

Analisis karakteristik campuran aspal beton AC-BC (*asphalt concrete - binder course*) dengan penggunaan abu kulit kopi sebagai *filler*

Agus Budi Yanto ¹, Sazuatmo², Elsa Rati Hariza ³

¹²³ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH

Corresponding Author:

Email:

Keywords:

AC-WC, coffee husk ask, filler, marshal test, optimum asphalt content

Received :

Revised :

Accepted :

Abstract: *The objective of this research is to evaluate the characteristics of Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) mixtures by utilizing coffee husk ash as a filler material. Coffee husk is an organic waste byproduct from the coffee bean processing industry, which has rarely been used in the construction sector. This study was conducted with variations of coffee husk ash filler proportions of 25%, 50%, 75%, and 100% of the total filler, and applied the Marshall test method to analyze stability, flow, VMA, VIM, VFA, and the Marshall Quotient. The test results indicated an Optimum Asphalt Content (OAC) of 5.25%. Mixtures with 25% and 50% filler content demonstrated performance that met the 2018 Bina Marga specifications, with good values of stability, VFA, and MQ, while the 75% and 100% variations showed a decline in quality. Coffee husk ash has potential as a substitute filler in AC-BC asphalt mixtures; however, its use is recommended not to exceed 50% in order to maintain the quality and performance of the mixture. The findings of this study serve as a reference for developing more environmentally friendly and cost-effective pavement materials.*

Copyright © 2025 POTENSI-UNDIP

1. PENDAHULUAN

Infrastruktur jalan raya memiliki fungsi vital sebagai jalur mobilitas darat yang kian signifikan dalam mendorong kemajuan ekonomi, pertukaran informasi, hubungan sosial, pelestarian budaya, dan penguatan ketahanan negara (Zahra et al., 2024). Pelaksanaan konstruksi jalur darat saat ini menuntut peningkatan mutu dan efisiensi anggaran. Setiap tahap pembangunan memerlukan persiapan terperinci, khususnya dalam menentukan jenis material karena hal tersebut memengaruhi ketahanan serta performa struktur lapis jalan. Mutu konstruksi permukaan jalan dapat diperbaiki melalui perencanaan teknis yang optimal dan pemanfaatan elemen penyusun secara fungsional dan proporsional (Mulyo et al., 2023). Oleh karena itu, penetapan komposisi material dalam struktur lapisan jalan menjadi aspek vital dalam menjamin mutu serta efisiensi keseluruhan struktur, sekaligus memastikan ketahanannya terhadap berbagai bentuk degradasi jalan.

Perkerasan berlapis aspal adalah sebuah kategori material dipakai membangun jalanan telah lama diterapkan dan kebanyakan menggunakan dalam pembangunan jalur transportasi. Di Indonesia sendiri, pemakaiannya sering terjadi tingkatan signifikan setiap tahunnya. Peningkatan ini terjadi karena perkerasan aspal memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan material lainnya, seperti biaya yang lebih terjangkau dibandingkan konstruksi beton, kapasitas tinggi dalam menopang muatan besar, mudah diproduksi dari sumber material lokal, serta memiliki ketahanan terhadap kondisi iklim. Proses produksinya meliputi pencampuran bertahap antara agregat dan pengikat, kemudian dilakukan penyebaran dan pemadatan pada temperatur tertentu untuk menghasilkan struktur yang kokoh (Bina Marga, 2018). Bitumen merupakan komponen utama dalam sistem lapisan jalan yang berfungsi sebagai unsur perekat antar partikel material. Dalam kajian ini, jenis bitumen yang digunakan adalah tipe penetrasi 60/70, yang dipilih karena cocok dengan karakteristik iklim tropis Indonesia dan lazim diterapkan pada struktur lapis perkerasan. Campuran aspal bergradasi (AC-BC) adalah jenis lapisan perkerasan yang terbentuk dari kombinasi kerikil besar, pasir halus, zat pengikat, serta bahan tambahan berupa pengisi untuk menyempurnakan stabilitas campuran tersebut. Material batuan dan perekat aspal memiliki sifat yang bervariasi, ditentukan oleh sejumlah indikator seperti massa volumetrik, daya serap air, distribusi ukuran partikel, ketahanan terhadap gesekan, kemampuan tembus, elastisitas, kekentalan fluida, dan sebagainya. Kerap kali, batuan yang dimanfaatkan berasal dari kombinasi

beberapa lokasi yang berbeda, dengan metode pencampuran yang tidak seragam, sehingga tidak terdapat satu formula pasti untuk memproduksi campuran aspal beton dengan spesifikasi identik. Lapisan beton aspal merupakan bagian atas dari struktur jalan yang berperan sebagai elemen penopang utama beban lalu lintas (Rombot et al., 2015).

Material halus dalam campuran perkerasan bitumen berfungsi untuk memperkuat ikatan antara elemen campuran, sehingga mampu meningkatkan ketahanan struktural. Partikel mikro ini berperan dalam menutup ruang kosong di antara butiran mineral (Fauziah, 2014). Secara luas, jenis partikel halus yang kerap digunakan mencakup debu batuan, residu pembakaran batu bara, serbuk semen, kapur tohor, dan bahan halus tak plastis lainnya. Menurut ketentuan dari Ditjen Jalan (2010), zat halus yang digunakan sebagai bahan tambahan harus dalam keadaan tidak lembap serta bebas dari gumpalan. Bila diuji menggunakan metode pemisahan butiran, material tersebut harus melewati saringan ukuran 0,075 mm. Penelitian ini memanfaatkan serbuk hasil pengolahan kulit kopi sebagai alternatif bahan tambahan. Kulit kopi berasal dari limbah pengupasan lapisan luar buah kopi yang telah masak. Sisa hasil produksi ini mencakup sekitar 40–45% dari total buah, namun hingga kini belum dimanfaatkan secara maksimal dalam bidang konstruksi maupun industri lainnya (Widyasanti & Muharram, 2023).

Paparan sebelumnya menggambarkan sejumlah aspek yang berkaitan dengan kemungkinan efek penggunaan abu dari kulit kopi sebagai unsur tambahan halus terhadap nilai-nilai karakteristik Marshall pada campuran lapis aspal beton tipe AC-BC. Berdasarkan hal tersebut, peneliti merasa perlu untuk mengangkat topik ini dalam bentuk penelitian ilmiah dengan judul karya akhir sebagai berikut: “Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton Ac-Bc (*Asphal Concrete-Binder Course*) dengan Penggunaan Abu Kulit Kopi Sebagai *Filler*”.

