

Pengaruh Pemanfaatan Abu Cangkang Kerang Darah sebagai Bahan Tambah Filler Campuran Aspal terhadap Nilai Marshall pada Perkerasan Jalan AC-WC

Obed Haposan Sitompul¹, Wan Alamsyah², Defry Basrin³

^{1, 2, 3} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Samudra

Email: obedhaposan45@gmail.com; wanalamsyah@unsam.ac.id; defrybasrin@unsam.ac.id

ABSTRAK

Kerang darah merupakan jenis kerang yang banyak terdapat di perairan Indonesia. Terutama di Langsa karena dekat dengan daerah laut sehingga sangat banyak ditemukan kerang darah yang menghasilkan limbah dalam bentuk cangkang dalam jumlah besar. Akan tetapi cangkang kerang darah ini mengandung kalsium karbonat ($CaCO_3$) dimana kandungan tersebut berfungsi untuk mengikat air karena air merupakan musuh dari aspal yang dapat mempengaruhi usia dari aspal sehingga abu cangkang kerang darah ini bisa dimanfaatkan untuk bahan tambah filler. Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk mengetahui nilai stabilitas dan durabilitas akibat pengaruh penambahan kadar abu cangkang kerang darah untuk bahan tambah filler campuran aspal dengan kadar abu cangkang kerang darah 0%, 30%, 50%, 70% dan 100%. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen, yaitu kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Pada penelitian ini penambahan abu cangkang kerang darah sebagai bahan tambah filler pada campuran aspal AC-WC terhadap nilai Marshall menunjukkan bahwa nilai stabilitas terbesar pada perendaman 30 menit yaitu pada persentase 50% sebesar 1557,93 kg dan nilai stabilitas terbesar pada perendaman selama 8 jam yaitu pada persentase 50% sebesar 1404,40 kg. Pada penelitian ini didapat nilai durabilitas berdasarkan hasil analisa bahwa pada variasi 0%, 30% dan 50% kadar abu cangkang kerang darah sebagai bahan tambah filler yang memiliki nilai durabilitas terbaik dengan nilai 93,30%, 92,42% dan 90,15% diatas 90% sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan oleh Dinas Bina Marga 2010.

Kata Kunci : AC-WC, Abu Cangkang Kerang Darah, Marshall, Durabilitas

ABSTRACT

Blood clam is a popular shellfish in Indonesia. Especially in Langsa because it is close to the sea area, blood cockles are found in large numbers which produce waste in the form of shells in large quantities. However, blood cockle shells contain calcium carbonate ($CaCO_3$), which functions to bind water because water is the enemy of asphalt which can affect the age of asphalt, so the ash of blood cockle shells can be used as a filler. The aim of this test is to determine the stability and durability values due to the effect of adding blood cockle shell ash content as an additive to filler with blood cockle shell ash content of 0%, 30%, 50%, 70% and 100 %. The method used is the experimental method, namely experimental activities to obtain data. In this study, the addition of blood cockle shell ash as an added filler to the AC-WC asphalt mixture on the Marshall value showed that the greatest stability value was at 30 minutes of immersion, namely at a percentage of 50%, 1557.93 kg and the greatest stability value was at 8 hours of immersion, namely at a percentage of 50% it is 1404.40 kg. In this study, durability values were obtained based on the analysis results that at variations of 0%, 30% and 50% blood cockle shell ash content as a filler additive had the best durability values with values of 93.30%, 92.42% and 90.15% above 90% in accordance with the specifications required by the Department of Highways 2010.

Key words : AC-WC, Blood clam shell ash, Marshall, Durability

Submitted:	Reviewed:	Revised:	Published:
23 September 2023	15 Oktober 2023	01 November 2023	01 August 2024

PENDAHULUAN

Prasarana sistem transportasi yang sering dipakai manusia adalah jalan raya untuk menopang kegiatan manusia setiap harinya harus mempunyai kualitas yang baik. Jalan yang bagus adalah jalan yang bisa menahan beban kendaraan yang melintas. (Sari, 2021). Jalan yang paling umum digunakan di Indonesia adalah jalan fleksibel yang menggunakan lapisan akhir aspal atau aspal beton (*AC/Asphalt Concrete*) karena jenis jalan ini mempunyai kestabilan dan kelancaran yang baik. Bahan bahan pencampur lapisan aspal beton yaitu terdiri dari agregat kasar, agregat halus, agregat sedang, bahan pengisi (*filler*), dan aspal. Material-material campuran ini perlu memiliki ciri-ciri yang sesuai dengan persyaratan yang telah ada supaya perkerasan jalan beton aspal memiliki stabilitas dan keuletan yang bagus (Sari, 2021).

