

Pengaruh Penggunaan Batu Karang sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Nilai Karakteristik dan Kuat Tarik Tidak Langsung pada Campuran Aspal AC-BC

Fajar Rusdi*, Ryan Pratama Putra, Sudarman Supardi, Asma Massara, Bulgis

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia

*rusdifajar1@gmail.com

Diajukan: 16 Agustus 2024, Revisi: 19 Agustus 2024, Diterima: 20 Agustus 2024

Abstract

This research addresses the use of rock as a fine aggregate substitute in asphalt concrete mixtures (AC-BC), which is a type of tightly graded asphalt aggregate and is typically used on roads with heavy traffic loads. Marshall testing is often applied to assess the stability and flow of asphalt mixtures, while Indirect Tensile Strength (ITS) testing is used to measure the material's ability to resist tensile forces, which is important for pavement performance and durability. The rock used in this study comes from natural sources, both quarries and marine, which contain CaO. This study aims to evaluate the effect of coral substitution on the mechanical characteristics and indirect tensile strength of AC-BC mixtures. The research method used was experimental by testing various percentages of coral stone in asphalt mixtures through Marshall and ITS tests. The results showed that a percentage of 0.5% coral stone produced the best stability of 1530.60 kg, while the best variation in the ITS test was found in the mix without coral stone, with a stress of 77.24 kPa and a strain of 0.0353 kPa.

Keywords: Coral stone, Asphalt concrete mix (AC-BC), Indirect Tensile Strength (ITS)

Abstrak

Penelitian ini membahas penggunaan batu karang sebagai substitusi agregat halus dalam campuran aspal beton (AC-BC), yang merupakan jenis aspal bergradasi agregat rapat dan biasanya digunakan pada jalan dengan beban lalu lintas berat. Pengujian Marshall sering diterapkan untuk menilai stabilitas dan aliran campuran aspal, sementara pengujian Indirect Tensile Strength (ITS) digunakan untuk mengukur kemampuan material dalam menahan gaya tarik yang penting untuk kinerja dan daya tahan perkerasan jalan. Batu karang yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari sumber alami, baik tambang maupun laut, yang mengandung CaO. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efek substitusi batu karang terhadap karakteristik mekanis dan kuat tarik tidak langsung pada campuran AC-BC. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental dengan menguji berbagai persentase batu karang dalam campuran aspal melalui uji Marshall dan ITS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase batu karang 0,5% menghasilkan stabilitas terbaik sebesar 1530,60 kg, sementara variasi terbaik pada uji ITS ditemukan pada campuran tanpa batu karang, dengan tegangan sebesar 77.24 kPa dan regangan sebesar 0,0353.

Kata Kunci: Batu Karang, Campuran aspal beton (AC-BC), Indirect Tensile Strength (ITS)

1. PENDAHULUAN

Secara umum, jalan raya yang dibangun di Indonesia rusak sebelum jangka waktu yang ditetapkan (Salim et al., 2023). Pada dasarnya, fungsi struktural jalan akan menurun seiring bertambahnya usia (Massara et al., 2021). Beban kendaraan yang besar dan suhu tinggi

adalah penyebab kerusakan perkerasan jalan (Bulgis & Salim, 2023). Salah satu jenis campuran yang paling umum digunakan di Indonesia adalah aspal beton. Aspal beton terdiri dari aspal keras sebagai pengikat, agregat kasar, agregat halus, dan filler (Ismadarni et al., 2013). Lapisan aspal beton (Laston) sebagai bahan pengikat disebut AC-BC (*Asphalt Concrete—Binder Course*). (Irfansyah et al., 2017). Lapisan ini merupakan bagian dari lapis permukaan di antara lapis pondasi atas (*Base course*) dan lapis aus (*Wearing course*). *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) merupakan lapisan aus tertinggi (Said et al., 2022). Lapisan ini biasanya digunakan di jalan-jalan dengan beban lalu lintas yang cukup besar karena gradasi agregat gabungan rapat dan menerus. (Maizuar et al., 2023). Beberapa jenis campuran aspal panas yang sudah digunakan di Indonesia adalah lapis aspal beton lapis tipis aspal beton, dan lapis tipis aspal pasir. (Akbar et al., 2019).

