

ANALISIS KINERJA VOLUMETRIK DAN MEKANIS CAMPURAN AC-BC DENGAN FILLER GENTENG TANAH LIAT DAN CANGKANG TELUR

Salsabila Rizkia Anju¹, Ida Ayu Oka Suwati Sideman², dan Hasyim³

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Mataram, Jl. Majapahit No.62, Mataram
e-mail: snju16204@gmail.com

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Mataram, Jl. Majapahit No.62, Mataram
e-mail: suwatisideman@unram.ac.id

³Program Studi Teknik Sipil, Universitas Mataram, Jl. Majapahit No.62, Mataram
e-mail: hasyim_husien@unram.ac.id

ABSTRAK

Campuran aspal beton *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) banyak difungsikan sebagai lapis permukaan jalan, terutama pada proyek dengan keterbatasan anggaran. Untuk mendukung konstruksi yang ramah lingkungan dan ekonomis, penelitian ini memanfaatkan limbah konstruksi dan rumah tangga sebagai *filler* alternatif dalam campuran AC-BC. Dua jenis limbah yang berpotensi adalah genteng tanah liat, berasal dari genteng cacat produksi maupun sisa kegiatan konstruksi yang mengandung silika dan alumina, serta cangkang telur ayam ras petelur, limbah rumah tangga dengan kandungan kalsium karbonat tinggi. Kombinasi keduanya sebagai *filler* berpotensi meningkatkan stabilitas dan kepadatan campuran aspal karena kandungan mineralnya. Penelitian ini mengkaji pengaruh kombinasi *filler* alternatif tersebut pada campuran AC-BC menggunakan variasi 0%:0%, 20%:20%, 25%:25%, dan 30%:30% dari total berat *filler*. Dilakukan pengujian menggunakan metode *Marshall* standar dan *Marshall Immersion* didasarkan pada Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020). Dari hasil penelitian didapatkan bahwa setiap penambahan kadar *filler* alternatif meningkatkan stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient* (MQ), *Void in Mix* (VIM), *Void in Mineral Aggregate* (VMA), sedangkan *Void Filled Asphalt* (VFA) dan densitas campuran menurun. Berdasarkan hasil pengujian *Marshall Immersion*, nilai maksimum stabilitas sisa tercapai pada kadar *filler* 25%:25%, dengan nilai lebih dari 90%, yang mengindikasikan ketahanan yang baik terhadap pengaruh air. Secara keseluruhan, campuran dengan kadar *filler* 0%:0%, 20%:20%, dan 25%:25% telah memenuhi kriteria campuran pada Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020), sedangkan pada kadar 30%:30% nilai *Void in Mix* (VIM) dan stabilitas sisa tidak memenuhi standar.

Kata kunci: *filler* alternatif, serbuk genteng tanah liat, cangkang telur, *Marshall*.

1. PENDAHULUAN

Pada pekerjaan konstruksi jalan di lapangan, campuran aspal beton AC-BC sering dimanfaatkan sekaligus sebagai lapis permukaan, terutama pada proyek-proyek dengan keterbatasan anggaran. Perubahan fungsi AC-BC memerlukan kualitas campuran yang lebih tinggi agar mampu memenuhi persyaratan kinerja lapis permukaan serta ekonomis. Salah satu limbah yang berpotensi sebagai *filler* alternatif adalah genteng tanah liat, memiliki kandungan silika dan alumina yang berpotensi memberikan daya lekat yang baik dengan aspal, namun bersifat porositas sehingga perlu dikombinasikan dengan *filler* lain yang dapat memadatkan campuran. Limbah lain yang berpotensi sebagai *filler* alternatif yaitu cangkang telur ayam ras petelur, mengandung kalsium karbonat tinggi yang dibutuhkan dalam pembuatan semen, sehingga dapat meningkatkan kepadatan campuran dan menyeimbangkan sifat porositas *filler* genteng tanah liat.

