

Pemanfaatan *Fly Ash Amp* PT. Piranti Jagad Raya Sebagai Filler Perkerasan AC-BC

Utilization of Fly Ash Amp PT. Jagad Raya Device as AC-BC Pavement Filler

M Alvin*, Jusmidah, Andi Fathussalam

*E-mail: alvinamir015@gmail.com

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andi Djemma

Diterima: 2 Februari 2024 / Disetujui: 30 April 2024

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik perkerasan AC-BC. dengan penambahan *fly ash amp* sebagai *filler*. Jenis penelitian yang dilakukan adalah kuantitatif dengan metode eksperimen. Dari hasil penelitian maka dapat di ketahui bahwa variasi perkerasan AC-BC laston yaitu 0%, 2%, 4% dan 6% dengan parameter Stabilitas, Flow, Vim, Vma, Vfb, Kepadatan, dan Penyerapan. *Mharsall Quontiet* mengungkapkan bahwa pada Variasi 2% yang tidak masuk dalam spesifikasi yaitu vim, vfb, stabilitas dan flow dengan nilai vim 6,371%, vfb 59,484%, stabilitas 772,262 kg, flow 1,1 mm, dan di variasi 4% yang tidak masuk dalam spesifikasi yaitu vfb dan flow dengan nilai vfb 62,351%, flow 1,9 mm. sedangkan yang masuk dalam spesifikasi yaitu nilai vim 3-5%, vfb 65% , stabilitas 800-1800 kg, flow 2-4 mm. Pada variasi 2% yaitu dibagian vim, vfb, stabilitas dan flow dan juga variasi 4% yaitu pada bagian vfb dan flow tidak memenuhi spesifikasi pada laston AC-BC.

Kata Kunci: Fly, Ash, Amp, AC-BC, Abu Terbang

ABSTRACT

This research aims to determine the characteristics of AC-BC pavement. with the addition of fly Ash junior high as filler. The type of research carried out was quantitative with experimental methods. From the research results, it can be seen that the variations in AC-BC Laston pavement are 0%, 2%, 4% and 6% with the parameters Stability, Flow, Vim, Vma, Vfb, Density, Absorption and Mharsall Quontiet revealed that the variation is 2% which are not included in the specifications, namely vim, vfb, stability and flow with a vim value of 6.371%, vfb 59.484%, stability 772.262 kg, flow 1.1mm, and in the 4% variation which is not included in the specifications, namely vfb and flow with a vfb value of 62.351 %, flow 1.9 mm. while what is included in the specifications is a vim value of 3-5%, vfb 65%, stability 800-1800 kg, flow 2-4 mm. The 2% variation, namely in the vim, vfb, stability and flow section and also the 4% variation, namely in the vfb and flow section, does not meet the specifications in Laston AC-BC.

Keywords: Fly, Ash, Amp, AC-BC, Fly Ash



This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license

A. PENDAHULUAN

Lapis beton aspal atau yang sering disebut dengan laston, berdasarkan tebal dan ukuran maksimum agregatnya dibagi menjadi 3 jenis campuran, yaitu *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) yang

digunakan sebagai lapis permukaan, *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) yang digunakan sebagai lapis antara, dan *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-Base) yang digunakan sebagai lapis pondasi, dengan ukuran maksimum

agregat masing-masing campuran berturut-turut adalah 19 mm, 25,4 mm, dan 37,5 mm (Winarno, 2020; Besouw et al, 2019; Lubis et al, 2020). Dalam suatu sistem perkerasan, lapisan ACBC memiliki beberapa fungsi, yang di antaranya adalah menyediakan drainase yang baik untuk melindungi lapisan di bawahnya dan menerima beban langsung lalu lintas serta menyebarkan beban lalu lintas tersebut untuk mengurangi tegangan pada lapisan struktur bawah (Dunggio et al, 2017). Untuk membuat kinerja lapisan ini berfungsi secara optimal, harus digunakan material dan bahan ikat yang memenuhi persyaratan serta memenuhi ketentuan yang berlaku di Indonesia. Menurut Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga (2020).