2. DATA DAN METODE

Penelitian ini menerapkan pendekatan eksperimental di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH Bengkulu. Metodologi yang diterapkan berupa pengujian terhadap sifat-sifat campuran aspal beton jenis AC-BC memanfaatkan abu kulit kopi sebagai bahan pengisi (*filler*) dalam berbagai tingkatan variasi komposisi. Penilaian terhadap karakteristik campuran dilakukan melalui pengujian Marshall guna mengukur parameter kekuatan (stabilitas), deformasi plastis (*flow*), rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam agregat mineral (VMA), serta rongga yang terisi aspal (VFA).

Di samping pengujian Marshall ini dikerjakan pula berbagai uji terhadap material pembentuk campuran, mencakup uji penetrasi, titik lunak, titik nyala, massa jenis, dan kelenturan (daktilitas) aspal, serta pengujian berat jenis dan daya serap agregat, distribusi ukuran partikel agregat (gradasi), serta ketahanan aus agregat menggunakan mesin Los Angeles. Seluruh prosedur pengujian ini mengikuti standar yang ditetapkan oleh AASHTO, SNI, serta PB.0201–76, dan memakai perangkat sesuai dengan pedoman teknis dari Departemen Kimpraswil.

Tahapan pengujian melibatkan sejumlah langkah, mulai dari persiapan material dan peralatan, penentuan kadar aspal optimum (KAO), hingga proses pembuatan spesimen uji melalui pemanasan, pencampuran, pemadatan, dan perendaman. Informasi yang diperoleh dari pengujian ini dianalisis untuk mengevaluasi performa campuran aspal beton dengan perbedaan proporsi filler abu kulit kopi, sehingga dapat ditentukan kadar optimum yang mampu meningkatkan mutu perkerasan jalan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Agregat

3.1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar didapatkan bahwa berat jenis semu 2,95 sedangkan penyerapan agregat kasar sebesar 2,79 %. Adapun lebih lengkap terkait data uji berat jenis dan penyerapan disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data Uji Kerapatan Relatif dan Daya Serap Agregat Ukuran Besar

No.	Jenis Pemeriksaan	Simbol	Uji 1	Uji 2	Rata-rata	Satuan
1	Massa sampel setelah dikeringkan dalam pemanas	Bk	475.0	440.00	457.50	gram
2	Berat Piknometer + air	B	675.00	676.30	675.65	gram
3	Berat benda uji kondisi SSD	Bs	486.90	453.50	470.20	gram
4	Massa total alat ukur piknometer beserta sampel dalam keadaan jenuh permukaan kering dan cairan pelarut	Bt	984.10	971.50	977.80	gram
5	Kerapatan relatif massa total	BJ	2.67	2.78	2.73	gram
6	Kerapatan spesifik pada keadaan jenuh permukaan kering	BJk	2.74	2.86	2.80	gram
7	Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	BJs	2.86	3.04	2.95	
8	Penyerapan (<i>Absorption</i>)		2.51	3.07	2.79	%

3.2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Medium

Hasil pengujian menunjukkan bahwa berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*) agregat medium didapatkan sebesar 3,15. Sementara itu, nilai penyerapan (*Absorption*) rata-rata adalah 2,66% seperti yang disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Data Uji Kepadatan Relatif dan Daya Serap Agregat Ukuran Menengah

No.	Jenis Pemeriksaan	Simbol	Uji 1	Uji 2	Rata-rata	Satuan
1	Berat benda uji kering oven	Bk	415.50	442.20	428.85	gram
2	Berat Piknometer + air	B	675.30	676.20	675.75	gram
3	Berat benda uji kondisi SSD	Bs	425.70	454.90	440.30	gram
4	Berat piknometer + benda uji kondisi SSD + air	Bt	951.10	985.30	968.20	gram
5	Berat jenis (<i>Bulk Specific Gravity</i>)	BJ	2.77	3.03	2.90	gram
6	BJ kering permukaan jenuh (SSD)	BJk	2.84	3.12	2.98	gram
7	Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	BJs	2.97	3.32	3.15	
8	Penyerapan (<i>Absorption</i>)		2.45	2.87	2.66	%

3.3. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Hasil pengujian menunjukkan bahwa berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*) agregat halus memiliki nilai rata-rata sebesar 2,88, sedangkan nilai penyerapan (*Absorption*) diperoleh sebesar 2,99% seperti yang disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Rekapitulasi Uji Kerapatan Relatif dan Daya Serap Agregat Halus

No.	Jenis Pemeriksaan	Simbol	Uji 1	Uji 2	Rata-rata	Satuan
1	Bobot benda yang akan diuji oven	Bk	450.80	410.40	430.60	gram
2	Berat Piknometer + air	B	675.40	675.30	675.35	gram
3	Berat benda uji kondisi SSD	Bs	463.50	423.40	443.45	gram
4	Massa total alat ukur piknometer beserta sampel dalam keadaan jenuh permukaan kering dan cairan pelarut	Bt	967.50	945.40	956.45	gram
5	Kerapatan relatif massa total	BJ	2.63	2.68	2.65	gram
6	Kerapatan spesifik pada keadaan jenuh permukaan kering	BJk	2.70	2.76	2.73	gram
7	Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	BJs	2.84	2.93	2.88	
8	Penyerapan (<i>Absorption</i>)		2.82	3.17	2.99	%

3.4. Pengujian Analisis Saringan

Uji analisis ayakan merupakan proses pengelompokan ukuran partikel agregat kasar dan halus menjadi susunan campuran berdasarkan ukuran saringan. Hasil pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi rentang distribusi ukuran partikel dari masing-masing agregat yang diuji (Bumulo &

Rusnadin, 2018). Adapun hasil dari pengujian analisis saringan disajikan pada **Tabel 4**, **Tabel 5**, dan **Tabel 6**.