Dalam perencanaan dan konstruksi jalan raya, pengujian *Marshall* sering digunakan untuk mengevaluasi ketahanan (stabilitas) dan kelelahan (aliran) material aspal berdasarkan gaya tekan yang diterapkan. Pengujian ini menghasilkan nilai *Marshall Stability* yang menunjukkan kemampuan campuran aspal dalam menahan gaya tekan. Namun, kondisi di lapangan sering kali berbeda, di mana lapisan perkerasan jalan tidak hanya menerima beban tekan dari kendaraan yang melintas, tetapi juga mengalami gaya tarik yang mengakibatkan retakan terutama di bagian bawah lapisan permukaan. Perbedaan kondisi ini mengindikasikan perlunya penilaian tambahan terhadap kemampuan material dalam menahan gaya tarik. Untuk alasan ini, pengujian dengan menggunakan alat ITS (*Tensile Strength Indirect*) menjadi penting. Pengujian ITS menunjukkan kemampuan material untuk menahan gaya tarik, yang sangat penting untuk menjamin kinerja dan umur panjang perkerasan jalan (Colifah, 2010). Selain itu, tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengidentifikasi tanda-tanda potensi retak di lapangan (Alifuddin et al., 2020).

Dalam penelitian ini, batu karang digunakan sebagai substitusi agregat halus. Batu karang adalah bahan yang ditemukan di alam seperti hasil tambang atau dari lautan. Dengan bahan baku yang tersedia secara luas, kalsit yang terdapat pada batu karang dapat diubah menjadi CaO dan diproses menjadi berbagai katalis industri untuk meningkatkan nilai moneter batuan (Islamiyati & Abram, 2020; Suhandi et al., 2018). Menurut penelitian (Alifuddin et al., 2024) uji Marshall menunjukkan peningkatan nilai stabilitas sebesar 1066,55 kg ketika abu batu karang ditambahkan ke campuran aspal beton dengan variasi penambahan sebesar 6%. Dengan mempertimbangkan uraian di atas, kami ingin menentukan apakah penggunaan batu karang sebagai substitusi agregat halus mempengaruhi nilai karakteristik dan kekuatan tarik tidak langsung campuran aspal AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*).

2. METODE PENELITIAN

A. Gambaran Umum Penelitian

Metode eksperimen digunakan dalam penelitian ini untuk mengumpulkan data. Data kemudian diolah untuk menghasilkan hasil perbandingan sesuai dengan persyaratan. Dalam laboratorium bahan perkerasan jalan, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana karakteristik campuran AC-BC (*Asphalt Concrete Binder Course*) dipengaruhi oleh substitusi batu karang sebagai agregat halus. Uji Kuat Tarik Tidak Langsung dan marshall juga dilakukan untuk mengukur kinerja campuran tersebut, batu karang digunakan sebagai pengganti agregat halus.

B. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia, yang berlokasi di Jl. Urip Sumoharjo Km. 05, Makassar.

C. Pengujian Marshall

Tujuan pemeriksaan Marshall ini adalah untuk mengetahui seberapa stabil campuran aspal terhadap kelelahan plastis (flow). Pada tahap awal, uji Marshall harus dilakukan pada suhu 60°C selama 30 menit. Selain itu, nilai VIM, VMA, VFA, dan MQ harus diukur untuk menentukan kadar aspal yang ideal berdasarkan karakteristik campuran tersebut.