Pemanfaatan *flay ash* sebagai *filler* dalam perkerasan aspal tahun 2015 terkait dengan upaya untuk meningkatkan kinerja perkerasan dan mengurangi dampak lingkungan. *Flay ash*, atau abu terbang yang merupakan limbah hasil pembakaran AMP (*Asphalt Mixing Plant*), digunakan sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan kekuatan dan daya tahan perkerasan aspal, serta mengurangi kebutuhan akan bahan baru (Askarman, 2021). Pendekatan ini sejalan dengan prinsip pembuangan yang berkelanjutan

dan mempromosikan penggunaan bahan daur ulang dalam industri konstruksi (Messa et al, 2017).

Penelitian Sugeha dkk Rudi (2018) Pemanfaatan Limbah Abu Batu Bara sebagai *Filler* pada campuran Laston meneliti 15 buah benda uji dengan kadar aspal rentang 5% - 7% di mana benda uji direndam dengan suhu air 60°C selama 30 - 40 menit. Tujuan perendaman ini adalah agar mendapatkan nilai kadar aspal optimum. Dari hasil pengujian, didapatkan bahwa penggunaan *filler* abu batu bara ternyata tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan campuran (Rachman et al, 2022). Bahkan kadar aspal optimum yang didapat dengan menggunakan *filler* abu batu bara memiliki nilai yang lebih rendah sebanyak 6,55% dari pada kadar aspal yang menggunakan *filler* yang umum digunakan.

Flay ash atau abu terbang yang dihasilkan dari *asphalt mixing plant* (AMP) PT. Piranti Jagad Raya. *Flay ash* atau abu terbang ini di dapat ketika amp sedang produksi, *flay ash* atau abu terbang adalah sisa dari pembakaran amp atau limbah dari amp, *flay ash* atau abu terbang keluar melalui cerobong amp bersamaan dengan asap pembakaran. Terjadinya *flay ash* atau abu terbang ini berproses pada saat pembakaran atau memasak material

agregat kasar dan agregat halus, sehingga terjadinya pembentukan *flay ash* atau abu terbang.

PT. Piranti Jagad Raya adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pelaksanaan konstruksi. perusahaan ini juga memiliki alat asphalt *mixing plant* (AMP). AMP adalah seperangkat alat yang mempunyai fungsi untuk memproduksi bahan lapisan permukaan jalan lentur yaitu campuran beraspal panas. AMP PT. Piranti Jagad Raya berada di Desa Tiromanda Kecamatan Bua Kabupaten Luwu.

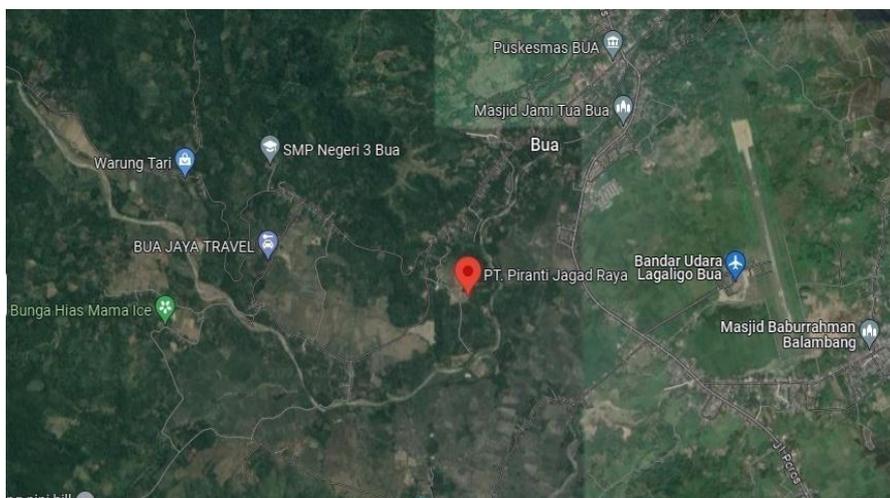
Oleh karena itu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik perkerasan AC-BC dengan penambahan *flay ash* amp sebagai *filler*.

B. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan adalah kuantitatif dengan metode eksperimen tentang Penelitian pemanfaatan *flay ash* sebagai filler

perkerasan AC-BC dapat mencakup analisis sifat fisik, mekanik, dan lingkungan *flay ash*. Metodologi eksperimental dan pengukuran kinerja perkerasan dapat menjadi fokus untuk mengoptimalkan pemanfaatan *flay ash* dalam aspal tanah beralur (AC-BC). dimana untuk mendapatkan data-data dan hasil penelitian dengan melakukan pengujian dan penelitian di Laboratorium. Penelitian ini juga menggunakan bahan tambah (*filler*) abu terbang abu batu (*flay ash*).