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Analisis Penyarinagn Agregat Kasar

No. Saringan	Berat tertahan (gram)	Persen tertahan (%)	Persen tertahan Komulatif (%)	Persen lolos berat lebih kecil kumulatif (%)
1	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	302.70	30.27	30.27	69.73
3/8"	106.80	10.68	40.95	59.05
4	130.70	13.07	54.02	45.98
8	101.50	10.15	64.17	35.83
16	121.40	12.14	76.31	23.69
30	109.80	10.98	87.29	12.71
50	40.80	4.08	91.37	8.63
100	24.70	2.47	93.84	6.16
200	17.40	1.74	95.58	4.42
Pan	44.20	4.42	100.00	0.00
Total	1000.00	100.00		

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Medium

No. Saringan	Berat tertahan (gram)	Persen tertahan (%)	Persen tertahan Komulatif (%)	Persen lolos berat lebih kecil kumulatif (%)
1	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	157.60	15.76	15.76	84.24
4	215.30	21.53	37.29	62.71
8	221.20	22.12	59.41	40.59
16	123.80	12.38	71.79	28.21
30	68.10	6.81	78.60	21.40
50	69.10	6.91	85.51	14.49
100	65.20	6.52	92.03	7.97
200	38.50	3.85	95.88	4.12
Pan	41.20	4.12	100.00	0.00
Total	1000.00	100.00		

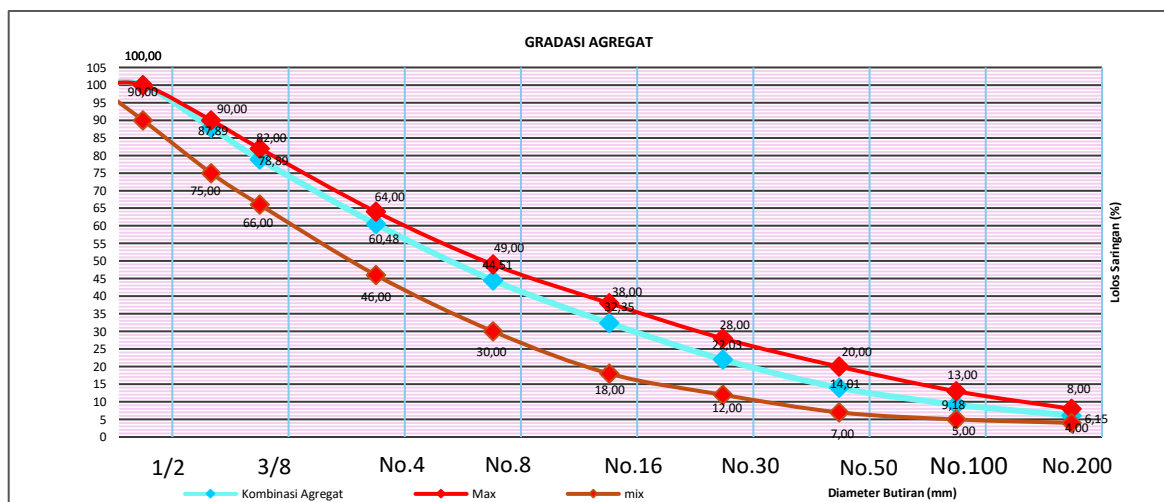
Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus

No. Saringan	Berat tertahan (gram)	Persen tertahan (%)	Persen tertahan Komulatif (%)	Persen lolos berat lebih kecil kumulatif (%)
1	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00
4	240.10	24.01	24.01	75.99
8	188.30	18.83	42.84	57.16
16	128.30	12.83	55.67	44.33
30	138.65	13.87	69.54	30.47
50	154.30	15.43	84.97	15.04
100	67.15	6.72	91.68	8.32
200	42.40	4.24	95.92	4.08
Pan	40.80	4.08	100.00	0.00
Total	1000.00	100.00		

Adapun setelah dilakukan pengujian analisis saringan terhadap masing-masing agregat maka akan didapatkan kombinasi agregat yang disajikan pada **Tabel 7** dan **Gambar 1**.

Tabel 7. Hasil kombinasi campuran agregat

PENCAMPURAN AGREGAT											
URAIAN	Ukuran Saringan										
Inc	1	3/4'	1/2'	3/8'	No.4	No.8	No.16	No.30	No.50	No.100	No.200
mm	25.4	19.05	12.70	9.50	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15	0.075
Data Material											
Agregat 1,0-2,0	100	100.00	69.73	59.05	45.98	35.83	23.69	12.71	8.63	6.16	4.42
Agregat 0,5-1,0	100	100.00	100	84.24	62.71	40.59	28.21	21.40	14.49	7.97	4.12
Abu Batu 0-0,5	100.	100.00	100	100	75.99	57.16	44.33	30.47	15.04	8.32	4.08
Filler Cement	100	100.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Komposisi Campuran											
Agregat 1,0-2,0	40.00	40.00	27.89	23.62	18.39	14.33	9.48	5.08	3.45	2.46	1.77
Agregat 0,5-1,0 0%	30.00	30.00	30.00	25.27	18.81	12.18	8.46	6.42	4.35	2.39	1.24
Abu Batu 0-0,5 28%	28.00	28.00	28.00	28.00	21.28	16.00	12.41	8.53	4.21	2.33	1.14
Filler Cement 2%	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Total Campuran 100%	100	100	87.89	78.89	60.48	44.51	32.35	22.03	14.01	9.18	6.15
Spec. Gradasi											
Max	100	100.00	90.00	82.00	64.00	49.00	38.00	28.00	20.00	13.00	8.00
Komposisi Campuran	Memuhi	Memuhi	Memuhi	Memuhi	Memuhi	Memuhi	Memuhi	Memuhi	Memuhi	Memuhi	Memuhi
Mix	100	90.00	75.00	66.00	46.00	30.00	18.00	12.00	7.00	5.00	4.00



Gambar 1. Hasil Kombinasi Agregat Standar**3.5. Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles**

Uji yang dilakukan bertujuan sebagai penentuan angka aus batuan berdasarkan persentase sebagai memberi perbedaan bobot material yang aus dengan bobot awal. Uji ini memakai alat berupa Los Angeles dilakukan berdasarkan metode pengujian PB.0206-76, dengan batas maksimum yang diperkenankan sebesar 40%. Hasil perhitungan tingkat keausan agregat pada studi **Tabel 8.**

Tabel 8. hasil uji aus Agregat dengan Mesin Abrasi *Los Angeles*

Benda Uji		500 putaran		KET
Saringan		Berat Sebelum (gr)	Berat Sesudah (gr)	
Lewat	Tertahan			
50,8 mm (2 ")	37,5 mm (1 ½ ")	-	-	Digunakan Digunakan
37,5 mm (1 ½ ")	25,4 mm (1 ")	-	-	
25,4 mm (1 ")	19,0 mm (¾ ")	-	-	
19,0 mm (¾ ")	12,5 mm (½ ")	2500	-	
12,5 mm (½ ")	9,5 mm (⅜ ")	2500	-	
9,5 mm (⅜ ")	6,3 mm (¼ ")	-	-	
6,3 mm (¼ ")	4,75 mm (no.4)	-	-	
Total bobot		5000		hasil memenuhi
Bobot menahan saringan No. 12			3785	
Nilai Keausan (Syarat ≤ 40%)			24.3 %	

