



A STUDY OF CHARACTERISTICS AND DEFORMATION OF AC-WC MIXTURES UTILIZING MARBLE WASTE SUBSTITUTION AS COARSE AGGREGATE FRACTION

KAJIAN KARAKTERISTIK DAN DEFORMASI CAMPURAN AC-WC DENGAN PENGGUNAAN SUBSTITUSI LIMBAH MARMER SEBAGAI FRAKSI AGREGAT KASAR

Liliyan Bea¹, Lambang Basri², Andi Alifuddin³

^{1,2,3} Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia

E-mail: lian.liliyan@gmail.com¹, el_basri@yahoo.com², andhy.alif@yahoo.com³

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Correspondent:

Liliyan Bea

Lian.liliyan@gmail.com

Key words:

marble waste, Marshall characteristics, wheel tracking, permanent deformation

Website:

<https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>

Page: 606 - 617

Repetitive and excessive load pressure by vehicles is one of the damages that occurs on road pavement deformation due to the pavement layer losing its strength, causing the road layer to subside and cracks to occur. Marble waste is the remaining waste acquired from the processing of the marbles. Environmental pollution is caused by the marble processing process. The marble waste produced is increasing gradually over time, therefore, it is needed to utilize that marble waste. The marble waste is expected to improve the quality and performance of the mixture in resisting deformation in the AC-WC mixture and has good mixture characteristics. This research aims to examine the cause of using marble waste on the characteristics and deformation of the mixture. The test in this research applies the marshall test and wheel tracking tool. The result showed that the characteristics of the mixture and KLMO, total deformation, deformation rate, and dynamic stability using KAO 6% and the Optimum Marble Waste Content (KLMO) obtained was 25%. The highest stability and Marshall Quotient were 1024.89 kg and 345.65 kg/mm at 25% marble waste variation. The lowest flow value in the mixture with 25% marble waste variation was 2.97 mm. The 25% variation has good mixture characteristics and durability. The smallest total deformation was 0.903 mm at 25% marble waste variation, dynamic stability 2864 passes/mm, and deformation rate 0.0147 mm/minute.

Copyright © 2023 JSCR. All rights reserved.

INFO ARTIKEL

ABSTRAK

Koresponden

Liliyan Bea

Lian.liliyan@gmail.com

Kata kunci:

limbah marmer,
karakteristik Marshall,
wheel tracking,
deformasi permanen

Website:

<https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>

Hal: 606 - 617

Kerusakan yang terjadi pada perkerasan jalan salah satunya yaitu deformasi akibat tekanan beban berulang dan berlebihan oleh kendaraan, sehingga lapisan perkerasan kehilangan kekuatannya menyebabkan lapisan jalan mengalami penurunan dan terjadi keretakan. Limbah marmer adalah sisa limbah yang didapatkan dari hasil pengolahan batu marmer. Pencemaran lingkungan disebabkan dari proses pengolahan marmer. Limbah marmer yang dihasilkan semakin hari semakin meningkat sehingga diperlukan adanya inovasi untuk pemanfaatan limbah marmer. Diharapkan limbah marmer dapat bisa meningkatkan kualitas dan kinerja campuran dalam menahan deformasi pada campuran AC-WC dan memiliki karakteristik campuran yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penggunaan limbah marmer terhadap karakteristik dan deformasi pada campuran. Pengujian ini menggunakan alat *marshall test* dan *wheel tracking*. Hasil pengujian diperoleh karakteristik campuran dan KLMO, total deformasi, laju deformasi, dan stabilitas dinamis dengan menggunakan KAO 6% dan Kadar Limbah Marmer Optimum (KLMO) yang didapat adalah 25%. Stabilitas dan *Marshall Quotient* tertinggi sebesar 1024,89 kg dan 345,65 kg/mm pada variasi limbah marmer 25%. Nilai *flow* terendah pada campuran dengan variasi limbah marmer 25% sebesar 2,97 mm. Dimana pada variasi 25% memiliki karakteristik dan ketahanan campuran yang baik. Total deformasi terkecil adalah 0,903 mm pada variasi limbah marmer 25%, stabilitas dinamis 2864 lintasan/mm, dan laju deformasi 0,0147 mm/menit.

Copyright © 2023 JSCR. All rights reserved.

PENDAHULUAN

Deformasi permanen atau rutting merupakan penurunan permukaan pada jejak roda yang disebabkan oleh deformasi plastis (Alamsyah, 2020). Kerusakan yang terjadi pada perkerasan jalan salah satunya yaitu deformasi akibat tekanan beban berulang dan berlebihan oleh kendaraan, sehingga lapisan perkerasan kehilangan kekuatannya menyebabkan lapisan jalan mengalami penurunan dan terjadi keretakan.