Penelitian lakukan di Laboratorium Perkerasan Jalan dan Aspal Fakultas Teknik Universitas Andi Djemma. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu bahan tambah (*flay ash*) abu terbang yang di ambil dari AMP PT. Piranti Jagad Raya Di Kecamatan. Bua Desa. Tiromanda Kabupaten Luwu.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Data Primer yang di gunakan dalam penelitian ini di ambil dari hasil penelitian yang dilakukan secara langsung di Laboratorium Perkerasan Jalan dan Aspal Fakultas Teknik Program Studi Sipil Universitas Andi Djemma, adapun sampel yang di gunakan yaitu, Sampel *flay ash*, Sampel agregat, Sampel aspal. Data skunder dalam penelitian ini diambil dari penelitian aturan standar aspal yang diperoleh dari studi literatur berupa buku, jurnal dan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Bua yang telah disiapkan sesuai dengan fraksi pada syarat gradasi campuran AC-BC diuji karakteristiknya di laboratorium Perkerasan Jalan Raya dan Aspal Fakultas Teknik Universitas Andi Djemma untuk memastikan bahwa agregat yang digunakan memenuhi persyaratan berdasarkan spesifikasi umum perkerasan jalan oleh Bina Marga tahun 2018 sebagai bahan campuran beton aspal AC-BC. Gradasi agregat.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat

Agregat kasar dan halus yang diambil di AMP PT. Piranti Jagad Raya di

NO. SARINGAN		GRADASI			TOTAL	SPESIFIKASI AC - BC MIN	RATA-RATA	SPESIFIKASI AC-BC MAK
		37%	28%	35%				
mm	Inch	CHIPPING 1-2	CHIPPING 0.5-1	ABU BATU				
25.400	1"	37.00	28	35	100.00	100.00	100.00	100.00
19.00	¾"	37.00	28	35.00	100.00	90.00	95.00	100.00
12.700	½"	24.73	28	35	87.73	74.00	82.00	90.00
9.520	⅜"	7.41	36	35	78.41	64.00	73.00	82.00
4.750	NO.4	0.35	13.85	34.95	49.15	47.00	55.50	64.00
2.350	NO.8	0.35	3.53	33.19	37.07	34.60	41.80	49.00
1.180	NO.16	0.35	0.39	29.42	30.16	28.30	33.15	38.00
0.600	NO.30	0.35	0.39	21.39	22.13	20.70	24.75	28.00
0.300	NO.50	0.35	0.39	14.89	15.64	13.70	16.85	20.00
0.150	NO.100	0.35	0.39	7.34	8.09	4.00	8.50	13.00
0.075	NO.200	0.35	0.39	4.41	5.15	4.00	6.00	8.00

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Gambar 2. Gradasi Campuran

Gambar 2 menunjukkan bahwa sesuai dengan Spesifikasi Umum gradasi agregat campuran yang digunakan Pekerjaan Jalan oleh Bina Marga 2018. masuk dalam batasan spesifikasi standar

2. Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini adalah *chipping* ukuran 0,5-1 dan 1-2 yang telah melalui pengujian di Laboratorium Pengukuran Jalan Raya dan

Aspal Fakultas Teknik Program Studi Sipil. Pemeriksaan gradasi agregat dilakukan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan menggunakan saringan, untuk data hasil pemeriksaan gradasi agregat kasar.

Tabel 1. Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar 1-2 cm

No. Saringan		% Lolos Saringan Agregat 1-2
3/4	(19.1 mm)	100
1/2	(12.5 mm)	66.834
3/8	(9.52 mm)	20.040
No.4	(4.76 mm)	0.952
No.200	(0.074 mm)	0.952
Pan		0.000

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Tabel 2. Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar 0,5-1 cm

No. Saringan		% Lolos Saringan Agregat 1-2
1/2	(12.5 mm)	100
3/8	(9.52 mm)	99.499
No.4	(4.76 mm)	49.449
No.8	(2.36 mm)	12.613
Pan		0.000

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Selanjutnya pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat bertujuan untuk mengetahui berat jenis (*Bulk*) yaitu perbandingan berat agregat kering dan berat air suling yang isinnya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu, berat jenis permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry=SSD*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu, berat jenis semu (*Apparent*) dan penyerapan agregat kasar ialah persentase berat isi

yang diserap pori terhadap berat agregat kering. Untuk data hasil pemeriksaan gradasi berat jenis agregat kasar pada Tabel 3.