B. Pengujian Aspal**3.1. Pengujian Penetrasi Aspal Pen 60/70**

Hasil pengujian penetrasi aspal Pen 60/70 pada suhu 25°C dengan beban 100 gram selama 5 detik menunjukkan nilai rata-rata sebesar 65,6 seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 9.**

Tabel 9. Hasil Penetrasi Aspal Pen 60/70

Penetrasi pada suhu 25°C 100 gr, 5 detik	Pemeriksaan I	Pemeriksaan II	Keterangan
1	63	60	
2	65	63	
3	70	67	
4	67	69	
5	62	70	
Rata-rata	65.4	65.8	65.6

3.2. Pengujian Titik Nyala Aspal

Pengujian terhadap pemeriksaan suhu penyalaan dan suhu pembakaran aspal metode Cleveland Open Cup dilaksanakan berdasarkan standar AASHTO T-48-74 atau PA.0303-76. Uji ini bertujuan mengetahui suhu pada saat permukaan aspal mulai menunjukkan nyala api (titik nyala), serta suhu saat nyala tersebut bertahan setidaknya selama lima detik (titik bakar) (M.T. Gunawan, 2013) seperti yang disajikan pada **Tabel 10.**

Tabel 10. Hasil Pengujian Titik Nyala

°C dibawah titik nyala	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Titik nyala	Keterangan
56	00'00	205		
51	00'19	210		
46	01'10	215		
41	01'58	220		
36	02'45	225		
31	03'52	230		
26	04'31	235		
21	05'35	240		
16	06'30	245	245 °C	Nyala

3.3. Pengujian Titik Lembek Aspal

Hasil pengujian titik lembek aspal menunjukkan bahwa nilai titik lembek rata-rata diperoleh sebesar 55°C seperti yang disajikan pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal

No	Suhu (°C)	Waktu (detik)		Titik Lembek (°C)		Keterangan
		I	II	I	II	
1	30	"00'00"00"	"00'00"00"			
2	35	"05'16"70"	"05'16"70"			
3	40	"09'15"22"	"09'15"22"			
4	45	"14'35"15"	"14'35"15"			
5	50	"17'09"80"	"17'09"80"			
6	55	"18'29"60"	"18'29"60"	54		
7	60	"19'54"12"	"19'54"12"		56	55

3.4. Pengujian Berat Jenis Aspal

Hasil pengujian menunjukkan bahwa berat jenis aspal yang diperoleh adalah sebesar 1,08, dan hasil tersebut dinyatakan memenuhi persyaratan seperti yang disajikan pada **Tabel 12**.

Tabel 12. Hasil uji bobot Aspal

Pengujian	Benda Uji I (Gram)	Benda Uji II (Gram)	Rata-Rata	Keterangan
Berat Piknometer + air (B)	106.00	104.00	105.00	
Berat Piknometer (A)	50.00	50.00	50.00	
Berat air (isi Piknometer) (C = B - A)	56.00	54.00	55.00	
Berat Piknometer + contoh (D)	85.00	83.00	84.00	
Berat Piknometer (A)	50.00	50.00	166.50	
Berat contoh (E = D - A)	35.00	33.00	34.00	
Berat Piknometer + air + contoh (F)	79.00	78.00	78.50	
Berat Piknometer + contoh (D)	85.00	83.00	84.00	
Berat air (G = F - D)	23.00	24.00	23.50	
Isi Bitumen (I = C - G)	33.00	30.00	31.50	
Berat jenis bitumen (H = E / I)	1.06	1.10	1.08	Memenuhi

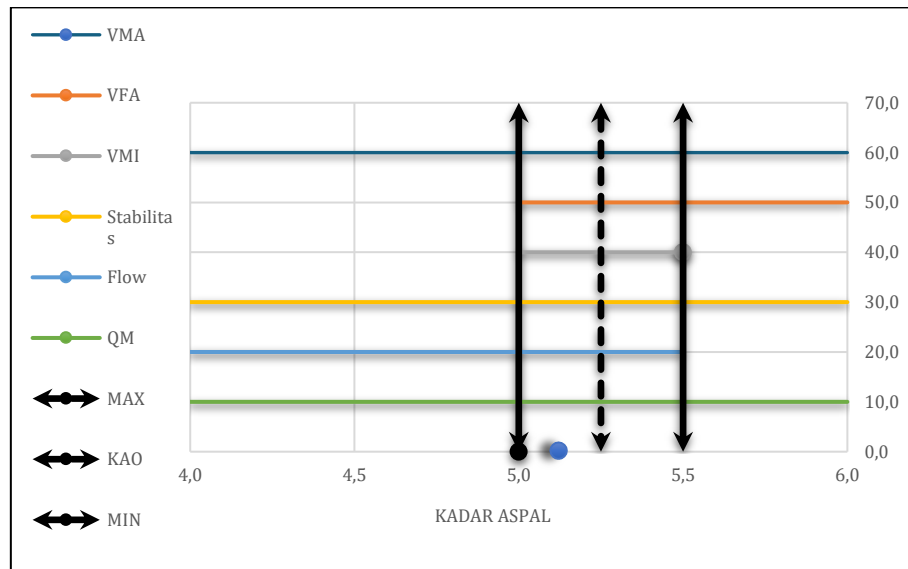
C. Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal optimal diperoleh melalui penilaian rata-rata dari kadar aspal yang menghasilkan nilai stabilitas tertinggi. Nilai kadar aspal optimal dalam campuran aspal dapat bervariasi, bergantung pada massa agregat, distribusi ukuran butir (gradasi), jenis aspal, serta berat jenis campurannya. Persentase dipakai riset yaitu 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6%, dengan suhu minimum pemanasan aspal sebesar 110°C dan suhu minimum agregat sebesar 120°C. Berdasarkan nilai rata-rata tersebut, perlu dianalisis apakah campuran telah memenuhi persyaratan sesuai ketentuan yang berlaku (Lebang, 2021) seperti hasil yang disajikan pada **Tabel 13** dan **Gambar 2**.