Ekosistem Hutan bakau Kota Langsa memiliki kekayaan dan keanekaragaman flora dan fauna antara lain kerang, remis, tiram, siput, dan ikan. (Mawardi & Sarjani, 2021). Kerang jenis darah memiliki manfaat sebagai makanan, sehingga kulit kerang darah sisa produksi makanan dapat menghasilkan limbah yang cukup besar. Menurut penelitian sebelumnya mengatakan bahwa Cangkang kerang ini mengandung kalsium karbonat yang bila dipanaskan dapat berubah menjadi CaO serta melepaskan CO₂ ke atmosfer. Hasilnya, yang tertinggal hanyalah CaO (kapur tohor) dan Si (Silika).

Kandungan ini berperan dalam mengikat air karena air dapat merusak aspal dan mempengaruhi umur aspal. Oleh karena itu, abu cangkang kerang digunakan sebagai filler dalam campuran AC-WC. (Simanjuntak & Abugau, 2020). Hasil analisis uji Marshall (Esentia et al., 2014) menunjukkan bahwa substitusi material agregat halus dengan cangkang menghasilkan karakteristik kekuatan Marshall yang melebihi standar yang telah ditetapkan. Nilai maksimum sebesar 2.055,14 kg dengan kandungan cangkang 5% dan nilai minimum sebesar 1.095,29 kg dengan kandungan cangkang 10%. Kepadatan terbesar yaitu 2,49 kg/cm³ pada kadar 10% dan kepadatan terkecil yaitu 2,13 kg/cm³ pada kadar 15%. Nilai densitas tersebut masih diatas ambang batas yang dipersyaratkan AASHTO yaitu 2 gr/cc. Kapur pada campuran aspal panas mempunyai banyak manfaat, antara lain sebagai bahan anti pengelupasan yang bisa meningkatkan kekuatan atau keawetan campuran aspal dalam menahan beban kendaraan yang berulang seperti beban kendaraan dan gesekan ban dengan jalan. ketahanan permukaan serta abrasi akibat pengaruh cuaca dan kondisi iklim seperti perubahan udara, air atau suhu. Di sisi

lain, kapur juga mempunyai efek menstabilkan, membantu meningkatkan kestabilan campuran, sehingga tahan terhadap pengendapan dan deformasi plastis. Dengan demikian untuk mewujudkan kondisi jalan yang baik maka perlu dilakukan penanganan yang bernilai ekonomis yaitu dengan cara menggunakan abu cangkang kerang darah sebagai bahan tambah *filler*, karena disamping harga cangkang kerang yang tidak mahal bahkan tidak menggunakan biaya dan merupakan hasil limbah laut yang mudah didapat di Kota Langsa, Aceh. Penelitian ini menggunakan abu cangkang kerang darah dengan persentase 100% filler tanpa abu cangkang kerang darah, 70% filler dan 30% abu cangkang kerang darah, 50% filler dan 50% abu cangkang kerang darah, 30% filler dan 70% abu cangkang kerang darah, dan 100% abu cangkang kerang darah. Diharapkan dengan penggunaan abu cangkang kerang sebagai bahan pengisi tambahan dapat mengurangi limbah makanan laut di Kota Langsa dan meningkatkan nilai stabilitas serta ketahanan AC-WC dengan uji Marshall.

Cangkang Kerang Darah



Gambar 1. Cangkang Kerang Darah

Kerang termasuk dalam hewan moluska (moluska) dari kelas Bivalvia atau Mollusca. Kerang cangkang ini mengandung zat kalsium karbonat, yang jika dipanaskan akan berubah menjadi zat CaO dan mengeluarkan zat CO₂ ke atmosfer. CaO dan Si adalah satu-satunya yang masih ada, yang bercampur dengan air. Musuh terbesar adalah kehidupan. Aspal dapat mempengaruhi umur pakai aspal, sehingga abu cangkang dapat dijadikan sebagai beban pada campuran AC-WC. Langkah-langkah pengolahan limbah cangkang kerang agar menjadi abu adalah sebagai berikut :

- Menyiapkan cangkang kerang yang diambil dari Alue Dua kecamatan Langsa Baro.
- Membersihkan cangkang kerang dari kotoran lumut yang menempel pada cangkang kerang.
- Melakukan proses pengeringan cangkang kerang dengan cara menjemur selama 2 hari.