Pemeriksaan keawetan (*Soundness Test*) dilakukan untuk mengetahui ketahanan pemeriksaan atau keausan/pelapukan terhadap agregat akibat pengaruh cuaca/iklim dengan bahan natrium sulfat. Untuk data hasil pemeriksaan soundness test agregat kasar pada Tabel 4. Selanjutnya Pemeriksaan berat isi agregat kasar/halus yang dimaksudkan untuk menentukan berat isi,

dimana berat isi adalah perbandingan pemeriksaan berat isi agregat kasar dapat antara berat agregat dengan isi agregat. dilihat pada Tabel 3.

Dengan satuan gr/cm^3 . Untuk data hasil

Tabel 3. Pemeriksaan Agregat Kasar

Pengujian	Persyaratan		Hasil Pengujian	
	Min.	Max	Agregat 1-2	Agregat 0,5-1
Berat Jenis (Bulk)	2,5	-	2,802	2,775
Berat jenis SSD	2,5	-	2,850	2,825
Berat Jenis Semu (Apparent)	2,5	-	2,940	2,920
Water Absorption	0	0	1,678	1,781
Berat Isi Gembur	1,4	1,9	1,430	1,444
Berat Isi Padat	1,4	1,9	1,578	1,684
Soundness Test (air Garam)	-	12	5	2
Soundness Test (Air Laut)	0,15	12	4	4

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

3. Pemeriksaan Agregat Halus Abu Batu

Pemeriksaan gradasi abu batu bertujuan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus yaitu abu batu

dengan menggunakan saringan sesuai dengan Standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Untuk hasil pemeriksaan abu batu dapat dilihat pada Tabel 4. berikut.

Tabel 4. Pemeriksaan Gradasi Abu Batu

No. Saringan		% Lolos Saringan
		Agregat 1-2
3/8	(9,52 mm)	100
No. 4	(4,76 mm)	99,849
No. 8	(2,38 mm)	94,832
No.16	(1,18 mm)	84,044
No.30	(0,59 mm)	61,114
No.50	(0,3 mm)	42,549
No.100	(0,149 mm)	20,973
No.200	(0,074 mm)	12,594
Pan		0.000

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

Selanjutnya pemeriksaan berat jenis dan penyerapan abu batu bertujuan untuk menentukan berat jenis (bulk), berat jenis kering (*Saturated Surface Dry SSD*), berat jenis semu (*apparent*) dan penyerapan. Pemeriksaan abu batu yang didapatkan pada water Absorption tidak melebihi 3% dari spesifikasi yang disyaratkan. Untuk hasil pemeriksaan berat jenis abu batu

pada Tabel 5.

Pemeriksaan Keawetan (*soundness test*) Abu Batu dilakukan untuk mengetahui ketahanan agregat terhadap pengaruh cuaca/iklim, dengan bahan Natrium Sulfat (Na SO_4). Untuk hasil pemeriksaan *soundness test* abu batu dapat dilihat pada Tabel 5. Kemudian Pemeriksaan berat isi agregat halus

bertujuan untuk menentukan berat isi, dimana berat isi adalah perbandingan antara berat agregat dengan isi agregat.

Dengan satuan gr/cm^3 . Untuk data hasil pemeriksaan soundness test abu batu dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5. Pemeriksaan Abu Batu

Pengujian	Persyaratan		Hasil Pengujian
	Min.	Max	Agregat 1-2
Berat Jenis (Bulk)	2,5	-	2,714
Berat jenis SSD	2,5	-	2,708
Berat Jenis Semu (Apparent)	2,5	-	2,806
Water Absorption	0	0	2,214
Berat Isi Gembur	1,4	1,9	1,430
Berat Isi Padat	1,4	1,9	2
Soundness Test (air Garam)	-	12	1,019
Soundness Test (Air Laut)	0,15	12	0,198

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2023

4. Pemer Penentuan Kadar Aspal Rencana

Untuk mendapatkan nilai karakteristik campuran dengan variasi kadar filler terlebih dahulu diketahui proposi agregat. Dari hasil tersebut dapat diketahui komposisi agregat yang akan digunakan. Penentuan nilai karakteristik campuran akan dilakukan dengan pembuatan dan pengujian benda uji (briket). Berdasarkan jumlah persentase fraksi campuran, maka jumlah pemakaian kadar aspal rencana adalah 5,0%.

