

Pengaruh Bahan Tambah Serat *Polypropylene* (Fiber) Pada Campuran SMA Halus

Johan Reskianus Murni ^{*1a}, Alpius ^{*2}, Herman Welem Tanje ^{*3}

Submit :
21 Januari 2024

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia johanreskianus@gmail.com

Review :
28 Januari 2024

^{*2} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia alpiusnini@gmail.com

Revised :
28 Maret 2024

^{*3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia hwtanje@ukipaulus.ac.id

Published:
6 Juni 2024

^aCorresponding Author: johanreskianus@gmail.com

Abstrak

Stabilitas aspal adalah faktor utama dalam mengurangi kerusakan jalan. SMA adalah salah satu jenis aspal yang ada dan digunakan sebagai lapisan atas perkerasan yang menerima tekanan lalu lintas kendaraan. Ini adalah jenis aspal panas yang dapat digunakan sebagai lapis permukaan karena memiliki beberapa manfaat bagi pengendara, seperti ketahanan gelincir. Penelitian ini dimaksudkan untuk pengujian penggunaan Serat *Polypropylene* (Fiber) pada campuran SMA Halus. Hasil penelitian ini melalui pengujian *Marshall* Konvensional diperoleh campuran SMA Halus dengan variasi bahan tambah serat *Polypropylene* (Fiber) 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dengan kadar Aspal 7%. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa bahan tambah sangat mempengaruhi nilai parameter *Marshall*. Dari hasil penelitian ini memenuhi spesifikasi yang disyaratkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yang mengacu pada SNI 06-2489-1991 mengenai uji campuran beraspal dengan Alat *Marshall*. Uji *Marshall* Konvensional.

Kata kunci : Karakteristik, SMA Halus, *Marshall*, Serat *Polypropylene*

Abstract

Road damage that occurs is usually influenced by the stability of the asphalt. One of the several types of pavement that exists and is the top layer of pavement that receives loads from vehicle traffic is stone mastic asphalt (SMA) which is a kind of hot asphalt with multiple layer properties that can be applied as a surface layer and mixture offers drivers a number of advantages. due to its high level of skid resistance. This research attempts to assess the use of *Polypropylene* Fiber (Fiber) in Fine SMA mixtures. The results of this research, through conventional *Marshall* testing, obtained a mixture of Smooth SMA with a variety of added materials such as *Polypropylene* (Fiber) 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, with an asphalt content of 7%. It can be inferred from the research findings that additional materials greatly influence the *Marshall* parameter values. The results of this research meet the specifications required in the 2018 General Bina Marga Specifications referring to SNI 06-2489-1991 on the *Marshall* Tool's use in asphalt mixing tests.

Keywords : Characteristics, Fine SMA, *Marshall*, *Polypropylene* Fiber.

PENDAHULUAN

Banyak masyarakat yang menggunakan jalan untuk mempermudah aktivitas mereka karena jalan adalah alat transportasi penting bagi masyarakat. Di Indonesia, campuran aspal beton biasanya dipakai pada jalan dengan lalu lintas tinggi karena menciptakan lapisan perkerasan yang kedap udara dan tahan lama dan lebih hemat dari beton. Stabilitas aspal adalah faktor utama dalam mengurangi kerusakan jalan. SMA adalah salah satu jenis aspal yang ada dan dipakai dalam lapisan atas perkerasan yang menerima tekanan lalu lintas kendaraan. Ini adalah jenis aspal panas yang dapat digunakan sebagai lapisan karena dapat membantu pengendara, seperti ketahanan gelincir (*skid resistance*).

Untuk meningkatkan kinerja perkerasan, tidak cukup hanya menggunakan hotmix dan bahan yang berkualitas, campuran beraspal dapat dimodifikasi kimia, bahan alam, dan polimer. Adapun polimer (plastik) yang dapat digunakan adalah jenis serat *Polypropylene* pada umumnya digunakan dalam memproduksi bahan-bahan yang terbuat dari plastik. Penambahan serat fiber ini merupakan salah satu solusi untuk mengatasi ratak-retak yang mungkin terjadi pada tegangan tarik. Polypropylene digunakan karena menjadi serat yang keras, fleksibel, kuat, dan tahan terhadap bahan kimia. Oleh karena itu, polipropilen yang diharapkan dapat meningkatkan kinerja campuran dalam hal kepadatan, stabilitas, rongga dalam agregat, kekakuan (Karakteristik Marshall), nilai kuat tarik dan juga ketahanan aus.

