

Pengaruh Styrofoam Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Laston Lapis Aus

Naisel Lolok^{*1}, Nur Ali^{*2}, Rais Rachman^{*3}

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia naisellolok83@gmail.com

^{*2,3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia nurali.mti@gmail.com ^{*2} dan rais.rachman@gmail.com ^{*3}

Corresponding Author: rais.rachman@gmail.com

Abstrak

Styrofoam merupakan limbah hasil pembuangan penyangga bahan elektronika. Limbah ini banyak didapati di beberapa tempat utamanya pada gudang-gudang toko elektronik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai karakteristik campuran Laston Lapis Aus pengaruh *Styrofoam* sebagai bahan tambah terhadap karakteristik campuran Laston Lapis Aus yang menggunakan agregat sungai Malili dan *Styrofoam* sebagai bahan tambah melalui pengujian. Metode yang digunakan adalah Metode Marshall Konvensional yang menguji dan menganalisis karakteristik campuran. Hasil penelitian menunjukkan karakteristik campuran Laston Lapis Aus yang menggunakan Batu Sungai Malili dan *Styrofoam* sebagai bahan tambah melalui pengujian test Marshall diperoleh nilai karakteristik campuran yaitu stabilitas, flow, VIM, VMA, dan VFB semuanya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Pengaruh penambahan *Styrofoam* pada campuran Laston Lapis Aus mampu mengisi rongga pada campuran yang membuat rongga menjadi lebih kecil, membuat ikatan antara agregat menjadi lebih kuat sehingga dengan adanya penambahan *Styrofoam* campuran menjadi lebih kedap air/ tahan terhadap air, cuaca dan beban lalu lintas.

Kata kunci: *Styrofoam, karakteristik, campuran, Marshall,*

Abstract

Styrofoam is waste from the disposal of electronic material buffers. This waste can be found in several main places in electronic store warehouses. This study aims to determine the value of the characteristics of the mixture of Laston Lapis Aus the effect of *Styrofoam* as an additive on the characteristics of the mixture of Laston Lapis Aus which uses the Malili river aggregate and *Styrofoam* as an added material through testing. The method used is the Conventional Marshall Method which tests and analyzes the characteristics of the mixture. The results showed the characteristics of the Laston Lapis Aus mixture using Malili River Stone and *Styrofoam* as added materials. Through Marshall test testing, the mixed characteristic values, namely stability, flow, VIM, VMA, and VFB all met the General Specifications of Highways 2018. The effect of adding *Styrofoam* to the mixture Laston Lapis Aus is able to fill voids in the mixture which makes the voids smaller, making the bonds between the aggregates stronger so that with the addition of *Styrofoam* the mixture becomes more water-resistant/resistant to water, weather and traffic loads.

Keywords: *Styrofoam, characteristics, mix, Marshall.*

PENDAHULUAN

Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan adalah salah satu kabupaten yang mempunyai kekayaan alam seperti Batu Kali yang cukup banyak. Salah satu sungai yang ada pada kabupaten tersebut adalah Sungai Malili. Pada sungai terdapat batu kali yang dapat digunakan sebagai Campuran Laston khususnya untuk lapisan aus, Karakteristik agregat dari sungai tersebut memenuhi persyaratan teknis sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2018 Divisi 6 [1]. Pada penelitian menggunakan material dari Sungai Malili sebagai agregat kasar dan agregat halus. Pemanfaatan material lokal ini khususnya didaerah Kabupaten Luwu Timur akan menambah pendapatan masyarakat setempat maupun Pendapatan Asli Daerah serta membuka lowongan kerja.

Lapisan Aspal Beton atau LASTON ialah lapisan perkerasan jalan yang terbuat dari campuran aspal serta agregat yang dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu [2]. Laston sebagai lapisan permukaan jalan terdiri atas Laston Lapisan Permukaan (AC-WC), Laston Lapis Antara (AC-BC) dan Laston Lapis Pondasi (AC-Base). Laston Lapis Aus merupakan lapisan paling atas yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan sehingga lapisan tersebut dibuat agar mampu menopang beban lalu lintas serta tahan terhadap air [3].

