

Karakteristik Campuran AC-BC Menggunakan Agregat dari Sungai Palau Makale Tana Toraja

Abriel Arliyanto Sampetoding ^{*1a}, Mary Selintung ^{*2}, Alpius ^{*3}

Submit :
15 Februari 2024

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia Abrielsampetoding782@gmail.com

Review :
20 Februari 2024

^{*2} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia maryselintung@yahoo.co.id

Revised :
6 Maret 2024

^{*3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia alpiusnini@gmail.com

Published:
6 Juni 2024

^aCorresponding Author: Abrielsampetoding782@gmail.com

Abstrak

Sumber daya alam seperti pasir dan batu biasanya digunakan untuk membuat perkerasan jalan. Digunakan sebagai lapisan pondasi jalan tanpa menggunakan bahan pengikat, terutama lapisan campuran beraspal AC-BC yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, aspal, dan *filler*. Penelitian ini dimaksud untuk mengetahui Karakteristik Campuran AC-BC Menggunakan Batu Sungai Palau Kec. Makale Kabupaten Tana Toraja, karakteristik aspal dan berat jenis *filler*. Komposisi campuran AC-BC, serta nilai karakteristik campuran AC-BC dalam pengujian Marshall Konvensional berdasarkan pengujian Laboratorium. Dari hasil pengujian yang menunjukkan bahwa semua parameter karakteristik campuran seperti stabilitas, VFB, VIM, VMA, dan *flow* pada kadar aspal 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, dan 7,0% telah memenuhi. Dimana didapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) yaitu kadar aspal 6,0 %. Dan didapat nilai Stabilitas Marshall Sisa (SMS) yaitu 95,42 %.

Kata kunci : Karakteristik Agregat, AC-BC, Marshall, Sungai

Abstract

Natural resources such as sand and stone are usually used to make road pavement. Used as a road foundation layer without using a binder, especially the AC-BC asphalt mixture layer which consists of coarse aggregate, fine aggregate, asphalt and filler. This research is intended to determine the characteristics of the AC-BC mixture using Palau River Stone, Kec. Makale Tana Toraja Regency, asphalt characteristics and filler specific gravity. The composition of the AC-BC mixture, as well as the characteristic values of the AC-BC mixture in the Conventional Marshall test based on Laboratory tests. The test results show that all mixture characteristic parameters such as stability, VFB, VIM, VMA, and flow at asphalt contents of 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5%, and 7.0% have been achieved. fulfil. Where the Optimum Asphalt Content (KAO) is obtained, namely an asphalt content of 6.0%. And the residual Marshall Stability (SMS) value obtained is 95.42%..

Keywords : Aggregate Characteristics, AC-BC, Marshall, River.

PENDAHULUAN

Untuk membuat perkerasan jalan, sumber daya alam seperti batu dan pasir biasanya digunakan sebagai lapisan pondasi jalan tanpa bahan pengikat. khususnya pada lapisan yang terbuat dari campuran beraspal AC-BC yang terdiri dari aspal, filler, agregat kasar, dan agregat halus. Salah satu jenis perkerasan lentur yang paling banyak digunakan di Indonesia saat ini memiliki banyak aspek yang harus dipertimbangkan. Material ini termasuk dalam campuran beraspal AC-BC. Material yang ada di Sungai Palau di Kabupaten Tana Toraja dapat digunakan untuk mendukung pembangunan jalan di daerah tersebut. Namun agregat pada sungai ini belum di manfaatkan oleh pemerintah untuk pembangunan infrastruktur jalan. Oleh karena itu, maka perlu dilakukan penelitian mengenai karakteristik agregat, komposisi campuran, dan karakteristik pengujian *Marshall*. Dari hasil pengujian tersebut, dapat diketahui apakah agregat Sungai Palau dapat dimanfaatkan untuk campuran beraspal AC-BC.