Permukaan jalan yang dilewati beban kendaraan terus menerus semakin lama akan mengalami deformasi dan tidak tercapainya umur rencana. Hal itu dikarenakan berkurangnya fleksibilitas campuran aspal sehingga perkerasan menjadi kaku dan stabilitas jalan menurun. Ketahanan deformasi terkait dengan karakteristik campuran, dan dipengaruhi oleh temperatur dan waktu pembebanan secara signifikan.

Untuk itu, perlu ada upaya untuk mengurangi terjadinya deformasi perkerasan dengan melakukan modifikasi campuran menggunakan bahan-bahan material alternatif yang memiliki indikator untuk meningkatkan karakteristik perkerasan beton

aspal. Dengan meningkatnya pembangunan infrastruktur tentu membutuhkan material agregat kasar yang banyak dan lama kelamaan akan berkurang.

Limbah marmer adalah sisa limbah yang didapatkan dari hasil pengolahan batu marmer. Pencemaran lingkungan disebabkan dari proses pengolahan marmer. Limbah marmer didapatkan dari pemotongan, pemolesan dan penskrapan sehingga dapat menghasilkan larutan air yang bercampur dengan kapur sehingga bisa menyebabkan masalah lingkungan. Limbah marmer yang dihasilkan semakin hari semakin meningkat sehingga diperlukan adanya inovasi untuk pemanfaatan limbah marmer. salah satu upaya untuk memanfaatkan limbah marmer tersebut ialah dapat digunakan dalam campuran perkerasan jalan pada lapisan beton aspal AC-WC.

Analisis deformasi sangat penting dilakukan dalam mendesain perkerasan jalan karena penurunan dan keretakan yang disebabkan oleh beban kendaraan dan karakteristik campuran bahan penyusun perkerasan jalan tersebut. Sehingga penulis ingin melakukan penelitian lebih lanjut tentang "Kajian Karakteristik dan Deformasi Campuran AC-WC dengan Penggunaan Substitusi Limbah Marmer sebagai Fraksi Agregat Kasar".

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan metode eksperimen dalam mengumpulkan data hasil pengujian. Dalam menganalisa data hasil penelitian menggunakan metode kuantitatif.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan ialah aspal pertamina pen.60/70 (AC 60/70). Agregat kasar yang digunakan ialah limbah batu marmer yang didapat dari PT. Daya Cayo Kab. Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan. Agregat kasar batu pecah dan agregat halus diambil dari proses pemecahan PT. Catur Sakti Perkasa Kab. Gowa. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat uji pemeriksaan bahan, alat uji *marshall*, dan *wheel tracking*.

Tahapan Penelitian

- a. Bahan-bahan yang akan digunakan kemudian disiapkan untuk dilakukan pemeriksaan bahan benda uji. Setelah proses persiapan dilakukan pengujian bahan benda uji. Adapun pengujian bahan yang dilakukan adalah pengujian Aspal, agregat kasar batu pecah, agregat halus, dan limbah marmer.
- b. Setelah semua bahan diperiksa kemudian melakukan perencanaan komposisi campuran dengan menggunakan metode penggabungan agregat *trial and error* dan diperoleh persen proporsi agregat. Kemudian dilakukan penentuan kadar aspal rencana dengan interval 0,5%.
- c. Kemudian dilakukan pengujian *marshall* Tahap I dengan variasi kadar aspal untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum.
- d. Pengujian *marshall* Tahap II menggunakan variasi limbah marmer 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% yang di substitusikan pada komposisi campuran berdasarkan KAO.
- e. Pengujian Deformasi Permanen dengan variasi substitusi limbah marmer 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% berdasarkan KAO.

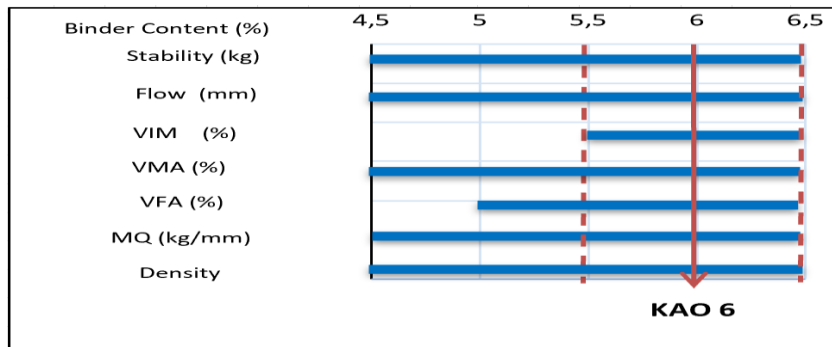
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Penelitian

1. Hasil Uji Marshall

Uji *marshall* pada campuran AC-WC dengan jumlah benda uji 15 buah. tujuan dari pengujian untuk mengetahui karakteristik pada campuran dan KAO dengan menggunakan variasi kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%.

