

ANALISIS KARAKTERISTIK CAMPURAN BERASPAL ASPAL AC-WC
MENGUNAKAN FILLER ABU CANGKANG SIPUT SAWAH DAN FLY ASH

Abdias Tandi Arrang^{1,*}, Parea Rusan Rangan², Azril Somboinggi³, Rilva Toding Bua⁴, Yulieanti Sarah Mapaliey⁵, Marinus Linggi K. Lino, Hernita Matana, Gersony Miri, Rael Rabang Matasik^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Toraja, Jl. Nusantara No.12 Makale, Kabupaten Tana Toraja, Indonesia

¹diastandy@gmail.com; ²pareausanrangan68@gmail.com; ³azrilsombolinggi@ukitoraja.ac.id, rilvatodingbua@ukitoraja.ac.id, yantymapaliey@gmail.com, marinuslinggi@gmail.com, hernitamataana@gmail.com, gersony@ukitoraja.ac.id, raelrabang@gmail.com

*corresponding author : diastandy@gmail.com

ABSTRAK

Kata Kunci:

Aspal AC-WC
Uji Marshall
Abu Cangkang Keong
Limbah Batu Bara

Aspal merupakan endapan pada proses distilasi minyak bumi dan sering digunakan sebagai bahan pengikat dengan kualitas serta jumlah aspal menjadi penentu keberhasilan campuran beraspal yang akan di gunakan sebagai material perkerasan jalan dengan memiliki sifat fisis, berupa: viskositas, tahanan terhadap pelapukan yang di sebabkan oleh iklim, termoplastis serta tahan terhadap air. Oleh karena itu perlu ditemukan material baru diantaranya abu cangkang keong sawah dan limbah batu bara yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi atau filler pada campuran aspal yang berkualitas namun tetap memenuhi persyaratan dan spesifikasi teknis yang ditetapkan oleh Departemen Pekerjaan Umum. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai karakteristik Marshall melalui uji permeabilitas pada campuran aspal yang menggunakan cangkang keong mas dan limbah batu bara sebagai filler.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu dengan suatu pengujian Marshall untuk mendapatkan hasil, dengan demikian akan terlihat pemanfaatan abu cangkang keong mas dan limbah batu bara pada campuran AC-WC. Adapun variasi pengganti filler yaitu abu cangkang keong mas 0% limbah batu bara 100%, abu cangkang keong mas 25% limbah batu bara 75%, abu cangkang keong mas 50% limbah batu bara 50%, abu cangkang keong mas 75% limbah batu bara 25%, abu cangkang keong mas 100% limbah batu bara 0%.

Hasil penelitian menunjukkan pengganti filler dengan menggunakan abu cangkang keong mas dan limbah batu bara dengan kadar aspal optimum (KAO) yang dihasilkan yaitu 6,7%. Pada perendaman 30 menit memperoleh nilai rata-rata VIM 5,63%, nilai rata-rata VMA 18,21%, nilai rata-rata VFB 69,44%, nilai rata-rata stabilitas 2768,89 kg, dan nilai rata-rata flow 3,59 mm, pada perendaman 24 jam memperoleh nilai rata-rata VIM 5,08%, nilai rata-rata VMA 17,74%, nilai rata-rata VFB 71,59%, nilai rata-rata stabilitas 2569,41 kg, dan nilai rata-rata flow 3,67 mm, dan pada perendaman 48 jam memperoleh nilai rata-rata VIM 4,42%, nilai rata-rata VMA 17,17%, nilai rata-rata VFB 74,51%, nilai rata-rata stabilitas 2380,37 kg, dan nilai rata-rata flow 3,76 mm

Keywords:

Asphalt AC-WC
Marshall Test
Conch Shell Ash
Coal Waste.

ABSTRACT

Asphalt is a precipitate in the petroleum distillation process and is often used as a binder with the quality and amount of asphalt determining the success of the asphalt mixture to be used as a road pavement material with physical properties, such as: viscosity, resistance to weathering caused by climate, thermoplastic and water resistant. Therefore, it is necessary to find new materials, including ash from rice field snail shells and coal waste which can be used as filler in asphalt mixtures of good quality but still meet the technical requirements and specifications set by the Ministry of Public Works. This study aims to determine the value of Marshall characteristics through permeability tests on asphalt mixtures using golden snail shells and coal waste as fillers.

