

Pengaruh Variasi Panjang Serat Tebu Sebagai Bahan Tambah Terhadap Indeks Perendaman Campuran AC-BC

Armin Pareang ^{*1}, Alpius ^{*2}, Benyamin Tanan ^{*3}

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Univeritas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia,
arminpareang0@gmail.com

^{*2,3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Univeritas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia,
alpiusnini@gmail.com ^{*2} dan nyamintan2002@yahoo.com ^{*3}

Corresponding Author: arminpareang0@gmail.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi panjang serat tebu terhadap indeks perendaman campuran AC-BC ketika digunakan sebagai bahan *aditif*. Serat tebu ialah limbah organik yang dihasilkan oleh paprik gula. Dalam penelitian serat tebu di manfaatkan sebagai bahan tambah pada campuran aspal sebagai bahan pengikat aspal.. Melalui pengujian perendaman *Marshall* diperoleh campuran AC-BC dengan variasi panjang serat tebu 3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm dan 7 cm terhadap durasi perendaman 0,5 jam dan 24 jam. Metode ini menggunakan beberapa uji pada karakteristik material agregat, dan *filler*, setelah itu dilakukan perancangan untuk campuran AC-BC dan dilakukan uji perendaman *Marshall* agar dapat diperoleh nilai indeks perendaman (IP), Indeks kekuatan sisa (IKS) dan durabilitas. Dari hasil pengujian tersebut dengan menggunakan metode uji perendaman *Marshall* dalam waktu 0,5 jam dan 24 jam maka didapatkan campuran AC-BC dengan variasi panjang serat tebu 3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm, dan 7 cm. Hasil pengujian *Marshall* campuran AC-BC memperoleh Indeks Perendaman (IP), Indeks Kekuatan Sisa (IKS), dan Durabilitas yang dari pengujian tersebut didapatkan nilai IP rata-rata variasi panjang serat 3 cm yakni 93,20%, pada variasi panjang serat tebu 4 cm yaitu 93,35% pada variasi Panjang serat tebu 5 cm yaitu 95,15% pada variasi panjang serat tebu 6 cm yaitu 95,81% dan pada variasi panjang serat tebu 7 cm yaitu 98,92%.

Kata kunci : Indeks perendaman, serat tebu, AC-BC

Abstract

The purpose of this study was to determine the effect of varying the length of sugarcane fiber on the soaking index of the AC-BC mixture when used as an additive. Sugar cane fiber is an organic waste produced by sugar plantations. In the research, sugarcane fiber was used as an additive to the asphalt mixture as an asphalt binder. Through the Marshall immersion test, the AC-BC mixture was obtained with variations in the length of the sugarcane fiber 3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm and 7 cm for the soaking duration of 0.5 hours and 24 hours. This method uses several tests on the characteristics of the aggregate and filler materials, after which a design is carried out for the AC-BC mixture and the Marshall immersion test is carried out in order to obtain the immersion index (IP), residual strength index (IKS) and durability values. From the test results using the Marshall immersion test method within 0.5 hours and 24 hours, the AC-BC mixture was obtained with variations in the length of the sugar cane fiber of 3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm and 7 cm. The Marshall test results for the AC-BC mixture obtained the Immersion Index (IP), Residual Strength Index (IKS), and Durability. From these tests, the average IP value for the 3 cm fiber length variation was 93.20%, for the 4 cane fiber length variation. cm, which is 93.35% for the 5 cm long variation of cane fiber, which is 95.15%

for the 6 cm long variation of cane fiber, which is 95.81% and for the 7 cm long variation of cane fiber, which is 98.92%.