Kerusakan pada lapisan perkerasan jalan akibat beban lalu lintas, cuaca serta masuknya air ke dalam lapisan campuran aspal beton menyebabkan ikatan antara agregat dan aspal menjadi lemah dan menyebabkan jalan mudah mengalami kerusakan berupa retak dan berlubang. Oleh karena itu, perlunya disediakan lapisan perkerasan jalan yang laik pakai dan laik fungsi [4]. Salah satu alternatif yang diharapkan mampu membuat lapisan perkerasan jalan yang bermutu serta berkualitas yaitu dengan menggunakan bahan tambah (*additive*) [5]. Oleh sebab itu, menggunakan *Styrofoam* diharapkan dapat meningkatkan daya rekat agregat dan aspal, kualitas perkerasan jalan, mengurangi kerentanan terhadap cuaca dan suhu, serta salah satu cara untuk mengurangi limbah *Styrofoam*.

Untuk mengetahui apakah limbah *Styrofoam* dapat digunakan sebagai bahan tambah atau tidak, dilakukan pengujian karakteristik campuran dengan Methode Marshall untuk mengetahui stabilitas, *Flow*, VIM, VMA dan VFB dari campuran tersebut [6]. Hasil pengujian tersebut harus memenuhi standar untuk pekerjaan aspal dari Spesifikasi Bina Marga 2018 Divisi 6 [7].

Penelitian tentang Laston Lapis Aus dengan menggunakan Methode Marshall diantaranya Seppo, 2021 meneliti mengenai Variasi Suhu Pemadatan Campuran AC-WC Menggunakan Batu Sungai Balusu Kabupaten Toraja Utara [8]. Wedani dkk, 2020 meneliti tentang Penggunaan Agregat Sungai Bittuang Sebagai Bahan Campuran AC-WC [9]. Yudi dkk, 2019 meneliti tentang Karakteristik Campuran AC-WC dan AC-BC Menggunakan Bahan Tambah Serat Ijuk [10]. Datu dkk, 2020 meneliti tentang Pengaruh Penambahan Serat Aren Terhadap Keawetan Campuran Laston AC-WC [11].

Penelitian mengenai *Styrofoam* yang digunakan sebagai bahan tambah untuk lapisan permukaan jalan diantaranya, Rizky (2021), meneliti tentang “Pengaruh Substitusi *Styrofoam* pada Campuran Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC) dengan Pengujian Marshall” [12]. Hermawan dan Ismaili (2019) meneliti tentang “Pemanfaatan Limbah *Styrofoam* Sebagai Bahan Additive pada Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC) terhadap Karakteristik Marshall” [13].

bertujuan untuk pengujian Penggunaan *Styrofoam* sebagai bahan tambah pada campuran Laston Lapis Aus.

METODOLOGI

1. Persiapan Material

Agregat yang digunakan berasal dari Sungai Malili yang terletak dikabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan. Dimana agregat berupa batuan, sebelum pemeriksaan di laboratorium dilakukan pemecah batu dengan ukuran-ukuran yang dibutuhkan sesuai spesifikasi campuran Laston lapis Aus (AC-WC). *Styrofoam* yang digunakan adalah *Styrofoam* penyanga/ pelindung barang elektronik diperoleh dari tempat pengumpulan sampah di Jl. Biring Romang yang kemudian dikumpulkan lalu dibersihkan, setelah itu dipecah-pecahkan hingga menjadi butiran yang lebih kecil. Aspal yang digunakan Aspal penetrasi 60/70 dan *filler* menggunakan semen. Sebelum *Styrofoam* ditambahkan dengan aspal *Styrofoam* dibersihkan lalu dipecah-pecahkan menjadi lebih kecil terlebih dahulu agar mudah dicampur dengan aspal.