- Melakukan proses penghancuran cangkang kerang agar menjadi pecahan pecahan kecil agar dapat dihaluskan dengan menggunakan alat penghalus (*Blender*).
- Setelah selesai dihaluskan maka dilakukan proses penyaringan agar didapat abu cangkang kerang yang lolos saringan nomor 200.

Kadar Aspal Rencana

Penentuan pertama mengenai kandungan aspal optimal dapat ditentukan setelah memilih dan menggabungkan ketiga bagian agregat. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\% FF) + K \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- P_b = Perkiraan KAO (%)
- CA = Agregat Kasar (%)
- FA = Agregat Halus (%)
- FF = *Filler* (%)
- K = Konstanta (Kira – Kira 0,5 – 1,0)

Agregat

Pengertian agregat dalam pembangunan jalan meliputi Kehancuran batu, seperti kerikil, pasir, atau mineral lainnya, dapat secara alami terbentuk atau dihasilkan sebagai benda padat mineral atau pecahan besar dan kecil. (Sukirman, 1999). Agregat merupakan bagian penting dari struktur perkerasan dan terdiri dari sekitar 90-95% agregat berdasarkan bobot dan sekitar 75-85% agregat berdasarkan volume. Kualitas permukaan jalan juga ditentukan oleh sifat agregat dan hasil pencampuran agregat dengan material lain. Klasifikasi agregat berdasarkan ukuran partikel (*Bina marga, 2002*) dapat dibedakan sebagai berikut:

- Agregat kasar adalah material yang ukurannya lebih besar dari saringan no. 4 (4,75 mm).
- Agregat halus adalah material yang ukurannya lebih kecil dari saringan no. 4 (4,75 mm).
- Filler adalah bagian material halus yang lolos saringan no. 200 (0,075mm).

Spesifikasi ASTM gradasi agregat dapat dilihat dalam tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi ASTM Gradasi Agregat

Ukuran Ayakan		Spesifikasi ASTM Gradasi Agregat			Jenis Agregat
inch	mm	Batas Bawah	Batas Atas		
3/4	19	100	-	100	Agregat Kasar
1/2	12,5	90	-	100	
3/8	9,5	77	-	90	
4	4,75	53	-	69	
8	2,36	33	-	53	Agregat Halus
16	1,18	21	-	40	
30	0,60	14	-	30	

50	0,30	9	-	22	
100	0,15	6	-	15	
200	0,08	4	-	9	Filler

(sumber: binamarga.pu.go.id, 2002)

Sebelum benda uji dibuat, dilakukan analisa saringan yang memenuhi spesifikasi di atas terhadap agregat yang akan digunakan untuk campuran AC-WC

Parameter Karakteristik Marshall

Parameter karakteristik Marshall umumnya menunjukkan pola penambahan aspal yang kurang lebih sama. Berikut hasil analisis pengolahan data uji Marshall.

Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas mengacu pada kemampuan suatu lapisan permukaan jalan dapat menahan bobot kendaraan tanpa mengakibatkan perubahan bentuk seperti gelombang, alur, atau pecah (Sukirman, 1999). Variabel yang mempengaruhi kestabilan lapisan perkerasan kaku antara lain kohesi dan gesekan internal. Gesekan internal ini merupakan kombinasi dari ketahanan gesekan dan ketahanan penguncian unit pencampur. (Asphalt Institute, 1962). Karena bentuk batuan yang lebih bersudut dan tekstur permukaan yang lebih kasar, gesekan internal yang lebih besar dicapai karena adanya sifat saling terkait tambahan antar partikel. Mencapai campuran jalan yang sangat stabil. Penggunaan pengikat aspal kohesif memberikan stabilitas yang lebih baik.

Nilai stabilitas bisa tentukan menggunakan rumus berikut :

$$S = p * q \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- S = Nilai Stabilitas
- P = Kalibrasi alat marshall
- Q = Pembacaan alat Marshall

Durabilitas (*Durability*)