Gambar 1 Alat Pengujian Marshall

D. Pengujian ITS (*Indirect Tensile Strength*)

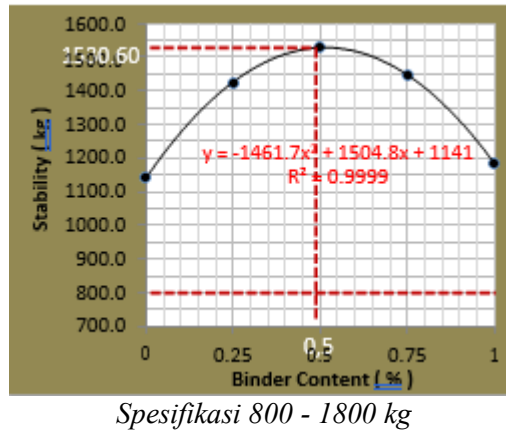
Pengujian Kekuatan Regangan Terbalik mengukur regangan (strain), tegangan (stress), dan modulus elastis untuk menilai kinerja campuran. Uji ini mengevaluasi kegagalan gaya tarik, yang dapat memperkirakan kemungkinan retakan.



Gambar 2 Alat Pengujian ITS

3. HASIL PENELITIAN

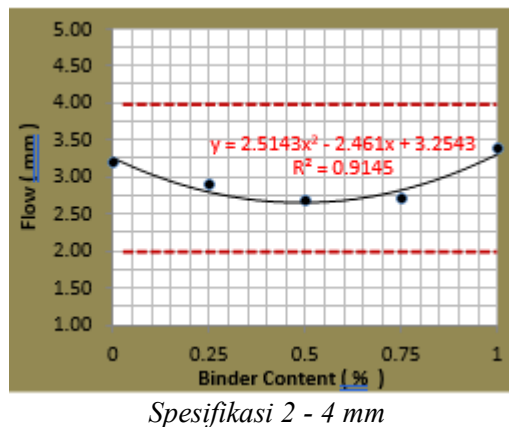
A. Pengaruh Abu Batu Karang Terhadap Stabilitas



Gambar 3 Pengaruh Persentase Abu Batu Karang Terhadap Stabilitas

Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai stabilitas meningkat dari 0% hingga 0,5%. Namun, ketika lebih banyak abu batu karang ditambahkan, dari 0,75% hingga 1%, terjadi penurunan stabilitas. Peningkatan stabilitas terjadi seiring dengan penurunan persentase abu batu karang hingga mencapai kondisi tertentu, setelah itu stabilitas mulai menurun. Penurunan ini terjadi setelah melewati persentase optimum, karena jumlah aspal yang terlalu banyak. Pada grafik, persentase optimum ini terlihat pada 0,5%.

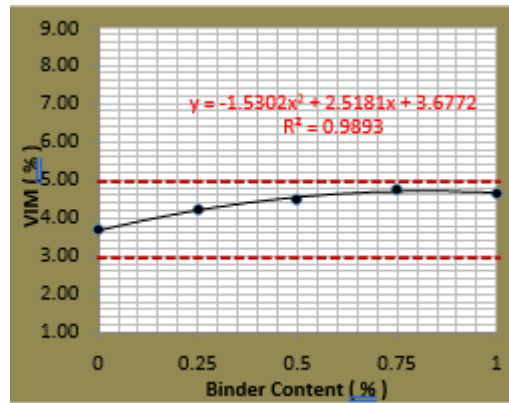
B. Pengaruh Abu Batu Karang Terhadap Flow



Gambar 4 Pengaruh Persentase Abu Batu Karang Terhadap Flow

Gambar 4 di atas menunjukkan bahwa nilai flow dari variasi 0% hingga 1% sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018. Nilai flow menurun pada variasi abu batu karang dari 0% hingga 0,5%, kemudian meningkat pada variasi 0,75% hingga 1%. Peningkatan persentase batu karang menyebabkan campuran aspal lebih mudah mengalami kelelehan atau keruntuhan. Nilai flow yang lebih besar menunjukkan bahwa campuran lebih rentan terhadap perubahan bentuk, sementara nilai flow yang lebih rendah menunjukkan bahwa campuran lebih tahan terhadap kerusakan.