Lokasi Agregat

Limbah *Styrofoam*Gambar 1. Lokasi agregat dan limbah *Styrofoam*

2. Karakteristik Material

Pada penelitian karakteristik material Agregat kasar, agregat halus, *filler* dan aspal menggunakan data peneliti sebelumnya [1]. Hasil pengujian tersebut dinyatakan telah memenuhi syarat Spesifikasi Bina Marga 2018 Divisi 6.

3. Komposisi Campuran.

Berdasarkan perhitungan kebutuhan bahan campuran dan penambahan *Styrofoam* diperoleh komposisi campuran AC-WC sebagai berikut.

Tabel 1. Komposisi Campuran AC-WC dengan Penambahan *Styrofoam*.

Material	Kadar <i>Styrofoam</i>				
	0%	1%	2%	3%	4%
Agregat Kasar (gr)	448,2	448,2	448,2	448,2	448,2
Agregat Halus (gr)	614,4	614,4	614,4	614,4	614,4
<i>Filler</i> (gr)	71,40	71,40	71,40	71,40	71,40
<i>Styrofoam</i> (gr)	0,00	0,66	1,32	1,98	2,64
Aspal (gr)	66	66	66	66	66
Total Berat (gr)	1200	1200,66	1201,32	1201,98	1202,64

4. Pembuatan Benda Uji Untuk Campuran AC- WC

Terdapat 15 buah benda uji yang digunakan dalam pengujian Marshall test, material pada campuran AC-WC harus melewati pengujian serta memenuhi standar/persyaratan yang telah ditetapkan oleh Bina Marga.

Tabel 2. Jumlah Benda Uji

Kadar Aspal (%)	Kadar Styrofoam (%)	Konvensional
5,50	0	3
	1	3
	2	3
	3	3
	4	3
Jumlah		15

ANALISA DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Karakteristik Bahan

Kadar aspal yang digunakan pada campuran AC-WC adalah 5,5% dengan bahan tambah Styrofoam 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%. Berikut Hasil perhitungan *Bulk Spesific Gravity* dan *Effective Spesific Gravity* (Data Sekunder).

Tabel 3. *Bulk Spesific Gravity* dan *Effective Spesific Gravity*

	Kadar Styrofoam (%)				
	0	1,0	2,0	3,0	4,0
<i>Bulk Spesific Gravity Agregat</i>	2,77	2,78	2,78	2,78	2,78
<i>Effective Spesific Gravity Agregat</i>	2,79	2,80	2,80	2,80	2,80

2. Karakteristik campuran

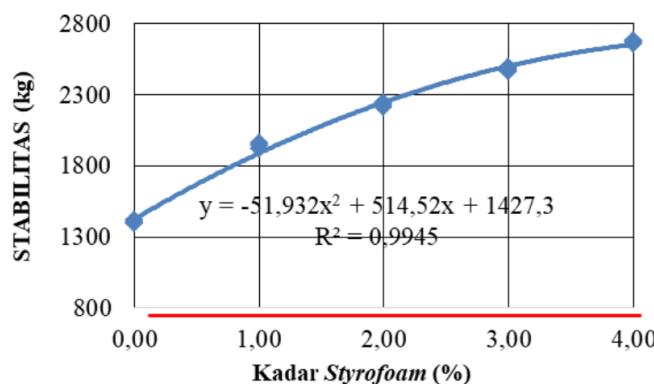
a. Analisis terhadap Stabilitas

Hasil pengujian analisis terhadap Stabilitas dapat dilihat pada Tabel 5, dari tabel ini dibuatkan grafik hubungan antara kadar Styrofoam dengan stabilitas campuran seperti pada Gambar 2.