This study used an experimental method with a Marshall test to obtain results, thereby showing the utilization of golden snail shell ash and coal waste in the AC-WC mixture. As for the variations of filler replacement, namely golden snail shell ash 0% 100% coal waste, golden snail shell ash 25% 75% coal waste, golden snail shell ash 50% 50% coal waste, golden snail shell ash 75% coal waste 25%, golden snail shell ash 100% 0% coal waste.

The results showed that as a substitute for filler using golden snail shell ash and coal waste, the optimum asphalt content (KAO) produced was 6.7%. At 30 minutes of immersion, the average VIM value was 5.63%, the average VMA value was 18.21%, the average VFB value was 69.44%, the average stability value was 2768.89 kg, and the average value flow 3.59 mm, 24 hours of immersion obtained an average VIM value of 5.08%, an average VMA value of 17.74%, an average VFB value of 71.59%, an average stability value of 2569.41 kg, and an average flow value of 3.67 mm, and at 48 hours of immersion obtained an average VIM value of 4.42%, an average VMA value of 17.17%, an average VFB value of 74.51%, an average value - average stability of 2380.37 kg, and an average flow value of 3.76 mm

This is an open access article under the [CC-BY-SA](#) license.

**I. Pendahuluan**

Aspal merupakan bahan campuran antara agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal. Aspal sebagai salah satu bahan bitumen atau perekat untuk konstruksi jalan sudah lama digunakan secara luas dalam konstruksi jalan raya. Hal ini sebabkan aspal memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan bahan-bahan lain, diantaranya harganya yang relatif murah dari pada beton, kemampuannya dalam mendukung berat kendaraan yang tinggi, sifat lenturnya mendukung kenyamanan pengendara dan dapat dibuat dari bahan-bahan dalam negeri yang tersedia. Material yang digunakan pada perkerasan lentur utamanya *filler* masih menggunakan semen karena banyak dan mudah dijumpai. Namun hal ini juga akan menjadi rebutan sebab semen digunakan sebagai bahan perekat pada konstruksi beton. Oleh karena itu perlu ditemukan material baru untuk menggantikan semen namun memiliki sifat menyerupai semen yaitu pozzolan.

Salah satu bahan yang berbesifat sebagai pozzolan adalah abu cangkang keong sawah yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi atau filler pada campuran aspal. Keong sawah adalah sejenis siput air yang dapat dijumpai diperairan air tawar seperti sawah, aliran parit, dan juga danau. Hewan bercangkang ini dikenal pula sebagai keong gondang, siput sawah, siput air, dan tutut. Cangkang keong sawah memiliki warna hijau pekat sampai hitam. Komposisi pada cangkang keong sawah hampir seluruhnya dari kalsium karbonat. Kalsium fosfat, silikat magnesium karbonat, besi dan zat organik lainnya membentuk sisa komposisi protein struktural dan senyawa fosfor. Komponen penyusun cangkang keong sawah adalah CaCO_3 dengan rendemen 53,10% (Ridha, Manalip, and Mondoringin 2020).

Limbah lain yang digunakan dalam penelitian ini yaitu limbah batu bara. Limbah batu bara yang dikeluarkan dari kategori B3 adalah limbah yang bersumber dari proses pembakaran batu bara pada fasilitas pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) atau dari kegiatan lain yang menggunakan teknologi selain stocker boiler atau tungku industry (Jawahir Gustav Rizal, 2021). Penelitian Qurny, Puspito, and Tinumbia (2022) menggunakan filler sebanyak 1%, 1,5%, dan 2% dari campuran sesuai dengan yang telah ditentukan oleh Bina Marga, menyebutkan bahwa penggunaan fly ash tersebut dapat sebagai bahan pengisi untuk campuran laston lapis aus. Penelitian ini mengkombinasi penggunaan cangkang keong sawah dan fly as untuk mengetahui komposisi optimum campuran abu cangkang siput swah dan fly ash sebagai filler dalam campuran beraspal panas tipe AC-WC.

II. Metode

Penelitian ini bersifat eksperimental di laboratorium. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Toraja. Bahan agregat diperoleh dari Lampan Toraja Utara. Lokasi tersebut terletak di Kabupaten Toraja Utara, Kecamatan Tallunglipu. Cangkang keong mas sebagai bahan tambah pada campuran aspal AC-WC diambil dari sawah, di Kecamatan Tondon, Dusun Laiya. Cangkang keong sawah dibakar pada suhu 600 °C hingga menjadi arang dengan tujuan untuk menghasilkan kadar silica yang lebih tinggi. Setelah menjadi arang, kemudian dihaluskan dan disaring menggunakan saringan no. 200 untuk memperoleh abu cangkang.