Penelitian yang telah dilaksanakan oleh Dicky Josua, Ditunjukkan bahwa persentase KAO pada kadar aspal 6%, stabilitas 1544,13 kg, VIM 4,16%, *flow* 2,50 mm, VMA 17,21%, dan VFB 75,82%. Hasil ini memperlihatkan jika seluruh sifat campuran AC-BC, termasuk stabilitas, *flow*, VIM, VMA, dan VFB, mencapai aturan. [1]. Uji *marshall* batu sungai saddang berpatokan pada aturan Bina marga 2018. Adapun hasil pemeriksaan yang diperoleh yaitu stabilitas sebanyak 1190.28 - 1545.08 kg, untuk persentase *flow* diperoleh 2.35 - 3.85 mm, persentase VIM sebanyak 4.335% sampai 3.098%, untuk angka VMA sebanyak 14.64% hingga 18.26% serta VFB sebanyak 70.39% hingga 83.03%. [2]. Hasil penelitian Ardianto menunjukkan bahwa agregat yang ditemukan di Sungai Sadang Kelurahan Batupapan, Kecamatan Makale, Tana Toraja, mencapai ketentuan dan bisa dipakai dalam campuran perkerasan jalan.[3]. Pada uji Marshall Konvensional, hasil mencapai persyaratan; dalam pemeriksaan *Marshall Immersion*, persentase Stabilitas *Marshall* Sisa (SMS) sebanyak 93,7% diperoleh untuk KAO 6% yang mencapai ketentuan yang telah ditetapkan. [4]. Uji *Marshall* menunjukkan bahwa campuran AC-WC memiliki kadar aspal 6,50% serta campuran AC-BC memiliki kadar aspal 5,14%. Dari uji *Marshall* menunjukkan bahwa indeks perendaman (IP) atau indeks kekuatan sisa (IKS) masing-masing 95,11% dan 94,41%, masing-masing melebihi batas syarata sebanyak 90%. Ini menunjukkan bahwa campuran memiliki ketahanan dalam rendaman air. [5]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik umum Sungai Matang mencapai persyaratan yang telah ditetapkan. Angka stabilitas *Marshall immersion* campuran AC-BC dalam memanfaatkan material Sungai Matang mencapai aturan Bina Marga 2018 Divisi 6, sebanyak 93,31% lebih dari 90%, dengan 42,45% agregat kasar, 45,18% halus serta *filler* 5,36% untuk ukuran aspal maksimum 7,00%. [6]. Dari pengujian diperoleh jika sampel dengan memanfaatkan kadar abu sekam padi 0% hingga 75% dan kadar aspal 5,00% mencapai semua persyaratan yang telah ditetapkan. Penelitian ini menunjukkan bahwa abu sekam padi bisa digunakan sebagai pengganti parsial *filler* semen untuk lapis AC-BC yang mencapai semua ketentuan. [7]. Uji *Marshall immersion* campuran AC-BC menunjukkan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) sebanyak 93,47% dengan KAO 7,00%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa material Sungai Batu Tiakka bisa dipakai dalam material pengerasan jalan pada campuran AC-BC sebab telah mencapai persyaratan yang telah ditentukan yaitu sebanyak 90%. [8]. Pengujian *Marshall Immertion* menemukan hasil Stabilitas *Marshall* Sisa 96,61% dengan kadar aspal 6,00%. [9]. Studi oleh Elthon diperoleh pemakaian material tambahan dalam campuran AC-BC memungkinkan untuk pengujian stabilitas, VIM, VMA, *flow*, dan VFB, serta memenuhi persyaratan Spesifikasi Jalan dan Jembatan, Bina Marga. [10].

METODOLOGI

A. Lokasi Pengambilan Material

Material yang dipakai merupakan bahan yang berasal dari Sungai Palau Makale, Kabupaten Tana Toraja. Material diambil secara manual menggunakan sekop dan karung lalu dilanjutkan ke laboratorium agar dilaksanakan pemeriksaan.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Batu Sungai



Gambar 2. Proses Pengambilan Material

B. Perancangan Komposisi Campuran AC-BC

Bahan dan material yang dipergunakan pada campuran aspal yaitu:

1. Pemakaian Agregat diperoleh dari Sungai Palau Makale Kabupaten Tana Toraja.
2. Aspal Penetrasi 60/70 dipakai sebagai pengikat
3. *Filler* yaitu dari semen.

C. Pembuatan Benda Uji Dalam Campuran AC-BC

Proses pembentukan campuran AC-BC untuk benda uji melibatkan penggabungan agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan bahan pengikat aspal. Campuran ini dibentuk dengan mematuhi proporsi yang spesifik dan dilaksanakan dalam suhu yang tinggi.