Tabel 4 Nilai Stabilitas Dari Pengujian Karakteristik Campuran

Karaktristik Campuran	Kadar Styrofoam (%)				
	0	1	2	3	4
Stabilitas	1394,17	1917,93	2212,99	2493,31	2655,59
	1415,53	1947,43	2227,75	2478,55	2670,35
	1403,53	1962,19	2242,50	2463,80	2685,10
Rata-Rata	1404,41	1942,52	2227,75	2478,55	2670,35
Persyaratan	Min 800(kg)				

Dengan menggunakan kadar *Styrofoam* 0%, 1%, 2%, 3% dan 4% pada campuran Laston Lapis Aus diperoleh nilai Stabilitas yaitu 1404.41 kg, 1942.52kg, 2227.75kg, 2478.55kg, 2670,35 Semua nilai Stabilitas untuk campuran Laston Lapis Aus memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Dari nilai stabilitas tertinggi diperoleh dari campuran Laston Lapis Aus dengan kadar *Styrofoam* 4% sebesar 2670,35kg. Dari gambar 1 dinyatakan bahwa penggunaan bahan tambah *Styrofoam* yang kecil pada campuran Laston Lapis Aus dapat menghasilkan selimut aspal yang tipis sehingga ikatan antara agregat menjadi lemah sehingga nilai stabilitas pada campuran kecil, sedangkan penggunaan bahan tambah *Styrofoam* yang besar membuat ikatan antar agregat menjadi kuat/stabilitas campuran besar



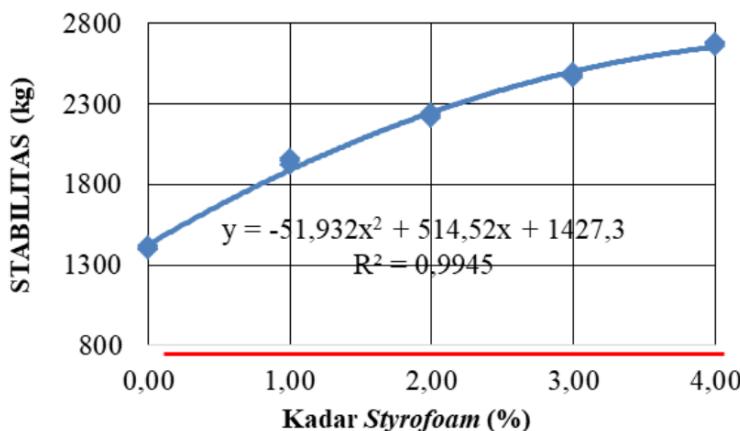
Gambar 2. Hubungan kadar *Styrofoam* dan stabilitas campuran

b. Analisa terhadap VIM (Void in Mix)

Hasil analisis terhadap VIM seperti pada tabel 5, dibuatkan grafik hubungan antara kadar penambahan *Styrofoam* dengan hasil analisis VIM.

Tabel 5. Nilai VIM Dari Pengujian Karakteristik Campuran

Karaktristik Campuran	Kadar <i>Styrofoam</i> (%)				
	0	1	2	3	4
VIM	4,89	4,76	4,54	4,34	3,98
	4,74	4,65	4,51	4,45	3,83
	4,78	4,52	4,62	4,37	3,86
Rata-Rata	4,80	4,64	4,56	4,39	3,89
Persyaratan			3-5%		