C. Pengaruh Abu Batu Karang Terhadap VIM

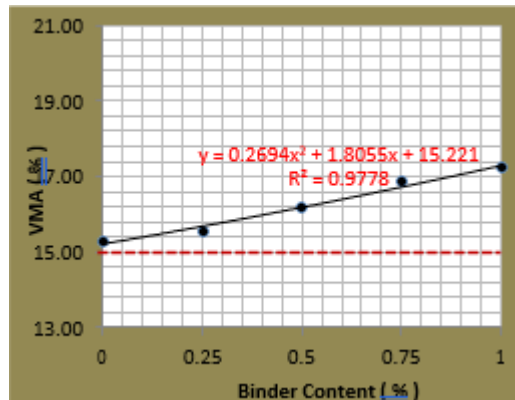


Spesifikasi 3 – 5 %

Gambar 5 Pengaruh Persentase Abu Batu Karang Terhadap VIM

Gambar 5 menunjukkan bahwa rongga dalam campuran menurun dengan kadar aspal yang digunakan. Campuran dengan persentase batu karang 0% hingga 1% memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Persentase volume rongga pada campuran meningkat dari 0% hingga 0,75% pada nilai VIM, namun menurun pada variasi 1%. Ini menunjukkan bahwa volume rongga udara meningkat seiring dengan bertambahnya penggunaan batu karang.

D. Pengaruh Abu Batu Karang Terhadap VMA

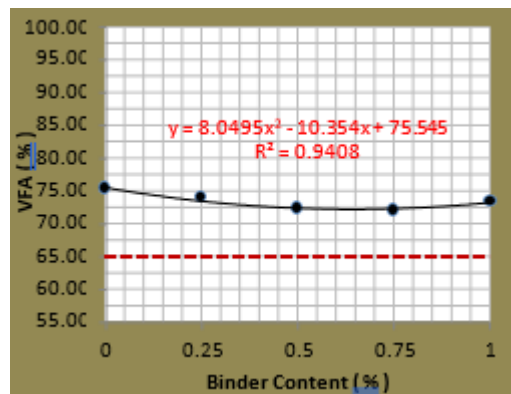


Spesifikasi min 15%

Gambar 6 Pengaruh Persentase Abu Batu Karang Terhadap VMA

Gambar 6 menunjukkan bahwa semua persentase batu karang memenuhi spesifikasi untuk analisis VMA. Ini menunjukkan bahwa semakin banyak batu karang dalam campuran beraspal, semakin besar rongga udara di antara butiran agregat. Hal ini terjadi karena semakin besar persentase batu karang dalam campuran, semakin sedikit rongga dalam campuran tersebut.

E. Pengaruh Abu Batu Karang Terhadap VFA

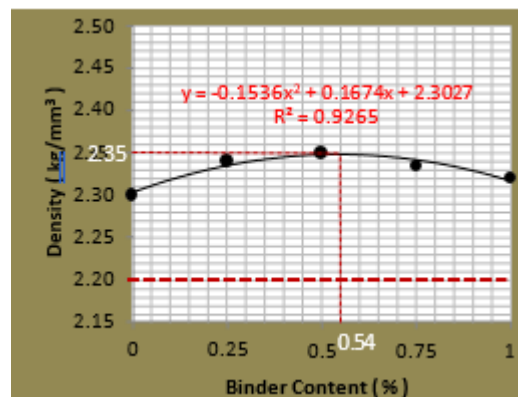


Spesifikasi min 65%

Gambar 7 Pengaruh Persentase Abu Batu Karang Terhadap VFA

Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan batu karang, nilai VFA semakin menurun karena semakin banyak aspal yang mengisi rongga. Pada variasi batu karang 0%, nilai VFA terus menurun hingga variasi 0,5%. Namun, pada variasi 0,75%, nilai VFA meningkat hingga variasi 1%. Semua nilai VFA campuran berada di bawah batas spesifikasi. Ini menunjukkan bahwa semakin banyak aspal yang digunakan semakin kecil volume rongga yang terisi aspal.