- 1) 4,0% x 1200 = 48 gram
- 2) 4,5% x 1200 = 54 gram
- 3) 5,0% x 1200 = 60 gram
- 4) 5,5% x 1200 = 66 gram
- 5) 6,0% x 1200 = 72 gram

Tabel 13. Hasil Pengujian Marshall Penentuan KAO

No	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal (%)				
			4	4.5	5	5.5	6
1.	VMA (%)	≥ 14	14.74	15.60	15.66	15.81	16.13
2.	VFA (%)	≥ 63	59.3	62.4	69.0	74.9	79.8
3.	VIM (%)	3.5-5.5	6.0	5.9	4.9	4.0	3.3
4.	Stabilitas (kg)	≥ 800	2200.5	2094.0	1953.0	1891.9	1860.5
5.	Flow (mm)	2--4	2.2	2.8	3.5	3.7	4.3
6.	QM (kg/mm)	≥ 250	1186.3	900.0	677.1	607.9	525.7



Gambar 2. Grafik Kadar Aspal Optimum (KAO)

Berdasarkan Gambar 2, dapat diamati bahwa hasil uji Marshall menunjukkan seluruh parameter memenuhi ketentuan pada kadar aspal 5,0% hingga 5,5%. Dari temuan ini dapat ditarik kesimpulan bahwa:

Penambahan Abu Kulit Kopi Terhadap Karakteristik Marshall

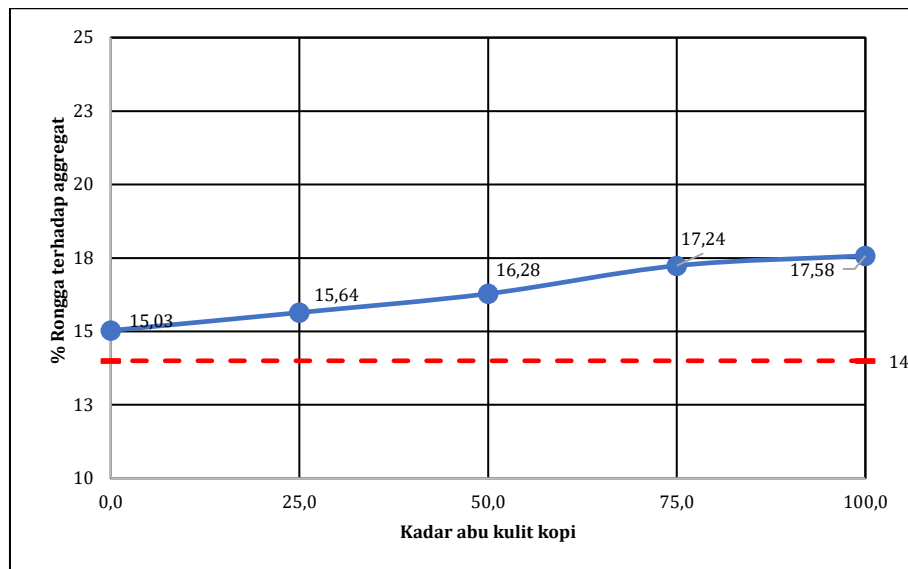
Uji dikerjakan sesudah penolaian KAO sudah yang dihasilkan kemudian dibuat gabungan aspal tambahan abu kulit kopi dengan persentase 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Benda uji dibuat masing-masing 2 buah setiap persentasenya dan berat total 1200 gram setiap sampelnya. Hal ini dilakukan untuk melihat pengaruh penggunaan abu kulit kopi terhadap karakteristik *marshall* yang meliputi, *VMA*, *VFA*, *VIM*, *stabilitas*, *flow*, dan *MQ*. Adapun hasil pengujian *Marshall* dengan penggunaan abu kulit kopi **Tabel 14**.

Tabel 14 .hasil uji Marshall Pada Tiap Persentase *Filler* Abu Kulit Kopi

No	Karakteristik	Syarat	Kadar Abu Kulit Kopi (%)				
			0	25	50	75	100
1.	VMA (%)	≥ 14	15.03	15.64	16.28	17.24	17.58
2.	VFA (%)	≥ 63	75.9	72.4	69.3	64.6	63.06
3.	VIM (%)	3.5-5.5	3.6	4.3	5.1	6.1	6.5
4.	Stabilitas (kg)	≥ 800	1948.6	1904.8	1828.9	1775.4	1691.0
5.	Flow (mm)	2--4	3.3	3.5	3.8	5.0	5.4
6.	QM (kg/mm)	≥ 250	712.7	653.1	578.3	434.1	375.3

VMA (*Void In Mineral Agregat*)

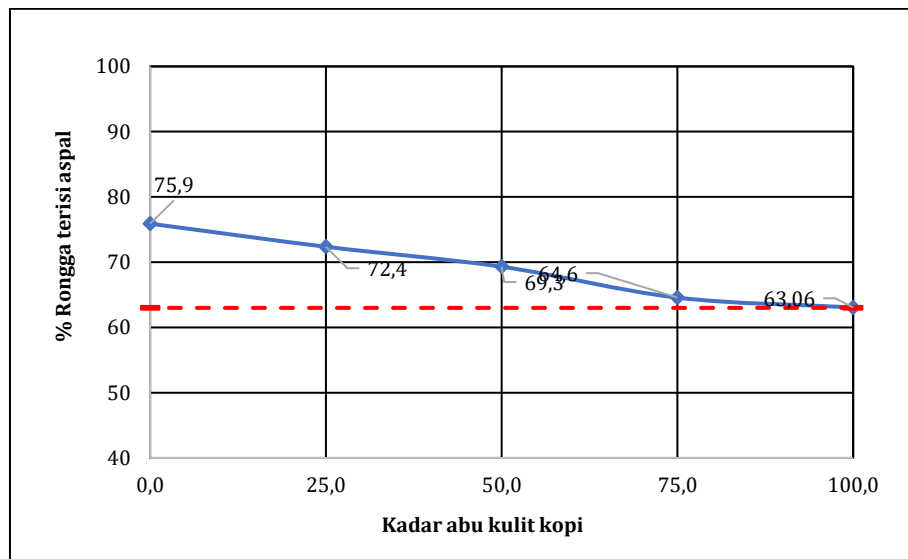
Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai VMA yang tanpa menggunakan abu kulit kopi sebesar 15,03 terjadi peningkatan seiring bertambahnya persentase abu kulit kopi yaitu, 25% (15.64), 50% (16.28), 75% (17.24) dan 100% (17.58) Nilai VMA pada seluruh variasi kadar abu kulit kopi tercatat melebihi batasan yang sesuai aturan Bina 2018, yakni sebesar ≥ 14 . Tinggi rendahnya angka VMA disebabkan jumlah aspal melapisi agregat; semakin tinggi kadar aspal, maka lapisan aspal yang membungkus agregat akan semakin tebal, mengakibatkan jarak antar butir agregat menjadi lebih longgar. Sebaliknya, jika kandungan aspal rendah, maka lapisan pelindung agregat akan lebih tipis, sehingga celah antar agregat menjadi lebih rapat.