Gambar 2. Hubungan kadar Styrofoam dan VIM

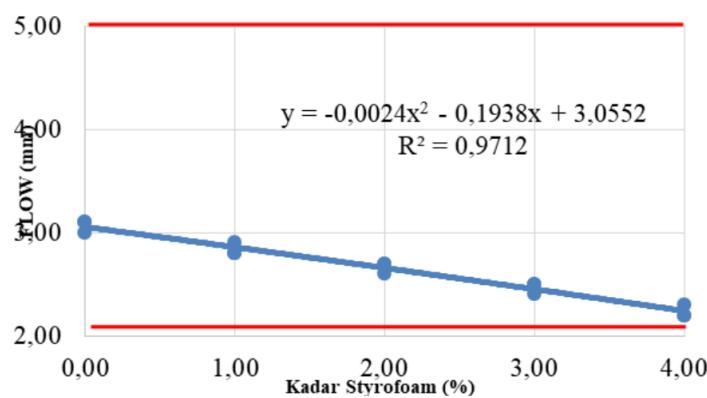
Penggunaan *Styrofoam* 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% diperoleh nilai VIM yaitu sebesar 4.80, 4.64, 4.56, 4.39, dan 3.89 semua memenuhi standar Bina Marga 2018. Dari gambar 2 dinyatakan bahwa semakin besar kadar *Styrofoam* yang dipakai maka nilai VIM yang diperoleh semakin kecil begitupun sebaliknya jika kadar *Styrofoam* yang digunakan semakin kecil maka nilai VIM semakin besar, dengan adanya bahan tambah *Styrofoam* berfungsi sebagai pengikat dan pengisi rongga di dalam campuran beraspal. Penggunaan *Styrofoam* yang besar dapat mengubah bentuk plastis campuran serta merubah kekuatan/kemampuan campuran.

c. Analisa terhadap Flow

Hasil analisis terhadap *flow* dapat dilihat pada Tabel 6. Dari tabel 6 dibuatkan grafik hubungan antara nilai *flow* dengan variasi kadar syrofoam.

Tabel 6. Nilai *Flow* Dari Pengujian Karakteristik Campuran

Karaktristik Campuran	Kadar <i>Styrofoam</i> (%)				
	0	1	2	3	4
<i>Flow</i>	3,00	2,80	2,70	2,50	2,30
	3,10	2,90	2,70	2,40	2,20
	3,10	2,80	2,60	2,50	2,20
Rata-Rata	3,07	2,83	2,67	2,47	2,23
Persyaratan	Min 2-4 mm				



Gambar 3. Hubungan Kadar *Styrofoam* dan *Flow*

Penggunaan *Styrofoam* 0%, 1%, 2%, 3% dan 4%. untuk campuran Laston Lapis Aus diperoleh nilai *Flow* yaitu 3.07, 2.83, 2.67, 2.47, 2,23 memenuhi standar Bina Marga 2018. Dari gambar 3 dapat dilihat penggunaan kadar *Styrofoam* pada campuran beraspal yang kecil menyebabkan ikatan antara agregat melemah sehingga kelelahan besar, kemudian jika menggunakan bahan tambah *Styrofoam* yang banyak menyebabkan selimut aspal menjadi lebih tebal sehingga kekuatan campuran semakin besar namun kelelahan semakin kecil , dimana kekuatan campuran atau stabilitas akan berbanding terbalik dengan kelelahan campuran atau *Flow*.

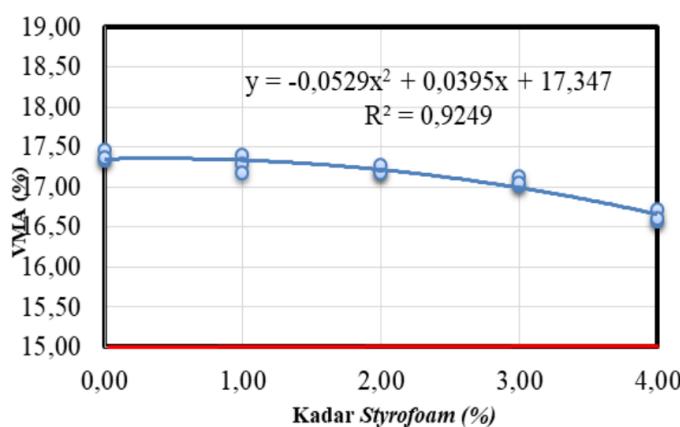
d. Analisa terhadap VMA (*Void in Mineral Aggregate*)

Hasil pengujian analisis terhadap VIM seperti pada Tabel 8 dibuatkan grafik hubungan antara nilai VMA dengan kadar penambahan *Styrofoam* seperti pada Gambar 4.