Tabel 1. Jumlah Benda Uji

Kadar Aspal (%)	Campuran AC-BC	
	Banyaknya Sampel	
	Uju <i>Marshall</i> Konvensional	Uju <i>Marshall Immersion</i>
5%	3	3
5,5%	3	
6%	3	
6,5%	3	
7%	3	
Total	15	3



Gambar 3. Benda Uji

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Material

Tabel 2. Karakteristik Agregat

No	Pengujian	Metode	Spesifikasi Umum Bina Marga 2018		Satuan	Hasil Penelitian	Keterangan
			Min	Max			
1	Keausan Agregat	SNI 2417:2008	-	40	%	15,32	Memenuhi
	Fraksi A					10,7	
	Fraksi B					11,76	
	Fraksi C					11,18	
	Fraksi D						
Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar		SNI	2,5	-	2.68	Memenuhi	

2	Bulk	1969:2016	2,5	-		2,71	
	SSD		2,5	3	%	2,77	
	Apparent Penyerapan		-			1,21	
	Berat Jenis dan Penyerapan						
	Agregat Halus		2,5	-		2,62	
	Bulk		2,5	-	%	2,67	
	SSD	SNI	2,5	- 3		2,74	Memenuhi
	Apparent Penyerapan	1970:2016	-			1,63	
	Analisa Saringan						
	3/4"		90	100		94,94	
	1/2"		75	90		79,67	
	3/8"		66	82		73,90	
3	No.4	SNI ASTM	46	64		58,18	
	No.8	C136:20	30	49		37,89	Memenuhi
	No.16	12	18	38	%	29,27	
	No.30		12	28		18,60	
	No.50		7	20		14,54	
	No.100		5	13		10,23	
	No.200		4	8		6,95	
	PAN		0	0		0,00	
4	Uji Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117:20 12	-	8	%	4,8	Memenuhi
	Pemeriksaan Kadar Lumpur						Memenuhi
5	Sand Equivalent	SNI 03-4428-1997	50	-	%	95,35	
	Kadar Lumpur		-	5		4,65	
	Partikel Pipih						
	3/4"					7,97	
	1/2"	ASTM D	-	10	%	8,99	
	3/8"	4791-				4,81	
	1/4"	10				0,00	Memenuhi
6	Partikel Lonjong	Perbandingan 1:5					
	3/4"					8,68	
	1/2"		-	10	%	9,77	
	3/8"					7,89	
	1/4"					0,00	
7	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	SNI 2439-2011	95	-	%	95	Memenuhi

8	Pemeriksaan Berat Jenis Filler Semen	SNI ASTM C136:201 2	-	-	%	2,53	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	79	(0,1) mm	68,1	Memenuhi
Daktilitas pada 25°C	SNI 2432-2011	≥ 100		Cm	148,7	Memenuhi
Titik Lembek (°C)	SNI 2434-2011	≥ 48		°C	49,5	Memenuhi
Titik Nyala (°C)	SNI 2433-2011	≥ 232		°C	280	Memenuhi
Berat Jenis Aspal	SNI 2441-2011	≥ 1,0			1.047	Memenuhi
Berat Yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8		%	0.08	Memenuhi
Penetrasi pada TFOT	SNI 2456-2011	≥ 54		% semula	66,2	Memenuhi

B. Karakteristik Campuran

1. Analisa Terhadap Stabilitas

Kekuatan dari campuran untuk menopang beban lalu lintas tanpa mengubah bentuknya dikenal sebagai stabilitas, misalnya jalan, dan dinyatakan dalam satuan berat, atau kilogram.

Tabel 4. Nilai Stabilitas Berdasarkan Variasi Kadar Aspal

kadar aspal	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
stabilitas	1141,28	1296,36	1346,02	1249,73	1178,78
	1190,94	1224,39	1323,72	1294,33	1220,34
	1163,58	1246,69	1376,43	1315,61	1274,06
Rata-rata	1165,27	1255,81	1348,72	1286,56	1224,39
Persyaratan	Min 800 (kg)				

Pemakaian kadar aspal 5% hingga 7%, nilai stabilitasnya 1165,27 kg untuk kadar aspal 5%, ketika kadar aspal 5,50% meningkat menjadi 1255,81 kg , kadar 6% meningkat sebanyak 1348,72 kg, saat kadar 6,50% nilainya turun menjadi 1286,56 kg , dan semakin menurun ke 1224,39 kg ketika kadar yang digunakan 7%. Kadar aspal yang lebih rendah pada campuran AC-BC menyebabkan selimut aspal menipis didasar agregat. Akibatnya, ikatan *interlocking*, atau ikatan antar agregat, pasti melemah, yang mengurangi stabilitas campuran.

2. Analisis Untuk VIM (Void In Mixture)

VIM adalah jumlah tertinggi pori yang ada pada beton aspal padat setelah campuran dipadatkan. Angka VIM yang besar dan kadar aspal sedikit menyebabkan banyaknya rongga yang timbul pada campuran sehingga tidak mampu menerima beban berulang. Penggunaan aspal dalam jumlah besar tidak hanya membuat volume rongga berkurang tetapi juga mengubah wujud plastis campuran, sehingga dapat mengubah kekuatan/kinerja campuran.