Pengujian yang dilakukan yaitu uji karakteristik fisik agregat dan uji Marshall. Variasi abu cangkang yang digunakan yaitu 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dengan kombasi bolak-balik. Jumlah sampel yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Sampel Untuk Penentuan KAO

NO	Kadar Aspal (%)	Berat Aspal (gr)	Jumlah Benda Uji
1	5	63	3 buah
2	5.5	70	3 buah
3	6	77	3 buah
4	6.5	83	3 buah
5	7	90	3 buah
Total Keseluruhan Benda Uji			15 buah

Tabel 2. Jumlah Sampel Benda Uji Pada Kondisi KAO

No.	Variasi Filler		Jumlah Benda Uji		
	Abu Cangkang Keong	Abu Batu Bara	Perendaman 30 menit	Perendaman 24 Jam	Perendaman 48 Jam
1	0%	100%	3 buah	3 buah	3 buah
2	25%	75%	3 buah	3 buah	3 buah
3	50%	50%	3 buah	3 buah	3 buah
4	75%	25%	3 buah	3 buah	3 buah
5	100%	0%	3 buah	3 buah	3 buah
Total Keseluruhan Benda Uji			45 buah		

III. Hasil dan Pembahasan

A. Analisis Hasil Pemeriksaan Material

Berdasarkan bahan agregat yang digunakan dalam penelitian ini yang telah dilakukan pada karakteristik agregat batu pecah (Lampan) sebagai agregat kasar, pasir (Lampan) sebagai agregat halus, serta semen Bosowa sebagai bahan pengisi (Filler), dan bahan pengikat aspal (AMP Kurnia Jaya Karya) dengan pengujian berdasarkan Standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 2 (divisi 6). Beberapa pengujian karakteristik agregat antara lain:

1. Analisis Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Hasil pengujian karakteristik agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Tabel Pengujian Karakteristik Agregat Kasar.

Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Syarat	Hasil	Satuan	Keterangan
Berat jenis SSD	SNI 1969:2016	Min. 2.5	2.92	%	Memenuhi
Berat jenis semu	SNI 1969:2016	Min. 2.5	3.08		Memenuhi
Penyerapan air	SNI 1969:2016	Maks. 3	2.68		Memenuhi
Kadar lumpur	SNI 03-4428-1997	Minimal.	0.95		Memenuhi
Keausan agregat kasar	SNI 2417:2008	Maks. 30	8.43		Memenuhi
Indeks kepipihan	SNI 8287:2016	Maks. 25	15.35		Memenuhi
Indeks kelongangan	SNI 8287:2016	Maks. 25	1.74		Memenuhi
Keausan agregat kasar	SNI 2417:2008	Maks. 40	8.43		Memenuhi

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa agregat yang digunakan memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai material penyusun campuran beraspal untuk perkerasan lentur tipe AC-WC

2. Analisis Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Hasil pengujian karakteristik agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Tabel Pengujian Karakteristik Agregat Halus

Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Syarat	Hasil	Satuan	Keterangan
Berat jenis bulk	SNI 1970:2016	Min. 2.5	2.51	%	Memenuhi
Berat jenis SSD	SNI 1970:2016	Min. 2.5	2.56		Memenuhi
Berat jenis	SNI 1970:2016	Min. 2.5	2.66		Memenuhi
Penyerapan air	SNI 1969:2016	Maks. 3	2.31		Memenuhi
Kadar lumpur	SNI 03-4428-1997	Min. 0.2 Maks. 1	0.58		Memenuhi

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa agregat yang digunakan memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai material penyusun campuran beraspal untuk perkerasan lentur tipe AC-WC

3. Analisis Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Hasil pengujian karakteristik agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Keras

Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Syarat	Hasil	Satuan	Keterangan
Daktalitas	SNI 2432:2011	Min. 100	150	cm	Memenuhi
Titik nyala	SNI 2433:2011	Min. 200	355,5	°C	Memenuhi
Titik bakar	SNI 2433:2011	Min. 200	363,5		Memenuhi
Penetrasi sebelum kehilangan berat	SNI 2432:2011	Min. 60 maks. 70	63,90	mm	Memenuhi
Penetrasi setelah kehilangan berat	SNI 2432:2011	Min. 60 maks. 70	64,60		Memenuhi