Berdasarkan permasalahan tersebut, Penelitian ini mengkaji pemanfaatan kombinasi serbuk genteng tanah liat dan cangkang telur sebagai material pengisi (*filler*) pengganti campuran aspal beton AC-BC. Karakteristik volumetrik maupun mekanis dianalisis melalui uji *Marshall* standar dan *Marshall Immersion*, kemudian melihat kesesuaiannya dengan standar campuran AC-BC pada Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020) untuk menilai kelayakan serta kinerjanya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Ikhlas et al. (2023) meneliti tentang penggunaan limbah genteng tanah liat sebagai *filler* dalam campuran AC-WC. Hasil penelitian menunjukkan semakin bertambah persentase serbuk genteng, *density* dan stabilitasnya menurun. Hanya pada persentase 40% dan 60% yang memenuhi semua spesifikasi kinerja campuran. Rumbyarso dan Ulum (2023) meneliti penggunaan *filler* dari cangkang telur bebek petelur dalam campuran AC-WC. Hasil dari penelitian menunjukkan stabilitas yang didapat lebih besar dibanding dengan penggunaan *filler* semen. Aisy (2024) meneliti tentang pengaruh substitusi *filler* cangkang telur dalam aspal beton AC-BC. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *filler* cangkang telur memiliki nilai stabilitas lebih besar dan dapat mengikat agregat lebih baik yang membuat deformasi yang terjadi pada campuran lebih kecil dibanding dengan *filler* abu batu 100%.

Aspal beton *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)*

Beton aspal AC-BC merupakan campuran beraspal panas (*Hot Mix Asphalt*) berfungsi sebagai lapisan antara dalam struktur perkerasan jalan yang berada diantara lapis permukaan (AC-WC) dengan lapis fondasi atau lapis dasar (AC-Base).

Agregat

Agregat terdiri dari dua jenis, diantaranya:

a. Agregat kasar

Agregat kasar yaitu butiran yang tertahan pada ayakan No.4 (4,75 mm), bersih, padat, kuat, serta terbebas oleh lempung bersumber dari batu pecah oleh mesin.

b. Agregat halus

Agregat halus merupakan butiran yang melewati ayakan No. 4 (4,75 mm) serta tertahan pada ayakan No. 200 (0,075 mm), tidak mengandung bahan organik dan lempung, bersumber dari pasir alam yang telah di cuci serta pasir yang berasal dari hasil pemecahan batu (abu batu).

Aspal

Aspal merupakan material pengikat utama pada campuran aspal beton AC-BC memiliki sifat viskoelastis yang akan melunak dan mencair ketika dipanaskan. Aspal berfungsi sebagai perekat antar agregat dan memberikan fleksibilitas pada perkerasan jalan.

Filler

Filler adalah butiran halus berukuran sangat kecil yang melewati ayakan No. 200 yang berperan mengisi rongga antar agregat dalam campuran aspal beton serta membantu meningkatkan kohesi antara aspal dan agregat.

Genteng tanah liat

Genteng tanah liat merupakan material yang terbuat dari tanah liat lalu mengalami proses pembakaran pada suhu tinggi sehingga mengandung senyawa silikat dan alumina yang tinggi, membuatnya memiliki daya lekat yang baik dengan aspal.

Cangkang telur

Cangkang telur mengandung kalsium karbonat tinggi mirip dengan kandungan pada *limestone* yang merupakan material utama pembuatan semen, sehingga mampu meningkatkan ketahanan terhadap deformasi dan keausan.

Pengujian Marshall

Marshall Test merupakan salah satu prosedur pengujian pada laboratorium bertujuan menentukan karakteristik campuran aspal. Pengujian *Marshall* menggunakan cincin penguji yang memiliki kapasitas 22,2 KN (5000 lbs) serta *flowmeter* bertujuan untuk memperoleh dua parameter utama yaitu stabilitas dan kelenturan.