Tabel 5. Nilai VIM Berdasarkan Variasi Kadar Aspal

kadar aspal	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
VIM	4,90	4,80	4,72	4,68	4,38
	4,98	4,82	4,74	4,59	4,36
	4,84	4,87	4,65	4,61	4,44
	4,90	4,83	4,70	4,63	4,39
Rata-rata					
persyaratan	3 - 5 (%)				

Persentase VIM saat kadar aspal 5% hingga 7% diperoleh angka VIM untuk kadar aspal 5% sebanyak 4,90%, angka VIM saat 5,50% adalah 4,83 %, angka VIM ketika kadar 6,00% adalah 4,70 %, angka VIM saat kadar 6,50% adalah 4,63%, serta angka VIM pada saat 7,00% adalah 4,39%.

3. Analisis Terhadap *Flow*

Tabel 6. Nilai *Flow* Berdasarkan Variasi Kadar Aspal

Kadar Aspal	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
<i>flow</i>	3,28	2,85	2,75	3,10	3,50
	3,18	2,96	2,84	3,15	3,44
	3,33	2,80	2,73	3,00	3,61
	3,26	2,87	2,77	3,08	3,52
Rata-rata					
Persyaratan	2 - 4 (mm)				

Pemakaian kadar aspal 5,00% hingga 7,00% menghasilkan persentase *flow* pada saat 5,00% menghasilkan angka sebanyak 3,28 mm, ketika kadar 5,50% tidak menimbulkan perubahan yaitu sebanyak 2,87 mm, ketika 6,00% menurun ke 2,77 mm, saat 6,50% meningkat hingga 3,08 mm dan saat kadar 7,00% juga menaik ke 3,52 mm. Seluruh persentase *Flow* untuk kadar 5,00% hingga 7,00% sudah mencapai persyaratan yang telah ditetapkan. Jika aspal digunakan pada campuran aspal yang lebih rendah, ikatan antar agregat mengalami pengurangan, yang menimbulkan campuran sangat leleh. Apabila penambahan aspal terus dilakukan, selimut aspal akan menebal, yang menyebabkan pengurangan kekuatan campuran namun kelelahan terus meningkat. Dengan demikian, kekuatan dan stabilitas campuran akan berbanding terbalik dengan *flow* campuran.

4. Analisia Untuk VMA

VMA merupakan volume pada pori beton aspal yang dipadatkan ketika seluruh lapisan penutup yang dipadatkan dihilangkan, dinyatakan dalam %. Aspal berfungsi untuk pengisian rongga diantara agregat.

Tabel 7. Nilai VMA Berdasarkan Variasi Kadar Aspal

Kadar Aspal	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
VMA	15,18	16,26	17,34	18,46	19,35
	15,25	16,28	17,36	18,39	19,33
	15,13	16,32	17,29	18,40	19,40
	15,19	16,29	17,33	18,42	19,36
Rata-rata					
Persyaratan	Min 14 (%)				

Pemakaian kadar aspal 5,00% hingga 7,00% menghasilkan persentase VMA ada saat aspal 5,00% sebanyak 15,19%, ketika 5,50% naik menjadi 16,29%, saat kadar 6,00% menjadi 17,33%, saat 6,50% mengalami peningkatan ke 18,42%. Serta kadar 7% menjadi 19,36 %. Seluruh kadar aspal mencapai persyaratan yang telah ditetapkan. Disebabkan karena jumlah aspal yang dipakai banyak, aspal melakukan dua fungsi yaitu penyalutan serta pengisian rongga di dalam dan di antara agregat. Jika aspal yang dipakai bertambah banyak maka rongga yang diisi oleh aspal akan membesar yang menghasilkan angka VMA yang lebih tinggi. Ini disebabkan oleh suhu pemadatan aspal yang lebih kecil, yang menghasilkan selimut aspal yang tebal.

5. Analisis VFB (*Void Filled With Bitumen*)

Volume rongga yang muncul dalam agregat yang berisi aspal efektif disebut VFB, dan ini ditunjukkan dalam persen. Semakin tinggi nilai VFB maka semakin kedap campuran tersebut terhadap air dan udara karena nilai isian aspalnya sangat tinggi.