4. Rancangan Campuran Beraspal Tipe AC-WC

Berdasarkan pengujian yang dilakukan di Laboratorium untuk hasil penggabungan agregat untuk campuran aspal AC-WC dengan total agregat dan filler yang digunakan dalam campuran aspal sebanyak 1200 gram. Adapun proporsi penentuan untuk campuran AC-WC dapat dilihat pada gambar 4.8 di bawah ini :

Tabel. 6. Rancangan Campuran Beraspal Tipe AC-WC

UKURAN SARINGAN		PERSENTASE LOLOS(%)		JUMLAH TERTAHAN (%)	JUMLAH BAHAN MENURUT SPESIFIKASI		JUMLAH AGREGAT	
ASTM	(mm)	KISARAN	TARGET		TERTAHAN (%)	TERTAHAN (gr)	(Gr)	%
1"	25	100	100	0	0	0.0	437.7	36.48
3/4"	19	100	100	0	0	0.0		
1/2"	13	90-100	94	6	6	76.8		
3/8"	10	77-90	84	16	10	111.8		
No 4	5	53-69	64	36	20	249.1	688.9	57.41
No 8	2	33-53	46	54	18	205.4		
No 16	1	21-40	33	67	13	160.8		
No 30	1	14-30	25	75	8	100.3		
No 50	0	9-22	19	81	6	69.1		
No 100	0	6-15	11	89	8	97.4		
No 200	0	4-9	6	94	5	55.7		
PAN		0	0	100	6	73.4	73.4	6.12
Jumlah					100	1200	1200	100

Hasil penggabungan agregat kasar (kerikil), agregat halus (Pasir Lampan), filler (semen bosowa).
Dapat dilihat komposisi agregat masing-masing antara lain:

- Komposisi Agregat Kasar

$$= (\text{Berat Total Tertahan Saringan (1 Sampai no.4)}) / (\text{Berat Total Agregat}) \times 100\%$$

$$= (0.0 + 0.0 + 76.8 + 111.8 + 249.1) / 1200 \times 100\%$$

$$= 36.48\%$$
- Komposisi Agregat Halus

$$= (\text{Berat Total Tertahan Saringan (no.8 Sampai no.200)}) / (\text{Berat Total Agregat}) \times 100\%$$

$$= (205.4 + 160.8 + 100.3 + 69.1 + 97.4 + 55.7) / 1200 \times 100\%$$

$$= 57.41\%$$
- Komposisi Bahan Pengisi (Filler)

$$= (\text{Berat Total Tertahan Pan }) / (\text{Berat Total Agregat}) \times 100\%$$

$$= 73.4 / 1200 \times 100\%$$

$$= 6.12\%$$
- Penentuan Kadar Aspal Dan Berat Aspal Untuk Campuran AC – WC.

Untuk mendapatkan kadar aspal dapat dipakai rumus di atas yaitu:

$$P_b = 0.035(36.48\%) + 0.045(57.40\%) + 0.18(6.12\%) + 0.8$$

$$= 5.76\% \text{ (di bulatkan)}$$

$$= 6\%$$

B. Penentuan Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO)

Dari pengujian yang dilakukan di laboratorium pada sampel benda uji untuk setiap kadar aspal maka diperoleh hasil uji karakteristik marshall rata-rata campuran AC – WC yang dapat di lihat pada Gambar 1 di bawah ini:

Tabel 7. Hasil Pengujian Marshal Campuran AC-WC Untuk Penentuan KAO

Pengujian Marshall Campuran AC - WC (2 x 75) Tumbukan					
Variasi Kadar Aspal(%)	VIM (%)	VFB (%)	VMA (%)	Stabilitas (kg)	Flow(mm)
5	6.51	58.52	15.38	1613.38	3.23
5.5	6.05	62.62	16.05	1800.99	3.40
6	5.95	65.40	17.02	2127.17	3.88
6.5	4.29	74.23	16.63	2339.51	3.92
7	3.32	80.29	16.85	2500.63	3.96

Karakteristik Marshall AC-WC	VIM (%)	Min 3.0 - Maks. 5.0							
	VFB (%)	Min. 65							
	VMA (%)	Min. 15							
	Stabilitas (kg)	Min. 800							
	Flow (mm)	Min. 2 - Maks 4							
	Kadar Aspal (%)	Min. 5 - Maks. 7							