Berdasarkan hasil dari beberapa parameter yang menjadi pertimbangan dalam penentuan KAO, dari seluruh kadar aspal yang memenuhi karakteristik ialah stabilitas, *flow*, VMA, MQ, dan *density*. Sedangkan untuk nilai VIM dan VFA ada beberapa kadar aspal yang tidak memenuhi spesifikasi.



Gambar 1. Karakteristik *Marshall* Tahap I dan Penentuan KAO

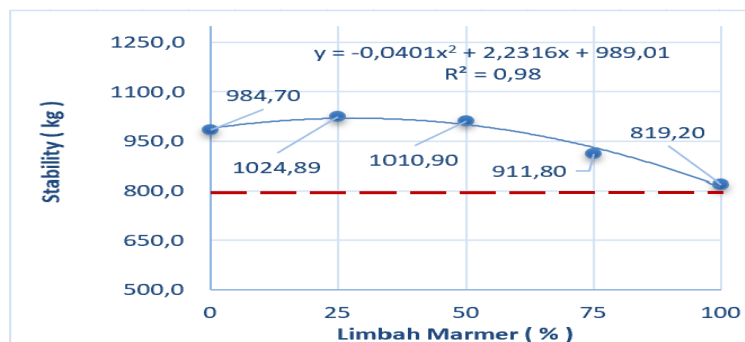
Pada Gambar 1 terlihat hubungan antar kadar aspal dan karakteristik campuran diambil nilai tengah pada grafik sehingga didapatkan nilai KAO sebesar 6%. Pada gambar diatas kadar aspal yang memenuhi spesifikasi karakteristik ialah kadar aspal 5,5%-6,5%.

$$KAO = \frac{5,5\% + 6,5\%}{2} = 6\%$$

Kadar Aspal Optimum (KAO) kemudian digunakan untuk perencanaan campuran menggunakan substitusi limbah marmer. Limbah marmer divariasikan dalam pembuatan benda uji *marshall* dan *wheel tracking* berdasarkan KAO yang didapat pada *Marshall* tahap I.

2. Hasil Uji Marshall Campuran Variasi Limbah Marmer

Uji *marshall* tahap ini benda uji dibuat sebanyak 15 buah dengan memvariasikan limbah marmer 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% berdasarkan KAO yang didapat di *marshall* tahap I. Dari hasil pengujian dapat dimasukkan kedalam grafik untuk melihat hubungan dengan penggunaan limbah marmer.



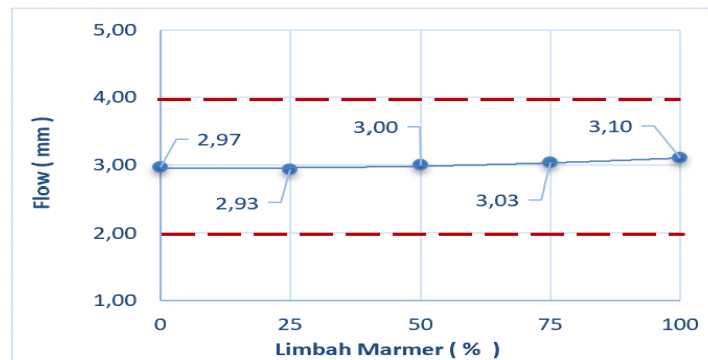
Gambar 2. Hubungan Stabilitas dengan Limbah Marmer

Pada Gambar 2 dapat dilihat variasi limbah marmer 25% memiliki nilai stabilitas tertinggi yaitu 1024,89 kg. Sedangkan nilai stabilitas terendah adalah limbah marmer variasi 100% adalah 819,20 kg. dari kelima variasi limbah marmer semuanya masih masuk dalam spesifikasi yaitu minimal 800 kg.

$$\frac{dx}{dy}$$

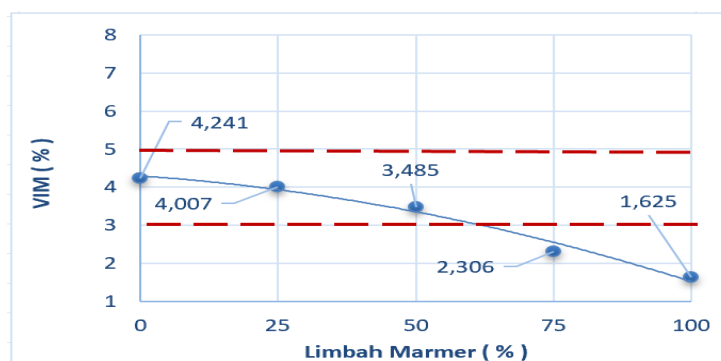
$$\begin{aligned} y &= -0,0401x^2 + 2,2316x + 989,01 \\ &= -0,0401(2) + 2,2316 \\ &= 27,825\% \end{aligned}$$