Pengujian Marshall Immersion

Pengujian *Marshall Immersion* digunakan untuk mengevaluasi karakteristik mekanis campuran yang telah mengalami perubahan akibat pengaruh faktor lingkungan, seperti air, suhu, dan kondisi cuaca. Secara prinsip, metode ini serupa dengan pengujian *Marshall* standar, namun berbeda pada lama perendaman dalam *waterbath*.

3. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.

Alat dan material penelitian

Peralatan pengujian yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi: alat pemeriksaan agregat dan *filler*, alat pemeriksaan aspal, serta alat pemeriksaan *Marshall*.

Penelitian ini menggunakan beberapa material, diantaranya:

- Agregat kasar, agregat halus, dan aspal penetrasi 60/70 yang berasal dari AMP PT. Sinar Bali, Praya, Lombok Tengah
- Genteng tanah liat didapat dari pusat percetakan genteng Aik Ampat, Gerung, Kab. Lombok Barat
- Cangkang telur ayam petelur didapat dari pabrik roti Jordan Bakery, Kediri, Lombok Barat

Tahapan penelitian

Penelitian ini dilakukan secara bertahap, diantaranya:

- Persiapan dan pemeriksaan material. Pemeriksaan material yang mencakup pemeriksaan agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan pemeriksaan aspal penetrasi 60/70.
- Pembuatan dan pemeriksaan sample untuk KAO. Membuat 15 buah sample bertujuan mencari Kadar Aspal Optimum yang kemudian diuji dengan pengujian *Marshall* standar.
- Proses pembuatan serta pemeriksaan sample setelah didapat KAO untuk *filler* alternatif genteng tanah liat dan cangkang telur. Pembuatan 12 sample untuk pengujian *Marshall* standar serta 12 sample untuk *Marshall Immersion*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian aspal penetrasi 60/70

Tabel 1. Hasil pemeriksaan aspal penetrasi 60/70.

No	Jenis Pengujian	Aspal Pen 60/70	Spesifikasi	Keterangan
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	68,5	60-70	Memenuhi
2	Titik Nyala °C	330	≥ 232	Memenuhi
3	Titik Lembek °C	48,5	≥ 48	Memenuhi
4	Daktalitas pada 25°C (cm)	106,25	≥ 100	Memenuhi
5	Berat Jenis pada 25°C	1,12	≥ 1,0	Memenuhi
6	Kehilangan Berat (%)	0,21	≤ 0,8	Memenuhi

(Sumber: Hasil pengujian, 2025)

Hasil pengujian agregat dan *filler*

Tabel 2. Hasil pemeriksaan agregat.

No	Pengujian	Hasil	Spesifikasi
Agregat Kasar			
1	Berat Jenis Curah	2.832	≥ 2,5
2	Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan	2.862	
3	Berat Jenis Semu	2.918	
4	Berat Jenis Efektif	2.875	
5	Keausan Impact	28.231	< 30%
6	Penyerapan	1.038	< 3%
Agregat Halus			
1	Berat Jenis Curah	2.645	≥ 2,5
2	Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan	2.719	
3	Berat Jenis Semu	2.855	
4	Berat Jenis Efektif	2.750	
5	Penyerapan	2.776	< 3%

(Sumber: Hasil pengujian, 2025)

Tabel 3. Hasil pemeriksaan *filler*.

No	Pengujian	Hasil*)
<i>Filler</i> (Semen)		
1	Berat Jenis Curah	2.63
2	Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan	2.66
3	Berat Jenis Semu	2.70
4	Berat Jenis Efektif	2.67
5	Penyerapan	0.96
6	Lolos Saringan No.200	Ya

Filler (60% Semen : 20% GTL : 20% CT)		
1	Berat Jenis Curah	2.57
2	Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan	2.61
3	Berat Jenis Semu	2.68
4	Berat Jenis Efektif	2.63
5	Penyerapan	1.63
6	Lolos Saringan No.200	Ya
Filler (50% Semen : 25% GTL : 25% CT)		
1	Berat Jenis Curah	2.67
2	Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan	2.70
3	Berat Jenis Semu	2.77
4	Berat Jenis Efektif	2.72
5	Penyerapan	1.32
6	Lolos Saringan No.200	Ya
Filler (40% Semen : 30% GTL : 30% CT)		
1	Berat Jenis Curah	2.81
2	Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan	2.84
3	Berat Jenis Semu	2.89
4	Berat Jenis Efektif	2.85
5	Penyerapan	1.07
6	Lolos Saringan No.200	Ya