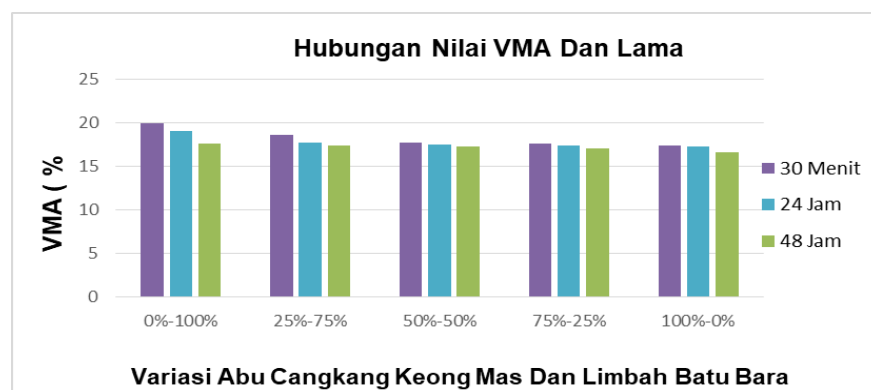
Gambar 1. Penentuan kadar Aspal Optimum Campuran AC-WC

Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa kadar aspal optimum adalah 6.7 %, sehingga untuk berat kadar aspal optimum (gr) = $(6.7\%) / ((6.7\% - 100\%)) \times 1200 \text{ gr} = 86 \text{ gr}$.

C. Analisis Hasil Pengujian Dengan Filler Abu Cangkang Siput Sawah Dan Fly Ash

1. Analisis Nilai Void In Mix (VIM)

Hasil analisis terhadap nilai pengujian marshall untuk nilai VIM pada campuran AC-WC dengan variasi abu cangkang keong mas dan limbah batu baraseperti yang dilampirkan pada Gambar 2 berikut ini :

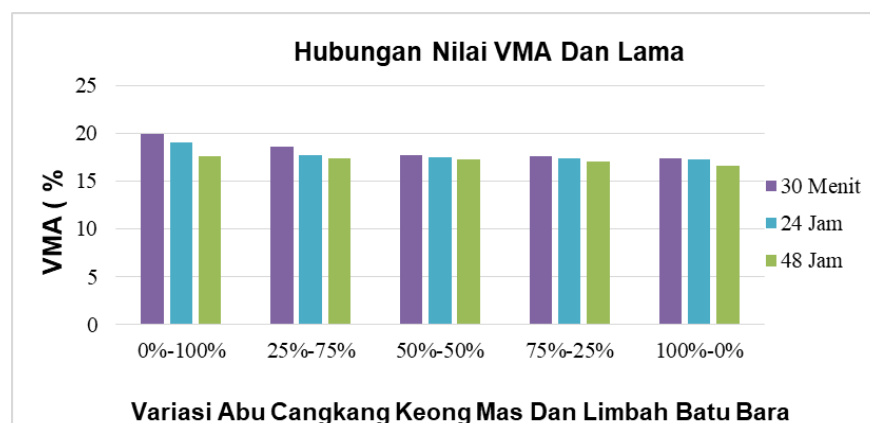


Gambar 2. Hubungan Nilai VMA Dan Lama Perendaman

Berdasarkan Gambar 2 diatas dapat dijelaskan bahwa pada perendaman 30 menit mengalami nilai VMA yang besar atau rongga dalam agregat semakin besar, sedangkan semakin lama perendaman maka rongga dalam agragat semakin kecil

2. Analisis Nilai Void In Mineral Aggregate (VMA)

Hasil analisis terhadap nilai pengujian marshall nilai VMA pada campuran AC-WC dengan variasi abu cangkang keong mas dan limbah batu baraseperti yang dilampirkan pada Gambar 3 berikut ini

