Turnitin Acc

asbuton

2. 논문 및 과제 검사 - 유사도 검사 시 DB 미 저장 (Originality Check - No Repository)

Document Details

Submission ID
trn:oid:::3618:158106437

Submission Date
Nov 11, 2026, 3:25 PM GMT+2

Download Date
Nov 11, 2026, 3:36 PM GMT+2

File Name
asbuton.pdf

File Size
981.2 KB

12 Pages

6,466 Words

32,654 Characters

18% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Small Matches (less than 12 words)

Exclusions

- 4 Excluded Sources

Top Sources

15% Internet sources
2% Publications
10% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

15% Internet sources
2% Publications
10% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Student papers	Universitas Ibn Khaldun on 2023-11-22 3%
2	Internet	journal.umy.ac.id 2%
3	Internet	core.ac.uk 2%
4	Internet	ejournal.itn.ac.id 2%
5	Internet	jurnal.jteksil.unipol.ac.id 1%
6	Internet	www.sebocomconstruction.co.za <1%
7	Student papers	Sriwijaya University on 2021-06-18 <1%
8	Internet	repo.bunghatta.ac.id <1%
9	Internet	jurnal.poltekba.ac.id <1%
10	Internet	ojs.unik-kediri.ac.id <1%
11	Internet	ejr.umku.ac.id <1%

12 Internet

jurnalmahasiswa.unesa.ac.id <1%

13 Publication

Roza Mildawati. "PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH ABU FIBER KELAPA SAWIT T... <1%

14 Student papers

Sriwijaya University on 2020-01-07 <1%

15 Internet

123dok.com <1%

16 Internet

adoc.pub <1%

17 Internet

repository.uir.ac.id <1%

18 Student papers

Universitas Sebelas Maret on 2022-06-23 <1%

19 Internet

repository.unsulbar.ac.id <1%

20 Internet

journal.univgresik.ac.id <1%

21 Internet

www.scribd.com <1%

22 Student papers

Sriwijaya University on 2019-10-01 <1%

23 Student papers

Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya on 2020-06-22 <1%

24 Internet

qdoc.tips <1%

25 Internet

repository.upstegal.ac.id <1%

26 Student papers

Sriwijaya University on 2020-07-27 <1%

27 Student papers

Universitas Pancasila on 2021-07-22 <1%

28 Internet

repository.unkris.ac.id <1%

29 Internet

www.gummibender.de <1%

Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Sipil
Vol. 9 No. 2 (2025) pp. 327 - 338
DOI: https://doi.org/10.32832/komposit.v9i2.17935
ISSN: 2615-3513
e-ISSN: 2655-934X

Pengaruh Penambahan Asbuton LGA 50/30 pada Campuran AC-WC dengan Inovasi Limbah Keramik sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar

Feri Yusup Setiawan[1], Tantin Pristyawati [2], Satria Agung Wibawa[3]

[1, 2, 3] Program Studi Teknik Sipil, Universitas Veteran Bangun Nusantara
Email: [1,] feriyusuf121@gmail.com; [2*] tantintsipil@gmail.com; [3] sagungwibawa@gmail.com

ABSTRAK

Aspal adalah bahan utama dalam campuran perkerasan jalan. Indonesia telah mengandalkan pertamina sebagai pemasok aspal buatan, tetapi aspal alam yang lebih berlimpah belum dimanfaatkan. Pemerintah berupaya mendorong pemanfaatan aspal Buton untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya alam. Keterbatasan sumber daya alam juga mendorong inovasi, seperti penggunaan limbah pecahan keramik sebagai agregat kasar dalam pembangunan jalan. Hal ini penting karena pengambilan bahan baku dari alam secara berlebihan dapat merusak ekosistem. Penelitian ini menganalisis pengaruh penambahan Asbuton LGA 50/30 pada AC-WC dengan limbah keramik. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan parameter karakteristik *Marshall*. Hasil penelitian dari 5 variasi campuran limbah keramik yang digunakan dengan nilai variasi 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%. Nilai variasi asbuton 8% stabilitas tertinggi ditemukan pada campuran limbah keramik 10% dengan hasil nilai stabilitas 1178,14 kg, dengan nilai VIM 5,05%, nilai VMA 17,87%, nilai nilai VFA 71,94%, nilai flow 2,24 mm, dan nilai MQ 799,51 kg/mm. Kadar variasi abuton 11% memiliki nilai stabilitas tertinggi terdapat pada variasi keramik 10% dengan nilai stabilitas tertinggi 1660,90 kg, nilai VIM 4,97%, nilia VMA 16,08%, nilai VFA 69,16%, nilai flow 2,22 mm, dan nilai MQ 753,22 kg/mm. Kedua varian tersebut dinyatakan paling efektif untuk campuran aspal AC-WC karena nilai Marshallnya sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018, dan varasi limbah keramik tersbut paling efektif untuk campuran aspal AC-WC.
Kata Kunci: *Asbuton LGA 50/30, AC-WC, Karakteristik Marshall, Limbah Keramik*

ABSTRACT

Asphalt is the main ingredient in road pavement mixtures. Indonesia has relied on Pertamina to supply artificial asphalt, but the more abundant natural asphalt has not been utilized. The government is trying to encourage the use of Buton asphalt to optimize the use of natural resources. Limited natural resources also encourage innovation, such as the use of ceramic shard waste as coarse aggregate in road construction. This is important because excessive extraction of raw materials from nature can damage the ecosystem. This study analyzed the effect of adding Asbuton LGA 50/30 to AC-WC with ceramic waste. The method used was experimental with Marshall characteristic parameters. The research results from 5 variations of ceramic waste mixture used with variation values of 10%, 15%, 20%, 25%, and 30%. The highest stability was found in the 10% ceramic waste mixture with a stability value of 1178.14 kg, with a VIM value of 5.05%, VMA value of 17.87%, VFA value of 71.94%, flow value of 2.24 mm, and MQ value of 799.51 kg/mm. The 11% abuton variation level has the highest stability value found in the 10% ceramic variation with the highest stability value of 1660.90 kg, VIM value of 4.97%, VMA value of 16.08%, VFA value of 69.16%, flow value of 2.22 mm, and MQ value of 753.22 kg/mm. Both variants are declared the most effective for AC-WC asphalt mixtures because their Marshall values are in accordance with Bina Marga 2018 specifications, and the ceramic waste variation is the most effective for AC-WC asphalt mixtures.
Key words: *Asbuton LGA 50/30, AC-WC, Marshall Characteristics, Ceramic Waste*

Submitted:	Reviewed:	Revised:	Published:
07 Oktober 2024	18 November 2024	03 Feb 2025	01 August 2025

PENDAHULUAN

Perkerasan lentur merupakan struktur perkerasan jalan raya yang paling banyak digunakan dan diminati. Kelebihan perkerasan lentur yaitu memiliki daya dukung yang besar sehingga mampu menerima beban lalu lintas ditambah biaya konstruksi yang lebih ekonomis (Yunus et al., 2022). Aspal merupakan material utama pembentuk campuran perkerasan jalan yang dicampur dengan agregat serta bahan pengisi. Pada kegiatan pembangunan jalan di Indonesia, aspal yang digunakan biasanya adalah jenis aspal keras penetrasi 60/70 dan 80/100 dari Pertamina ataupun aspal impor dari luar negeri seperti Singapura dan Malaysia Mirka (Pataras et al., 2017).