F. Pengaruh Abu Batu Karang Terhadap Berat Volume (*Density*)

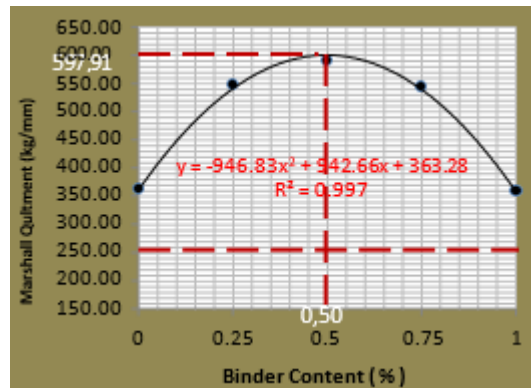


Spesifikasi min 2,2 kg/mm²

Gambar 8 Pengaruh Persentase Abu Batu Karang Terhadap Berat Volume

Dari gambar 8 diatas menjelaskan bahwa nilai density pada variasi batu karang 0% sampai 0,5% mengalami peningkatan dan mengalami penurunan divariasi 0,75 sampai 1%. semua persentase telah memenuhi spesifikasi yaitu min 2,2 kg/mm².

G. Pengaruh Abu Batu Karang Terhadap MQ (*Marshall Quotient*)



Spesifikasi min 250 kg/mm

Gambar 9 Pengaruh Persentase Abu Batu Karang Terhadap MQ

Gambar 9 menunjukkan bahwa nilai MQ meningkat dari variasi batu karang 0% hingga 0,5%, kemudian menurun pada variasi 0,75% hingga 1%. Peningkatan ini terjadi karena stabilitas meningkat pada penambahan batu karang hingga batas maksimum, setelah itu stabilitas menurun dengan tambahan batu karang, yang juga meningkatkan kelelahan. Stabilitas dan kelelahan mempengaruhi *Marshall Quotient (MQ)*, semakin sedikit batu karang semakin tinggi stabilitas dan kelelahan yang diperoleh. Sebaliknya jika persentase batu karang terlalu tinggi, stabilitas menurun. Nilai MQ menunjukkan fleksibilitas campuran nilai yang tinggi menunjukkan campuran yang lebih kaku dan mudah retak sementara nilai yang rendah menunjukkan campuran yang lentur dan kurang stabil.

Tabel 1 Rekapitulasi Pengujian Marshall Test dengan menggunakan abu batu karang

Sifat-sifat campuran	Hasil					Spesifikasi
	Pengujian					
	0%	0.25%	0.5%	0.75%	1%	
Density	2,300	2,340	2,350	2,334	2,320	≥ 2.2 kg/mm ³
VIM; %	3,676	4,235	4,493	4,763	4,646	3 – 5 %
VMA; %	15,300	15,527	16,198	16,877	17,218	≥ 15%
VFA; %	75,325	73,936	72,272	71,976	73,425	≥ 65%
Stabilitas; kg	1142,09	1422,79	1530,60	1446,93	1183,85	800-1800 kg
Flow; mm	3,30	2,90	2,67	2,70	3,37	Min 2 mm
MQ; kg/mm	361,22	546,74	597.91	542,18	358,29	Min 180