Daya tahan mengacu pada ketahanan lapisan permukaan jalan terhadap pengaruh cuaca dan beban lalu lintas. (*Specifications and Constructiim Methods for Asphalt Concrete, n.d.*). Lapisan permukaannya dirancang agar tahan lama dan tahan terhadap keausan akibat cuaca, air, perubahan suhu, dan gesekan roda kendaraan. (Rahim et al., 2012) Pengembangan satu parameter yang dapat menggambarkan ketahanan aspal panas setelah lama perendaman tertentu. Parameter ini disebut indeks ketahanan, dan ada dua jenis yaitu indeks ketahanan pertama

dan indeks ketahanan kedua. Dengan cara ini waktu perendaman menjadi 30 menit 8 jam. Untuk melihat kinerja durabilitas suatu campuran digunakan parameter (IKS). Indeks kekuatan ditentukan dengan menguji sifat mekanik (stabilitas dan aliran) benda uji itu dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama diuji stabilitas Marshall setelah direndam dalam air selama T1 jam pada suhu 60 °C, dan bagian kedua diuji setelah direndam dalam air selama T2 jam pada suhu 60 °C. (Rahim et al., 2012). Maka ditentukan indeks kekuatan sisa Marshall (IKS) dengan memakai rumus sebagai berikut (Rahim et al., 2012) :

$$IKS = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

- Keterangan :
- IKS = Indeks Kekuatan Sisa (%)
 - S₁ = Nilai stabilitas perendaman selama T₁ menit (kg)
 - S₂ = Nilai stabilitas perendaman selama T₂ menit (kg).

METODE PENELITIAN

Metode yang pakai adalah pengujian Marshall dengan menggunakan abu cangkang kerang sebagai bahan pengisi tambahan untuk mengetahui nilai stabilitas dan umur simpan. Abu cangkang kerang digunakan untuk bahan pengisi dalam lima variasi untuk masing-masing tiga subjek uji: 0%, 30%, 50%, 70%, dan 100%. Setelah penelitian selesai, hasil eksperimen dihitung untuk setiap properti Marshall, yaitu Stabilitas, Flow, MQ, VIM, VFA, dan VMA. Setelah perhitungan karakteristik marshall selesai maka dilakukan perhitungan untuk nilai durabilitas yaitu dengan cara membandingkan nilai stabilitas benda uji pada perendaman 8 jam dengan 30 menit, dan diperlukan sampel sebanyak 15 buah untuk pengujian marshall dengan perendaman 30 menit dan 15 buah sampel untuk pengujian marshall dengan perendaman selama 8 jam sehingga memiliki total sampel sebanyak 30 buah.

Lokasi Pengujian Dan Pengambilan Agregat

Adapun lokasi pengujian dan pengambilan agregat yaitu pada :

1. Dinas PU Kota Langsa, Jl. Panglima Polem depan Lapas No.22, Gampong Jawa, Kec. Langsa Kota, Kota Langsa, Aceh.



Gambar 1. Lokasi Pengujian

2. Laboratorium Dasar Universitas Samudra, Meurandeh, Kec. Langsa Lama, Kota Langsa, Aceh.



Gambar 2. Lokasi Pengujian

Lokasi Pengambilan Agregat

1. PT. Sarang Mas Murni. Aramiah, Kec. Birem Bayeun, Kabupaten Aceh Timur, Aceh, dan;



Gambar 3. Lokasi Pengambilan Agregat

2. Alue Dua, Kecamatan Langsa Baro, Kota Langsa, Aceh.



Gambar 4. Lokasi Pengambilan Agregat

Pengujian Benda Uji

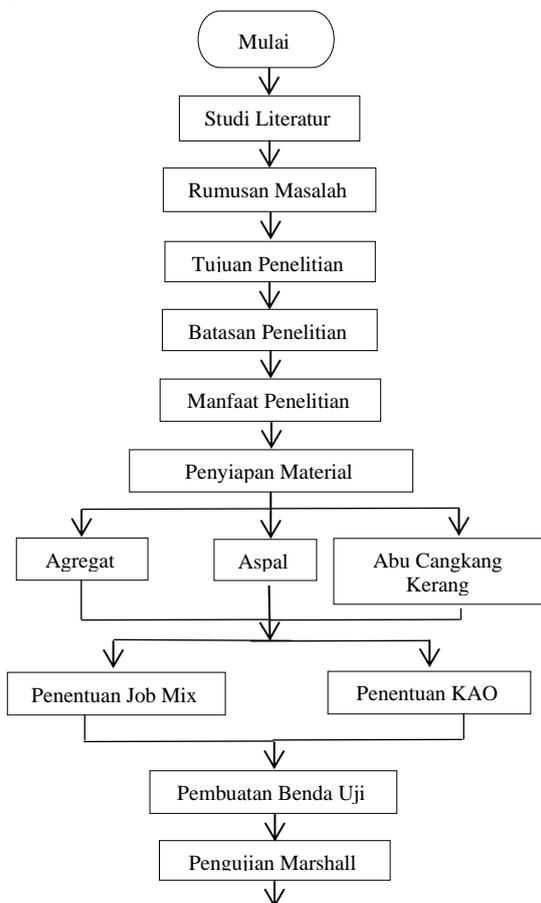
Penelitian ini melibatkan analisis saringan dalam melakukan pengujian agregat. Pengujian agregat ini harus memenuhi standar yang telah ditentukan.