Keywords : Soaking index, sugarcane fiber, AC-BC

PENDAHULUAN

Jalan merupakan prasarana transportasi darat dan memiliki beberapa bagian, termasuk jalan penghubung, bangunan pelengkap jalan pada saat ini salah satu jenis perkerasan yang sering digunakan di Indonesia adalah perkerasan jenis aspal. Namun dalam pelaksanaannya telah ditemukan banyak mengalami kerusakan maupun gangguan. Mutu atau kualitas yang kurang baik merupakan faktor dari kerusakan jalan yang berasal dari penerapan bahan serta teknis yang kurang sesuai, muatan lalu lintas yang tidak sesuai dengan klasifikasi jalan, sistem drainase yang buruk, terjadi ketidaksesuaian dengan perencanaan serta faktor lingkungan. Dalam suatu perkerasan harus memiliki daya dukung serta tingkat keawetan yang memadai dan juga mempunyai nilai stabilitas yang tinggi. Pemanfaatan serat tebu dalam campuran laston merupakan salah satu alternatif dalam meningkatkan kualitas dari perkerasan jalan yang direncanakan. Salah satu negara yang memiliki kekayaan akan hayati seperti tebu yakni Indonesia. Pada dasarnya tanaman tebu dimanfaatkan dalam memproduksi gula, dari hasil proses dari tebu menjadi gula meninggalkan limbah yakni berupa serat. Seperti yang kita ketahui, limbah tebu yang telah diolah dan digunakan kembali oleh industri lain untuk keperluan pembuatan kertas, pupuk, penguat asbes, semen, bahan bakar boiler dan lainnya. Banyak penelitian yang telah dilakukan yang bertujuan untuk mempelajari lebih lanjut tentang manfaat serat tebu yang dapat digunakan sebagai *aditif* pada perkerasan jalan dalam memaksimalkan lapisan permukaan antara (AC-BC) (Rendy Patoding, 2019). Stabilitas pada campuran laston dapat dipengaruhi oleh penambahan serat, salah satunya serat tebu yang dimana serat alami dari tebu memiliki kemampuan Tarik yang baik. Serat yang dimiliki oleh limbah tebu bisa dikatakan cukup tinggi yakni pada kisaran 44%-48% yang pada akhirnya membuat limbah ini dapat dipakai untuk menjadi material bahan tambah dalam campuran laston yang dapat mempengaruhi kekuatan dari campuran agar lebih baik. Limbah tebu yang memiliki kandungan selulosa yang dikatakan cukup tinggi dapat membuat sifat yang kuat pada limbah tebu tersebut. Dari penggunaan limbah serat tebu tersebut memiliki kegunaan lain yakni dapat digunakan sebagai penguat dalam campuran yang dimana limbah tebu ini dapat dijumpai dengan mudah karena cukup banyak serta dari segi harga yang *relatif* murah yang pada penelitian ini diharapkan dapat mengurangi retak dini pada campuran dengan dilakukannya penambahan menggunakan serat limbah tebu. Salah satu pertimbangan dalam memilih limbah serat tebu yakni karena kemudahan dalam menemukan bahan ini serta didukung dengan biaya yang terjangkau.

Beberapa penelitian terkait digunakan sebagai acuan dalam meneliti yaitu “Durabilitas Campuran AC-WC dan AC-BC Yang Menggunakan Serat Tebu Sebagai Pengganti Sebagai Agregat Halus” [1]. Dari penelitian sudah memenuhi spesifikasi bina marga dimana nilai durabilitas rata-rata dari campuran laston AC-WC makin tinggi mulai dari kadar serat 0% sampai pada kadar 1%. [2]. “Indeks Perendaman Campuran Laston AC-BC Akibat Pengaruh Panjang Serat Ijuk Sebagai Bahan Tambah”. Hasil pengujian Laston AC-BC ini memperlihatkan bahwa terjadi kenaikan nilai Indeks perendaman atau daya tahan campuran yang meningkat terhadap pengaruh lama perendaman hal ini terjadi karena rongga dalam campuran berkurang. [3]. “Substitusi Filler Abu Ampas Tebu pada Laston AC-WC dan Buton Granular Asphalt Sebagai Agregat Halus, hasil pengujian, nilai stabilitas, *flow*, *VMA*, *VIM*, dan *Marshall Quetiont* meningkat seiring bertambahnya kadar *BGA*. Nilai pada *VFB*, *density*, dan durabilitas menurun seiring bertambahnya kadar *BGA* pada campuran. Nilai Optimum parameter *marshall* pada campuran 25% *BGA*” [4]. “Pengaruh Filler Abu Ampas Tebu (AAT) Dengan Bahan Pengikat Aspal Pen 60/70 Pada Campuran