Selama ini pertamina dikenal sebagai pemasok utama aspal buatan di Indonesia. akan tetapi Indonesia sendiri memiliki aspal alam yang masih belum banyak digunakan, Oleh sebab itu saat ini pemerintah tengah menggalakkan penggunaan

turnitin Page 7 of 17 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::3618:158106437

aspal buton, agar dapat memanfaatkan sumber daya alam yang ada secara optimal. Pemanfaatkan sumber daya alam tersebut diharapkan dapat melengkapi kebutuhan aspal untuk pembangunan jalan raya (Kafabihi et al., 2020). Salah satu aspal dalam negeri yang hari ini perlu mendapat perhatian khusus adalah aspal Buton. Aspal Buton merupakan jenis aspal alam yang berada di Pulau Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara sekaligus menjadi sumber kekayaan alam Indonesia (Yunus, I., & Annisa, H. 2023). Penggunaan asbuton yang juga sejalan dengan salah satu butir hasil rapat kerja Menteri Pekerjaan Umum dengan DPR RI tentang pemanfaatan Asbuton dan diperkuat dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2018 (Kafabihi et al., 2020).

Penggunaan asbuton LGA tipe 50/30 tersebut bertujuan untuk memanfaatkan potensi aspal alam dalam negeri yang sebenarnya dapat dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya untuk kegiatan pembangunan jalan di Indonesia (Pataras et al., 2017). Meningkatnya pembangunan jalan raya menjadi faktor meningkatnya kebutuhan bahan baku perkerasan jalan. Bahan baku yang diambil dari alam secara terus menerus dapat merusak ekosistem alam (Diky Candra et al., 2024).

Pada masa sekarang banyak dijumpai limbah atau bahan sisa kontruksi pembangunan yang jika dibiarkan begitu saja tanpa ada solusi dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan sekitar(Hakim & Arifiya, 2023). Sisa material dari produksi alam atau aktivitas manusia dikenal sebagai limbah (Widianty et al., 2024). Namun dengan melihat bahwa dimasa mendatang akan terjadi kemungkinan keterbatasan sumber daya alam maka diperlukannya inovasi-inovasi baru, salah satu inovasi yang dicoba untuk dilakukan yaitu menggunakan limbah pecahan keramik yang digunakan sebagai agregrat kasar (Purnamasari et al., 2023).

Agregat bekas yang dihasilkan dari suatu aktivitas pembongkaran, pengadaan konstruksi, ataupun dari reruntuhan bangunan dapat dimanfaatkan sebagai agregat alternatif, salah satunya adalah limbah potongan keramik (Arliningtyas, S., & Nadia, N. 2016). Keramik menggunakan bahan-bahan senyawa anorganik dan nonlogam. Bahan mentah keramik antara lain adalah lempung (*clay*), kaolin, feldspar, dan kuarsa (Putra, K. H., & Wahdana, J. 2019).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Swardana (2020) Hasil pengujian Marshall menunjukkan bahwa aspal modifikasi limbah keramik memenuhi spesifikasi Bina Marga. Meskipun stabilitasnya tidak setinggi aspal konvensional, limbah keramik dapat dijadikan alternatif pengganti agregat kasar dengan nilai VIM, VMA, dan VFA yang memenuhi spesifikasi minimum yang berlaku pada Bina Marga. Sehingga peneliti tertarik untuk menggunakan agregat kasar sebagai komponen campuran terhadap perkerasan lentur *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC) untuk meningkatkan pemanfaatan limbah keramik.

Penelitian ini menguji pengaruh penambahan asbuton LGA 50/30 pada campuran AC-WC dengan limbah keramik terhadap karakteristik marshall. Campuran AC-WC spesifikasi Bina Marga 2018 diuji dengan metode marshall dengan variasi perbandingan benda uji. Tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan asbuton LGA 50/30 pada campuran tersebut dengan limbah keramik serta membandingkannya dengan campuran asbuton tanpa keramik. Penelitian ini bertujuan untuk mencari perubahan karakteristik campuran yang lebih baik dan sesuai spesifikasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Veteran Bangun Nusantara, dengan pembuatan benda uji yang mengacu pada Spesifikasi Bina Marga tahun 2018 revisi 2. Standar pengujian yang digunakan mengikuti pedoman Bina Marga, yaitu ASTM D 1559-76 atau AASHTO T-245-90. Agregat kasar berupa material 1-2 dan 0-5 serta agregat halus berupa abu batu diperoleh dari PT. Wira Bhakti Mulia Boyolali. Bahan inovasi dalam penelitian ini adalah limbah keramik dari sisa konstruksi.



Gambar 1. Sampel limbah keramik

Aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat adalah aspal penetrasi 60/70 dan aspal Buton (LGA 50/30). Uji *Marshall* dilakukan untuk menentukan nilai stabilitas dan kelelehan (*flow*) benda uji, dengan alat uji yang dilengkapi arloji untuk membaca hasil pengukuran. Hasil pengukuran stabilitas dan kelelehan dikalikan dengan faktor kalibrasi sebesar 19,54 kg. Berdasarkan Spesifikasi Khusus Interim Campuran Beraspal Panas Menggunakan Asbuton, nilai stabilitas minimum untuk campuran AC-WC asbuton adalah 800 kg.

turnitin Page 7 of 17 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::3618:158106437

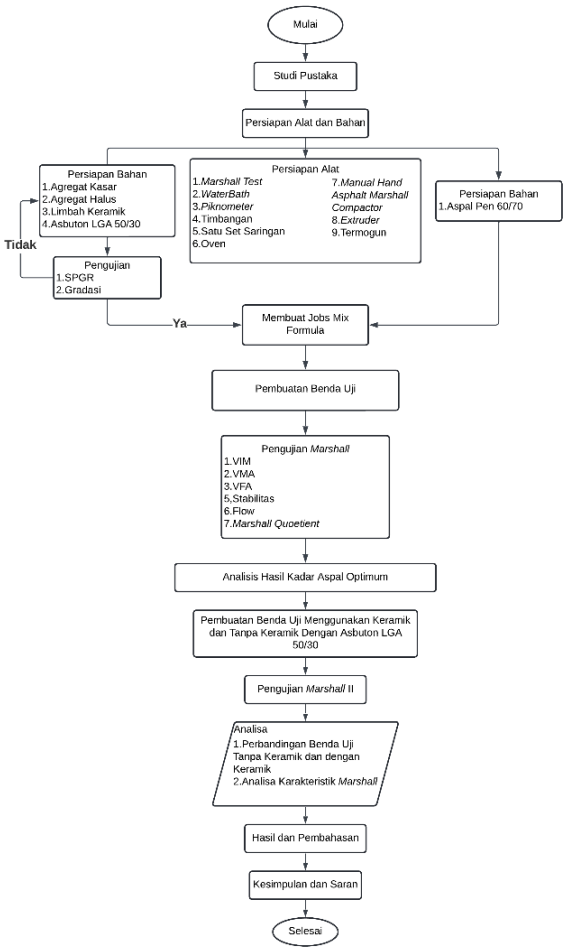
turnitin Page 8 of 17 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::3618:158106437
Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Sipil
Vol. 9 No. 2 (2025) pp. 327 - 338
DOI: https://doi.org/10.32832/komposit.v9i2.17935
ISSN: 2615-3513
e-ISSN: 2655-934X

Perencanaan Sampel

Penelitian ini terdapat 5 varian kadar aspal, dengan masing-masing variasi dibuat 3 benda uji menghitung prediksi kadar aspal. Kemudian dilakukan identifikasi untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO) berdasarkan hasil uji nilai Stabilitas Marshall dan Marshall Flow, VIM, VMA, VFA dan Marshall Quotient (MQ). Limbah keramik digunakan untuk pengganti sebagian agregat kasar dalam 5 variasi yaitu 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30% dari total agregat kasar.