Benda uji yang dibuat dengan variasi kadar aspal mulai 4% sampai dengan 6% dengan masing-masing sebanyak 5 buah briket untuk setiap variasi kadar aspal. Jumlah benda uji yang disiapkan di tentukan dari tujuan dilakukannya uji Marshall tersebut AASHTO menetapkan minimal buah

benda uji untuk setiap kadar aspal yang digunakan.

5. Penentuan Berat Agregat Dan Berat Aspal

Setelah diperoleh komposisi agregat campuran, maka ditentukan masing-masing berat agregat dan berat aspal. Adapun komposisi agregat campuran yaitu agregatkasar 1 – 2 = 37%, agregatkasar 0.5 – 1 = 28%, dan abu batu = 35%.

Pembuatan campuran untuk benda uji marshall dilakukan dengan temperatur pada viskositas 170 ± 20 cst. Untuk mendapatkan permukaan agregat yang kering sebaiknya dioven terlebih dahulu sampai beratnya tetap. Agregat kemudian dicampur dengan aspal sesuai dengan berat aspal yang dibutuhkan untuk masing-masing briket. Setelah tercampur rata agregat tersebut dituang kedalam mold yang telah dipersiapkan. Kemudian

dilakukan pemadatan dari tiap sisi briket, dan dilakukan 75 kali tumbukan pada tiap sisinya. Selanjutnya sampel yang telah dipadatkan tersebut dikeluarkan dari dalam mold. Setelah proses pemadatan selesai benda uji didinginkan pada suhu ruang kurang lebih 24 jam, setelah dingin benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel dan diukur tinggi benda uji dengan menggunakan jangka sorong dan ditimbang beratnya diudara.

Kemudian benda uji direndam dalam air selama 24 jam supaya jenuh. Setelah jenuh benda uji ditimbang beratnya dalam air, benda uji dikeluarkan dari bak perendam dan di keringkan dengan kain pada permukaan agar kondisi permukaan kering jenuh (*saturated surface dry SSD*), kemudian ditimbang. Selanjutnya benda uji dimasukkan kedalam bak perendam (waterbath) pada suhu 60°C selama 30 menit.

Benda uji dikeluarkan dari bak perendam, letakkan benda uji ditengah pada bagian bawah kepala penekan kemudian letakkan bagian atas kepala penekan dengan memasukkan lewat batang penuntun, kemudian letakkan pemasangan yang sudah lengkap tersebut ditengah alat pembebanan, arloji kelelahan (fliv meter) dipasang pada salah satu batang penuntun. Kepala penekan

dinaikkan hingga menyentuh atas cincin penguji kemudian diatur kedudukan jarum arloji penekan dan arloji flow pada angka nol. Pembebanan dilakukan dengan kecepatan tetap 51 mm (2 inchi) per menit, hingga kegagalan benda uji terjadi yaitu pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun, pada saat itu pula baca arloji kelelahan.

6. Analisis dan Hasil Pengujian Marshall Test untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Untuk mendapatkan kadar aspal optimum maka dibuat lima buah sampel briket, menggunakan pemadat marshall dengan jumlah tumbukan sebanyak 2 x 75 dengan variasi kadar aspal sesuai dengan rancangan campuran AC-BC, yaitu 4.0%, 4.5%, 5.0%, 5.5%, dan 6.0%. hasil pengujian karakteristik Marshall campuran AC-BC dapat dilihat pada Tabel 6. menunjukkan bahwa tidak semua hasil pengujian masuk dalam spesifikasi karakteristik campuran AC-BC sesuai Spesifikasi. Dari Tabel dibuat grafik karakteristik campuran AC-BC. Semua nilai hasil pengujian kedua jenis agregat pada penelitian tersebut dimasukkan kedalam grafik untuk mengetahui perlakuan yang terjadi sesuai dengan hubungan antara kadar aspal terhadap karakteristik campuran tersebut

Tabel 6. Rekapitulasi Pengujian Marshall Campuran AC-BC yang tidak Menggunakan flay ash (abu terbang).