Untuk nilai x , disubstitusi ke persamaan $-0,0401x^2 + 2,2316x + 989,01$ untuk mengetahui stabilitas optimum pada grafik dan diperoleh stabilitas optimum 1020,06 kg pada kadar limbah marmer 27,825%. Stabilitas yang tinggi dipengaruhi oleh rapat agregat dan rongga antar agregat. Limbah marmer yang memiliki pori kecil dan padat dapat meningkatkan stabilitas campuran. Namun semakin banyak limbah marmer yang dimasukkan maka kualitas campuran menurun dan dapat terjadinya *bleeding*.



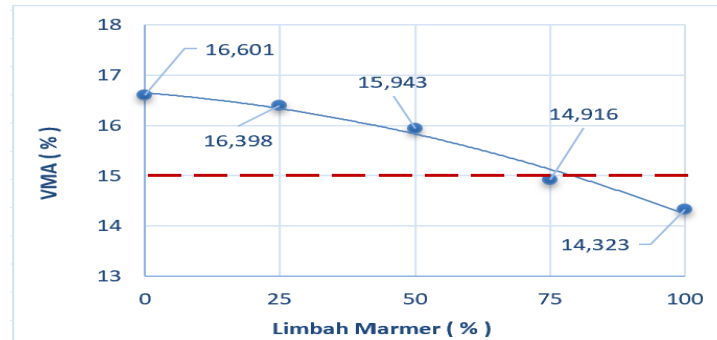
Gambar 3. Hubungan Flow dengan Limbah Marmer

Pada Gambar 3 terlihat nilai *flow* tertinggi adalah 3,10 mm terdapat pada variasi 100% limbah marmer. Sedangkan nilai *flow* terendah adalah 2,60 mm terdapat pada variasi 25% limbah marmer. Semakin bertambahnya limbah marmer maka semakin besar nilai *flow* yang didapatkan. Rongga pada campuran variasi limbah marmer 0%-75% memiliki rongga yang lebih besar dari pada variasi 100% sebab adanya persentase batu pecah yang mempunyai pori lebih banyak dan dapat menyerap aspal dengan baik. Campuran variasi 100% memiliki nilai *flow* yang lebih tinggi sehingga campuran cenderung menjadi lebih lembek dan berubah bila dibebani dikarenakan butiran limbah marmer yang padat.



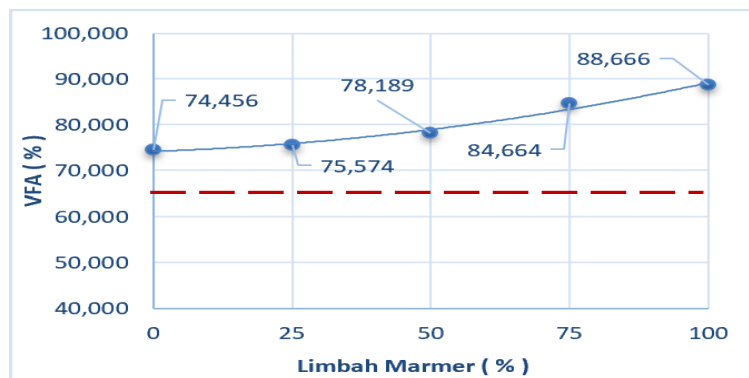
Gambar 4. Hubungan VIM dengan Limbah Marmer

Pada Gambar 4 terlihat bahwa nilai VIM mengalami penurunan persentase volume rongga campuran dari 0% sampai variasi limbah marmer 100%. Nilai VIM tertinggi pada variasi limbah marmer 0% adalah 4,241% dan terendah pada variasi 100% ialah 1,625%. Sehingga volume rongga yang berisi udara pada campuran mengalami penurunan akibat berkurangnya batu pecah pada campuran. Nilai VIM kecil maka rongga dalam campuran menjadi kecil dikarenakan bentuk permukaan limbah marmer yang licin dan padat sehingga aspal yang menyelimuti agregat tidak baik dan menyebabkan campuran menjadi tidak stabil.