(Sumber: Hasil pengujian, 2025)

Keterangan:

GTL : Genteng Tanah Liat

CT : Cangkrang Telur

Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Digunakan nilai batas tengah dari spesifikasi gradasi butir agregat untuk lapis AC-BC yang tercantum pada Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020). Berdasarkan distribusi ukuran butir agregat, didapatkan proporsi untuk agregat kasar (%CA) yaitu persen butiran yang tertinggal pada ayakan no.4 sebesar 47% . Proporsi agregat halus (%FA) yaitu persen butiran yang melewati ayakan no.4 serta tertahan ayakan no.200 sebesar 47%. Proporsi *filler* (%*filler*) yaitu persen yang lolos ayakan no.200 sebesar 6%. Kemudian nilai konstanta (C) yang digunakan 0,5-1 untuk campuran laston, maka didapatkan nilai kadar aspal 6% , kadar aspal tersebut dijadikan sebagai nilai tengah kadar aspal rencana untuk mencari KAO. Selanjutnya dibuat lima variasi kadar aspal yaitu 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%.

Berdasarkan hasil pemeriksaan *Marshall* untuk KAO, kadar aspal yang telah memenuhi semua standar campuran pada Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020) yaitu pada kadar aspal 6%.

Tabel 4. Hasil pemeriksaan *Marshall* pada campuran AC-BC untuk KAO.

Parameter	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)				
		5	5,5	6	6,5	7
Stabilitas (Kg)	Min. 800	1955,852	1839,719	1503,594	925,536	1184,534
Flow (mm)	2-4	3,183	4,043	3,917	4,033	4,233
MQ (Kg/mm)	Min. 250	620,534	461,519	386,178	233,600	280,458
VIM (%)	3-5	6,080	5,756	4,552	4,884	3,596
VMA (%)	Min. 14	14,807	15,555	15,517	16,832	16,729
VFA (%)	Min.65	60,145	63,208	71,020	71,010	79,051
Density (gr/cc)	Min. 2	2,447	2,439	2,453	2,428	2,444

(Sumber: Hasil pengujian, 2025)

Keterangan:

= Tidak memenuhi syarat campuran pada Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020)

Hasil pemeriksaan *Marshall* dan *Marshall Immersion* dengan *filler* alternatif

Pengujian *Marshall* dan *Marshall Immersion* menggunakan kadar aspal 6% untuk mengetahui karakteristik mekanis dan volumetrik campuran AC-BC dengan *filler* Alternatif (genteng tanah liat : cangkang telur).

Tabel 5. Hasil pemeriksaan *Marshall* pada campuran AC-BC untuk *filler* alternatif.

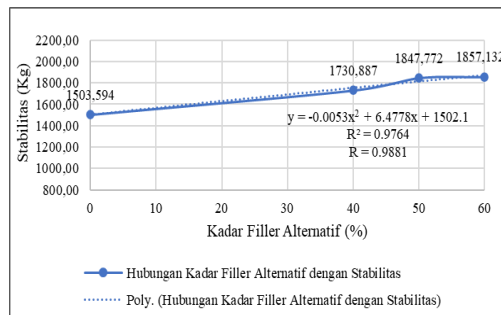
Parameter	Spesifikasi	Kadar Filler Alternatif (%)			
		0 (0:0)	40 (20:20)	50 (25:25)	60 (30:30)
Stabilitas (Kg)	Min. 800	1503,594	1730,887	1847,772	1857,132
Flow (mm)	2-4	3,183	3,57	3,44	3,10
MQ (Kg/mm)	Min. 250	480,280	494,730	542,674	636,981
VIM (%)	3-5	3,677	3,106	3,761	5,392
VMA (%)	Min. 14	14,618	14,055	14,742	16,292
VFA (%)	Min.65	75,278	77,964	74,831	67,213
Density (gr/cc)	Min. 2	2,453	2,465	2,464	2,440