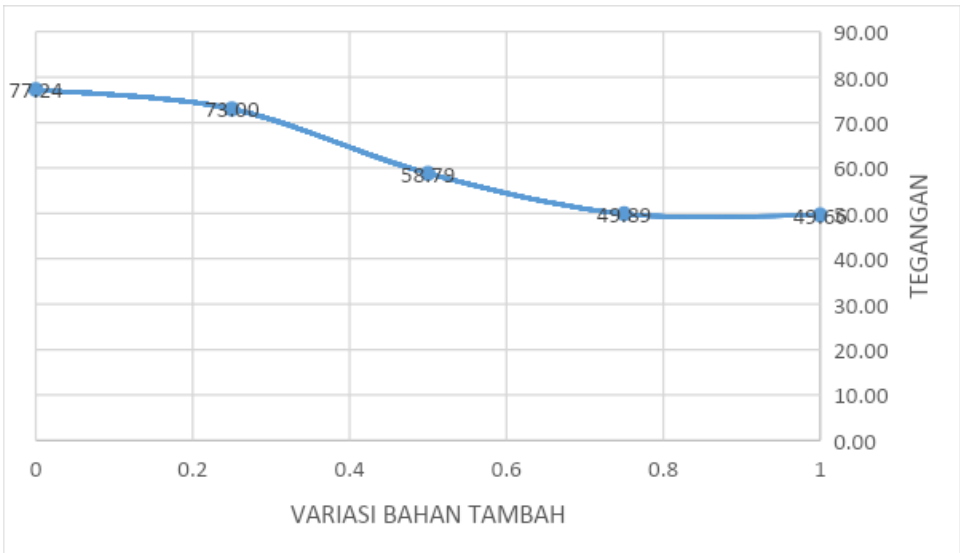
Sumber : Data Olahan (2024)

H. Hasil Pengujian Kuat Tegangan dengan Persentase Abu Batu Karang

Tabel 2 Rekapitulasi Hasil ITS

Kompos Campuran	Diameter	ITS	Poisson Ratio	Deformasi Vertikal	Deformasi Horisontal	Regangan (ε)
	Mm	Kpa	μ	mm	mm	
BT 0%	10.33	77.24	0.404	0.91	0.36	0.03533
BT 0.25%	10.33	73.00	0.346	0.83	0.28	0.02759
BT 0.5%	10.33	58.79	0.320	0.81	0.26	0.02517
BT 0.75%	10.33	49.89	0.266	0.72	0.19	0.01801
BT 1%	10.33	49.66	0.206	0.69	0.15	0.01452
Rata-rata						0.02412

Sumber : Data Olahan (2024)



Sumber : Data Olahan (2024)

Gambar 10 Hasil Tegangan

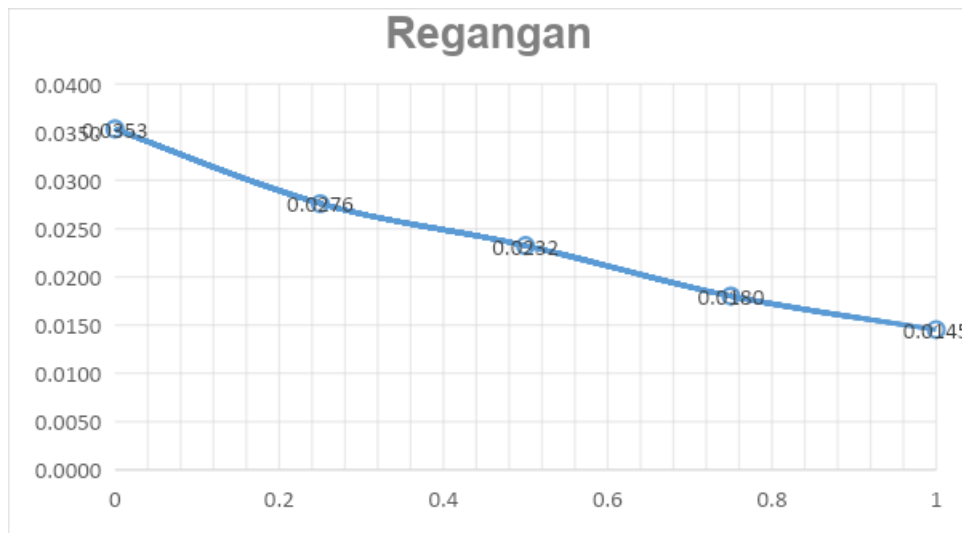
Gambar 10 menunjukkan bahwa nilai tegangan menurun seiring dengan peningkatan persentase batu karang. Nilai tegangan tertinggi tercatat pada persentase 0%, yaitu sebesar 77.24 kPa.