Dari gambar 4, enggunaan *Styrofoam* 0%, 1%, 2%, 3% dan 4% untuk campuran Laston Lapis Aus diperoleh nilai VMA yaitu 17.38, 17.28, 17.21, 17.06, 16.63 Semua kadar memenuhi persyaratan Bina marga 2018.dari gambar 4 dinyatakan bahwa semakin tinggi kadar *Styrofoam* yang digunakan maka nilai VMA semakin kecil begitu pula sebaliknya apabila kadar *Styrofoam* yang digunakan semakin kecil maka nilai VMA akan semakin besar, hal ini dipengaruhi oleh penggunaan kadar *Styrofoam* yang banyak pada saat pencampuran sehingga *Styrofoam* akan mengisi rongga diantara agregat dan mengisi rongga dalam agregat.

Tabel 7. Nilai VMA Dari Pengujian karakteristik Campuran

Karaktristik Campuran	Kadar <i>Styrofoam</i> (%)				
	0	1	2	3	4
VMA	17,45	17,38	17,19	17,01	16,71
	17,32	17,28	17,16	17,11	16,57
	17,35	17,17	17,26	17,04	16,60
Rata-Rata	17,38	17,28	17,21	17,06	16,63
Persyaratan	Min 15 %				



Gambar 4. Hubungan Kadar *Styrofoam* dan VMA

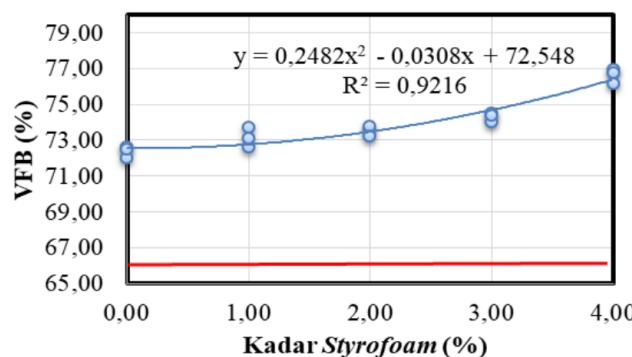
e. Analisa terhadap VFB (*Void Filled With Bitumen*)

Hasil analisis terhadap VFB seperti pada Tabel 9, dibuatkan grafik hubungan antara kadar penambahan *Styrofoam* seperti terlihat pada Gambar 5.

Tabel 8. Nilai VFB Dari Pengujian Karakteristik Campuran

Karaktristik Campuran	Kadar Styrofoam (%)				
	0	1	2	3	4
VFB	71,97	72,60	73,58	74,51	76,15
	72,63	73,12	73,74	73,98	76,91
	72,48	73,69	73,21	74,35	76,73
Rata-Rata	72,36	73,14	73,51	74,28	76,60
Persyaratan			Min 65%		

Penggunaan *Styrofoam* 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% diperoleh nilai VFB untuk kadar *Styrofoam* yaitu sebesar 72.36, 73.14, 73.51, 74.28, dan 76.60 memenuhi standar Bina Marga 2018. Dari Gambar 5 dinyatakan bahwa penggunaan kadar *Styrofoam* yang kecil menyebabkan rongga-rongga dalam campuran semakin sedikit terisi *Styrofoam* sehingga nilai VFB menurun. Sebaliknya penggunaan kadar *Styrofoam* yang banyak menyebabkan rongga-rongga dalam campuran semakin banyak terisi *Styrofoam* sehingga nilai VFB meningkat.