Sifat-sifat campuran	Hasil Pengujian					Spesifikasi
Variasi Campuran;%	4%	4,5%	5%	5,5%	6%	
VIM	9,636	9,929	8,641	4,658	4,856	3-5 %
VMA	16,312	17,583	17,218	17,478	18,433	≥ 4 %
VFB	49,619	51,613	58,047	66,688	71,768	≥ 65 %
Stabilitas;kg	673,294	672,597	761,434	811,247	820,360	800-1800 kg
Flow	0,832	0,916	0,432	2,615	2,225	2-4 mm
MQ	869,323	729,287	1802,012	1306,399	3124,001	≥ 250 kg/mm
penyerapan	1,519	1,900	1,902	1,904	1,906	Min 1,2
kepadatan	2,326	2,300	2,315	2,347	2,350	Min 2

Sumber: Hasil Pengujian Laboraturium, 2023

Tabel 8. Rekapitulasi Pengujian Marshall Campuran AC-BC yang Menggunakan flay ash (abu terbang)

Sifat-sifat campuran	Hasil Pengujian				Spesifikasi
Variasi Campuran;%	0%	2,0%	4%	6,0 %	
VIM	4,308	6,371	5,888	4,450	3-5 %
VMA	15,307	16,146	15,852	15,426	≥ 15 %
VFB	67,202	59,484	62,531	65,698	≥ 65 %
Stabilitas;kg	845,556	772,262	830,475	838,294	800-1800 kg
Flow	2,2	1,1	1,9	2,6	2-4 mm
MQ	437,378	434,671	520,695	525,328	≥ 250 kg/mm
penyerapan	1,519	1,800	1,692	1,604	Min 1,2
kepadatan	2,386	2,366	2,385	2,202	Min 2

Sumber: Hasil Pengujian Laboraturium, 2023

D. KESIMPULAN DAN SARAN**

Karakteristik agregat campuran lapis perkerasan laston AC-BC di peroleh dari hasil pengujian agregat. Semua memenuhi persyaratan standar spesifikasi umum Bina Marga 2018. Denga pemeriksaan yang di lakukan terdiri dari analisa saringan, berat jenis, penyerapan, soundness test, berat isi/berat volume dan kelekatan agregat terhadap aspal.

DAFTAR PUSTAKA

- Askarman, A. (2021). Kajian Pengaruh Penggunaan Fly Ash Amp dan Fly Ash Batu Bara Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).
- Besouw, G. V., Manoppo, M. R., & Palenewen, S. C. N. (2019). Pengaruh Modulus Kehalusan Agregat terhadap Penentuan Kadar Aspal pada Campuran Jenis AC-WC. *Jurnal Sipil Statik*, 7(4).
- Dunggio, A. H., Husnan, F., & Rachman, A. (2017). Tinjauan Kerusakan Lapis Permukaan Jalan Berdasarkan Analisis Kadar Aspal Studi Kasus AC-BC (Asphalt Concrete Binder Course) Pada Ruas Jalan Sawah Besar Kabupaten Bone Bolango. *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi*, 5(2), 111-130.
- Lubis, M., Batubara, H., & Parningotan, M. I. (2020). Pengaruh penambahan plastik low linear density polyethylene (Lldpe) sebagai bahan tambahan terhadap campuran aspal beton (Ac-Wc). *Buletin Utama Teknik*, 15(3), 255-262.
- Messah, Y., Wirahadikusumah, R., & Abduh, M. (2017). Konsep Dan Penerapan Pengadaan Berkelanjutan

Untuk Proyek Konstruksi–Studi Literatur. Prosiding Konferensi Nasional Inovasi Lingkungan Terbangun.

- Rachman, D. N., Riwayati, S., Sirait, D. R., & Arfan, M. (2022). Penambahan Fly Ash Batu Bara PLTU Sebagai Filler Aspal AC WC. Bearing: Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil, 7(4), 207-214.
- Sugeha, A. L. R., Sulandari, E., & Suyono, R. S. (2018). Pemanfaatan Limbah Abu Batu bara sebagai filler pada campuran Laston. JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang, 5(3).
- Winarno, D. B. (2020). Pengaruh Penggunaan Batu Kapur Sebagai Substitusi Agregat Pada Lapisan Asphalt Concrete–Wearing Course (Ac-Wc) (Doctoral dissertation, Universitas Atma Jaya Yogyakarta).