(Sumber: Hasil pengujian, 2025)

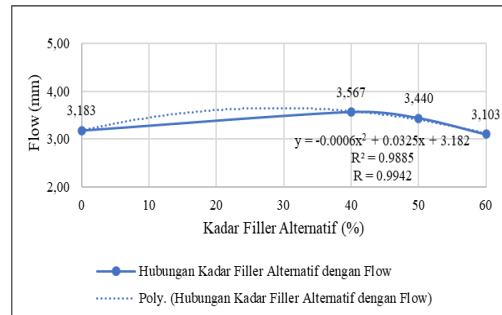
Keterangan:

= Tidak memenuhi syarat campuran pada Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020)

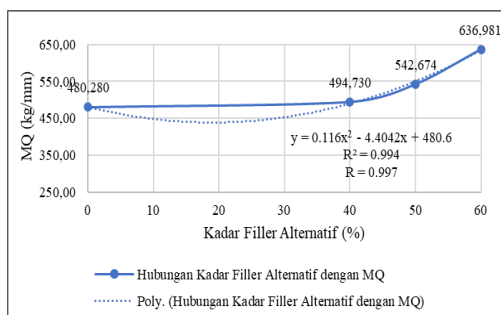
Berdasarkan Tabel 5, dihasilkan grafik hubungan persentase *filler* alternatif dengan karakteristik *Marshall*.



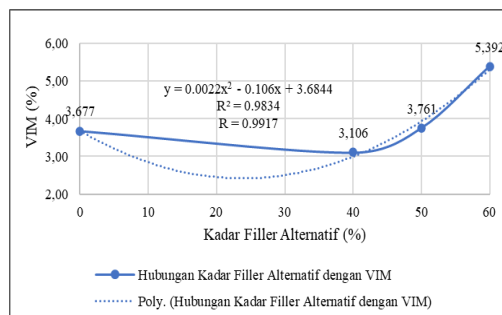
Gambar 1. Hubungan persentase *filler* alternatif dengan stabilitas.



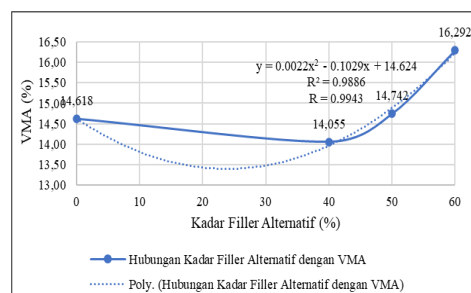
Gambar 2. Hubungan persentase *filler* alternatif dengan *flow*.



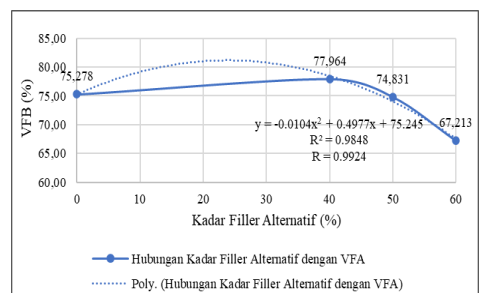
Gambar 3. Hubungan persentase *filler* alternatif dengan MQ.



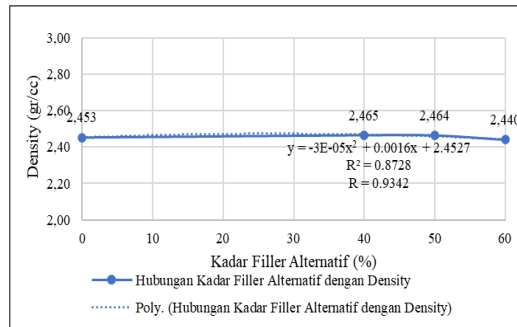
Gambar 4. Hubungan persentase *filler* alternatif dengan VIM.