Tabel 8. Nilai VFB Berdasarkan Variasi Kadar Aspal

Kadar Aspal	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
	67,75	70,47	72,80	74,66	77,38
VFB	67,37	70,38	72,71	75,01	77,46
	68,02	70,18	73,08	74,93	77,12
Rata-rata	67,71	70,34	72,86	74,87	77,32
Persyaratan	Min 65 (%)				

Pemakaian kadar aspal 5,00 % sampai dengan 7,00% didapatkan angka VFB ketika kadar 5,00% menghasilkan persentase sebanyak 67,71%, ketika kadar 5,50% naik ke 70,34 %, saat 6,00% juga menaik hingga 72,86%, ketika kadar 6,50% memperoleh nilai sebanyak 74,87% serta aspal 7,00% mengalami peningkatan sebanyak 77,32%. Pemakaian kadar aspal yang besar meningkatkan angka VFB, sebab kadar aspal pada campuran menurun, yang berarti rongga-rongga pada campuran lebih diisi oleh aspal. Sebaliknya Karena kadar aspal pada campuran meningkat, rongga-rongga campuran lebih diisi aspal, pemakaian kadar aspal yang sedikit menurunkan angka VFB.

C. Menentukan Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum terletak pada rentang kadar aspal sebagai berikut: 5,00% hingga 7,00% pada campuran AC-BC.

D. Stabilitas *Marshall* Sisa

Setelah mengetahui KAO, sampel dibentuk dengan kadar aspal optimum yaitu 6% dalam campuran AC-BC, dan kemudian dilakukan perendaman kurang lebih 24 jam ketika suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$ untuk diketahui indeks perendaman dan indeks kekuatan sisa.

Tabel 9. Stabilitas *Marshall* Sisa

PERSYARATAN	Stabilitas		Stabilitas Marshall Sisa
Kadar Aspal (%)	Konvensional	Immersion	(%)
6	1346,02	1292,00	95,99
6	1323,72	1279,00	96,62
6	1376,43	1289,00	93,65
Rata-rata	1348,72	1286,67	95,42

Salah satu pengujian yang dikenal sebagai *Marshall Immersion* menentukan stabilitas *Marshall* sisa. Hasil uji ini adalah rasio stabilitas yang melakukan perbandingan dengan stabilitas benda uji *Marshall Immersion* yang di rendam selama 24 jam pada suhu 60 derajat *Celcius* dalam bak air selama 30 menit, dengan stabilitas benda uji *Marshall konvensional* yang direndam selama 30 menit. Pengujian ini dikenal sebagai stabilitas *Marshall* sisa. Data dari pemeriksaan *Marshall Immersion* menunjukkan bahwa campuran AC-BC memiliki stabilitas *Marshall* sisa sebesar 95,42% untuk kadar aspal 6,00%. Angka stabilitas *Marshall* sisa ini mencapai persyaratan yang telah ditetapkan yaitu minimal 90%. Berdasarkan nilai ini, perkerasan jalan yang memanfaatkan agregat dari Sungai Palau pada campuran AC-BC memiliki ketahanan untuk air.

PEMBAHASAN

1. Karakteristik Agregat Sungai Palau, Karakteristik Aspal, dan Berat Jenis *Filler*

Berdasarkan pengujian karakteristik dengan menggunakan batu Sungai Palau Makale dalam setiap pengujian karakteristik agregat dan *filler* pada Tabel 2 dan karakteristik aspal pada Tabel 4, memenuhi ketentuan sesuai dengan persyaratan Bina Marga 2018 merujuk pada SNI yang sudah tertulis dimasing-masing pengujian.

2. Proporsi Campuran AC-BC

Menurut hasil perancangan komposisi campuran AC-BC yang memanfaatkan batu Sungai Palau Kecamatan Kalukku menghasilkan proporsi Agregat Kasar adalah 39,64%, Agregat Halus 47,96%, *Filler* 6,40% dan kadar aspal 6,00% memiliki stabilitas terbesar.

3. Karakteristik Campuran AC-BC dan Stabilitas *Marshall* sisa

Menurut hasil uji dengan metode *Marshall Konvensional* dalam campuran AC-BC dengan memakai batu Sungai Sampoang Kecamatan Kalukku didapatkan: Angka stabilitas sebesar 1324 kg didapatkan pada kadar aspal 6,07%, *flow* maksimal ada di kadar aspal 7,30 % dengan angka *flow* sebanyak 4,0 mm, VIM sampai pada batas maksimal yaitu 5 % ketika kadar aspal 4,70 %. VMA terendah ialah 14 % pada kadar aspal 4,60 % dan VFB terendah sebanyak 65 % pada kadar aspal 4,49 %.