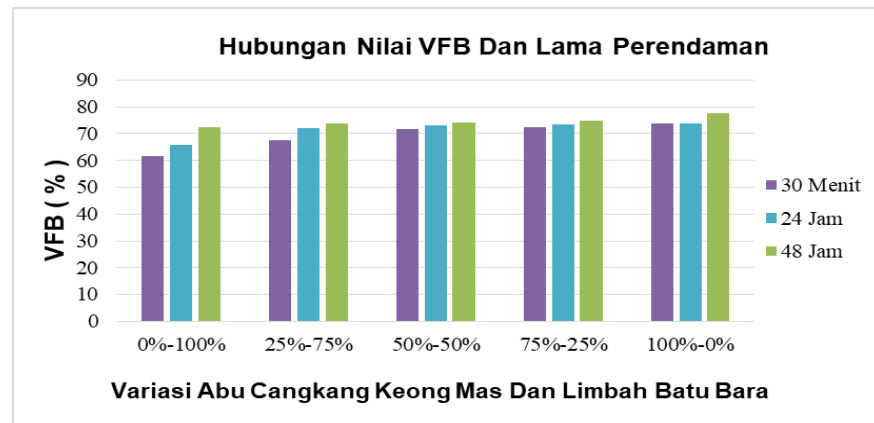


Gambar 3. Hubungan Nilai VMA Dan Lama Perendaman

Berdasarkan Gambar 3 diatas dapat dijelaskan bahwa pada perendaman 30 menit mengalami nilai VMA yang besar atau rongga dalam agregat semakin besar, sedangkan semakin lama perendaman maka rongga dalam agregat semakin kecil.

3. Analisis Nilai Void Filled Bitumen (VFB)

Hasil analisis terhadap nilai pengujian marshall nilai VFB pada campuran AC-WC dengan variasi abu cangkang keong mas dan limbah batu baraseperti yang dilampirkan pada Gambar 4 berikut ini

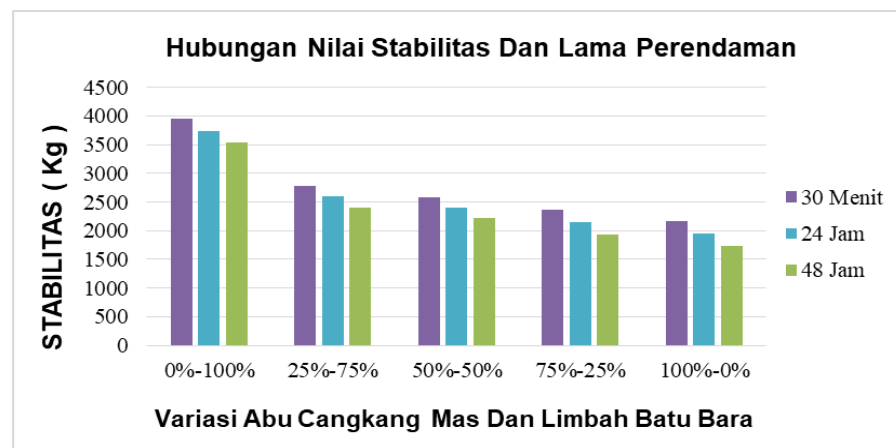


Gambar 4. Hubungan Nilai VFB Dan Lama Perendaman

Berdasarkan gambar 4 diatas dapat dijelaskan bahwa pada perendaman 48 jam mengalami nilai VFB yang besar atau rongga terisi aspal semakin besar.

4. Analisis Nilai Stabilitas

Hasil analisa terhadap pengujian marshall untuk nilai stabilitas dengan campuran AC-WC seperti yang dilampirkan pada gambar 5 dibawah ini :

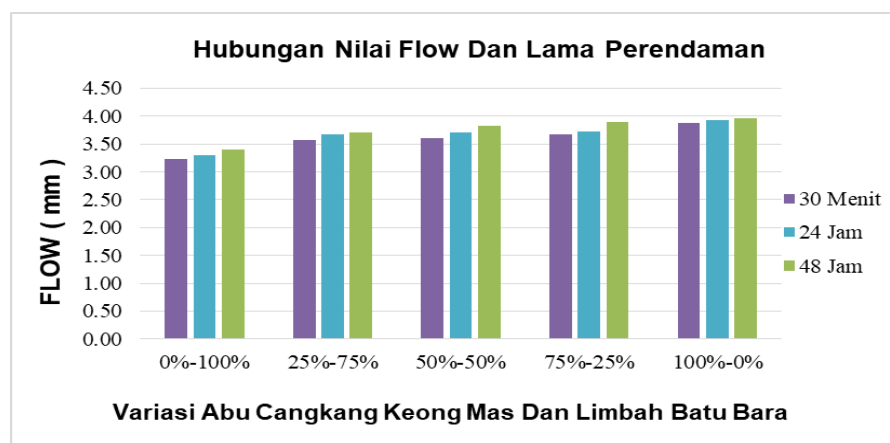


Gambar 5. Hubungan Nilai Stabilitas Dan Lama Perendaman

Berdasarkan gambar 5 diatas dapat dijelaskan bahwa pada setiap perendaman memiliki penurunan nilai Stabilitas yang berurutan, semakin lama perendaman maka stabilitasnya semakin menurun