Gambar 5. Hubungan persentase *filler* alternatif dengan VMA.



Gambar 6. Hubungan persentase *filler* alternatif dengan VFA.



Gambar 7. Hubungan persentase *filler* alternatif dengan *density*.

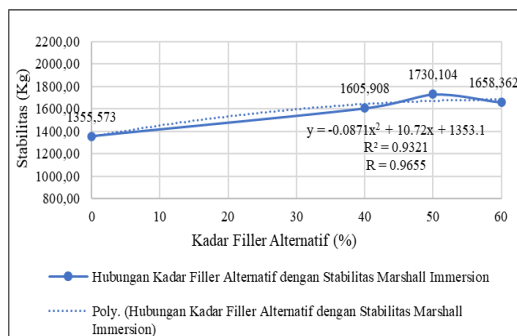
Tabel 6. Hasil perhitungan Indeks Kekuatan Sisa (IKS)				
Variasi <i>filler</i> alternatif (%)	Stabilitas (Kg)		IKS (%)	Spesifikasi
	Marshall Standar	Marshall Immersion		
0 (0:0)	1503,594	1355,573	90,156	≥90
40 (20:20)	1730,887	1605,908	92,779	
50 (25:25)	1847,772	1730,104	93,632	
60 (30:30)	1857,132	1658,362	89,297	

(Sumber: Hasil pengujian, 2025)

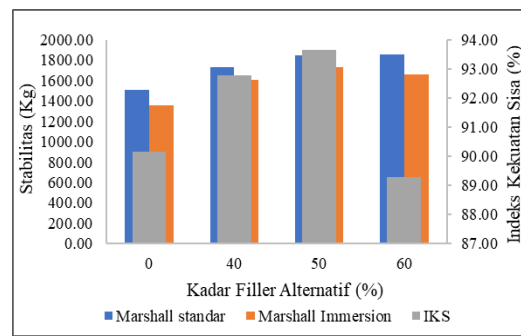
Keterangan:

89,297 = Tidak memenuhi syarat campuran pada Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020)

Berdasarkan Tabel 6, didapatkan grafik keterkaitan antara persentase *filler* alternatif dengan stabilitas *Marshall Immersion* serta perbandingan nilai stabilitas dan Indeks Kekuatan Sisa (IKS).



Gambar 8. Hubungan persentase *filler* alternatif dengan stabilitas *Marshall Immersion*.



Gambar 9. Perbandingan nilai stabilitas dan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) pada setiap kadar *filler* alternatif

Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa nilai koefisien determinasi $R^2 = 0.9764$ dan koefisien korelasi $R = 0.9881$. Hal ini berarti antara kadar *filler* alternatif dengan nilai stabilitas campuran memiliki hubungan yang sangat kuat. Hasil penelitian menunjukkan nilai stabilitas yang dihasilkan tiap kadar *filler* alternatif jauh lebih tinggi dari syarat nilai untuk stabilitas yang disyaratkan serta nilai stabilitas pada persentase *filler* alternatif 0%, 40%, 50%, dan 60% sudah memenuhi kriteria campuran pada Bina Marga 2018 (2020). Nilai stabilitas bertambah seiring dengan penambahan kadar *filler* alternatif hingga pada kadar 50% lalu menurun setelahnya dengan nilai tertinggi dicapai pada kadar 50% (1863.210 kg).

Berdasarkan Gambar 2, didapat nilai koefisien determinasi $R^2 = 0.9885$ serta koefisien korelasi $R = 0.9942$, yang berarti adanya hubungan kadar *filler* alternatif dengan nilai *flow* yang sangat kuat. Nilai *flow* yang dihasilkan pada tiap penambahan kadar *filler* alternatif masih berada dalam rentang spesifikasi yang disyaratkan. Nilai *flow* bertambah hingga pada kadar 40% lalu menurun setelahnya yang dimana nilai *flow* tertinggi didapatkan pada kadar 40% (3.57 mm), sedangkan nilai terendah pada kadar 60% (3.10 mm). Nilai *flow* yang memenuhi spesifikasi ini menunjukkan bahwa campuran tetap memiliki fleksibilitas yang cukup untuk menahan retak.