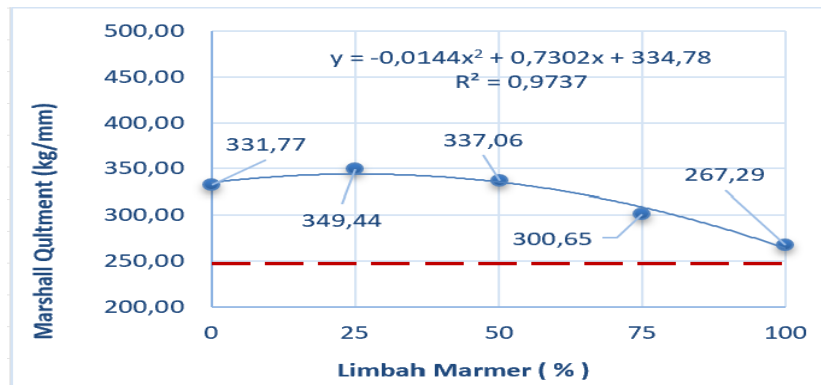
Gambar 5. Hubungan VMA dengan Limbah Marmer

Pada Gambar 5 menunjukkan nilai VMA mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya limbah marmer. Nilai VMA 0% sampai 50% memenuhi spesifikasi yaitu lebih besar dari 15% sehingga kerapatan campuran meningkat dan pengikatan agregat oleh aspal dalam kondisi baik. Semakin banyak persentase limbah marmer yang digunakan mengakibatkan VMA menurun. Permukaan limbah marmer yang licin dan pori-pori yang rapat sehingga agregat tidak diselimuti dengan baik.



Gambar 6. Hubungan VFA dengan Limbah Marmer

Pada Gambar 6 terlihat variasi limbah marmer 0% nilai VFA naik hingga variasi limbah marmer 100%. Nilai VFA yang tinggi mengindikasikan rongga yang dapat terisi oleh aspal lebih banyak dan rongga menjadi lebih kecil sehingga aspal yang dapat menyelimuti agregat akan lebih tebal dan campuran sulit dimasuki oleh air dan udara. Gradasi agregat pada campuran menunjukkan semakin banyak persentase limbah marmer yang digunakan maka semakin meningkat nilai VFA, dikarenakan limbah marmer memiliki permukaan yang licin dan padat.



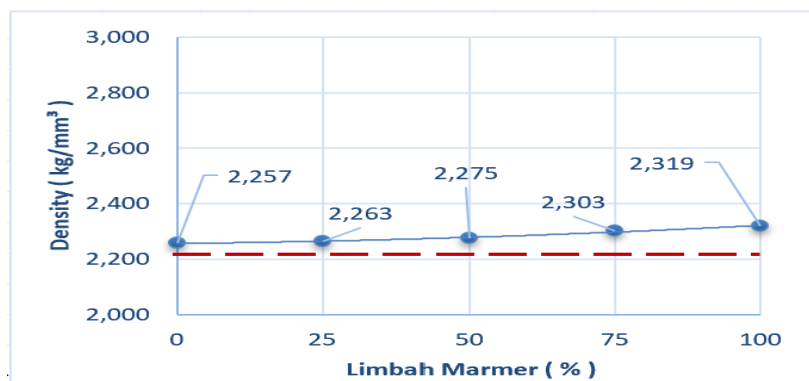
Gambar 7. Hubungan MQ dengan Limbah Marmer

Pada Gambar 7 terlihat nilai MQ tertinggi adalah variasi limbah marmer 25% dengan nilai MQ 349,44 kg/mm. nilai MQ mengalami kenaikan dari 0% limbah marmer sampai dengan 25% limbah marmer. Kemudian mengalami penurunan nilai MQ hingga variasi limbah marmer 100%.

$$\frac{dx}{dy}$$

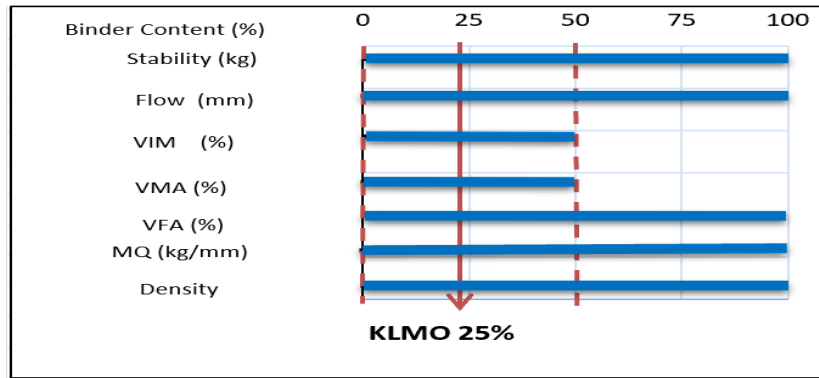
$$\begin{aligned} y &= -0,0144x^2 + 0,7302x + 334,78 \\ &= -0,0144(2) + 0,7302 \\ &= 25,35\% \end{aligned}$$

Untuk nilai x , disubstitusi ke persamaan $-0,0144x^2 + 0,7302x + 334,78$ untuk mengetahui MQ optimum pada grafik dan diperoleh *Marshall Quotient* (MQ) optimum 362,544 kg/mm pada kadar limbah marmer 25,35%. MQ dipengaruhi stabilitas dan *flow*. MQ yang rendah maka campuran lebih fleksibel. MQ yang tinggi maka campuran akan menjadi lebih kaku dan rentang terjadi keretakan bila diberi beban. Limbah marmer yang memiliki pori kecil dan padat dapat meningkatkan nilai MQ campuran. Namun semakin banyak limbah marmer yang dimasukkan maka campuran akan menjadi lebih fleksibel hingga terjadi kelelahan.