Bagan Alir Penelitian

Langkah penelitian dijelaskan dalam bentuk diagram alir yang ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan alir penelitian



Gambar 3. Tahap pembuatan benda uji

Pengujian *Marshall*

Setelah pembuatan benda uji, tahap selanjutnya adalah pengujian campuran beraspal. Pengujian dilakukan pada benda uji menggunakan alat bernama Marshall test untuk memperoleh hasil yang diharapkan. Proses pengujian ini mengikuti prosedur standar yang telah ditetapkan oleh ASTM atau AASHTO dengan beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76 atau AASHTO T-245-90.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus* adalah revisi dari SNI 03 – 1970 - 1990 *Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus*. Standar ini merupakan AASTHO T 84-00" (2004), *Standard method of test for specific gravity and absorption of fine aggregate.*

Pengujian *Specific Gravity and Absorption* digunakan untuk menentukan nilai berat jenis bulk, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu, dan penyerapan agregat halus dan kasar. Adapun hasil pengujian *specific gravity and absorption* dijelaskan pada Tabel 1 – 3.

Tabel 1. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar
Berat = 2507,1 gram

Saringan	Besaran	Spek	Referensi
Berat benda uji oven(gram)	2476,7		SNI 1969 :2008
Berat benda uji *SSD* (gram)	2502,5		
Berat Contoh didalam air	1600,9		
Berat jenis *Bulk*	2,747	Min 2,5 gr/cm^3	
Berat jenis kering	2,776	Min 2,5 gr/cm^3	

turnitin Page 8 of 17 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::3618:158106437

Saringan	Besaran	Spek	Referensi
permukaan jenuh (SSD)			
Berat jenis semu (Apparent)	2,828	Min 2,5 gr/cm^3	
Penyerapan (Absorption)	1,042 %	Maks 3%	

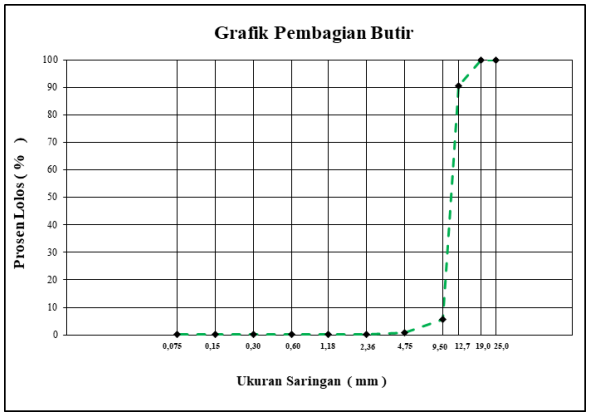
Tabel 2. Berat jenis dan penyerapan agregat medium
Berat = 1507,8 gram

Saringan	Besaran	Spek	Referensi
Berat benda uji oven (gram)	1486,4		
Berat benda uji *SSD* (gram)	1501,9		
Berat Contoh didalam air	953,5		SNI 1969 :2008
Berat jenis Bulk	2,710	Min 2,5 gr/cm^3	
Berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*)	2,739	Min 2,5 gr/cm^3	
Berat jenis semu (*Apparent*)	2,789	Min 2,5 g5r/cm^3	
Penyerapan (*Absorption*)	1,043 %	Maks 3%	

Tabel 3. Berat jenis dan penyerapan agregat halus
Berat = 500 gram

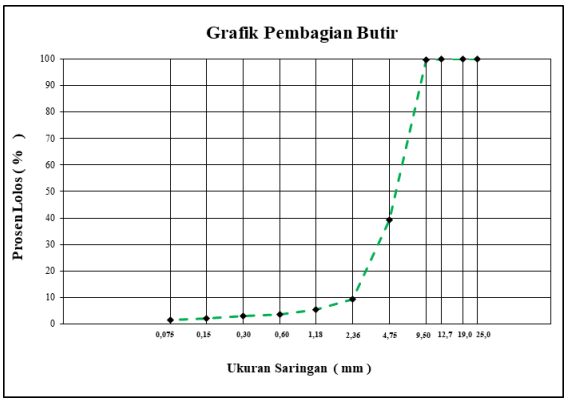
Saringan	Besaran	Spek	Referensi
Berat benda uji permukaan jenuh (SSD)	500,0		
Berat benda uji oven	485,0		
Berat picnometer + Air	1294,5		
Berat picnometer + Air + Benda uji	1610,6		SNI 1970 :2008
Berat jenis Bulk	2,637	Min 2,5 gr/cm^3	
Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)	2,719	Min 2,5 gr/cm^3	
Berat jenis semu (*Apparent*)	2,872	Min 2,5 gr/cm^3	
Penyerapan (*Absorption*)	3,093 %	Maks 3%	

Tabel 1-3 menunjukkan bahwa agregat yang digunakan memenuhi spesifikasi SNI. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian analisis saringan untuk mengetahui persentase masing-masing agregat yang digunakan. Berdasarkan hasil pengujian *Specific Gravity and Absorption* untuk agregat kasar, medium, dan halus yang ditampilkan pada Tabel 1 hingga Tabel 3, pengujian ini dilakukan sesuai dengan SNI 03-1969-2008. Untuk berat jenis bulk, agregat kasar, medium, dan halus memiliki nilai antara 2,637-2,747 gr/cm^3. Berat jenis kering permukaan jenuh dari agregat tersebut berkisar antara 2,719-2,776 gr/cm^3, sedangkan berat jenis semu (*apparent*) berada di rentang 2,789-2,872 gr/cm^3, sesuai dengan standar minimal 2,5 gr/cm^3. Untuk penyerapan, nilai agregat kasar, medium, dan halus berada di kisaran 1,042-3,093%, dengan standar minimal penyerapan adalah 3%. Berdasarkan hasil dari pengujian analisis saringan untuk agregat kasar, agregat medium, agregat halus dan asbuton, yang dilakukan sesuai dengan SNI 03-1969-1990 untuk agregat kasar dan SNI 03-1970-1990 untuk agregat halus, dilakukan untuk mengetahui gradasi agregat dalam desain formula pencampuran. Tahapan uji analisis saringan dibagi menjadi beberapa tahap yaitu :



Gambar 4. Grafik hasil pengujian agregat kasar

Hasil analisis saringan untuk agregat kasar menunjukkan bahwa agregat yang lolos berada pada saringan berukuran 25 mm hingga 9,5 mm, sementara yang tertahan terdapat pada saringan dengan ukuran 4,75 mm hingga 0,075 mm

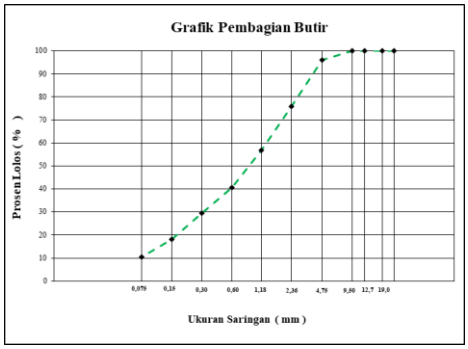


Gambar 5. Grafik hasil pengujian agregat medium

Gambar 5 menunjukkan bahwa hasil analisis saringan agregat medium lolos pada saringan berukuran 25 mm hingga 9,5 mm, sedangkan yang

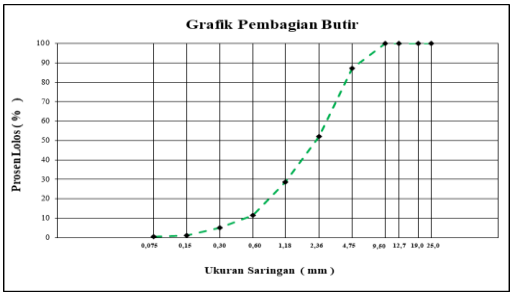
turnitin Page 10 of 17 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::3618:158106437
Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Sipil
Vol. 9 No. 2 (2025) pp. 327 - 338
DOI: https://doi.org/10.32832/komposit.v9i2.17935
ISSN: 2615-3513
e-ISSN: 2655-934X

tertahan berada pada saringan ukuran 4,75 mm hingga 0,075 mm.