Gambar 5. Hubungan Kadar *Styrofoam* dan VFB

Berdasarkan hasil pengujian dengan metode Marshall Konvensional pada campuran Laston Lapis Aus yang menggunakan agregat Batu Sungai Malili Kabupaten Luwu Timur dengan bahan tambah *Styrofoam* diperoleh : nilai Stabilitas, VIM, Flow, VMA, dan VFB yang dapat digunakan dan memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu sebesar 5,10%. Dimana dengan penambahan kadar *Styrofoam* sebesar 5,10% nilai karakteristik campuran yang diperoleh yaitu Stabilitas sebesar 2,700 kg, flow sebesar 2 mm, VIM sebesar 3,4%, VFB sebesar 78,85%, dan VMA sebesar 16,17%.

KESIMPULAN

Nilai Karakteristik campuran Laston Lapis Aus yang menggunakan Batu Sungai Malili dan *Styrofoam* sebagai bahan tambah melalui pengujian Marshall menghasilkan nilai stabilitas, flow, VIM, VMA, dan VFB semuanya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 .

Pengaruh penambahan *Styrofoam* pada campuran Laston Lapis Aus mampu mengisi rongga pada campuran yang membuat rongga menjadi lebih kecil, membuat ikatan antara agregat menjadi lebih kuat sehingga dengan adanya penambahan *Styrofoam* campuran menjadi lebih kedap air/ tahan terhadap air ,cuaca dan beban lalu lintas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. B. Radha, "Pengujian Karakterisrik Batu Sungai Malili Kabupaten Luwu Timur dan Penggunaannya dalam Campuran Laston Lapis Aus," Skripsi, Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar, 2020.
- [2] S. Sukirman, *Beton Aspal Campuran Panas*, Edisi Kedua. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia, 2013.
- [3] H. Hardiyatmo Christady, *Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*, Edisi 3. Yogyakarta: Gajah Mada University Press, Yokyakarta, 2019.
- [4] R. Rachman, "Pemanfaatan Batu Gunung Bottomale Toraja Utara sebagai Campuran Laston," *J. Tek. Sipil Dan Teknol.*, vol. 6, no. 1, hlm. 20–30, 2020.
- [5] D. N. Bunga, R. Rachman, dan M. Selintung, "Effect of Collision Variation towards the Index Retained Strength of Mixed Asphalt Concrete Wearing Course," *Int. J. Sci. Eng. Sci.*, vol. 3, no. 8, hlm. 61–64, 2019, doi: 10.5281/zenodo.3408003.
- [6] Alpius dan A. Kusuma, "Performance of Laston AC-WC Mixture Using Asbuton LGA and Fakfak Materials," *Jour Adv Res. Dyn. Control Syst.*, vol. 11, no. 7, hlm. 656–663, 2019.
- [7] Direktorat Jenderal Bina Marga, *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Divisi 6*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018.
- [8] 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>.
- [9] N. Wendani, M. Selintung, dan Alpius, "Studi Penggunaan Agregat Sungai Bittuang Sebagai Bahan Campuran AC-WC," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 2, no. 2, hlm. 138–143, 2020.
- [10] Yudi. I, Angga I, Elizabeth, dan Alpius, "Karakteristik Campuran AC-WC dan AC-BC Menggunakan Bahan Tambah Serat Ijuk," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 1, no. 2, hlm. 1–9, 2019.
- [11] S. A. Datu, R. Rachman, dan M. Selintung, "The Effect of Additional Sugar Palm Fibers on the Durability of Mixed Laston AC-WC," dalam *The 3rd International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICCEE)*, Bali, Indonesia, 2020, vol. 419. doi: 10.1088/1755-1315/419/1/012063.
- [12] N. Risky, "Pengaruh Substitusi Styrofoam pada Campuran Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC) dengan Pengujian Marshall," Skripsi, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, 2021.
- [13] R. Hermawan dan A. F. Ismaili, "Pemanfaatan Limbah Styrofoam Sebagai Bahan Additive pada Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC) terhadap Karakteristik Marshall," Skripsi, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta, 2019.