Gambar 8. Hubungan *Density* dengan Limbah Marmer

Pada Gambar 8 terlihat bahwa kerapatan cenderung naik seiring bertambahnya limbah marmer. Diketahui bahwa limbah pecahan marmer memiliki pori dan daya serap yang kecil sehingga aspal yang diserap juga sedikit dan hanya melekat pada permukaan agregat. Dengan adanya penurunan persentase limbah marmer dan peningkatan batu pecah maka akan memberikan jumlah pori pada masing-masing campuran.



Gambar 9. Karakteristik Marshall Tahap II KLMO

Pada Gambar 9 terlihat hubungan antar limbah marmer dan karakteristik campuran diambil nilai tengah pada grafik sehingga didapatkan nilai Kadar Limbah Marmer Optimum (KLMO) sebesar 25%. Pada gambar diatas variasi limbah marmer yang memenuhi spesifikasi karakteristik ialah variasi limbah marmer 0%-25%.

$$KAO = \frac{0\% + 50\%}{2} = 25\%$$

Kadar Limbah Marmer Optimum (KLMO) merupakan campuran menggunakan substitusi limbah marmer yang baik ialah 25%.

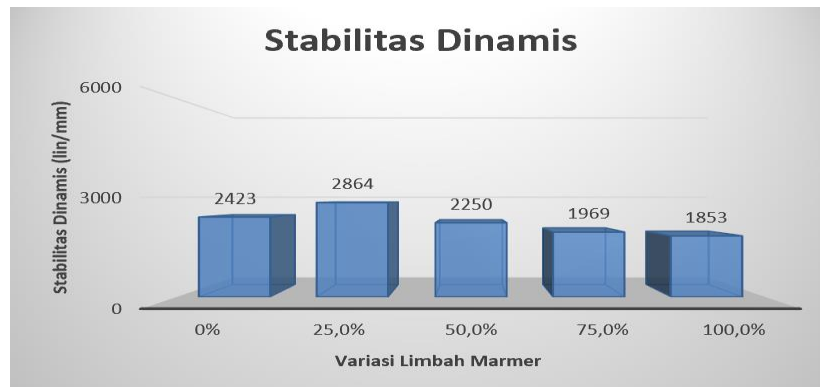
3. Hasil Pengujian Wheel Tracking

Tiga parameter dalam pengujian *wheel tracking* untuk melihat ketahanan deformasi campuran yaitu kedalaman alur (deformasi), laju deformasi (RD), dan stabilitas dinamis (DS). Berikut hasil nilai rekapitulasi pengujian *wheel tracking* berdasarkan KAO dengan menggunakan variasi limbah marmer adalah:



Gambar 10. Hubungan Deformasi dengan variasi Limbah Marmer

Berdasarkan Gambar 10, terlihat deformasi terkecil terdapat pada variasi limbah marmer 25% dengan nilai deformasi 0,903 mm. Nilai deformasi terkecil pada variasi limbah marmer 25% dikarenakan campuran pada limbah marmer ini memiliki stabilitas yang baik sehingga campuran dapat menahan beban yang diberikan dengan baik. Campuran dipengaruhi oleh karakteristik limbah marmer. Marmer yang padat dan sedikit pori dapat meningkatkan daya tahan campuran, tetapi jika limbah marmer yang digunakan berlebihan nilai deformasi menjadi sangat tinggi dan kualitas campuran menurun.



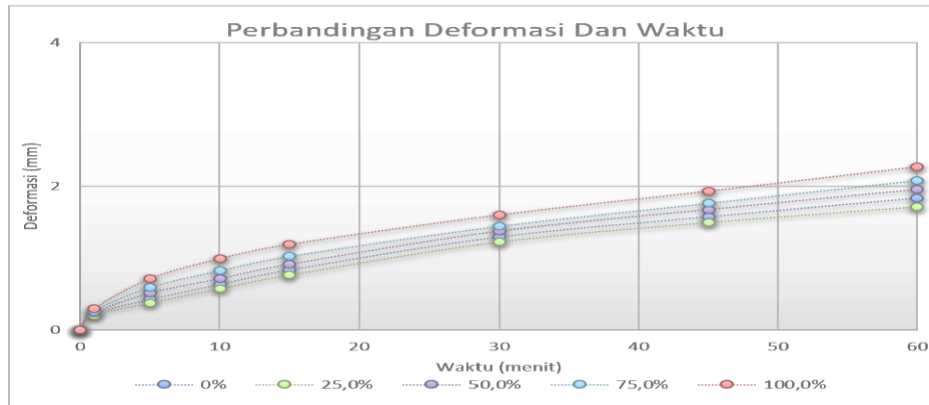
Gambar 11. Hubungan Stabilitas Dinamis dengan Variasi Limbah Marmer