Gambar 6. Grafik hasil pengujian agregat halus

Gambar 6 menunjukkan bahwa hasil analisis saringan agregat halus lolos pada saringan berukuran 25 mm hingga 4,75 mm, sementara yang tertahan berada pada saringan dengan ukuran 2,36 mm hingga 0,075 mm



Gambar 7. Grafik hasil pengujian asbuton

Setelah dilakukan uji analisis saringan, hasil menunjukkan bahwa asbuton melewati saringan berukuran 25 mm hingga 2,36 mm, dan tertahan pada saringan berukuran 1,18 mm hingga 0,075 mm, seperti terlihat pada Gambar 7. Perencanaan campuran aspal AC-WC didasarkan pada hasil analisis ini. Dari grafik kumulatif analisis saringan, persentase setiap fraksi terhadap total berat agregat dapat ditentukan. Setelah persentase berat ditetapkan, jumlah persentase material yang lolos saringan dibandingkan dengan spesifikasi yang berlaku. Jika gradasi campuran memenuhi spesifikasi, maka berat setiap fraksi agregat dan aspal untuk pembuatan benda uji dapat dihitung. Uji gradasi agregat bertujuan untuk mengetahui komposisi agregat dalam campuran beraspal. Persentase yang lolos saringan telah sesuai dengan Spesifikasi Umum 2018 revisi 2, dan Tabel 4 menunjukkan gradasi gabungan agregat yang digunakan dalam campuran aspal AC-WC.

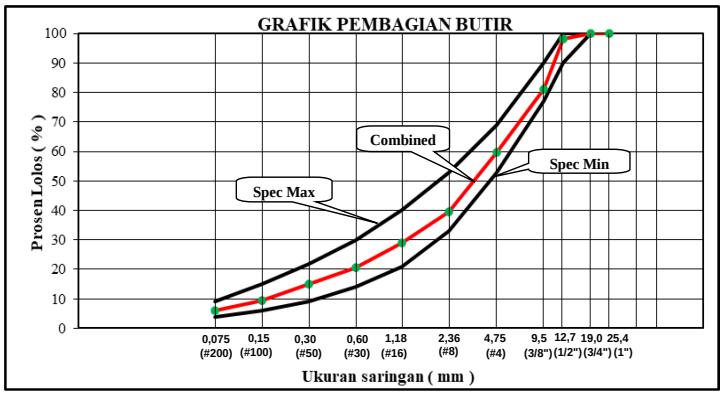
Pada Gambar 4 hingga Gambar 7, agregat kasar menunjukkan persentase yang lolos saringan sebesar 100-5,5% dan yang tertahan berada pada rentang 0,9-0,1%. Agregat medium memiliki persentase yang lolos sebesar 100-39,3% dan tertahan antara 9,3-1,4%. Untuk agregat halus, material yang lolos mencapai 100-75,8% dan yang tertahan berada dalam rentang 56,7-10,6%. Sementara itu, asbuton menunjukkan persentase yang lolos saringan sebesar 100-52,1% dan tertahan antara 28,6-0,4%.

Tabel 4. Hasil Analisis Saringan *Combined Grading*

Uraian		**Ukuran Saringan**										
Inc		**1"**	**3/4"**	**1/2"**	**3/8"**	**# 4**	**# 8**	**# 16**	**# 30**	**# 50**	**#100**	**#200**
Data Gradasi												
Agregat Kasar		100	100	100	100	96,14	75,78	56,68	40,72	29,50	18,10	10,56
Agregat Medium		100	100	100	99,59	39,33	9,33	5,55	3,74	3,02	1,95	1,41
Agregat Halus		100	100	90,65	5,52	0,86	0,33	0,29	0,28	0,26	0,22	0,13
Asbuton		100	100	100	100	87,31	52,08	28,57	11,54	4,95	0,99	0,41
Filler		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97
Kombinasi Agregat												
Agregat Kasar	20%	20	20	18,13	1,10	0,17	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03
Agregat Medium	30%	30	30	30	29,88	11,80	2,80	1,66	1,12	0,91	0,59	0,42
Agregat Halus	43,4%	43,4	43,4	43,4	43,4	41,72	32,89	24,60	17,67	12,80	7,85	4,58
Asbuton	5,6%	5,60	5,60	5,60	5,60	4,89	2,92	1,60	0,65	0,28	0,06	0,02
Filler	1%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,97
Total Campuran Spesifikasi AC-WC	**100%**	**100**	**100**	**98,13**	**80,98**	**59,58**	**39,67**	**28,92**	**20,50**	**15,04**	**9,54**	6,03
Min		100	100	90	77	53	33	21	14	9	6	4
Maks		100	100	100	90	69	53	40	30	22	15	9
Keterangan		**Ok**	**Ok**	**Ok**	**Ok**	**Ok**	**Ok**	**Ok**	**Ok**	**Ok**	**Ok**	**Ok**

turnitin Page 10 of 17 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::3618:158106437

turnitin Page 11 of 17 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::3618:158106437



Gambar 8. Grafik pembagian butir

Berdasarkan nilai gradasi gabungan pada tabel 4 dan dapat dilihat pada gambar 6 menunjukan hasil gradasi agregat kasar, agregat medium, agregat halus, asbuton, dan filler menunjukkan bahwa persentase agregat yang digunakan dalam campuran beraspal terdiri dari 20% agregat kasar, 30% agregat medium, 43,4% agregat halus, 5,6% asbuton, dan 1% filler. Setelah gradasi, proporsi agregat tersebut dimasukkan ke dalam rumus untuk menghitung Kadar Aspal Optimum (KAO)

Berdasarkan hasil pengujian pembagian butir agregat, dilakukan perhitungan estimasi kadar aspal optimum secara teoritis (Pb) sesuai dengan peraturan Bina Marga dengan hasil dari analisis combine grading FA, MA, dan CA didapat nilai Pb sebesar 5,72 % menggunakan rumus berikut:

$$Pb = (0{,}035 \times CA) + (0{,}045 \times FA) + (0{,}180 \times FF) + K$$
$$= (0{,}035 \times 60{,}33) + (0{,}045 \times 33{,}64) + (0{,}180 \times 6{,}03) + 1$$
$$= 2{,}112 + 1{,}514 + 1{,}085 + 1$$
$$= 5{,}72\ \%$$

KAO yang dihitung sebesar 5,72%. Untuk mendapatkan KAO yang tepat, hasil perhitungan tersebut dibulatkan menjadi 5,7%, dan kemudian ditambahkan variasi KAO dengan selisih 0,5%, yaitu dua nilai di bawah 5,7% dan dua nilai di atasnya. Dengan demikian, KAO yang digunakan untuk membuat sampel normal adalah 4,7%; 5,2%; 5,7%; dan 6,2%. Pembuatan benda uji dilakukan dengan tiga briket untuk setiap variasi guna menentukan kadar aspal optimum yang akan digunakan dalam campuran aspal inovatif yang ditunjukkan pada Tabel 5 dan 6.