Gambar 1. Analisis Saringan

Material yang digunakan pada saat melakukan analisa saringan adalah batu pecah $\frac{3}{4}$, agregat medium, abu batu, pasir, filler. Setelah benda uji dibuat, dilakukan uji berat jenis yang dilanjutkan dengan uji Marshall. Pada pengujian ini sampel direndam terlebih dahulu dalam penangas air bersuhu 60°C selama 30 menit, kemudian diuji dalam alat Marshall. Pastikan stabilitas dan nilai aliran. Langkah selanjutnya adalah mengujinya dengan merendamnya dalam alat Marshall selama 8 jam untuk mendapatkan nilai kestabilan dan *flow* yang diperlukan untuk menentukan nilai umur simpan.

Bagan Alir Penelitian



Data Yang Diperoleh Dalam Pengujian:

- Nilai Berat Kering Benda Uji (*gr*)
- Nilai Berat Timbang Dalam Air
- Nilai Berat Jenuh (SSD)
- Rongga dalam Campuran (VIM)
- Rongga dalam Agregat (VMA)
- Rongga terisi Aspal (VFA)
- Nilai *Stabilitas*
- Marshall Quotient (MQ)
- Nilai Flow
- Nilai *Durabilitas*



Gambar 5. Bagan alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

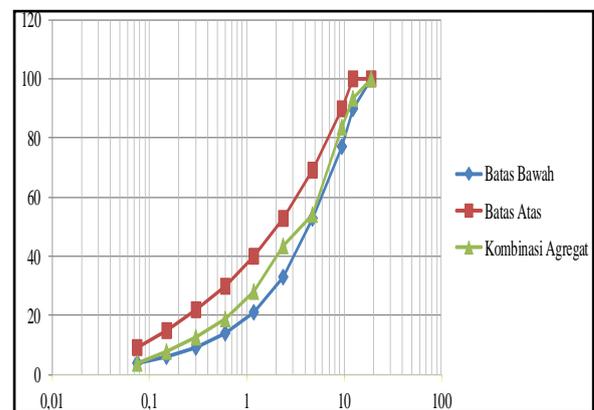
Perhitungan Gradasi Agregat

Dari perhitungan kombinasi agregat tiap-tiap saringan maka didapat komposisi campuran yang dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut :

Tabel 2. Rekapitulasi Kombinasi Agregat

Ukuran Ayakan	Kombinasi	spesifikasi ASTM		
		batas bawah		batas atas
3 / 4	100,0	100	-	100
1 / 2	93,37	90	-	100
3 / 8	83,92	77	-	90
4	54,17	53	-	69
8	43,50	33	-	53
16	28,25	21	-	40
30	18,78	14	-	30
50	12,55	9	-	22
100	7,89	6	-	15
200	4,01	4	-	9

(sumber : pengolahan data, 2023)



Gambar 6. Grafik Gradasi Agregat

Perhitungan Kadar Aspal Rencana

Perkiraan pertama kadar aspal optimal dapat direncanakan setelah memilih dan menggabungkan ketiga fraksi agregat dan menghitung sebagai berikut:

$$P_b = 0,035(\% \text{CA}) + 0,045 (\% \text{FA}) + 0,18(\% \text{FF}) + K$$

$$P_b = 0,035(47\%) + 0,045(52\%) + 0,18(2\%) + 1$$

$$P_b = 5,31 \%$$

Kadar aspal rencana yang digunakan pada pengujian ini yaitu sebesar 5,31%.

Design Mix Formula Penelitian

Merumuskan Design Mix dengan penambahan abu cangkang sebagai bahan pengisi tambahan yang akan diproduksi, khususnya kadar aspal 0%, 30%, 50%, 70% dan 100%. Untuk setiap sampel yang dilakukan diperlukan agregat dan aspal sebanyak 1.200 gram, kadar aspal yang dipakai sesuai perhitungan kadar aspal yang telah diberikan pada bab sebelumnya mencapai 5,31%. Dari data persentase keseluruhan diperoleh hasil perbandingan benda uji, serta analisis perhitungan berat keseluruhan yang dibutuhkan benda uji dengan kadar aspal 5,31%.

Berikut ringkasan komposisi bahan pelapis aspal yang dibutuhkan.