5. Analisis Nilai Flow

Hasil analisa terhadap pengujian marshall nilai flow dengan campuran AC-WC seperti yang dilampirkan pada gambar 4.28 dibawah ini :



Gambar 6. Hubungan Nilai Stabilitas Dan Lama Perendaman

Berdasarkan gambar 6 diatas dapat dijelaskan bahwa pada setiap perendaman memiliki penurunan nilai Flow yang berurutan, semakin lama perendaman maka kelelahan semakin meningkat

5. Analisis Nilai IKS

Hasil pengujian laboratorium Laston AC-WC pada kadar aspal optimum 6,7% dengan variasi abu cangkang keong dan limbah batu bara dapat dilihat pada Tabel 8

Tabel 8. Nilai IKS

Variasi		IKS 30 Menit	IKS 30 Menit
ACK	ABB	- 24 Jam	- 24 Jam
0%-100%		94.42	89.77
25%-75%		93.85	86.60
50%-50%		92.98	85.95
75%-25%		91.16	82.00
100%-0%		90.05	80.24

Laston AC-WC dengan kadar aspal 6,7%. Nilai indeks perendaman ini telah memenuhi standar untuk diperendaman 30 menit – 24 jam sedangkan untuk 30 menit – 48 jam tidak memenuhi standar yang ditetapkan oleh Badan Penelitian Dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum tahun 2018 yaitu 90%.

Dalam perkerasan ada 4 hal penting dilakukan yaitu nilai VIM, Stabilitas, Flow, dan indeks perendaman sisa (IKS) dimana 4.29 dapat diketahui bahwa menggunakan variasi cangkang keong mas 0% dan 100% limbah batu bara ternyata batu bara memiliki indeks kekuatan sisa (IKS) dan stabilitas yang tinggi, jika dibandingkan dengan variasi filler yang lain seperti variasi cangkang keong mas 100% dan 0% limbah batu bara yang memiliki nilai IKS dan stabilitas yang rendah terdapat pada tabel 4.33. Dilihat pada indeks kekuatan sisa (IKS) yang ditetapkan oleh Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan yaitu nilai IKS harus >90% pada variasi perendaman 30 menit-24 jam sudah memenuhi namun pada variasi perendaman 30 menit-48 jam tidak ada yang memenuhi karena semakin lama perendaman benda uji yang dilakukan di Waterbath pada suhu 60°C aspal semakin melunak dan mengakibatkan campuran juga melunak. Jadi dapat disimpulkan bahwa variasi terbaik berada pada variasi cangkang keong mas 0% dan 100% limbah batu bara.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka dapat di simpulkan bahwa hasil penelitian dengan penambahan abu cangkang keong sawah dan fly ash diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan abu cangkang keong mas dan limbah batu bara sebagai pengganti filler pada lapisan aspal AC – WC dapat meningkatkan karakteristik uji Marshall pada variasi abu cangkang keong mas 50% dan limbah batu bara 50%, abu cangkang keong mas 75% dan limbah batu bara 25%, abu cangkang keong mas 100% dan limbah batu bara 0% karena semua nilai VIM, VMA, VFB, Stabilitas dan Flow memenuhi Syarat Spesifikasi Aspal Menurut Bina Marga.
2. Penambahan pengganti filler dengan variasi abu cangkang keong mas 0% dan limbah batu bara 100% dengan indeks perendaman (IP) yaitu 94,42% , abu cangkang keong mas 25% dan limbah batu bara 75% dengan indeks perendaman (IP) yaitu 93,85, abu cangkang keong mas 50% dan limbah batu bara 50% dengan indeks perendaman (IP) yaitu 92,98%, abu cangkang keong mas 75% dan limbah batu bara 25% dengan indeks perendaman (IP) yaitu 91,16%, abu cangkang keong mas 100% dan limbah batu bara 0% dengan indeks perendaman (IP) yaitu 90,05% dengan nilai rata-rata Stabilitas pada perendaman 30 menit 2768,89 kg dan nilai rata-rata flow 3,59 mm, perendaman 24 jam memiliki nilai rata-rata stabilitas 2569,41 kg dan nilai flow 3,67 mm, sedangkan pada perendaman 48 jam 2380,37 kg, dan nilai rata-rata flow 3,76 mm, mengalami penurunan karena semakin lama perendaman maka kelelahan semakin meningkat sehingga kekuatan semakin menurun.