Berdasarkan Gambar 3, didapat nilai koefisien determinasi $R^2 = 0.994$ serta koefisien korelasi $R = 0.997$, yang menunjukkan bahwa hubungan antara persentase *filler* alternatif dengan nilai *Marshall Quotient* (MQ) sangat kuat. Nilai MQ yang dihasilkan jauh lebih tinggi dari nilai yang disyaratkan. Peningkatan nilai MQ seiring dengan

penambahan kadar *filler* alternatif menunjukkan bahwa campuran aspal menjadi semakin kaku dan tahan terhadap deformasi plastis.

Berdasarkan Gambar 4, nilai VIM yang didapat pada kadar 0%, 40%, dan 50%, memenuhi kriteria campuran pada Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020). Hanya saja, pada kadar 60%, nilai VIM meningkat dan tidak memenuhi spesifikasi. Selanjutnya, diperoleh nilai koefisien determinasi $R^2 = 0.9834$ dan koefisien korelasi $R = 0.9917$, yang menunjukkan bahwa hubungan antara kadar *filler* alternatif dengan nilai VIM sangat kuat, sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan *filler* alternatif memengaruhi kadar rongga dalam campuran pada persentase tertentu.

Berdasarkan Gambar 5, didapat nilai koefisien determinasi $R^2 = 0.9886$ serta koefisien korelasi $R = 0.9943$, yang menunjukkan bahwa hubungan antara persentase *filler* alternatif dengan nilai VMA sangat kuat, sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan *filler* alternatif berpengaruh signifikan terhadap volume rongga antar mineral pada campuran. Nilai VMA yang dihasilkan bertambah seiring dengan bertambahnya kadar *filler* alternatif, tiap kadar *filler* alternatif, menghasilkan nilai VMA yang sudah memenuhi Bina Marga 2018 (2020).

Berdasarkan Gambar 6, didapat nilai koefisien determinasi $R^2 = 0.9848$ serta koefisien korelasi $R = 0.9924$, yang menunjukkan hubungan antara kadar *filler* alternatif dengan nilai VFA yang sangat kuat. Nilai VFA yang dihasilkan semakin menurun seiring dengan bertambahnya kadar *filler* alternatif yang di mana nilai-nilai tersebut telah memenuhi nilai VFA yang disyaratkan. Hal ini menunjukkan bahwa aspal telah mengisi rongga agregat dengan baik pada semua variasi kadar *filler* alternatif.

Berdasarkan Gambar 7, terlihat nilai *density* tertinggi didapatkan pada kadar 40%, yang sejalan dengan nilai VIM terendah, menunjukkan bahwa campuran pada kadar ini memiliki kepadatan yang paling baik dan berada di atas batas minimum yang disyaratkan. Selanjutnya, didapatkan koefisien determinasi $R^2 = 0.8728$ serta koefisien korelasi $R = 0.9342$, yang menunjukkan adanya hubungan kuat antara kadar *filler* alternatif dengan nilai *density*.

Berdasarkan hasil uji *Marshall Immersion* pada Gambar 8, didapatkan nilai stabilitas campuran yang mengalami peningkatan selaras dengan penambahan persentase *filler* alternatif hingga mencapai kadar 50% namun, pada kadar *filler* 60% nilai stabilitas mengalami sedikit penurunan. Meskipun demikian, nilai tersebut masih lebih besar dibanding dengan campuran tanpa *filler* alternatif (0%). Selanjutnya, didapat nilai koefisien determinasi $R^2 = 0.9321$ serta koefisien korelasi $R = 0.9655$, yang berarti antara kadar *filler* alternatif dengan nilai stabilitas *Marshall Immersion* memiliki hubungan sangat kuat.