Tabel 5. Komposisi Masing-masing Agregat dengan Asbuton 8%

Ukuran Saringan		Persentase	a	b	C	d	E
Kadar Aspal (%)			4,7%	5,2%	5,7%	6,2%	6,7%
ASTM	mm		1041,37	1035,91	1030,45	1024,98	1019,52
1"	25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3/4"	19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/2"	12,7	1,87	19,48	19,37	19,27	19,17	19,07
3/8"	9,5	17,15	178,60	177,66	176,72	175,79	174,85
#4	4,75	21,40	222,80	221,63	220,47	219,30	218,13
#8	2,36	19,92	207,40	206,31	205,22	204,14	203,05
#16	1,18	10,75	111,90	111,32	110,73	110,14	109,56
#30	0,6	8,43	87,74	87,28	86,82	86,36	85,90
#50	0,3	5,46	56,87	56,57	56,27	55,97	55,67
#100	0,15	5,50	57,25	56,95	56,65	56,35	56,05
#200	0,075	9,54	99,33	98,81	98,29	97,77	97,25
Berat Aspal			56,64	62,64	68,64	74,64	80,64
Filler			11,43	11,37	11,31	11,25	11,19
Asbuton			90,55	90,08	89,60	89,13	88,65
Berat Total			**1200,00**	**1200,00**	**1200,00**	**1200,00**	**1200,00**

Tabel 6. Komposisi Masing-masing Agregat dengan Asbuton 11%

Ukuran Saringan		Persentase	a	b	c	d	E
Kadar Aspal (%)			4,7%	5,2%	5,7%	6,2%	6,7%
ASTM	mm		1007,42	1002,13	996,84	991,56	986,27
1"	25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3/4"	19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/2"	12,7	1,87	18,84	18,74	18,64	18,54	18,45

turnitin Page 11 of 17 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::3618:158106437

turnitin Page 12 of 17 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::3618:158106437
Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Sipil
Vol. 9 No. 2 (2025) pp. 327 - 338
DOI: https://doi.org/10.32832/komposit.v9i2.17935
ISSN: 2615-3513
e-ISSN: 2655-934X

Ukuran Saringan		Persentase	a	b	c	d	E
Kadar Aspal (%)			4,7%	5,2%	5,7%	6,2%	6,7%
3/8"	9,5	17,15	172,77	171,87	170,96	170,05	169,15
#4	4,75	21,40	215,54	214,41	213,28	212,15	211,01
#8	2,36	19,92	200,64	199,58	198,53	197,48	196,43
#16	1,18	10,75	108,26	107,69	107,12	106,55	105,98
#30	0,6	8,43	84,88	84,43	83,99	83,54	83,10
#50	0,3	5,46	55,01	54,73	54,44	54,15	53,86
#100	0,15	5,50	55,39	55,09	54,80	54,51	54,22
#200	0,075	9,54	96,09	95,59	95,08	94,58	94,07
Berat Aspal			56,64	62,64	68,64	74,64	80,64
Filler			11,43	11,37	11,31	11,25	11,19
Asbuton			124,51	123,86	123,21	122,55	121,90
Berat Total			**1200,00**	**1200,00**	**1200,00**	**1200,00**	**1200,00**

Sebelum membuat benda uji, KAO dari asbuton LGA 50/30 harus ditentukan terlebih dahulu. Berdasarkan Tabel 7 dan 8, pengujian karakteristik Marshall dilakukan untuk menentukan KAO optimal dalam pembuatan campuran beraspal AC-WC dengan kandungan asbuton 8% atau 11%.



Gambar 9. Menimbang berat jenis aspal



Gambar 10. Pengujian *Marshall*

Penelitian dengan lima variasi kadar aspal menghasilkan nilai stabilitas, VIM, VFA, VMA, *Flow*, dan *Marshall Quotient*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 7 dan 8.

Tabel 7. Hasil Pengujian Marshall Asbuton 8%

% kadar aspal	BJ maks camp (gr/cc)	BJ. Bulk Camp (gr/cc)	% VIM	% VMA	% VFA	Stabilitas (Kg)	Flow	MQ
4,7	2,480	2,357	4,974	16,078	69,137	1660,90	2,22	753,22
5,2	2,462	2,362	4,047	16,323	75,209	1478,53	3,23	496,71
5,7	2,444	2,364	3,270	16,700	80,435	1354,77	3,53	385,83
6,2	2,426	2,369	2,347	16,957	86,158	1309,18	4,23	312,45
6,7	2,409	2,371	1,598	17,363	90,873	1276,61	4,46	289,99
BATASAN			**3,0 -5,0**	**min 15**	**min 65**	**min 800**	**2,0 - 4,0**	**min 250**

Tabel 8. Hasil Pengujian Marshall Asbuton 11%

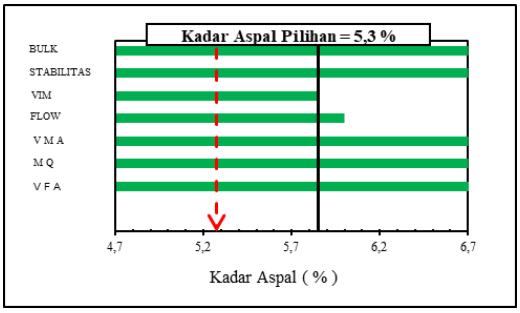
% kadar aspal	BJ maks camp (gr/cc)	BJ. Bulk Camp (gr/cc)	% VIM	% VMA	% VFA	Stabilitas (Kg)	Flow	MQ
4,7	2,480	2,387	3,750	15,000	75,013	1836,76	3,160	591,20
5,2	2,462	2,384	3,170	15,561	79,646	1556,69	3,400	459,48
5,7	2,444	2,380	2,615	16,140	83,811	1400,37	4,613	319,10
6,2	2,426	2,374	2,176	16,814	87,074	1276,61	6,123	245,29
6,7	2,409	2,364	1,864	17,589	89,445	1074,70	6,347	172,83
BATASAN			**3,0 - 5,0**	**min 15**	**min 65**	**min 800**	**2,0 - 4,0**	**min 250**

Hasil analisis pengujian Marshall menunjukkan bahwa penambahan kadar aspal pada campuran asbuton 8% dapat meningkatkan nilai BJ bulk campuran. Sedangkan pada asbuton 11%

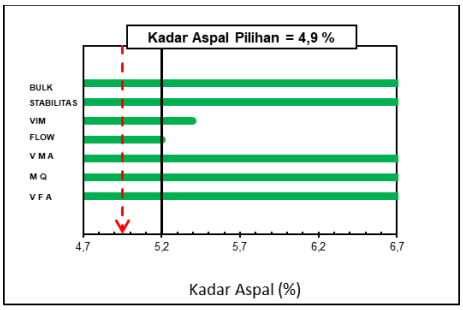
turnitin Page 12 of 17 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::3618:158106437

turnitin Page 13 of 17 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::3618:158106437

mengalami penurunan nilai BJ *Bulk* campuran. Penambahan kadar aspal juga dapat menurunkan nilai *VIM* namun meningkatkan nilai *VMA* dan *VFA*. Stabilitas campuran pada asbuton 8% dan 11% cenderung menurun dengan bertambahnya kadar aspal. Perubahan stabilitas juga berdampak pada nilai *flow* dan *MQ*, dimana peningkatan stabilitas pada asbuton 11% dapat meningkatkan nilai *MQ* namun menurunkan nilai flow.