Gambar 3. Grafik Hubungan VMA Dengan Persentase *Filler* abu Kulit Kopi

VFA (*Void Filled With Asphalt*)

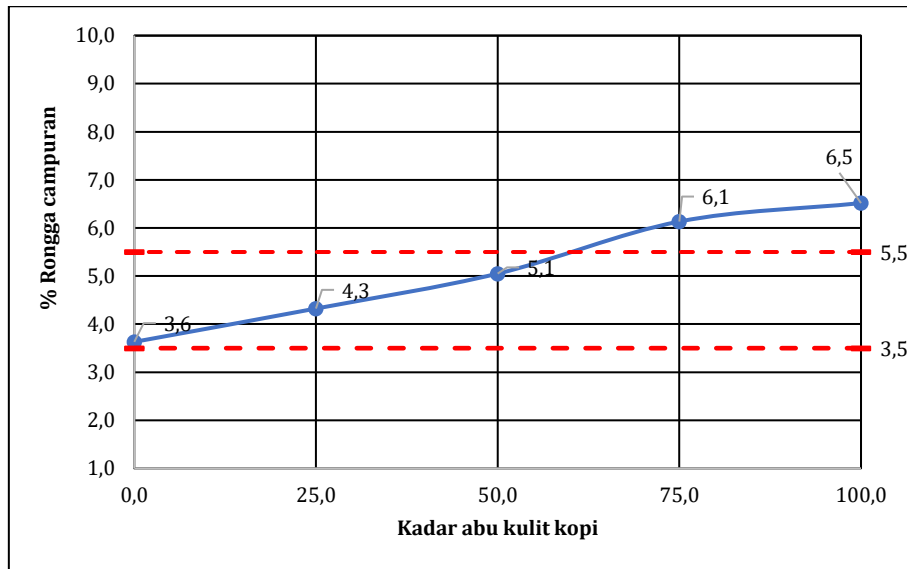
Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai VFA yang tanpa menggunakan abu kulit kopi sebesar 75,9 terjadi penurunan seiring bertambahnya persentase abu kulit kopi yaitu, 25% (72,4), 50% (69,3), 75% (64,6) dan 100% (63,06) nilai VFA untuk semua persentase abu kulit kopi memenuhi yang disyaratkan pada Spesifikasi Umum 2018 yaitu ≥ 63 .



Gambar 4. Grafik Hubungan VFA Dengan Persentase *Filler* abu Kulit Kopi

VIM (*Voil In The Mix*)

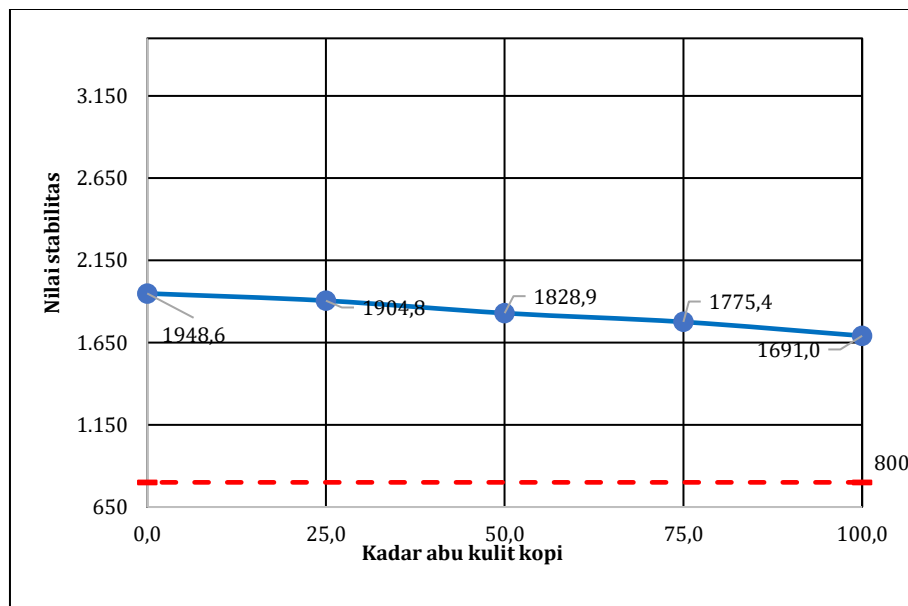
Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai VFA yang tanpa menggunakan abu kulit kopi sebesar 3,6 terjadi peningkatan seiring bertambahnya persentase abu kulit kopi yaitu, 25% (4,3), 50% (5,1), 75% (6,1) dan 100% (6,5) Persentase VIM pada komposisi 25% dan 50% abu kulit kopi sebagai *filler* telah sesuai dengan ketentuan dalam Spesifikasi Umum 2018, yaitu dalam rentang 3,5 hingga 5,5. Namun, pada proporsi 75% dan 100%, nilai VIM tidak memenuhi standar yang ditetapkan. VIM sendiri merupakan ukuran proporsi volume rongga udara dalam suatu campuran; semakin tinggi volume rongga tersebut, maka nilai VIM juga akan meningkat, yang menandakan bahwa campuran tersebut memiliki sifat lebih berpori atau kurang padat.