I. Hasil Pengujian Regangan dengan Persentase Abu Batu Karang

Tabel 3 Rekapitulasi Regangan

Kadar BS	Rekap Angka Regangan
0	0.0353
0.25	0.0276
0.50	0.0232
0.75	0.0180
1	0.0145

Sumber : Data Olahan (2024)



Sumber : Data Olahan (2024)

Gambar 11 Grafik Regangan

Berdasarkan gambar 11, terlihat bahwa nilai tegangan menurun seiring dengan meningkatnya persentase batu karang. Nilai tegangan tertinggi tercatat pada persentase 0% yaitu sebesar 0,0353. Dengan penambahan 0,25% batu karang nilai tegangan menurun menjadi 0,0276. Penambahan 0,5% batu karang menurunkan nilai tegangan lebih lanjut menjadi 0,0232. Pada penambahan 0,75% nilai tegangan berkurang menjadi 0,0180 dan penambahan 1% batu karang mengakibatkan nilai tegangan mencapai 0,0145.

4. PENUTUP

A. Kesimpulan

- Berdasarkan Dari hasil analisis penambahan abu batu karang hasil pengujian Marshall Test memiliki nilai Stabilitas dengan nilai tertinggi berada di variasi 0.5% sebesar 1530,60 kg tetapi seiring dengan penambahan persentase abu batu karang melebihi nilai optimum maka stabilitas akan menurun pada variasi 0.75% hingga 1%. Hal ini disebabkan karena kadar rongga sebagai mana pada kepadatan Marshall. Selain itu nilai flow juga mengalami peningkatan pada variasi 0,5% sampai 1% yang dimana berbanding terbalik dengan nilai VFA dan nilai VMA mengalami peningkatan pada variasi 0% sampai 1%. Adapun nilai Density yang mengalami peningkatan dari kadar 0% sampai 0,5% tetapi mengalami penurunan pada kadar 0.75% sampai 1%. Jika

dibandingkan dengan hasil pengujian Marshall Test sebelum penambahan abu batu karang, perubahan yang terjadi nilai stabilitas cukup signifikan dan nilai VFA dan desinty cukup meningkat. tetapi penambahan karang sebagai bahan substitusi tidak memberikan pengaruh yang banyak terhadap karakteristik Marshall campuran AC-BC lainnya.

2. Hasil analisis kuat Tarik tidak langsung tegangan dan regangan pada campuran AC-BC yg menggunakan substitusi batu karang kedalam agregat halus sebagaimana berikut nilai hasil regangan dan tegangan terbaik pada persentase 0% .nilai tegangan sebesar 77.24 kpa dan nilai regangan sebesar 0.0353. seiring bertambahnya persentase batu karang (0.25% -1%) membuat nilai tegangan dan regangan benda uji semakin menurun.