Gambar 11. Grafik Penentuan KAO Asbuton 8%



Gambar 12. Grafik Penentuan KAO Asbuton 11%

Gambar 7 dan 8 Pada hasil pengujian karakteristik marshall dengan variasi kadar aspal, dibuat 15 benda uji dengan asbuton 8% dan 11%. Hasil menunjukkan kadar aspal optimum untuk asbuton 8% sebesar 5,3% dan untuk asbuton 11% sebesar 4,9%. Persentase kadar asbuton digunakan untuk campuran aspal dengan limbah keramik dengan variasi substitusi sebesar 10%, 15%, 20%, 25% dan 30%. Hasil benda uji dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9. Perbandingan *AC-WC* Asbuton 8% Inovasi Keramik

Parameter	Spesifikasi BinaMarga 2018	Asbuton Inovasi Keramik		Keterangan
		Variasi (%)	Hasil	
***Void In Mix* (VIM)**	3,0% - 5,0%	10%	5,05 %	Memenuhi
		15%	4,99 %	
		20%	4,90 %	
		25%	4,82 %	
		30%	4,79 %	
***Void In Mineral Agregate* (VMA)**	Minimal 15%	10%	17,87 %	Memenuhi
		15%	17,82 %	
		20%	17,74 %	
		25%	17,67 %	
		30%	17,65 %	
***Void Filled With Asphalt* (VFA)**	Minimal 65%	10%	71,94 %	Memenuhi
		15%	72,04 %	
		20%	72,52 %	
		25%	72,75 %	
		30%	72,95 %	
Stabilitas	Minimal 800kg	10%	1778,14 kg	Memenuhi
		15%	1765,11 kg	
		20%	1752,09 kg	
		25%	1739,06 kg	
		30%	1732,55 kg	
Flow	2,0 mm – 4,0 mm	10%	2,24 mm	Memenuhi
		15%	2,86 mm	
		20%	3,05 mm	
		25%	2,95 mm	
		30%	3,62 mm	
***Marshall Quotient* (MQ)**	Minimal 250 kg/mm	10%	799,51 kg/mm	Memenuhi
		15%	628,78 kg/mm	
		20%	592,27 kg/mm	
		25%	590,93 kg/mm	
		30%	493,43 kg/mm	

Berdasarkan Tabel 9, hasil pengujian Marshall dengan variasi penambahan limbah keramik sebesar 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30% menunjukkan bahwa semua nilai memenuhi standar yang ditetapkan dalam spesifikasi Bina Marga 2018. Dengan demikian, penambahan limbah keramik dengan asbuton sebesar 8% dapat diterapkan pada campuran aspal AC-WC.

turnitin Page 13 of 17 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::3618:158106437

turnitin Page 14 of 17 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::3618:158106437
Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Sipil
Vol. 9 No. 2 (2025) pp. 327 - 338
DOI: https://doi.org/10.32832/komposit.v9i2.17935
ISSN: 2615-3513
e-ISSN: 2655-934X

Tabel 10. Perbandingan AC-WC Asbuton 11% Inovasi Keramik

Parameter	Spesifikasi Bina Marga 2018	Asbuton Inovasi Keramik		Keterangan
		Variasi (%)	Hasil	
***Void In Mix* (VIM)**	3,0% - 5,0%	10%	4,97%	Memenuhi
		15%	4,78%	
		20%	4,70%	
		25%	4,43%	
		30%	4,37%	
***Void In Mineral Agregate* (VMA)**	Minimal 15%	10%	16,08%	Memenuhi
		15%	15,86%	
		20%	15,80%	
		25%	15,56%	
		30%	15,51%	
***Void Filled With Asphalt* (VFA)**	Minimal 65%	10%	69,16%	Memenuhi
		15%	69,90%	
		20%	70,25%	
		25%	71,55%	
		30%	71,82%	
Stabilitas	Minimal 800kg	10%	1660,90 kg	Memenuhi
		15%	1478,53 kg	
		20%	1354,77 kg	
		25%	1309,18 kg	
		30%	1276,61 kg	
Flow	2,0 mm – 4,0 mm	10%	2,22 mm	Memenuhi
		15%	3,23 mm	
		20%	3,53 mm	
		25%	4,43 mm	**Tidak Memenuhi**
		30%	4,41 mm	
***Marshall Quotient* (MQ)**	Minimal 250 kg/mm	10%	753,22 kg/mm	Memenuhi
		15%	496,71 kg/mm	
		20%	385,83 kg/mm	
		25%	300,44 kg/mm	
		30%	294,73 kg/mm	



Gambar 13. Sampel benda uji asbuton 8% variasi limbah keramik



Gambar 14. Sampel benda uji asbuton 11% variasi limbah keramik

Berdasarkan Tabel 10 diatas, hasil pengujian *Marshall* dengan variasi penambahan keramik sebagai pengganti sebagian agregat kasar sebesar 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30% menunjukkan bahwa semua nilai memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018, kecuali nilai *Flow* pada penambahan keramik 25% dan 30% dengan kadar asbuton 11%, yang tidak memenuhi standar. Oleh karena itu, penambahan keramik dengan kadar asbuton 11% dapat diterapkan pada campuran aspal AC-WC, namun disarankan untuk tidak menggunakan kadar keramik lebih dari 20%.

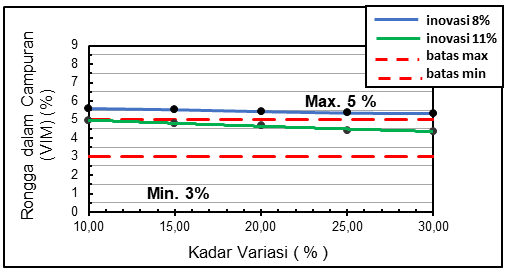
Dari hasil Perbandingan AC-WC Asbuton 8% dan Asbuton 11% Inovasi Keramik pada tabel 8 dan tabel 9 diatas dapat di uraikan sebagai berikut :

1. ***VIM*:** Berdasarkan data *VIM*, dapat disimpulkan bahwa peningkatan kadar limbah keramik cenderung menurunkan nilai VIM. Hal ini menunjukkan bahwa rongga udara dalam campuran semakin besar, sehingga air lebih mudah mengalir ke lapisan bawah. Namun, rongga udara harus sesuai dengan standar Bina Marga, yaitu berada dalam kisaran 3%-5%. Nilai VIM terendah ditemukan pada kadar limbah keramik 30% dengan 4,79%, sedangkan nilai tertinggi tercatat pada kadar 15% sebesar 5,05%. Pada campuran asbuton 11%, peningkatan kadar

turnitin Page 14 of 17 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::3618:158106437

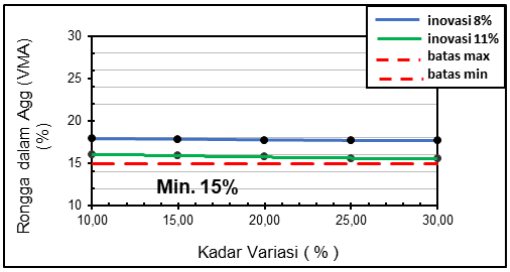
turnitin Page 15 of 17 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::3618:158106437

limbah keramik juga menyebabkan penurunan nilai *VIM*. Nilai tertinggi pada kadar 10% sebesar 4,97%, dan yang terendah pada kadar 30% dengan rata-rata 4,37%. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan limbah keramik pada asbuton 8% dan 11% memenuhi persyaratan.