Gambar 5. Grafik Hubungan VIM Dengan Persentase *Filler* abu Kulit Kopi

Stabilitas

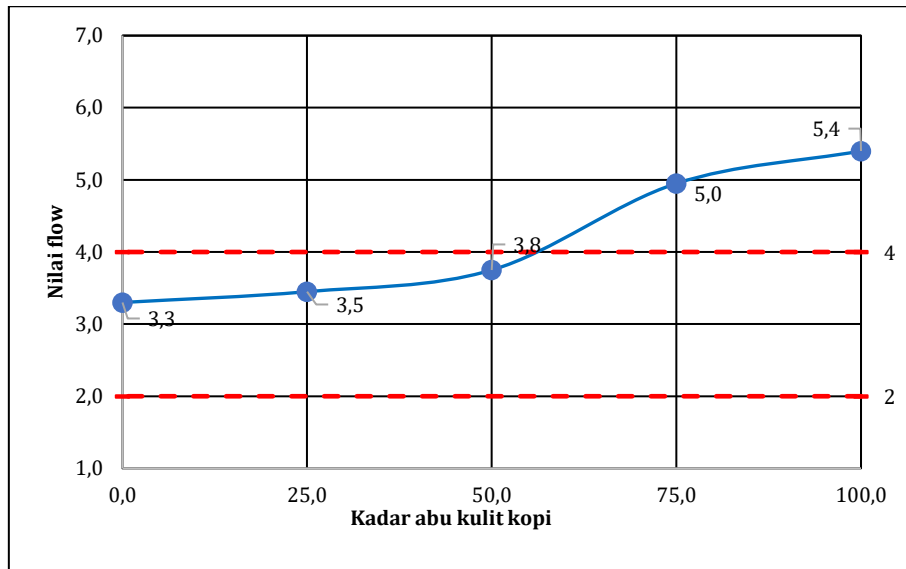
Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai Stabilitas yang tanpa menggunakan abu kulit kopi sebesar 1948.6 kg terdapat kecenderungan penurunan pada nilai stabilitas seiring meningkatnya persentase penggunaan filler abu kulit kopi. Hal ini dikarenakan sifat abu kulit kopi yang relatif lunak dan memiliki daya serap air yang tinggi. Penurunan nilai stabilitas tercatat pada kadar filler 25% sebesar 1904,8 kg, 50% sebesar 1828,9 kg, 75% sebesar 1775,4 kg, dan 100% sebesar 1691,0 kg. Meskipun mengalami penurunan, seluruh nilai stabilitas tersebut masih melebihi batas paling kecil sesuai Bina 2018 yaitu tidak lebih dari 800 kg.



Gambar 6. Grafik Hubungan Stabilitas Dengan Persentase *Filler* abu Kulit Kopi

Flow (Kelelehan)

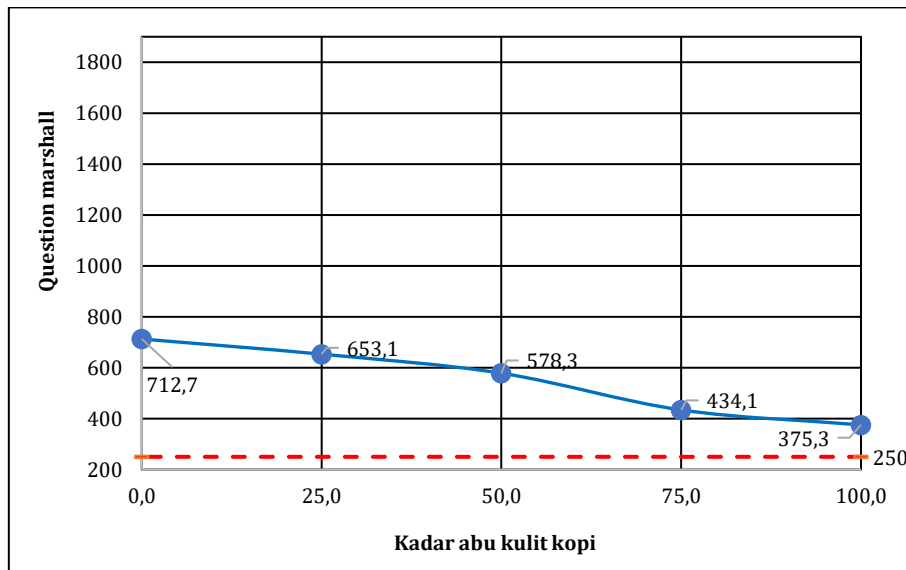
Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai *Flow* (Kelelehan) yang tanpa menggunakan abu kulit kopi sebesar (3.3 mm) terjadi peningkatan nilai *flow* seiring dengan bertambahnya persentase *filler* abu kulit kopi. Peningkatan pada varian Pada campuran dengan kadar filler abu kulit kopi sebesar 25% (3,5 mm) dan 50% (3,8 mm), nilai *flow* masih berada dalam rentang standar yang ditetapkan oleh Spesifikasi Umum 2018, yakni antara 3,5 hingga 5,5 mm. Namun, pada kadar 75% (5,0 mm) dan 100% (5,4 mm), meskipun nilainya terlihat mendekati batas atas, hasil *flow* sudah tidak lagi sesuai dengan kriteria yang dipersyaratkan.



Gambar 7. Grafik Hubungan *Flow* Dengan Persentase *Filler* abu Kulit Kopi

MQ (*Marshall Quantient*)

Gambar 8 menunjukkan nilai MQ (*Marshall Quantient*) yang tanpa menggunakan abu kulit kopi sebesar (712.7 kg/mm) untuk masing memberikan hasil tidak lebih dari sesuai aturan Spesifikasi Umum 2018 yaitu 250 kg/mm. terjadi penurunan nilai *flow* seiring dengan bertambahnya persentase *filler* abu kulit kopi. Penurunan pada varian filler 25% (653.1 kg/mm), 50% (578.3 kg/mm), 75% (434.1 kg/mm) dan 100% (375.3 kg/mm) nilai MQ adalah perbedaan nilai stabilnya terhadap nilai *flow*, yang mencerminkan tingkat kelenturan atau kekakuan dari suatu campuran. Jika hasilnya tinggi nilai *Marshall Quotient*, maka campuran bersifat lebih kaku. Sebaliknya, apabila nilai *Marshall Quotient* rendah, maka campuran menunjukkan sifat yang lebih lentur.



Gambar 8. Grafik Hubungan *MQ* Dengan Persentase *Filler* abu Kulit Kopi

Berdasarkan hasil uji *Marshall* yang telah dilakukan, diperoleh berbagai informasi dan temuan data yang diperlukan untuk menentukan campuran tersebut dapat digunakan atau tidak. Pengujian *marshall* dengan penggunaan abu kulit kopi nilai VMA, VFA, Stabilitas dan MQ sesuai aturan pada klasifikasi Umum 2018. Untuk nilai VIM dan *Flow* terdapat kadar *filler* yang tidak memenuhi yaitu pada penggunaan *filler* pada 75% dan 100% ini menunjukkan bahwa tidak dapat digunakan sebagai komposisi campuran aspal (JMF). sedangkan pada varian 25% dan 50% memenuhi semua kriteria yang ditentukan pada Spesifikasi Umum 2018.

