampung Harapan, Kabupaten Jayapura memiliki tingkat keausan yang masih memenuhi spesifikasi. Namun, untuk nilai penyerapan air (*absorsi*) material tersebut berada di atas 2% sehingga tidak memenuhi spesifikasi. Sementara material pasir yang berasal dari Sungai di Distrik Waibu, Kabupaten Jayapura memenuhi spesifikasi berupa nilai setara pasir lebih dari 50% dan nilai penyerapan air (*absorsi*) sebesar 0,872%.
2. Hasil uji Marshall didapatkan karakteristik sebagai berikut:
 - a. Stabilitas pada campuran *Stone Matrix Asphalt* Kasar terus mengalami kenaikan seiring dengan penambahan kadar aspal dan menurun pada kadar aspal 7,5%
 - b. *Flow*/Kelelehan pada campuran *Stone Matrix Asphalt* Kasar terus mengalami kenaikan seiring dengan penambahan kadar aspal
 - c. Nilai *Void In Mix* (VIM) pada campuran *Stone Matrix Asphalt* Kasar terus mengalami penurunan seiring dengan penambahan kadar aspal
 - d. Nilai *Void In Mineral Aggregate* (VMA) pada campuran *Stone Matrix Asphalt* Kasar berada direntang 15 – 16%. Hal ini belum memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan yaitu minimal sebesar 17%
 - e. Didapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,13%
3. Indeks Kekuatan Sisa (IKS) yang didapatkan dengan menggunakan kadar aspal 6,13% adalah sebesar 84,77%. Nilai ini berada di bawah persyaratan yang tertera di Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Rev. 2 yaitu sebesar $\geq 90\%$
4. Berdasarkan hasil perhitungan dengan pembandingan dari Owner Estimate (OE) berupa lapis perkerasan Laston Lapis Antara (AC-BC) di paket Pembangunan Jalan Akses Jembatan Holtekamp (Sisi Holtekamp) (MYC) didapatkan bahwa harga satuan pekerjaan *Stone Matrix Asphalt* Kasar lebih mahal sebesar 15,02% dibandingkan harga satuan pekerjaan Laston Lapis Antara (AC-BC)

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2015, *Spesifikasi Stone Matrix Asphalt (SMA)* (SNI 8129:2015), Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim, 2020, *Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)*, Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian PUPR.
- Dewi, Sri Rohlia Kurnia, 2019, *Karakteristik Campuran Stone Matrix Asphalt Dengan Bahan Tambah Viatop66 Menggunakan Variasi Filler Abu Batu Dan Batu Bata*, Universitas Mataram, Mataram.
- Fithra, Herman, 2018, *Hubungan Antara Konsistensi Perancangan, Pelaksanaan dan Pengendalian Mutu Aspal Beton*, Unimal Press, Lhokseumawe
- Grace, Rachman, R., & Alpius, 2021, *Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Pada Campuran Stone Matrix Asphalt Halus*, Paulus Civil Engineering Journal, 3(4), 499–506. <https://doi.org/10.52722/pcej.v3i4.329>
- Jansen, R. A., Ali, N., & Rachman, R., 2021, *Pemanfaatan Batu Sungai Sa'dan Toraja Utara Sebagai Campuran Stone Matrix Asphalt Halus*, Paulus Civil Engineering Journal, 2(4), 314–320. <https://doi.org/10.52722/pcej.v2i4.195>
- Lake, A. G., Djakfar, L., Zaika, Y., 2010, *Kinerja Campuran Split Mastic Asphalt Dengan*. Jurnal Rekayasa Sipil, 4(3), 175–184.
- Maimun, Rizky, 2022, *Durabilitas Stone Mastic Asphalt (SMA)*, Universitas Lampung, Bandar Lampung
- Maryoko, T., 2015, *Analisis Uji Kuat Tekan Beton Terhadap Gradasi Pasir Pada Beberapa Segmen Sungai Klawing, Purbalingga*. Universitas Muhammadiyah Purwokerto
- Prasetya, B. A., 2015, *Pengaruh variasi temperatur terhadap karakteristik campuran aspal menggunakan metode uji marshall*, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, 1, 1–476.
- Purbanto, I. G. R., Thanaya, I. N. A., Dewi, N. K. S. S., 2022, *Analisis Karakteristik Campuran Stone Matrix Asphalt (SMA) Dengan Serat Selulosa Serabut Kelapa*, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil · A Scientific Journal Of Civil Engineering, Vol. 26 No. 1.
- Sepang, Hady Pranata, 2020, *Pemanfaatan Batu Gunung Allak Kecamatan Sesean Toraja Utara Dalam Campuran Stone Matrix Asphalt (SMA) Kasar*, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar
- Sihaloho, Roy Chandara, 2023, *Pengaruh Penggunaan Serbuk Zeolit Dan Serbuk Kinang Jingkion Sebagai Pengganti Filler Terhadap Campuran ASPal Panas (HRS-WC)*, Universitas Cenderawasih, Jayapura
- Sukirman, S., 2016, *Beton Aspal Campuran Panas*, Institut Teknologi Nasional, Bandung
- Utami, Pramurti Dewi, 2018, *Perancangan Laboratorium Campuran Stone Matrix Asphalt (SMA) Menggunakan Aspal Shell Pen 60/70 Dan Aspal Modifikasi Elvaloy*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Zamroni, Marlindo, Joko., 1999, *Evaluasi Penggunaan Pasir Putih Sebagai Pengganti Agregat Halus Pada Split Mastic Asphalt (SMA) Grading 0/11 Terhadap Karakteristik Campuran*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.