Studi oleh Handayasari, pemeriksaan dilaboratorium menunjukkan jika komposisi 0,3% tambahan serat daun nanas serta 0,3 % serat ijuk pada campuran SMA menimbulkan angka durabilitas terbanyak, sebanyak 95,23%, dibanding dengan variasi penambahan persentase lainnya. Ini juga dapat membantu meningkatkan daya dukungan dan keawetan jalan. [1]. Hasil pengujian sifat campuran SMA kasar meliputi stabilitas, *flow*, VIM, dan VMA. Pembelian dari uji karakteristik agregat, aspal, dan *filler* yang seluruhnya mencapai peraturan untuk material perkerasan jalan dan batasan minimum 90% juga mencapai ketentuan yang telah ditetapkan.[2]. Tidak ada perubahan yang menimbulkan campuran yang mengikuti spesifikasi stabilitas; namun, dengan penambahan jaring, variasi panjang 0,36 cm sebesar 0,3% dari berat campuran secara keseluruhan, stabilitas dan MQ campuran meningkat hingga tingkat tertinggi. Koefisien sampel Marshall tanpa jaring meningkat 6%.[3]. Salah satu cara untuk mengurangi jumlah limbah ialah dengan memanfaatkan limbah-limbah tersebut ke dalam campuran perkerasan SMA Halus. Dalam pengujian ini, uji Marshall konvensional digunakan untuk mengukur kekuatan perkerasan. Angka stabilitas memperlihatkan angka tertinggi yaitu 916,54kg, untuk uji *flow* sebanyak 2,56mm, sedangkan angka VIM 4,00% dan VMA 17% dan memenuhi persyaratan acuan teknis.[4]. Pengujian marshall *immersion* pada KA 6%-7% dengan kenaikan 0,25% diciptakan nilai stabilitas, VIM, *flow*, dan VMA yang mencapai aturan yang telah ditentukan. Angka SMS sebanyak 98,54% pada saat KA 7% dan digolongkan mencapai aturan yang dijadikan acuan yaitu minimum lebih dari 90%.[5]. Kadar aspal untuk campuran ini diawali dengan KA 6% dan diakhiri dengan KA 7%, hasil uji Marshall untuk konsentrasi 7% adalah 96,30%, yang menunjukkan bahwa campuran itu bisa bertahan terhadap perendaman sepanjang satu hari.[6]. Karakteristik dasar campuran aspal digunakan untuk menyalakan variasi penambahan limbah plastik Polyethylene (PE) dengan LATASTON. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan stabilitas antara 10 dan 20 persen dan nilai kelelahan antara 3 dan 4 milimeter. Selain itu, indeks kekuatan sisa menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik Polyethylene (PE) dapat meningkatkan ketahanan terhadap kerusakan dengan persentase 0,55% dibandingkan dengan tanpa penambahan.[7]. Hasil uji perendaman Marshall menunjukkan sisa kestabilan dan daya tahan Marshall sebesar 95,45% mencapai ketentuan yang dijadikan acuan dalam pengujian dengan kadar limbah serat tebu optimum sebanyak 4,00%.[8]. Campuran SMA halus diuji dengan karakteristik campuran Marshall Konvensional. Persentase Stabilitas, Kelelahan (*flow*), VIM, dan VMA memenuhi spesifikasi, berdasarkan hasil uji Marshall *Immersion*. Dan juga nilai IP/IKS 92,02% menunjukkan bahwa campuran tahan terhadap waktu perendaman yang lama. [9]. Penambahan serat serabut kelapa menghasilkan

campuran yang kuat dan stabil yang tahan terhadap beban lalu lintas dan meningkatkan kinerja campuran Laston AC-BC.[10].