B. Saran

1. Dengan menggunakan campuran lapisan seperti AC-WC, AC-Base, Lataston, Split Mastic Asphalt dan campuran lapisan lainnya, penelitian ini diharapkan dapat dilakukan lagi untuk mempelajari efek penambahan batu karang.
2. Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut kedepannya dengan dengan menggunakan bahan tambah batu karang pada suatu campuran dengan pengujian lain seperti pengujian Deformasi, Durabilitas. Dan lain-lain.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, S. J., Widari, L. A., & Munawir, K. (2019). *PENGUNAAN ABU BATU KARANG SEBAGAI FILLER TERHADAP PARAMETER MARSHALL PADA CAMPURAN ASPAL AC-BC sebagai Filler dan pasir besi sebagai agregat halus . Batu karang merupakan bahan parameter Marshall pada campuran aspal AC-WC . Metode Penelitian spesifikasi*. 9(2), 179–189. <https://teras.unimal.ac.id/teras/article/view/253>
- Alifuddin, A., Alamsyah, & Said, L. B. (2020). Konsep Design Mix Formula (DMF) Lapis Tipis Beton Aspal (LTBA) Mengacu Spesifikasi Umum 2018 Bina Marga Terhadap Sifat – Sifat (ITS) dan Deformasi. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 5(2), 158–169. <https://doi.org/10.33096/jtsm.v5i2.87>
- Alifuddin, A., Muh, M., Muhlis, M. R., Badaron, S. F., & Bulgis. (2024). Pengaruh Penambahan Abu Batu Karang Terhadap Durabilitas pada Campuran Aspal Beton. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Sipil*, 4(2), 49–57.
- Bulgis, B., & Salim, S. (2023). Selulosa Fiber Mesh Bahan Tambah Campuran Stone Mastic Asphalt. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan*, 6(3), 147–157. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v6i3.31218>
- Colifah, C. (2010). *ANALISIS KORELASI ANTARA MARSHALL STABILITY DAN ITS (Indirect Tensile Strength) PADA CAMPURAN PANAS BETON ASPAL*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Irfansyah, P. A., Setyawan, A., Jurusan, M., Sipil, T., Maret, U. S., Jurusan, P., & Sipil, T. (2017). *Karakteristik marshall pada campuran aspal beton menggunakan daspal sebagai bahan pengikat*. September, 947–958.
- Islamiyati, A. D., & Abram, P. H. (2020). Analisis Kadar Kalsium Oksida (Cao) pada Batu Karang di Daerah Pesisir Bayang Dampelas Donggala. *Media Eksakta*, 16(1), 57–62.

- Ismadarni, I., Risman, R., & Kasan, M. (2013). Karakteristik Beton Aspal Lapis Pengikat (Ac-bc) Yang Menggunakan Bahan Pengisi Pengisi (Filler) Abu Sekam Padi. *MEKTEK*, 15(2).
- Maizuar, Said Jalalul, A., & Wirda, A. (2023). Jurnal Teknologi Terapan & Sains 4.0. *Karakteristik Marshall Campuran AC-BC Menggunakan Ethylene Vinyl Acetate Sebagai Asphalt Modifier*, 4(1), 891–902.
- Massara, A., Arifin, W., Alifuddin, A., Ramadhan, M. F., & Taufiq, M. (2021). Analisa Deformasi pada Campuran Aspal Beton Menggunakan Derbo dan Wetfix. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 6(2), 61. https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v6i2.681
- Said, L. B., Lagaligo, D., & Alifuddin, A. (2022). Pengaruh Temperatur Pemasatan pada Campuran Beton Aspal (AC-WC) dengan Bahan Tambah Karet Alam terhadap Ketahanan Deformasi dan Kuat Tarik Tidak Langsung. *Konstruksi*, 1(11), 23–36.
- Salim, Supardi, S., Alifuddin, A., Alawiah, A. A., & Syakir, M. (2023). Pengaruh Bahan Tambah Polimer Ethylene Vinyl Asetate (EVA) pada Campuran Aspal Beton AC-WC Terhadap Pengujian Indirect Tensile Strength (ITS) dan Durabilitas. *Jurnal Teknik Sipil* ..., 8(2), 109–119. <https://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/jtسم/article/view/734%0Ahttps://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/jtسم/article/download/734/467>
- Suhandi, N., Putri, E. A. K., & Agnisa, S. (2018). Analisis Pengaruh Jumlah Penduduk terhadap Jumlah Kemiskinan Menggunakan Metode Regresi Linear di Kota Palembang. *Jurnal Ilmiah Informatika Global*, 9(2).