Daftar Pustaka

- Administrator. (2022, Feruary 8). Pengertian dan Jenis Aspal AC WC | ASIACON. Retrieved August 22, 2022, from ASIACON Website.
- ASTM C 188-95 (2003), MOD “Metode Uji Densitas Semen” SNI 2531:2015
- Cahyono, T., Purwanto, H., Setiobudi, A., & Firdaus, M. (2021). Pengaruh Penambahan Bubuk Batu Bara Sebagai Filler pada Campuran Aspal AC WC. Jurnal Deformasi, 6(2), 87-93.
- Frendi Maruru’, 2019, “Karakteristik Batu Gunung Bebo’ Sebagai Agregat Kasar pada Campuran Aspal Beton AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Course)”
- Juwahir Gustav Rizal, 2021, “ Pengertian Limbah Batu bara”
- Lam, A., Sugeha, R., Sulandari, E., Rudi, S., & Suyono. (n.d.). Pemanfaatan Limbah Abu Batu Bara Sebagai Filler Pada Campuran Laston. Retrieved from
- Mashuri dan Patunrangi, 2011 “Sifat Aspal”
- Rangan PR, Tumpu M., 2021. MARSHALL CHARACTERISTICS OF AC-WC MIXTURE WITH THE ADDITION OF ANTI-FLAKING ADDITIVES, ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences 16 (3), 340 – 34.
- Rangan PR., Grandy, Esra, 2019. The effect of using sugar cane drops as a substitute some asphalt for AC-BC and AC-WC concrete asphalt layer, Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems.
- Rangan PR., M. Tumpu, Mansyur, 2022. Marshall Characteristics of Quicklime and Portland Composite Cement (PCC) as Fillers in Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) Mixture, Annales de Chimie - Science des Matériaux Journal, 47 (1), 51-5.
- Rangan, Parea Rusan, dkk. 2021. Implementasi dan Implikasi Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia (Target dan Strategi). Penerbit Tohar Media, Makassar.
- Riyanto, 2003, “Klasifikasi Keong Sawah”
- Sirenden, G. (2017). Pengaruh Penambahan Tetes Tebu Sebagai Pengganti Sebagian Aspal Untuk Lapisan Aspal Beton AC-WC dan AC-BC. Universitas Kristen Indonesia Toraja.
- SNI 03-2440 “Metode Pengujian Kehilangan Berat Aspal” Standar Bina Marga 2018
- SNI 03-4426-1197 “Metode Pengujian Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan” Standar Bina Marga 2018
- SNI 03-4428-1997 “Metode Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus” Standar Bina Marga 2018
- SNI 1969-2016 “Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar” Standar Bina Marga 2018
- SNI 1970-2016 “Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus” Standar Bina Marga 2018
- SNI 2417:2008 “Metode Pengujian Abrasi Dengan Mesin Los Angeles” Standar Bina Marga 2018

-
- SNI 2432:2011 “Metode Pengujian Daktilitas” Standar Bina Marga 2018
- SNI 2433:2011 “Metode Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar” Standar Bina Marga 2018
- SNI 2456:2011 “Metode Pengujian Penetrasi” Standar Bina Marga 2018
- SNI 8287:2016 “Metode Pengujian Kepipihan dan Kelonjongan” Standar Bina Marga 2018
- SNI Aspal - Google Search. (2013)
- SNI Aspal AC-WC - Google Search. (2013). Google.com.
- SNI ASTM C 136-2012 “Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar Dan Halus” Standar Bina Marga 2018
- Spesifikasi Bina Marga, 2018, Gradasi Agregat Untuk Campuran Beraspal. Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan.
- Spesifikasi Bina Marga, 2018, Persyaratan Aspal. Untuk pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan.
- Spesifikasi Bina Marga, 2018, Tebal Minimum Campuran Beraspal. Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan.
- Studi, P., & Lingkungan, T. (n.d.). Penggunaan Cangkang Keong Sawah (*Pila Ampullacea*) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Limbah Domestik (Grey Water) Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi.
- Sukirman, 2016, “Jenis-Jenis Aspal Secara Umum”
- Sukriman, 2003, “Pengertian Aspal”