Pada Gambar 11 terlihat stabilitas dinamis tertinggi pada variasi limbah marmer 25%. Stabilitas dinamis tertinggi yaitu pada variasi limbah marmer 25% sebesar 2864 lintasan/mm. Stabilitas dinamis terendah pada campuran variasi limbah marmer 100% sebesar 1853 lintasan/mm. Stabilitas dinamis mengalami kenaikan hingga pada variasi 25% kemudian menurun seiring dengan bertambahnya limbah marmer. Stabilitas dinamis menurun diakibatkan oleh campuran yang mengalami *bleeding* dikarenakan limbah marmer yang digunakan banyak sehingga agregat tidak terselimuti aspal dengan baik dan pengikatan antar agregat tidak bagus. Pori limbah marmer yang sedikit menyebabkan aspal masuk ke pori agregat tidak maksimal.



Gambar 12. Hubungan Laju Deformasi dengan Limbah Marmer

Pada gambar 12 diatas, terlihat laju deformasi terendah pada variasi limbah marmer 25%. Laju deformasi menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada campuran tiap waktu. Pada variasi limbah marmer terendah adalah variasi limbah marmer 25% sebesar 0,015 mm/menit. Hal ini dikarenakan pada variasi limbah marmer 25% memiliki komposisi campuran yang baik sehingga dapat memperlambat laju deformasi. Laju deformasi juga dipengaruhi oleh sifat agregat, kekuatan agregat, pori pada campuran. Semakin rendah laju deformasi menandakan campuran tersebut memiliki ketahanan campuran yang baik terhadap potensi deformasi.



Gambar 13. Hubungan Deformasi dengan Waktu Pada Campuran Variasi Limbah Marmer

Pada gambar 13, dapat dilihat hubungan deformasi dengan waktu pada campuran variasi limbah marmer dengan nilai deformasi dari hasil pengujian *wheel tracking* disetiap variasi campuran menunjukkan semakin meningkat deformasi secara terus menerus seiring bertambahnya limbah marmer dalam campuran dengan menggunakan kadar aspal optimum. Deformasi terkecil pada campuran variasi limbah marmer 25% dengan nilai deformasi 0,903 mm dan deformasi terbesar adalah campuran dengan variasi limbah marmer 100% sebesar 1,283 mm. Pada gambar diatas Limbah marmer sangat mempengaruhi deformasi dikarenakan pada setiap variasi memiliki campuran komposisi agregat batu pecah dan limbah marmer yang berbeda. Agregat batu pecah yang sedikit dan limbah marmer yang banyak dapat meningkatkan deformasi dikarenakan sifat dan bentuk yang dimiliki limbah marmer. Limbah marmer yang ditambahkan dengan persentase sesuai dengan proporsi pada campuran dapat meningkatkan nilai deformasi, tetapi jika limbah marmer yang dimasukkan melebihi persentase maka dapat memberikan nilai deformasi yang tinggi.

SIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian Kajian Karakteristik dan Deformasi Campuran AC-WC dengan Penggunaan Substitusi Limbah Marmer Sebagai Fraksi Agregat Kasar dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Dari 5 variasi limbah marmer 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%, nilai stabilitas tertinggi terdapat pada variasi limbah marmer 25% dengan nilai stabilitas 1024,89 kg. Nilai MQ tertinggi pada variasi limbah marmer 25% sebesar 349,44 kg/mm. variasi limbah marmer 25% memiliki karakteristik campuran yang baik sehingga dapat meningkatkan kualitas campuran. Kadar Limbah Marmer Optimum (KLMO) adalah 25%. Nilai VIM dan VMA menurun seiring bertambahnya limbah marmer. Sebaliknya nilai VFA dan density meningkat seiring bertambahnya limbah marmer. Penggunaan limbah marmer 25% merupakan campuran yang baik dan memiliki nilai stabilitas yang tinggi dari pada campuran 0% limbah marmer. Limbah marmer sangat mempengaruhi karakteristik campuran dikarenakan sifat dan bentuk limbah marmer padat, sedikit pori dan permukaan yang licin.
- Dari hasil Analisa *wheel tracking* didapatkan hasil pada penambahan limbah marmer 25% dapat mengurangi deformasi yang terjadi. Deformasi terkecil pada limbah marmer 25% sebesar 0,903 mm, stabilitas dinamis 2864 lintasan/mm, dan laju deformasi 0,0147 mm/menit. Campuran dengan limbah marmer 25% dapat

menahan beban dengan baik. Jika persentase limbah marmer yang digunakan lebih banyak maka dapat menurunkan kualitas campuran.