Untuk menilai ketahanan campuran terhadap pengaruh air, dilakukan perhitungan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) berdasarkan hasil stabilitas *Marshall* standar dan *Marshall Immersion*. Nilai stabilitas pada pengujian *Marshall* standar maupun *Marshall Immersion* cenderung meningkat seiring bertambahnya kadar *filler* alternatif. Hasil perhitungan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) menunjukkan bahwa pada kadar 60% *filler* alternatif, campuran tidak lagi memenuhi kriteria campuran pada Bina Marga 2018 Revisi 2 ($\geq 90\%$). Selanjutnya, Gambar 9 menunjukkan perbandingan nilai stabilitas dan Indeks Kekuatan Sisa (IKS).

5. KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan data hasil pengujian yang telah diperoleh, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Kombinasi *filler* serbuk genteng tanah liat dan cangkang telur terbukti memberikan pengaruh signifikan terhadap karakteristik volumetrik campuran AC-BC ditunjukkan dengan nilai korelasi yang dihasilkan berkisar pada rentang 0,8-1. Peningkatan kadar *filler* cenderung menyebabkan kenaikan nilai VIM dan VMA, disertai dengan penurunan nilai VFA dan *density*. Variasi 25%:25% menghasilkan kondisi paling seimbang, di mana kepadatan campuran dan parameter volumetrik masih berada pada rentang yang dipersyaratkan Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020).
- Penggunaan *filler* genteng tanah liat dan cangkang telur juga berpengaruh sangat kuat bagi karakteristik mekanis campuran ditunjukkan dengan nilai korelasi yang dihasilkan berkisar pada rentang 0,8-1. Nilai stabilitas *Marshall Quotient* dan stabilitas sisa meningkat pada kadar 25%:25%, yang menandakan campuran memiliki kekakuan struktural lebih baik dan tahan terhadap pengaruh air. Namun mulai menurun pada kadar *filler* 30%:30%.
- Berdasarkan hasil pengujian, kombinasi *filler* 25%:25% menunjukkan hasil paling optimal karena mampu meningkatkan stabilitas dan parameter *Marshall* lainnya, serta telah memenuhi syarat campuran pada Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020).

DAFTAR PUSTAKA

- Aisy, M. R. (2024). *Pengaruh Penggunaan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Filler Terhadap Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) ditinjau dari Karakteristik Marshall, Cantabro, dan ITS*. Universitas Islam Indonesia.
- Asprianingsih, N. M. (2021). *Analisis Permintaan Telur Ayam Di Kota Mataram*. Universitas Mataram.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2007). *Pedoman Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.

- Dewi, S. R. P. (2024). *Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC Dengan Menggunakan Cangkang Telur Ayam Negeri Sebagai Bahan Pengganti Filler*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
- Ikhlas, A. R. (2023). *Pengaruh Substitusi Limbah Genteng Sebagai Filler Dalam Campuran Aspal Beton AC-WC*. Universitas Bung Hatta.
- Hakikah, Z. (2025). *Analisis Kinerja Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) Menggunakan Aspal Modifikasi Crumb Rubber Dengan Cara Basah (Wet Process)*. Universitas Mataram.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2010). *Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3: Divisi 6.3 Campuran Beraspal Panas*. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). *Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)*. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Rumbyarso, Y. P. A., & Ulum, R. B. (2023). Analisis Pengaruh Penggunaan Cangkang Telur Bebek Ras Petelur Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Beton. *Teknologika (Jurnal Teknik-Logika-Matematika)*, 1–10.
- Universitas Mataram. (2023). *Modul Praktikum Bahan Perkerasan Jalan*. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.
- Widianty, D., Mahli, M., Yuniarti, R., Mahendra, M., & Rofaida, A. (2022). Kombinasi Filler Limestone Dan Abu Batu Pada Campuran Laston Lapis Aus Menggunakan Metode Marshall. *Spektrum Sipil*, 9(1), 57-66.