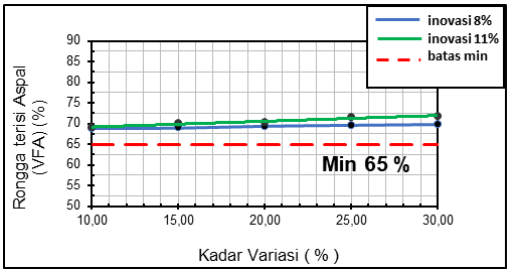
Gambar 15. Grafik Perbandingan Nilai VIM

2. ***VMA*:** Dari hasil perhitungan *VMA*, diketahui bahwa penambahan limbah keramik pada kadar asbuton 8% dan 11% dapat memenuhi Spesifikasi Bina Marga. Pada asbuton 8% dan asbuton 11% penambahan limbah keramik menyebabkan nilai *VMA* menurun. Nilai *VMA* terendah pada asbuton 8% terjadi pada kadar limbah keramik 30% dengan rata-rata 17,65%, sedangkan nilai tertinggi tercatat pada kadar 15% sebesar 17,87%. Untuk asbuton 11%, nilai *VMA* tertinggi ditemukan pada kadar limbah keramik 10% dengan nilai 16,08%, dan terendah pada kadar 30% dengan nilai 15,51%. Nilai *VMA* yang rendah menunjukkan bahwa jumlah aspal yang mengisi rongga berkurang, sehingga lapisan menjadi kurang mampu mengikat agregat dan dapat menyebabkan pengelupasan pada lapisan *AC-WC*.



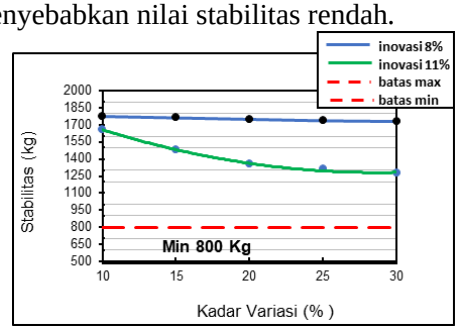
Gambar 16. Grafik Perbandingan Nilai VMA

3. ***VFA*:** Tabel *VFA* untuk limbah keramik pada campuran asbuton 8% dan 11% menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar limbah keramik, nilai *VFA* semakin meningkat. Hal ini terjadi karena aspal yang seharusnya mengisi rongga antar agregat tidak terserap oleh agregat limbah keramik. Berdasarkan ketentuan Bina Marga, nilai *VFA* harus minimal 65%. Pada asbuton 8%, nilai *VFA* tertinggi terjadi pada kadar limbah keramik 30% dengan rata-rata 72,95%, sedangkan nilai terendah pada kadar 15% sebesar 71,94%. Untuk asbuton 11%, variasi 30% memiliki nilai tertinggi sebesar 71,82%, dan yang terendah pada variasi 10% dengan rata-rata 69,16%. Oleh karena itu, penambahan limbah keramik pada campuran AC-WC Asbuton memenuhi spesifikasi.



Gambar 17. Grafik Perbandingan Nilai VFA

4. **Stabilitas:** Hasil perhitungan stabilitas menunjukkan bahwa penambahan limbah keramik asbuton sebesar 8% dan 11% dengan variasi kadar 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30% memenuhi persyaratan asbuton modifikasi, di mana nilai stabilitas harus melebihi 800 Kg. Pada asbuton 8% Nilai stabilitas mengalami penurunan pada kadar limbah keramik 10% dengan rata-rata 1778,14 Kg dan terus menurun seiring meningkatnya kadar limbah keramik. Sementara itu, penambahan limbah keramik pada asbuton 11% juga terus mengalami penurunan seiring meningkatnya kadar limbah keramik dengan nilai terendah pada kadar limbah keramik 30% sebesar 1276,61 Kg karena adanya rongga udara yang terlalu besar dan sifat agregat kasar dari limbah keramik yang kaku dan rapuh, sehingga agregat lebih mudah retak dan menyebabkan nilai stabilitas rendah.



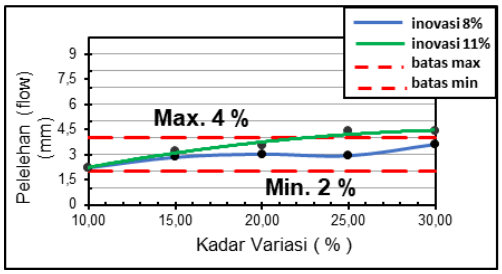
Gambar 18. Grafik Perbandingan Nilai stabilitas

5. ***Flow*:** Nilai *flow* pada campuran asbuton 8% menunjukkan bahwa kelelehan benda uji berkurang pada kadar limbah keramik 25%, yaitu sebesar 2,95 mm, kemudian meningkat lagi pada kadar 30% menjadi 3,62 mm. *Flow* tertinggi terjadi pada kadar limbah keramik 15% dengan rata-rata 2,86 mm, sedangkan yang terendah pada kadar 10% sebesar 2,24 mm. nilai *flow* pada campuran asbuton 8%. memenuhi spesifikasi Bina Marga. Namun

turnitin Page 15 of 17 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::3618:158106437

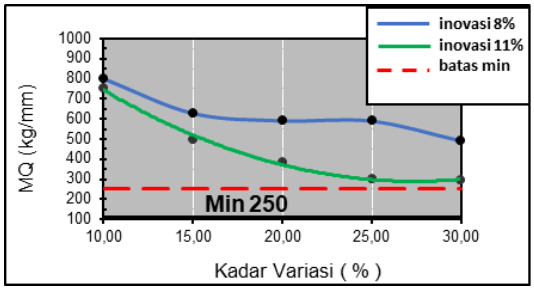
turnitin Page 16 of 17 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::3618:158106437
Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Sipil
Vol. 9 No. 2 (2025) pp. 327 - 338
DOI: https://doi.org/10.32832/komposit.v9i2.17935
ISSN: 2615-3513
e-ISSN: 2655-934X

Pada campuran asbuton 11%, variasi limbah keramik 20% menghasilkan nilai flow optimum sebesar 3,35%, sementara nilai terendah terjadi pada variasi 10% dengan 2,22. Sedangkan pada penambahan limbah keramik asbuton 11% pada kadar limbah keramik 25%, dan 30% tidak dapat memenuhi spesifikasi disebabkan karena nilai flow terlalu tinggi melebihi persyaratan spesifikasi bina marga yaitu lebih dari 4 mm. maka perkerasan akan mengalami perubahan bentuk yang semakin besar.



Gambar 19. Grafik Perbandingan Nilai *flow*

6. ***MQ:*** *Marshall Quotient* merupakan basil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Hasil perhitungan nilai *Marshall Quotient (MQ)* menunjukkan bahwa penambahan limbah keramik pada campuran asbuton 8% dan 11% memenuhi spesifikasi dengan batas minimum nilai *MQ* sebesar 250 kg/mm. Pada asbuton 8%, nilai *MQ* tertinggi ditemukan pada kadar limbah keramik 10% sebesar 799,51 kg/mm, sedangkan nilai terendah tercatat pada kadar 30% sebesar 493,43 kg/mm. Untuk asbuton 11%, nilai MQ tertinggi terjadi pada kadar limbah keramik 10% dengan 753,22 kg/mm, dan terendah pada kadar 30% dengan nilai 294,73 kg/mm. Campuran dengan nilai *MQ* yang tinggi menunjukan bahwa campuran tersebut kaku dan memiliki fleksibilitas rendah, sehingga lebih rentan mengalami retak. Sebaliknya, jika nilai *MQ* terlalu rendah, campuran akan lebih fleksibel, lentur, dan cenderung plastis, sehingga mudah mengalami perubahan bentuk saat menerima beban lalu lintas.