METODOLOGI

A. Lokasi Pengambilan Agregat

Lokasi tempat pengumpulan agregat berada di Sungai Lo'Ko Lemo, yang terletak di Kecamatan Rindingallo, Kabupaten Toraja Utara.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Material

B. Serat Fiber (Polypropylene)

Serat fiber polipropilena adalah bahan fiber komposit yang kuat namun ringan.



Gambar 2. Serat Fiber Polypropylene

C. Pembuatan Benda Uji Untuk Pencampuran SMA Halus

Untuk pemeriksaan atau uji Marshall ini, campuran beraspal panas (*Hot Mix*) SMA Halus yang terdiri dari 15 buah digunakan sebagai bahan uji. Takaran serat polipropilen sebagai bahan tambah adalah

0,1%, 2%, 3%, dan 4 %, dengan kadar aspal 7,00% dengan jumlah yang telah ditentukan. Variasi pencampuran yang dipakai pada studi ini berdasarkan pada gradasi yang sudah ditentukan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 untuk campuran SMA Halus.



Gambar 3. Benda Uji

Tabel 1. Jumlah Benda Uji

Campuran SMA Halus		
Kadar Aspal %	Kadar Serat <i>Polypropylene</i> (%)	Pengujian <i>Marshall</i> <i>Konvensional</i>
7,00	0	3
	1	3
	2	3
	3	3
	4	3
Total		15

D. Teknik Analisis Data

Beberapa bagian berikut menyajikan analisis data yang dilakukan pada penelitian ini:

a. Karakteristik Pencampuran SMA Halus

Karakteristik pencampuran SMA Halus dengan memanfaatkan bahan tambah serat *fiber Polypropylene* bisa didapatkan dengan uji *Marshall konvensional*, yang mana data yang diperoleh dari uji *Marshall konvensional* ialah data berat jenis pencampuran dan angka stabilitas, *flow*, VIM, VMA.

b. Pengaruh Serat Fiber (*Polypropylene*) Terhadap Karakteristik Campuran SMA Halus

Studi ini akan memeriksa hasil uji Marshall pada kadar serat serat untuk mengetahui apakah angka stabilitas, *flow*, VIM, dan VMA meningkat atau menurun.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Material

Tabel 2. Karakteristik Agregat

No	Pengujian	Metode	Spesifikasi Umum Bina Marga 2018		Hasil Penelitian	Keterangan	
			Min	Max			
1	Keausan Agregat				3,44	Memenuhi	
	Fraksi A	SNI 2417:2008	-	30	%		3,76
	Fraksi B						4,04
	Fraksi C						4,94
	Fraksi D						
2	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar			-		Memenuhi	
		SNI 1969:2008	2,5	-			2,54
	Bulk		2,5	-			2,56
	SSD		2,5	3	%		2,61
	Apparent Penyerapan		-				1,57
	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus		2,5	-		Memenuhi	
	Bulk	SNI 1970:2008	2,5	-	%		2,56
	SSD		2,5	- 3			2,61
	Apparent Penyerapan		-				1,11
3	Analisa Saringan					Memenuhi	
	3/4"	SNI ASTM 03-4142-2012					100
	1/2"						93,32
	3/8"						75,25
	No.4						34,26
	No.8						20,89
	No.16		-	-	%		-
	No.30		-	-			-
	No.50		-	-			-
	No.100		-	-			9,95
	No.200						0,00
	PAN						0.00
	4		Pemeriksaan Kadar Lumpur				
Sand Equivalent		SNI 03-4428-1997	50	-		95,79	
Kadar Lumpur			-	5			
	Partikel Pipih						
	3/4"	SNI T-01-	-	5	%		4,09
	1/2"						3,37

5	3/8"	2005 Perbandi ngan 1:5	-	5	%	4,76	Memenuhi
	1/4"					0,00	
	Partikel Lonjong						
	3/4"					4,77	
	1/2"					4,45	
	3/8"					3,35	
6	1/4"					0,00	Memenuhi
	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	SNI 2439-2011	95	-	%	>97	
7.	Uji Material Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	10		%	4,60	Memenuhi
7	Pemeriksaan Berat Jenis Filler Semen	SNI ASTM C117:2012	-	-	%	2,14	Memenuhi