Saran

Penelitian ini diharapkan dapat diteliti lebih lanjut penggunaan limbah untuk mengetahui lebih jauh kinerja dari campuran dengan variasi limbah marmer dengan presentase kadar yang berbeda dan Latston, Latasir atau pada lapisan perkerasan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abed, Adil N., Eyada O. 2018. *The Use of Sulaimania Marble Waste to Improve the Properties of Hot Mix Asphalt Concrete*. Anbar Journal for Engineering Sciences, Turkey
- Alamsyah., Said, Lambang Basri dan Andi Alifuddin. 2020. Konsep *Design Mix Formula* (DMF) Lapis Tipis Beton Aspal (LTBA) Mengacu Spesifikasi Umum 2018 Bina Marga terhadap Sifat-sifat (ITS) dan Deformasi. Universitas Muslim Indonesia, Makassar
- A Alifuddin., Arifin, Winarno. 2022. Analisis Durabilitas Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) Terhadap Penggunaan Serat Selulosa (Serat Asbes). Journal Macca 5(2). Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia, Makassar
- Alwi, Almayana., Said, Lambang Basri dan Andi Alifuddin. 2022. Analisis Uji Ketahanan Deformasi Pada Campuran Aspal Beton dengan Bahan Tambah Anti Stripping Astive-05 terhadap Variasi Temperatur. Journal Flyover (JFO) 2 (2). Magister Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia, Makassar
- Amal, Andi Syaiful & Chairil, Saleh. 2015. Pemanfaatan Limbah Batu Marmer Sebagai Pengganti Agregat Pada Campuran Aspal Beton Terhadap Karakteristik Marshall. Jurnal Media Teknik Sipil, 13(2). Universitas Muhammadiyah, Malang
- Andi Alifuddin, et al. 2018. The Effect of Compaction Model and Temperature on Superpave Mixture Using Fiber Reinforcement. Journal of Applied Sciences Research 14(1)
- Arifin, Winarno, et al. 2019. Pengaruh Limbah Batu Marmer sebagai Agregat Kasar pada Campuran Aspal Beton terhadap Kuat Tarik Tidak Langsung. Journal Macca 4(3). Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia, Makassar
- Dendo, Ermitha Ambun Rombe., Tarru, Harni Eiren. 2017. Pemanfaatan Limbah Marmer Sebagai Bahan Perkerasan Jalan Pada Campuran Hot Rolled Sheet-Binder Course. DYNAMIC SAINT, 3(1). Universitas Kristen Indonesia, Toraja
- Gilang Trianugrah S, et al. 2020. Pemanfaatan Limbah Pecahan Batu Marmer Sebagai Pengganti Agregat 10/10 Pada Campuran Ac-Wc (Asphalt Concrete-Wearing Course) Terhadap Nilai Karakteristik Marshall. Student Journal Gelagar 2 (2). Program Studi Teknik Sipil ITN, Malang
- Hairuddin, Akhmad., Felayati, Ismail Akbar., Badaron, St. Fauziah., Syarkawi, Mukhtar Thahir dan Andi Alifuddin. 2019. Pengaruh Panjang Serat Ijuk dan Temperatur pada Campuran Beton Aspal Terhadap Deformasi Permanen. Jilmateks 2 (1). Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia, Makassar

- Ibrahim, Zulfadli., Said, Lambang Basri dan Andi Alifuddin. 2021. Analisis Poisson Ratio dan Ketahanan Deformasi Campuran AC-WC Subtitusi Pasir Silika. Universitas Muslim Indonesia, Makassar
- Kementrian Pekerjaan Umum. 2013. Pusat Pembinaan Kompetensi dan Pelatihan Konstruksi. Badan Pembinaan Konstruksi, Jakarta Selatan
- P. Wedda, Ahmad Alfian, et al. 2019. Analisis Kuat Tarik dan Modulus Resilien Pada Campuran Beton Aspal terhadap Penggunaan Pasir Pantai Sebagai Fraksi Agregat Halus. Jilmateks 1 (2). Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia, Makassar
- Zulkifli., Parung, Herman., and Tjaronge, Wihardi. 2016. Kajian Laboratorium Limbah Marmer Sebagai Filler Dalam Campuran Aspal Beton Lapis Antara (AC-BC)