Gambar 20. Grafik Perbandingan Nilai MQ

KESIMPULAN

Limbah keramik dari sisa konstruksi yang sulit terurai dapat dimanfaatkan sebagai pengganti material dalam campuran aspal. Berdasarkan hasil analisis karakteristik Marshall yang dilakukan dengan penambahan limbah keramik sebagai pengganti sebagian agregat kasar dengan variasi 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%, serta penggunaan kadar aspal pilihan 5,3% dan 4,9% sebagai kadar aspal optimum, dapat disimpulkan bahwa penambahan Asbuton LGA 50/30 dengan inovasi limbah keramik mempengaruhi karakteristik Marshall. Nilai stabilitas menunjukkan bahwa penambahan limbah keramik pada variasi tersebut memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yang mensyaratkan stabilitas lebih dari 800 kg. Perbandingan antara asbuton tanpa limbah keramik dan asbuton dengan limbah keramik menunjukkan bahwa pada campuran asbuton 8% dengan variasi limbah keramik, nilai *VMA*, *VIM*, stabilitas, dan *MQ* cenderung menurun, sementara *VFA* dan *flow* cenderung meningkat dibandingkan dengan aspal pada kadar optimum. Pada campuran asbuton 11% dengan variasi limbah keramik, nilai *VIM*, *VMA*, *MQ*, dan Stabilitas cenderung menurun, sedangkan *VFA*, dan *Flow* cenderung meningkat jika dibandingkan dengan aspal pada kadar optimum. Secara keseluruhan, penambahan limbah keramik memberikan pengaruh signifikan terhadap campuran aspal *AC-WC*.

DAFTAR PUSTAKA

AASHTO T 245-97 (ASTM D 1559-76). Resistance Plastic of Bituminous Mixtures Using MarshallApparatus. *American Society for Testing and Materials.*

Arliningtyas, S., & Nadia, N. (2016). Analisa Kelayakan Limbah Keramik sebagai Pengganti Agregat Halus untuk Campuran Aspal Beton Ditinjau dari Nilai Stabilitas Marshall. *Konstruksia*, *8*(1), 47-59. https://doi.org/10.24853/jk.8.1.47-59

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2) Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan. *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018, Revisi 2*, 1–1036.

Hakim, C. B., & Arifiya, P. T. N. (2023). Literatur Jurnal: Analisa Penggunaan Limbah Keramik sebagai Pengganti Agregat Kasar dan Agregat Halus pada Beton. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri*, *4*(2), 75-79. https://ejr.umku.ac.id/index.php/jatmi/article/view/2073

Kafabihi, A., & Wedyantadji, B. (2020). Penggunaan Aspal Buton pada Campuran

turnitin Page 16 of 17 - Integrity Submission Submission ID trn:oid:::3618:158106437

AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course). *Student Journal Gelagar*, *2*(2), 36-44. https://ejournal.itn.ac.id/index.php/gelagar/article/view/2873

Khoiriyah, D. I., Indriani, A. M., & Utomo, G. (2024). Karakteristik Marshall Quotient pada Hot Mix Asphalt Menggunakan Agregat Melak Kutai Barat. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, *8*(2), 231–239. https://doi.org/10.32832/komposit.v8i2.15052

Pataras, M., Kurnia, A. Y., Hastuti, Y., Person, R. P., & Anindita, N. P. (2017). Pengaruh Genangan Air Hujan terhadap Laston Wearing Course Menggunakan Modifikasi Asbuton LGA TIPE 50/30. *Simposium II UNIID 2017*, *2*(1), 464-470. https://conference.unsri.ac.id/index.php/uniid/article/view/640

Pinem, H. K. W. B., Pristyawati, T., & Safarizki, H. A. (2022). Analysis of the Influence of Additional Plastic Waste (HDPE) as Mixed Asphalt AC-WC on Marshall Parameters. *Astonjadro*, *11*(3), 669–679. https://doi.org/10.32832/astonjadro.v11i3.7507

Pristyawati, T., & Nugraha, D. C. (2024). Pengaruh Limbah Beton sebagai Agregat Kasar Pada Campuran AC-BC dengan LGA 50/30. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, *21*(1), 62-72. http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jirs/article/view/1328

Purnamasari, E., & Fathurrahman, F. A. (2023). Pengaruh Variasi Penambahan Limbah Pecahan Keramik Terhadap Kuat Tekan Beton. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, *11*(1), 88-94. https://doi.org/10.32487/jtt.v11i1.1646

Putra, K. H., & Wahdana, J. (2019). Studi Eksperimental Penambahan Limbah Keramik Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Laston (AC-WC) terhadap Karakteristik Uji Marshall. *Paduraksa: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, *8*(2), 147-155. https://www.ejournal.warmadewa.ac.id/index.php/paduraksa/article/view/1396

Ramadhan, L. I., Pristyawati, T., & Devi, R. H. (2024). Pengaruh Penambahan Asbuton LGA 50/30 pada Campuran AC-WC dengan Inovasi Limbah Styrofoam. *Jurnal Talenta Sipil, 7(2), 892-905.* http://dx.doi.org/10.33087/talentasipil.v7i2.648

SNI 1970-. (2008). Standar Nasional Indonesia Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 12.

Swardana, R. (2020). *Analisa Karakteristik Campuran Aspal Menggunakan Limbah Keramik* (Doctoral dissertation, Universitas Internasional Batam). https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/pilar/article/view/5031

Sitompul, O. H., Alamsyah, W., & Basrin, D. (2024). Pengaruh Pemanfaatan Abu Cangkang Kerang Darah sebagai Bahan Tambah Filler Campuran Aspal terhadap Nilai Marshall pada Perkerasan Jalan AC-WC. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, *8*(2), 241–248. https://doi.org/10.32832/komposit.v8i2.15126

Sulaiman, A., Wibawa, S. A., & Hamzah, Y. S. (2022). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Darah (Anadara granosa) sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus (Pasir) pada Campuran Beton untuk Mengetahui Nilai Workability dan Kuat Tekan Beton. *Rancang Bangun Teknik Sipil, 8(3), 19-27.* https://e-journal.janabadra.ac.id/index.php/TS/article/view/2455

Widianty, D., Karyawan, I. D. M. A., Rohani, R., Yuniarti, R., & Salsabila, F. F. (2024). Pemanfaatan Limbah Keramik sebagai Pengganti Agregat Halus Pada Campuran Laston AC-BC. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, *8*(1), 58-69. https://doi.org/10.19184/jrsl.v8i1.43606

Yunus, I., & Annisa, H. (2023). Analisis Penggunaan Asbuton Butir B50/30 Terhadap Kinerja Campuran Ac-Wc Dengan Variasi Temperatur Pemadatan. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Lamappapoleonro*, *2*(1), 38-45. https://jurnal.jteksil.unipol.ac.id/index.php/home/article/view/16

Yunus, I., Annisa, H., & Jayadi, A. (2022). Analisis Kuat Tarik dan Deformasi Permanen Campuran AC-WC dengan Bahan Tambah Asbuton B50/30 dan Limbah Plastik LDPE. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Lamappapoleonro*, *1*(1), 1-10. https://jurnal.jteksil.unipol.ac.id/index.php/home/article/view/1