Laston AC-WC, Penggunaan abu ampas tebu (AAT) sebagai *filler* pada campuran aspal beton (AC-WC) yang menggunakan aspal pen 60/70 memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 revisi 3 (2014) dan hasil pengujian komposisi terbaik campuran aspal dengan kombinasi *filler* abuampas tebu dan semen portland diperoleh pada komposisi 50% pada kadar aspal 5,87% dengannilai stabilitas yaitu 1342,74 kg” [5]. “Penggunaan Batu Sungai Seriti Kab Luwu Pada Campuran AC-BC”. Diperoleh hasil penelitian karakteristik agregat kasar 42,82%, agregat halus 45,73%, *filler* 5,45%, dan kadar aspal 6,00%. [6], “Durabilitas Campuran Laston Lapis Antara Menggunakan Agregat Sungai Salassa Kab Toraja Utara”. Diperoleh hasil penelitian menunjukkan nilai Stabilitas yaitu 1276,68kg-1235,43kg, untuk *Flow* yaitu 2,7 mm-3,2 mm, dan untuk Durabilitas yaitu 97,44%-80,62%. [7]. “Penggunaan Agregat Sungai Batu Tiakka’ Pada Campuran AC-BC”. Diperoleh hasil penelitian karakteristik agregat kasar 43,18%, agregat halus 46,27%, *filler* 5,55%, dan kadar aspal 5,0%. [8] “Analisis Karakteristik Campuan Aspal Beton Menggunakan Kombinasi Semen Denga Canggang Lokan dan Sabut Kelapa Sebagai *Filler*”. Diperoleh hasil penelitian nilai KAO yaitu untuk variasi 1 4,1%-4,9% dan variasi 2 4,8%-4,4%. [9]. “Pengaruh Penambahan Limbah Serabut Kelapa Sawit Pada Campuran *Asphalt Treated Base ATB* Ditinjau Dari Nilai Parameter *Marshall Test*”. Rancangan komposisi untuk campuran AC-WC adalah agregat kasar 37,20%, agregat halus 51,40%, dan *filler* 5,54%. [10]. Pemanfaatan Limbah *Styrofoam* Sebagai Bahan Tambah Campuran AC-BC yang Menggunakan Sungai Bittuang”. Diperoleh hasil penelitian stabilitas, aliran, rongga yang terisi aspal (VFB), rongga campuran (VIM) dan rongga agregat (VMA) memenuhi spesifikasi jalan raya menghasilkan jumlah aspal yang optimal.

METODE PENELITIAN

1. Lokasi Pengambilan Material

Bahan tamba yang digunakan adalah serat tebu yang di ambil dari Kecamatan takalar, diolah manual setelah bahan siap dibawah ke Laboratorium Jalan Dan Apal UKI-Paulus Makassar untuk dilakukan pengujian selanjutnya.



Gambar 1. Tempat pengambilan bahan



Gambar 2. Material yang digunakan

2. Persiapan Material

Sebelum melakukan pengujian di Laboratorium terlebih dahulu Agregat dan serat tebu diproses dengan cara ditumbuk kemudian dijemur hingga kering untuk mendapatkan hasil yang maksimal pada saat dilakukan komposisi campuran. Karakteristik aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil dari pengujian . Karakteristik aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil dari pengujian yang dapat dilihat pada tabel berikut:

3. Komposisi Campuran Untuk AC-BC

Komposisi campuran yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dengan aspal sebagai bahan pengikat, dan semen sebagai bahan pengisi dan Serat tebu sebagai bahan tambah Bahan.

4. Pembuatan Benda Uji Untuk AC-BC

Pembuatan benda uji dimulai ketika semua bahan untuk campuran AC-BC telah tersedia, mulai dari agregat, *filler*, aspal dan bahan tambah serat tebu. Persiapan agregat dimulai dengan pemecahan agregat kemudian melakukan penyaringan sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan setelah itu dilakukan komposisi campuran untuk tiap-tiap benda uji. Langkah selanjutnya yaitu memanaskan aspal dan agregat sampai suhu yang ditentukan yang seterusnya dicampur dengan bahan tambah serat tebu, kemudian dilakukan pemadatan terhadap benda uji menggunakan *Automatic Asphalt Compactor*.

Tabel 1. Jumlah Bahan Uji Campuran AC-BC

Kadar Aspal (%)	Kadar Serat Tebu (%)	Ukuran Serat Tebu (cm)	Durasi Perendaman	
			0,5 Jam	24 Jam
6,5 %	1,0%	3 cm	3	3
		4 cm	3	3
		5 cm	3	3
		6 cm	3	3
		7 cm	3	3
Total			30 buah	