4. KESIMPULAN

Nilai marshall yang didapatkan dari campuran laston AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) dengan penggunaan abu kulit kopi sebagai *filler* 25%, 50%, 75% dan 100% sehingga didapatkan Kadar Penambahan Optimum (KPO) abu kulit kopi 25% dan 50%. Maka dapat disimpulkan bahwa Kadar Penambahan Optimum 25% memiliki nilai VMA 15.64%, VFA 72.4%, VIM 4.3%, Nilai stabilitas mencapai 1904,8 kg dengan nilai aliran (flow) sebesar 3,3 mm serta Marshall Quotient sebesar 694,7 kg/mm. Sementara itu, pada tingkat penambahan optimal sebesar 50%, diperoleh nilai VMA yaitu 16,28%, VFA yaitu 69,3%, dan VIM yaitu 5,1%, dengan stabilitas 1828,9 kg, aliran 3,5 mm, serta Marshall Quotient 627,7 kg/mm. Seluruh parameter tersebut telah sesuai dengan ketentuan standar dalam Spesifikasi Umum tahun 2018. Berdasarkan hasil uji Marshall yang telah dilaksanakan, diperoleh bahwa persentase kadar aspal terbaik dalam mencampurkan Laston AC-BC yang menggunakan abu kulit kopi untuk bahan pengisi adalah sebesar 5,25% sebagai kadar aspal optimum (KAO).

Dari hasil penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa mencampurkan laston AC-BC setelah penggunaan abu kulit kopi sebagai *filler* mengalami pengaruh signifikan pada parameter *Marshall* menyebabkan nilai VFA, Stabilitas dan MQ menurun seiring bertambahnya persentase *filler* abu kulit kopi sedangkan Peningkatan nilai VMA, VIM, dan Flow terjadi sejalan dengan naiknya proporsi bahan pengisi pada kadar aspal optimum sebesar 5,25%, berdasarkan ketetapan yaitu kadar *filler* 25% - 50 %. Jika semakin banyak persentase *filler* yang digunakan pada Kadar Aspal yang digunakan akan mempengaruhi rendahnya kualitas campuran laston AC-BC.

REFERENSI

- Abdullah, Z. Z., Wesli, W., & Akbar, S. J. (2017). Penggunaan Abu Batu Bara Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Beton Ac-Bc. *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 121. <https://doi.org/10.29103/tj.v6i2.95>
- Aminsyah, M. (2013). Analisa Kehancuran Agregat Akibat Tumbukan Dalam Campuran Aspal. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 9(2), 50. <https://doi.org/10.25077/jrs.9.2.50-71.2013>
- Bumulo, N., & Rusnadin, N. W. (2018). Analisa Agregat Halus Pasir Zona III Dengan Agregat Kasar Ukuran 20 mm Dan 40 mm Untuk Uji Kuat Tekan Mutu Beton Pada Campuran Beton Normal. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 1(1), 11. <https://doi.org/10.32662/gojise.v1i1.136>
- Daudy, A., AR, S., & Gusrizal. (2023). Pengaruh Abu Cangkang Kopi pada Campuran Aspal Porous menggunakan Aspal Polymer sebagai Bahan Pengikat. *Jurnal Sipil Sains Terapan*, 6(1), 1-6.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2018. *Spesifikasi Umum*. Jakarta : Direktorat Bina Marga.
- Halimatus, S. (2022). *Analisa Pengaruh Limbah Abu Sekam Padi Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Marshall Pada Laston Ac-Bc*. 2257, 1-9.
- Lebang, N. L. (2021). Analisa Stabilitas Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Dan Karet Alam Sebagai Material Perkerasan Jalan. *JURNAL MANUMATA VOL 7, NO 2, 7(2)*, 140-146.
- Lewaherilla, N., Paulus, N., & Samponu, Y. (2024). Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Metode Analisa Komponen Bina Marga 1987 Dan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan 2017 Pada Ruas Jalan Ir. Soekarno Luran Kabupaten Kepulauan Tanimbar. *Jurnal Manumata*, 10(2), 140-152.
- M.T. Gunawan. (2013). Pengaruh Proses Pemanasan Pada Aspal. *Pengaruh Proses Pemanasan Pada Aspal*, 11(58).
- Mulyo, P., Maria, K., & Ridwan, M. (2023). Study Kasus Jalan Tarumanagara City. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 3, 6088-6102. <https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/download/2312/2006/4211>
- Nisumanti, S., & Yusuf, M. (2020). Pengaruh Arang Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Filler Aspal Penetrasi 60/70. *Jurnal Tekno Global UIGM Fakultas Teknik*, 8(2), 62-69. <https://doi.org/10.36982/jtg.v8i2.900>
- Rombot, P., Kaseke, O. H., & Manoppo, M. R. E. (2015). Kajian Kinerja Campuran Beraspal Panas. *Jurnal Sipil Statik*, 3(3), 190-197.
- Silvia Sukirman, (2008). Campuran Aspal Beton AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) (Sukirman S,2003). Aspal adalah bahan hidrikarbo yang bersifat melekat (*adhesive*), berwarna gelap biasanya berpenampilan hitam atau coklat tua, tahan terhadap air dan *visoelastis*
- Simatupang, R., & Ulfaturosida, N. D. (2019). Pengaruh Penggunaan PS Ball Sebagai Pengganti Pasir Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 36-59. <https://doi.org/10.28932/jts.v10i1.1382>
- Sulistianti, AR, S., & Miswar, K. (2020). Pemanfaatan Limbah Kulit Kopi Dan Agregat Halus Endapan Abu Vulkanik Burni Telong Pada Campuran Laston AC-WC. *Jurnal Sipil Sains Terapan, September*.
- Utami, A., Sastra, M., & Zulkarnain, Z. (2020). Abu Kulit Pinang Sebagai Pengganti Filler Pada Campuran Ac-Bc. *Jurnal TeKLA*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.35314/tekla.v2i1.1431>
- Widyasanti, A., & Muharram, A. (2023). Pemanfaatan Limbah Kulit Kopi Dan Praktik Pembuatan Sabun Cascara Kopi. *Sawala : Jurnal pengabdian Masyarakat Pembangunan Sosial, Desa dan Masyarakat*, 4(2), 54. <https://doi.org/10.24198/sawala.v4i2.46566>
- Zahra, K., Riris Hotma Roito Manalu, Rana Nabillah, & Putri Kemala Dewi. (2024). Analisis Dampak Pembangunan Infrastruktur Jalan terhadap Pertumbuhan Ekonomi Kecamatan Medan Tembung. *El-Mal: Jurnal Kajian Ekonomi & Bisnis Islam*, 5(3), 1857-1866. <https://doi.org/10.47467/elmal.v5i3.1070>