Tabel 3. Karakteristik Aspal

Jenis Pengujian	Metode	Spesifikasi Bina Marga		Satuan	Hasil Pengujian	Keterangan
		Min	Maks			
Penetrasi pada 25°C	SNI 2456-2011	60	70	(0,1) mm	66,9	Memenuhi
Daktilitas	SNI 2432-2011	≥ 100		Cm	119,67	Memenuhi
Titik Lembek	SNI 2434-2011	≥ 48		°C	50,5	Memenuhi
Titik Nyala	SNI 2433-2011	≥ 232		°C	300	Memenuhi
Berat Jenis Aspal	SNI 2441-2011	≥ 1,0			1.044	Memenuhi
Penurunan Berat	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8		%	0.14	Memenuhi
Penetrasi pada TFOT	SNI 06-2456-1991	≥ 54		% semula	68,50	Memenuhi

B. Karakteristik Campuran

1. Analisa Terhadap Stabilitas

Kemampuan ketika menahan pembebanan lalu lintas dengan tidak menimbulkan perubahan bentuk disebut sebagai stabilitas, misalnya jalan, kemudian dinyatakan dalam satuan berat, atau kilogram.

Tabel 4. Nilai Stabilitas

Kadar Aspal (%)	7	7	7	7	7
Serat Fiber (%)	0	1	2	3	4
Stabilitas	940,57	1095,49	1150,82	1217,21	1250,41
	918,44	1062,29	1128,69	1195,08	1272,54

	907,38	1073,36	1117,62	1184,02	1283,61
Rata-Rata	922,13	1077,05	1132,38	1198,77	1268,85
Persyaratan	Min 750 (kg)				

Dengan menggunakan variasi Serat *Polypropylene* dari 0% - 4% didapatkan hasil dengan nilai terendah terdapat pada kadar 0% yaitu 922,13kg dan nilai tertinggi didapat pada kadar 4% yaitu 1268,85 kg. Seluruh angka Stabilitas dalam campuran SMA Halus mencapai ketentuan yang ditetapkan yaitu minimal nilai stabilitas 750kg. Menurut Grafik Hubungan Kadar Serat *Polypropylene* dengan Stabilitas bisa disimpulkan jika angka stabilitas mengalami kenaikan dari kadar abu 0% - 4%, Penambahan serat sampai 4% lebih mengalami peningkatan stabilitas. Hal ini dikarenakan oleh fakta bahwa serat *Polypropylene* yang dicampur dengan aspal meleleh di dalam campuran, meningkatkan daya lekat aspal. Nilai stabilitas setiap jenis serat harus lebih dari 750 kilogram, sesuai dengan spesifikasi.

2. Analisis Untuk VIM (Void In Mixture)

Jumlah pori terbanyak yang ditemukan pada beton aspal padat sesudah pencampuran yang dipadatkan disebut VIM. Karena kadar aspal yang rendah dan VIM yang tinggi, banyak rongga terbentuk selama pencampuran, yang membuat campuran tidak tahan terhadap beban berulang. Akibatnya, kekuatan dan kinerja campuran dapat berubah.

Tabel 5. Nilai VIM

Kadar Serat <i>Fiberglass</i> (%)	0,00	1	2	3	4
VIM	4,50	4,45	4,40	4,35	4,30
	4,41	4,36	4,31	4,26	4,21
	4,45	4,40	4,35	4,30	4,25
Rata-Rata	4,45	4,40	4,35	4,30	4,25
Syarat	4 – 5 %				

Dengan menggunakan variasi Serat *Polypropylene* dari 0% - 4% didapatkan hasil dengan nilai VIM terendah terdapat pada kadar 4% yaitu 4,25% dan nilai tertinggi didapat pada kadar 0% yaitu 4,45%. Penambahan serat sebesar 1%, 2%, 3%, dan 4% pada aspal menyebabkan nilai VIM terus menurun, yang menunjukkan bahwa campuran bersifat kedap air, yang membuatnya lebih mudah pecah saat suhu meningkat. Nilai VIM campuran SMA Halus dengan penggunaan serat sebesar 1% hingga 4% sudah mengikuti syarat yang ditetapkan, yaitu sebesar 4% hingga 5%.