Gambar 3. Benda uji

5. Metode pengujian *Marshall* Konvensional

a. Stabilitas

Stabilitas merupakan suatu kemampuan dari campuran aspal agar dapat menahan beban yang dinyatakan dalam kilogram atau *pound* sampai mengalami kelelahan plastis. Skor stabilitas diambil dari hasil yang dibaca langsung oleh penguji saat melakukan tes *marshall*. Kemudian gunakan faktor koreksi alat *Marshall* dan faktor koreksi volume benda uji untuk mengoreksi pembacaan.

b. Flow

Suatu perubahan bentuk lentur pada campuran aspal yang diakibatkan oleh pembebanan dalam satuan mm atau 0,01" disebut dengan *flow*. Pada pengujian *marshall Test* didapatkan nilai *flow* dari pembacaan *marshall* yang dilakukan.

c. Voids in Mixture (VIM)

Suatu parameter yang menampilkan isi rongga yang terdapat udara pada campuran aspal disebut dengan Rongga di dalam Campuran (VIM) dan disebut sebagai persentase volume.

d. Void in Mineral Aggregate (VMA)

Pori – pori dalam Agregat (VMA) dapat dilihat pada campuran aspal yang dipadatkan yang dimana terdapat volume rongga antara partikel agregat, yang dinyatakan dalam persentase volume.

e. Void Filled with Bitumen (VFB)

Void Filled with Bitumen (VFB) merupakan salah satu dari volume pori yang terdapat pada agregat yang berisikan aspal (VMA) valid dan dinyatakan dengan % VMA.

f. Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Dalam menguraikan Indeks Kekuatan Sisa (*Residual Strength Index*) menggunakan data uji sifat mekanik (*stabilitas dan fluiditas*) dan kemudian dibagi menjadi dua kelompok. Untuk kelompok pertama menguji nilai stabilitas *Marshall* dilakukan dengan cara merendam pada air bersuhu 60 ° C dalam waktu T1, dan untuk kelompok kedua pengujiannya dilakukan sesudah merendamnya dalam 60 ° C dalam waktu T2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Karakteristik campuran

Sampel AC-BC disiapkan dengan kadar aspal 6,50%. Tabel 2 di bawah ini menunjukkan hasil uji perendaman *Marshall* dengan penambahan serat tebu pada 3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm, dan 7 cm, serta lama perendaman 0,5 jam dan 24 jam.

Tabel 2. Hasil Uji Perendaman *Marshall AC-BC*

Panjang Serat Tebu (%)	Waktu Perendaman (Jam)	3-5(%)	Min 800	Min 65	2-4 mm)	Min 5
		VIM	Stabilitas	VFB	Flow	VMA
3	0,50	3,02	2199.12	82,42	3,70	17,20
	0,50	3,11	2211.62	82,01	3,60	17,27
	0,50	3,07	2199.12	82,21	3,80	17,23
	Rata-Rata	3,07	2203.29	82,21	3,70	17,23
4	0,50	3,23	2374.05	81,39	3,60	17,38
	0,50	3,23	2386.55	81,39	3,50	17,38
	0,50	3,28	2374.05	81,19	3,65	17,41

	Rata-Rata	3,25	2378.22	81,32	3,58	17,39
	0,50	3,88	2382.03	78,35	3,50	17,93
5	0,50	3,84	2394.00	78,54	3,55	17,89
	0,50	3,90	2382.03	78,28	3,60	17,94
	Rata-Rata	3,87	2386.0	78,39	3,55	78,39
	0,50	4,13	2561.58	77,23	3,20	18,14
6	0,50	4,17	2573.55	77,04	3,10	18,18
	0,50	4,17	2561.58	77,05	3,20	18,18
	Rata-Rata	4,16	2565.6	77,11	3,17	18,17
	0,50	4,58	2573.55	75,28	2,80	18,52
7	0,50	4,58	2585.52	75,28	2,70	18,52
	0,50	4,53	2585.52	75,47	2,90	18,49
	Rata-Rata	4,56	2581.5	75,35	2,80	18,51

Dari tabel diatas pada durasi perendaman 0,5 jam nilai hasil pengujian pada benda uji mulai dari *VIM*, *Stabilitas*, *VFB*, *Flow*, dan *VMA* dapat dilihat bahwa semua nilai yang diperoleh telah memenuhi spesifikasi ketentuan sifat-sifat campuran laston AC modifikasi. Dengan menggunakan variasi serat tebu 3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm, dan 7 cm, dengan durasi waktu perendaman 0,5 jam dan 24 jam untuk *AC-BC*, diperoleh nilai stabilitas pada variasi panjang serat tebu 3 cm rata-rata 2203,29%, pada panjang variasi serat tebu 4 cm rata-rata 2378,22%, pada panjang variasi serat tebu 5 cm rata-rata 2386,0% , pada panjang variasi serat tebu 6 cm rata-rata 2565,6%, pada panjang variasi serat tebu 7 cm rata-rata 2581,5%.