KESIMPULAN

Karakteristik agregat, sifat aspal, dan berat jenis *filler* campuran AC-BC memenuhi Spesifikasi Umum Jenderal Bina Marga 2018. Menurut Komposisi campuran AC-BC yaitu agregat kasar 39,64%, agregat halus 47,96%, *Filler* 6,40% dengan kadar aspal optimum 6,00%. Hasil uji *Marshall Immersion* (Indeks Kekuatan Sisa) dalam pemncampuran AC-BC yang memakai agregat Batu Sungai Palau Kabupaten Tana Toraja mencapai persyaratan Bina Marga 2018 berpatokan pada SNI 06-2489-1991 tentang uji campuran beraspal dengan Alat *Marshall*, yaitu 95,40 % > 90 %.

REFERENSI

- [1] D. J. M. Ambarura, Alpius, dan Elizabeth, "Karakteristik Campuran AC-BC Menggunakan Batu Sungai Salo Pattejang Kecamatan Bungoro Kabupaten Pangkep," *pcej*, vol. 3, no. 4, pp. 570–576, Dec. 2021, doi: 10.52722/pcej.v3i4.336.

- [2] N. Dirgahayu, R. Rachman, dan Alpius, “Karakteristik Campuran AC-BC Yang Menggunakan Batu Sungai Sadang Kecamatan Duampanua Kabupaten Pinrang,” *pcej*, vol. 4, no. 1, pp. 109–114, Mar. 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i1.383.
- [3] A.P. Pabia, Alpius, dan M. D. M. Palinggi, “Karakteristik Campuran AC-BC Yang Menggunakan Batu Sungai Sadang Kelurahan Batupapan Kecamatan Makale,” *pcej*, vol. 3, no. 2, pp. 149–159, Dec. 2021, doi: 10.52722/pcej.v3i2.326.
- [4] M. A. Lalembang, Alpius, dan W. G. Boro, “Karakteristik Campuran Laston BC Menggunakan Batu Sungai Cikkee Kecamatan Lalabata Kabupaten Soppeng,” *pcej*, vol. 4, no. 4, pp. 686–696, Dec. 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i4.554.
- [5] F. L. Irianto, dan Alpius, “Pemanfaatan Agregat Sungai Wanggar Kabupaten Nabire Sebagai Bahan Campuran AC-WC dan AC-BC,” *pcej*, vol. 1, no. 2, pp. 27–36, Jan. 2020, doi: 10.52722/pcej.v1i2.59.
- [6] S. Patinggi, Alpius, dan O. J. Sanggaria, “Pemanfaatan Batu Sungai Matang Kabupaten Enrekang pada Laston Lapis Antara,” *pcej*, vol. 5, no. 1, pp. 126–135, Mar. 2023, doi: 10.52722/pcej.v5i1.606.
- [7] R. P. F. Pude, R. Mangontan, dan Alpius, “Pemanfaatan Batu Sungai Pucak dengan Filler Abu Sekam Padi untuk Lapis AC-BC,” *pcej*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, Mar. 2023, doi: 10.52722/pcej.v5i1.584.
- [8] G. P. Palimbunga, R. Rachman, dan Alpius, “Penggunaan Agregat Sungai Batu Tiakka’ dalam Campuran AC-BC,” *pcej*, vol. 2, no. 2, pp. 112–118, Aug. 2020, doi: 10.52722/pcej.v2i2.129.
- [9] V. Mangetan, R. Mangontan, dan Alpius, “Penggunaan Batu Sungai Seriti Kabupaten Luwu pada Campuran AC-BC,” *pcej*, vol. 3, no. 1, pp. 76–84, Feb. 2021, doi: 10.52722/pcej.v3i1.207.
- [10] E. Faraknimela, M. Selintung, dan Alpius, “Penggunaan Styrofoam Sebagai Bahan Tambah Campuran AC-BC Menggunakan Batu Sungai Pucak Kabupaten Maros,” *pcej*, vol. 4, no. 4, pp. 687–697, Dec. 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i4.557.
- [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] R. Rachman, “Evaluation of Asbuton Filler Performance in Asphalt Hot Rollers (HRA) Mortar Mixes,” *Jumal Ilm. Adiwidia*, vol. 4, no. 1, hlm. 1–11, 2012.
- [14] A. R. Seppo, R. Rachman, dan N. Ali, “Variasi Suhu Pematatan 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>.
- [15] 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>.