3. Analisis terhadap Flow

Tabel 6. Nilai Flow

Kadar Serat <i>Fiberglass</i> (%)	0	1	2	3	4
Flow	3,75	4,00	4,10	4,25	4,30
	3,80	3,84	4,00	4,20	4,45
	3,90	3,90	3,95	4,10	4,50
Rata-Rata	3,82	3,91	4,02	4,18	4,42
Ketentuan	2 – 4,5 mm				

Penggunaan kadar Serat *Popypropylene* 0% - 4% menciptakan angka Flow untuk kadar Serat s 0% sebanyak 3,82 mm, ketika kadar Serat 1% menciptakan angka flow sebanyak 3,91 mm, saat kadar

Serat 2% menghasilkan angka *flow* sebanyak 4,02 mm, ketika kadar Serat 3% angka *flow* yang didapat sebanyak 4,18 mm, dan ketika kadar Serat s 4% menciptakan angka *flow* sebanyak 4,42 mm. Seluruh angka *flow* dengan kadar Serat *Polypropylene* 0% - 4% sudah mencapai ketentuan. Jika pemanfaatan serat dalam campuran aspal dapat meningkatkan nilai *flow*, yang menunjukkan bahwa campuran plastik dan mudah berubah bentuk. Akibatnya, jumlah yang disebabkan oleh beban lalu lintas akan meningkat. Angka *flow* dicampuran SMA Halus dengan memakai variasi 0% dan kadar serat variasi 1% - 4% telah memenuhi syarat yaitu minimum 2 mm dan maksimum 4,5 mm.

4. Analisis Untuk VMA

Aspal membantu mengisi rongga diantara agregat dengan meningkatkan volume pada pori beton yang sudah melalui proses pemadatan ketika semua lapisan penutup yang dipadatkan telah hilang, yang dinyatakan dalam persen.

Tabel 7. Nilai VMA

Kadar Serat <i>Fiberglass</i> (%)	0	1	2	3	4
VMA	19,99	19,95	19,91	19,87	19,82
	19,92	19,88	19,84	19,80	19,75
	19,95	19,91	19,87	19,82	19,78
Rata-Rata	19,95	19,91	19,87	19,83	19,79
Ketentuan	17 (%)				

Pemakaian kadar variasi Serat *Polypropylene* 0% - 4% menciptakan angka VMA dalam kadar 0% diperoleh nilai VMA sebanyak 19,95%, saat kadar Serat *Polypropylene* 1% menghasilkan angka VMA sebanyak 19,91%, ketika serat *Polypropylene* 2% menciptakan persentase VMA sebanyak 19,87%, saat Serat *Polypropylene* 3% didapat angka VMA sebanyak 19,83%, serta Serat *Polypropylene* 4% menciptakan angka VMA sebanyak 19,79%. Seluruh persentase VMA dengan kadar Serat *Polypropylene* 0% - 4% sudah mencapai syarat. Jika semakin banyak kadar Serat *Polypropylene* yang dipakai maka rongga pada agregat akan membesar dikarenakan Serat *Polypropylene* tidak ikut meleleh yang menutupi rongga, sehingga angka VMA akan terus mengalami kenaikan. seperti sebaliknya jika Serat *Polypropylene* yang dipakai semakin sedikit maka angka VMA berkurang.

KESIMPULAN

1. Karakteristik Campuran SMA Halus yang memanfaatkan Agregat Batu Sungai Lo'Ko Lemo, Kec. Rindingallo, Kabupaten Toraja Utara dan Serat Fiber (*Polypropylene*) sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.
2. Pada pengujian *Marshall Konvensional* dengan pengaruh adanya penambahan serat fiber (*Polypropylene*) dimana dapat mempengaruhi semua angka karakteristik campuran SMA Halus yaitu Stabilitas, *Flow*, VIM, VMA. Nilai Stabilitas dan *Flow* mengalami peningkatan dari 1% sampai 4%, sebaliknya nilai VIM dan VMA menurun.