Berdasarkan Gambar 8 dapat disimpulkan bahwa semua persentase kadar bahan tambah yang digunakan memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (min 800). Stabilitas tertinggi terdapat pada kadar serat 2% yaitu 2104,12. Stabilitas berbanding lurus dengan persentasi bahan tambah hal ini diakibatkan oleh serat tebu yang akan ikut berperan sebagai agregat kasar yang mengisi campuran yang akan berfungsi sebagai tulangan yang membantu memperkuat campuran.

2. Perhitungan Indeks Perendaman/Indeks Kekuatan Sisa

Hasil dari uji ini yang merupakan bagian dari penelitian agar dapat menentukan indeks perendaman atau kekuatan campuran merupakan tingkat stabilitas. Rasio ini merupakan kestabilan pada bahan uji yang didiamkan dalam rendaman selama 24 jam pada suhu 60°C dan kestabilan bahan uji dalam 30 menit ketika perendaman selesai. Dilihat dengan Tabel 3 perendaman 0,5 dan 24 jam pada panjang serat 3 cm rata-rata 93,20 %, 4 cm nilai rata-rata 93,35%, 5 cm nilai rata-rata 95,15%, 6 cm nilai rata-rata 95,81%, 7 cm nilai rata-rata 95,92%.

Table 3. Pengujian Perendaman *AC-BC*

Panjang Serat (cm)	Stabilitas		Indeks Perendaman
	Perendaman 0,5 jam	Perendaman 24 jam	
3	2199.12	2061.68	93,75
	2211.62	2049.18	92.66
	2199.12	2049.18	93,18
Rata-rata	2203.29	2053.35	93,20
	2374.05	2224.11	93,68

4	2386.55	2211.62	92,67
	2374.05	2224.11	93,68
Rata-rata	2378.22	2219.95	93,35
5	2382.03	2274.30	95,48
	2394.00	2262.33	94,50
	2382.03	2274.30	95,48
Rata-rata	2386.0	2270.3	95,15
6	2561.58	2511.50	96,12
	2573.55	2499.00	96,20
	2561.58	2511.50	96,12
Rata-rata	2565.6	2507.3	95,81
7	2573.55	2549.61	99,07
	2585.52	2561.58	99,07
	2585.52	2549.61	98,61
Rata-rata	2581.5	2553.6	98,92

Pembahasan Hasil Analisis

1. Komposisi campuran AC-BC

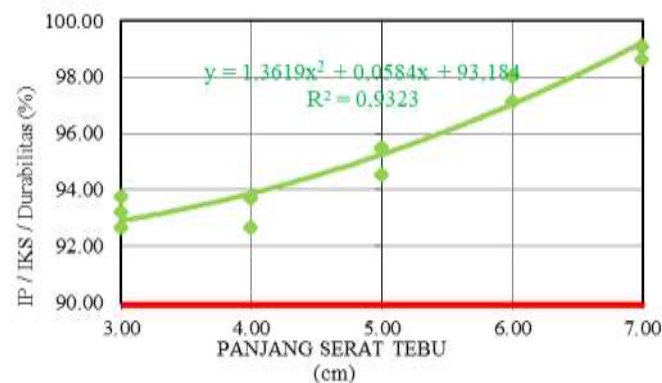
Aspal yang terdiri atas komponen agregat yang merupakan bagian dari komponen terbesar dari campuran merupakan bahan – bahan yang terdapat dalam campuran Laston AC-BC.

2. Analisis Terhadap Indeks Perendaman

Berdasarkan hasil perhitungan indeks perendaman kemudian digambarkan hubungan antara variasi Panjang serat tebu dengan nilai indeks perendaman sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4 dan Gambar 4 di bawah ini:

Tabel 4. Nilai Rata - Rata Indeks Perendaman Berdasarkan Panjang Serat Tebu

Panjang Serat (cm)	Indeks Perendaman Rata-Rata (%)	Persyaratan (%)	Keterangan
3	93,20	90	Memenuhi
4	93,35	90	Memenuhi
5	95,15	90	Memenuhi
6	95,81	90	Memenuhi
7	98,81	90	Memenuhi



Gambar 4. Grafik Hubungan Variasi Panjang Serat Tebu dengan Indeks

Dari Gambar 4 hubungan indeks perendaman, hasil pengujian menunjukkan bahwa perubahan panjang serat 3 cm - 7 cm meningkatkan daya tahan campuran laston AC-BC. Hal ini disebabkan karena serat tebu berperan sebagai agregat kasar dalam campuran yang meningkatkan kadar rongga dalam campuran yang mampu meningkatkan stabilitas (kekuatan), sama seperti nilai Indeks Perendaman yang juga semakin meningkat.