Tabel 3. Komposisi kebutuhan material campuran AC-WC

Komposisi Campuran	Perbandingan Hasil	
	Total Agg (%)	Total Camp (%)
Batu Pecah 3/4	12,00	11,36
Medium	34,00	32,19
Abu Batu	40,00	37,88
Pasir	12,00	11,36
Filler	2,00	1,89
KAO		5,31
Berat Benda Uji	1200,00	

(sumber: pengolahan data, 2023)

Perhitungan Parameter Pengujian Marshall

Nilai parameter marshall didapat dengan melakukan perhitungan pada hasil percobaan di laboratorium. Analisa ini menggunakan 15 sampel untuk menghitung parameter pengujian marshall dengan kadar aspal 5,31%.

Dari hasil pemeriksaan benda uji pada sampel pertama dengan kadar aspal 5,31 % dan perendaman selama 30 menit yang dilakukan di Laboratorium Dasar Universitas Samudra didapatkan nilai nilai tersebut yang kemudian diberi nilai berkorelasi untuk mendapatkan nilai marshall yang sebenarnya, seperti Berat isi (*Bulk Density*), rongga udara pada campuran (*VIM*), Rongga terhadap agregat (*VMA*), Rongga terisi aspal (*VFB*), Stabilitas (*stability*), Kelelahan (*flow*), dan *Marshall Quontient (MQ)*. Analisis berikut menggunakan 5 sampel benda uji untuk menghitung parameter Marshall pada campuran pertama dengan kadar aspal 5,31 % dan perendaman selama 30 menit. Persentase aspal terhadap campuran = 5,31 %.

- Berat kering = 1200 gr
- SSD = 1210 gr

- Berat dalam air = 697,3 gr
- BJ aspal = 1,027
- BJ agregat bulk = 2,589
- BJ efektif agregat = 2,650 gr

$$\begin{aligned} & \text{Volume sampel} \\ & = \text{Berat Jenuh} - \text{Berat dlm air} \\ & = 1210 \text{ gr} - 697,3 \text{ gr} \\ & = 512,7 \text{ cc} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BJ campuran padat} \\ & = \frac{\text{Berat sampel kering}}{\text{Volume sampe;}} \\ & = \frac{1200 \text{ gr}}{512,700 \text{ cc}} \\ & = 2,35 \text{ gr/cc} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{BJ maksimum Campuran} \\ & = \frac{100}{\frac{\% \text{ Agregat}}{Bj Ef Agregat} + \frac{\% \text{ Aspal}}{Bj Asfalt}} \\ & = \frac{100}{\frac{94,690}{2,650} + \frac{5,31}{1,027}} \\ & = 2,445 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Void In Mix (VIM)} \\ & = \left((100) \times \left(\frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \right) \right) \\ & = \left((100) \times \left(\frac{2,446 - 2,341}{2,446} \right) \right) \\ & = 4,29 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Void In Mineral Agreggate (VMA)} \\ & = \left((100) - \left(\frac{Gmb \times \% \text{ Agregat}}{Bj Bulk Agregat} \right) \right) \\ & = \left((100) - \left(\frac{2,341 \times 94,690}{2,589} \right) \right) \\ & = 14,38 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Void Filled With Asphalt (VFA)} \\ & = \left((100) \times \left(\frac{VMA - VIM}{VMA} \right) \right) \\ & = \left((100) \times \left(\frac{14,38 - 4,29}{14,38} \right) \right) \\ & = 73,55 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Kalibrasi alat marshall (p)} \\ & = 32,7547 \text{ lbf} \cdot 0,4539 \text{ kg} \\ & = 14,867 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{• Tebal benda uji} = 70,0 \text{ mm}$$

$$\text{• Angka koreksi benda uji (o)} = 0,8435$$

$$\text{• Bacaan arloji stabilitas (q)} = 80$$

$$\text{• Stabilitas akhir}$$

$$= p \cdot q \cdot o$$

$$= 14,867 \times 80 \times 0,8435$$

$$= 1002,61 \text{ kg}$$

$$\text{• Kelelahan (flow)} = 2,2 \text{ mm}$$

$$\text{• Marshall Quontient (MQ)}$$

$$= \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}}$$

$$= \frac{1002,61}{2,2}$$

$$= 455,73 \text{ kg/mm}$$

Dari hasil pemeriksaan benda uji di atas pada sampel pertama dengan kadar aspal 5,31 % dan perendaman selama 30 menit yang dilakukan di Laboratorium Dasar Universitas Samudra didapatkan nilai nilai tersebut yang kemudian

diberi nilai berkorelasi untuk mendapatkan nilai marshall yang sebenarnya, seperti Berat isi (*Bulk Density*), Rongga udara pada campuran (*VIM*), Rongga terhadap agregat (*VMA*), Rongga terisi

aspal (*VFB*), Stabilitas (*stability*), Kelelahan (*flow*), dan *Marshall Quotient (MQ)*.