REFERENSI

- [1] I. Handayasari, I. Sepriyanna, dan S. H. Wulandari, “Kajian Laboratorium Penggunaan Serat Daun Nanas dan Serat Ijuk Pada Campuran Stone Matrix Asphalt,” *TJ*, vol. 13, no. 2, p. 379, Oct. 2023, doi: 10.29103/tj.v13i2.877.
- [2] D. Bangngalino, R. Rachman, dan Alpius, “Karakteristik Campuran Stone Matrix Asphalt Kasar dengan Bahan Tambah Kadar Ban Bekas,” *pcej*, vol. 4, no. 3, pp. 452–460, Oct. 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i3.521.
- [3] R. B. Alkam dan B. Bulgis, “Karakteristik Marshall Campuran Stone Mastic Asphalt Dengan Penggunaan Fiber Mesh Sebagai Bahan Tambah,” *j. mitra teknik sipil*, pp. 1103–1116, Nov. 2023, doi: 10.24912/jmts.v6i4.21601.
- [4] S. Andys, R. Rachman, dan Alpius, “Pemanfaatan Bahan Tambah Karet Ban Bekas Pada Campuran Stone Matrix Asphalt Halus,” *pcej*, vol. 4, no. 3, pp. 472–478, Nov. 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i3.524.
- [5] G. Manggasa, Alpius, dan Elizabeth, “Pemanfaatan Batu Sungai Laeya Kabupaten Konawe Selatan sebagai Campuran Stone Matrix Asphalt Halus,” *pcej*, vol. 4, no. 4, pp. 571–579, Dec. 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i4.540.
- [6] R. A. Jansen, N. Ali, dan R. Rachman, “Pemanfaatan Batu Sungai Sa’dan Toraja Utara Sebagai Campuran Stone Matrix Asphalt Halus,” *pcej*, vol. 2, no. 4, pp. 314–320, Jan. 2021, doi: 10.52722/pcej.v2i4.195.
- [7] Agus Juhara, H. H. Hanafi, Rifqi Adhyaksa P, and Novan Selamat Nugraha R, “Pemanfaatan Limbah Polyethylene pada Campuran Lapis Tipis Aspal Beton,” *JT*, vol. 22, no. 2, pp. 179–189, Nov. 2023, doi: 10.55893/jt.vol22no2.495.
- [8] A. T. Sombo, Alpius, dan S. Bestari, “Pemanfaatan Limbah Serat Tebu Pada Campuran Stone Matrix Asphalt Yang Menggunakan Batu Sungai,” *pcej*, vol. 4, no. 2, Jun. 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i2.460.
- [9] Grace, R. Rachman, dan Alpius, “Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Pada Campuran Stone Matrix Asphalt Halus,” *pcej*, vol. 3, no. 4, pp. 499–506, Dec. 2021, doi: 10.52722/pcej.v3i4.329.
- [10] A. R. Linggi, R. Mangontan, dan Alpius, “Penggunaan Serat Serabut Kelapa Sebagai Bahan Tambah Campuran AC-BC,” *pcej*, vol. 4, no. 4, pp. 670–678, Dec. 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i4.555.
- [11] R. Rachman, “Inovasi Teknologi Bahan Konstruksi,” dalam *Teknologi Bangunan dan Material*, Makassar: Tohar Media, 2021, hlm. 11–21.
- [12] R. Rachman, “The Effect of Immersion and Humidification Toward Performance of Hot Rolled Asphalt Mixture,” *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 15, no. 5, hlm. 503–509, 2020.
- [13] A. R. Seppo, R. Rachman, dan N. Ali, “Variasi Suhu Pemadatan Campuran AC-WC Menggunakan Batu Sungai Balusu Kabupaten Toraja Utara,” *J. Matriks Tek. Sipil*, vol. 9, no. 1, hlm. 23–31, 2021, doi: <https://doi.org/10.20961/mateksi.v9i1.49248>.
- [14] R. M. Pasapan, N. Ali, dan R. Rachman, “Pengaruh Styrofoam sebagai Bahan Tambah dalam Campuran Laston Lapis Antara,” *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 3, no. 4, Art. no. 4, 2021, doi: <https://doi.org/10.52722/pcej.v3i4.345>.