KESIMPULAN

1. Dari penelitian tersebut menggunakan proporsi untuk panjang serat 3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm dan 7 untuk AC-BC dengan kadar aspal 6,5% dan serat tebu 1%.
2. Pengaruh penggunaan serat tebu pada indeks perendaman Laston, namun pada indeks perendaman campuran perkerasan jalan yakni Laston AC-BC memperlihatkan bahwa pada nilai indeks perendaman meningkat ketika penggunaan serat tebu meningkat. Untuk variasi panjang serat 3 cm yaitu 93,20%, pada variasi panjang serat tebu 4 cm yaitu 93,35%, pada variasi Panjang serat tebu 5 cm yaitu 95,15%, pada variasi panjang serat tebu 6 cm yaitu 95,81%, dan pada variasi panjang serat tebu 7 cm yaitu 98,92%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. R. Tondok, R. Mangontan, dan Alpius, " Pengaruh sabut kelapa sebagai bahan tambah campuran AC-BC menggunakan batu gunung Barani, " *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 3, no. 4, pp. 531-537, 2021.
- [2] S. Yuniarti, R. Rachman dan Alpius, "Studi Karakteristik Campuran AC-BC Berdasarkan Limbah Kantong Plastik Sebagai Bahan Tambah," *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 2, no. 2, pp. 70-76, 2020.
- [3] R.Rachman, "Pemanfaatan Batu Gunung Bottomale Toraja Utara sebagai Campuran Laston," *Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi*, Vol. 6. No.1, Pp. 20 –30 , 2020.
- [4] D. Pagewang, R. Rachman and Alpius, "Pengaruh Penggunaan Limbah Kantong Plastik Sebagai Bahan Tambah dalam Campuran AC-Base," *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 2, no. 2, pp. 97-102, 2020.
- [5] F. Tandiayu, R. Mangontan dan Alpius, "Karakteristik Campuran AC-WC Menggunakan Batu Sungai Sangtanete dan Bahan Tambah Kantong Plastik," *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 126-132, 2022.

- [6] M. A. D. Gunadi, I. N. A. Thanaya dan I. N. W. Negara, "Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis AUS (AC-WC) dengan Menggunakan Plastik Bekas sebagai Bahan Pengganti sebagai Agregat," *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, vol. 17, no. 2, pp. 191-201, 2013.
- [7] I. Susanto and N. Suaryana, "Evaluasi Kinerja Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC) dengan Bahan Tambah Limbah Plastik Kresek," *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, vol. 17, no. 2, pp. 27-36, 2019.
- [8] A. Tahir, "Karakteristik Campuran Beton Aspal (AC-WC) Dengan Menggunakan Variasi Kadar Filler Abu Batu Bara," *SMAR Tek*, vol. 7, no. 4, pp. 256-278, 2009.
- [9] C. Pasilaputri, Alpius, dan L. E. Radjawane, "Durabilitas Campuran AC-BC yang Menggunakan Batu Gunung Baba Kabupaten Tana Toraja," *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 3, no. 3, pp. 361-367, 2021.
- [10] N. Sambo, R. Rachman dan Alpius, "Pemanfaatan Limbah Styrofoam Sebagai Bahan Tambah Campuran AC-BC Yang Menggunakan Sungai Bittuang," *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 3, no. 3, pp. 330-340, 2021.
- [11] C. J. G. Salempa, Alpius, dan C. Kamba, "Durabilitas Campuran Laston Lapis Antara Menggunakan Agregat Sungai Salassa Kabupaten Toraja Utara," *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 3, no. 3, pp. 314-320, 2021.
- [12] G. P. Palimbunga, R. Rachman dan Alpius, "Penggunaan Agregat Batu Sungai Tiakka' pada Campuran AC-BC," *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 2, no. 2, pp. 112-118, 2020.