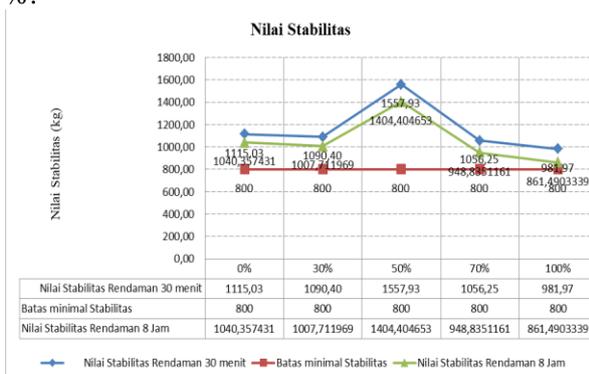
Hasil uji marshall dari keseluruhan persentase ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4. Hasil Pengujian Marshall

Parameter Marshall	Kadar Cangkang Kerang (%)					Spesifikasi
	0%	30%	50%	70%	100%	
Stabilitas (kg)	1115,03	1090,40	1557,93	1056,25	981,97	Min 800
Flow (mm)	2,23	2,60	3,37	3,53	3,57	2,0 - 4,0
VIM (%)	4,09	4,32	4,44	4,70	5,22	3,0 - 5,0
VMA (%)	16,15	16,36	16,47	16,69	17,15	Min 15
VFB (%)	74,73	73,65	73,11	71,84	69,62	Min 65
MQ (kg/mm)	503,09	429,82	469,59	300,80	277,31	Min 250

(sumber: pengolahan data, 2023)

Dapat dilihat pada tabel 4 hasil penelitian terbaru bahwa variasi 0%, 30%, 50%, dan 70% memiliki nilai stabilitas, flow, VIM, VMA, VFB dan Marshall Quotient memenuhi standar ketentuan Umum Bina Marga Tahun 2018 tetapi pada persentase 100% abu cangkang kerang pada parameter VIM tidak memenuhi spesifikasi umum pembangunan jalan raya tahun 2018. karena memiliki nilai VIM sebesar 5,22% yang merupakan melewati batas spesifikasi sebesar 5 %.



Gambar 7. Perbandingan Nilai Stabilitas rendaman 30 menit dengan rendaman 8 jam

Perhitungan Nilai Durabilitas

Nilai durabilitas dapat diketahui dari parameter Indek Kekuatan Sisa (IKS) yaitu dengan cara membandingkan nilai stabilitas sampel perendaman selama 8 jam dengan nilai stabilitas benda uji perendaman 30 menit. (Haris, 2019) Berikut ini adalah perhitungan nilai durabilitas dari tiap benda uji :

- Benda uji dengan kadar 0% abu cangkang kerang :

$$IKS = \frac{S_2}{S_1} \times 100\%$$

$$IKS = \frac{1040,36}{1115,03} \times 100\%$$

$$IKS = 0,933 \times 100\%$$

$$IKS = 93,30 \%$$

- Benda uji dengan kadar 30% abu cangkang kerang :

$$IKS = \frac{S_2}{S_1} \times 100\%$$

$$IKS = \frac{1007,71}{1090,40} \times 100\%$$

$$IKS = 0,9242 \times 100\%$$

$$IKS = 92,42\%$$

- Benda uji dengan kadar 50% abu cangkang kerang :

$$IKS = \frac{S_2}{S_1} \times 100\%$$

$$IKS = \frac{1404,40}{1557,93} \times 100\%$$

$$IKS = 0,9015 \times 100\%$$

$$IKS = 90,15 \%$$

- Benda uji dengan kadar 70% abu cangkang kerang :

$$IKS = \frac{S_2}{S_1} \times 100\%$$

$$IKS = \frac{948,84}{1056,25} \times 100\%$$

$$IKS = 0,8983 \times 100\%$$

$$IKS = 89,83 \%$$

- Benda uji dengan kadar 100% abu cangkang kerang :

$$IKS = \frac{S_2}{S_1} \times 100\%$$

$$IKS = \frac{861,49}{981,97} \times 100\%$$

$$IKS = 0,8773 \times 100\%$$

$$IKS = 87,73 \%$$

Hasil perhitungan durabilitas ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Nilai Durabilitas

Benda Uji	Nilai Stabilitas Rendaman 30 Menit	Nilai Stabilitas Rendaman 8 Jam	Nilai Durabilitas (%)	Ketentuan Bina Marga
	(Kg)	(Kg)		>90% = OK
0%	1.115,03	1.040,36	93,30	Oke
30%	1.090,40	1.007,71	92,42	Oke
50%	1.557,93	1.404,40	90,15	Oke
70%	1.056,25	948,84	89,83	Tidak Oke
100%	981,97	861,49	87,73	Tidak Oke

(sumber: pengolahan data, 2023)

Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai durabilitas yang memenuhi persyaratan dengan nilai >90% Ditetapkan oleh Kementerian Jalan pada tahun 2010, direvisi ke-3 pada tahun 2014 yaitu pada campuran 0%, 30% dan 50% abu cangkang kerang darah sebagai bahan tambah *filler* dengan nilai durabilitas sebesar 93,30%, 92,42% dan 90,15%, serta nilai durabilitas pada benda uji dengan campuran 70% dan 100% abu cangkang kerang darah sebagai bahan tambah *filler* secara berurutan yaitu 89,83% dan 87,73%. Tetapi nilai durabilitas 89,83% dan 87,73% Ini masih memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Departemen Jalan Raya 2006 dan AASHTO 1993 sebesar $\geq 75\%$.

Dari tabel 5 di atas juga diperlihatkan bahwa semakin tinggi kadar cangkang kerang darah, maka semakin besar penurunan angka durabilitas pada campuran aspal.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar cangkang kerang darah, maka semakin besar penurunan angka durabilitas pada campuran aspal. Pada penelitian ini didapat nilai durabilitas berdasarkan hasil analisa bahwa pada variasi 0%, 30% dan 50% kadar abu cangkang kerang darah sebagai bahan tambah filler yang memiliki nilai durabilitas terbaik dengan nilai 93,30%, 92,42% dan 90,15% diatas 90% sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan oleh Dinas Bina Marga 2010.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, Z., Bunyamin, B., & Kurniasarir, F. D. (2021). Uji Marshall pada Campuran AC-WC dengan Substitusi Filler. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(1), 1631–1638. <https://doi.org/10.32672/jse.v6i1.2653>

Al-Mansoori, T., Dulaimi, A., Shanbara, H. K., & Musa, S. S. (2021). Marshall Parameters of Hot Mix Asphalt with Variable Filler Types and Aggregate Gradations. *IOP Conference Series: Materials Science and*

Engineering, 1090(1), 012038. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1090/1/012038>

- Asphalt Institute. (1962). *Specifications and Construction Methods for Asphalt Concrete*.
- Esentia, A., Bahri, S., & Reza Razali, M. (2014). *Pengaruh Penggantian Sebagian Filler Semen dengan Kombinasi 40% Serbuk Batu Bata dan 60% Abu Cangkang Lokan pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* [Universitas Bengkulu]. <https://repository.unib.ac.id/10477/>
- Haris, H. (2019). Analisis Pengujian Stabilitas dan Durabilitas Campuran Aspal dengan Tes Perendaman. *Jurnal Linears*, 2(1), 33–47. <https://doi.org/10.26618/j-linears.v2i1.3026>
- Mawardi, M., & Sarjani, T. M. (2021). The Habitat Characteristics of *Andara granosa* in the Mangrove Ecosystem in Langsa City, Aceh. *Biotik: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi Dan Kependidikan*, 9(1). <https://doi.org/10.22373/biotik.v9i1.8928>
- Rahim, A., Wihardi, W., & Muhiddin, A. B. (2012). Pengaruh Air Laut terhadap karakteristik Perkerasan Aspal Porus yang Menggunakan Asbuton sebagai Bahan Pengikat. *Jurnal Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin Makassar*.
- Sari, K. I. (2021). Pengaruh Serbuk Abu Cangkang Kerang sebagai Bahan Pengganti Filler pada Campuran Aspal. *JCEBT (Journal of Civil Engineering, Building and Transportation)*, 5(2), 132–142. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v5i2.5847>
- Simanjuntak, R. M., & Abugau, G. K. (2020). Pemanfaatan Filler Kapur Cangkang Kerang sebagai Pengganti Filler Abu Batu untuk Meningkatkan Durabilitas Beton Aspal terhadap Perendaman. *Centech: Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 1(1), 35–43.

<https://doi.org/https://doi.org/10.33541/cen.v1i1.1433>

Sukirman, S. (1999). *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik*. Penerbit Nova.