

KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN AC-WC DENGAN PENAMBAHAN BUBUK MAGNESIUM KARBONAT SEBAGAI BAHAN PENGISI

Muhammad Rizal Yasin¹, Ibnu Sholichin^{2*}, Fithri Estikhamah³

^{1,2,3} Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains, UPN “Veteran” Jawa Timur, Indonesia
e-mail: ²ibnu.ts@upnjatim.ac.id (corresponding author)

Abstrak

Lapisan AC-WC disebut sebagai lapisan aus karena berhubungan langsung dengan kendaraan dan cuaca serta memiliki ketebalan yang paling tipis dibandingkan lapisan lainnya. Untuk meningkatkan kualitas lapisan AC-WC, dapat dilakukan menggunakan material yang telah melalui tahap pengujian yaitu aspal, agregat, dan filler. Bubuk magnesium karbonat merupakan senyawa yang aman, efektif, dan ramah lingkungan untuk digunakan. Selain itu, bubuk magnesium karbonat memiliki beberapa kandungan senyawa kimia seperti magnesium oksida, kalsium oksida, silika, dan bijih besi yang dapat meningkatkan karakteristik suatu campuran. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kadar aspal optimum (KAO), kadar filler optimum, dan pengaruh penambahan bubuk magnesium karbonat sebagai filler pada campuran AC-WC menggunakan metode pengujian Marshall sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2). Pada penelitian ini, menggunakan variasi kadar aspal yaitu 5,52%, 6,52%, dan 7,52%, serta variasi kadar filler yaitu 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6,40% dan kadar filler optimum yaitu sebesar 0,75%. Penambahan bubuk magnesium karbonat sebagai filler dapat meningkatkan nilai stabilitas, MQ, VIM, dan VMA, tetapi mengurangi nilai flow dan VFA pada campuran AC-WC. Sehingga bubuk magnesium karbonat dapat meningkatkan kekuatan pada perkerasan jalan. Namun, penambahan bubuk magnesium karbonat secara berlebihan dapat menyebabkan perkerasan jalan menjadi berongga dan mengalami kerusakan.

Kata kunci— AC-WC, Bubuk Magnesium Karbonat, Filler, Marshall.

Abstract

The AC-WC layer is called the wear layer because it is in direct contact with vehicles and weather and has the thinnest thickness compared to other layers. To improve the quality of the AC-WC layer, it can be done using materials that have gone through the testing stage, namely asphalt, aggregate and filler. Magnesium carbonate powder is a safe, effective and environmentally friendly compound to use. Apart from that, magnesium carbonate powder contains several chemical compounds such as magnesium oxide, calcium oxide, silica, and iron ore which can improve the characteristics of a mixture. This research aims to determine the optimum asphalt content (KAO), optimum filler content, and the effect of adding magnesium carbonate powder as a filler to the AC-WC mixture using the Marshall test method in accordance with the 2018 General Specifications for Highways (Revision 2). In this study, variations in asphalt content were used, namely 5.52%, 6.52%, and 7.52%, as well as variations in filler content, namely 0%, 1%, 2%, 3%, and 4%. Based on the research results, the optimum asphalt content (KAO) was obtained at 6.40% and the optimum filler content was 0.75%. The addition of magnesium carbonate powder as a filler can increase the stability, MQ, VIM, and VMA values, but reduces the flow and VFA values in the AC-WC mixture. so the addition of magnesium carbonate powder as a filler can increase the strength of road pavement. However, excessive addition of magnesium carbonate powder can cause the road pavement to become hollow and damaged.

Keywords— AC-WC, Magnesium Carbonate Powder, Filler, Marshall.

History of article:

Received: 12 Juli 2024., Revised: 26 November 2024, Published: 31 Desember 2024

I. PENDAHULUAN

Perkerasan jalan merupakan lapisan dengan posisi paling atas dan menjadi tempat berpijaknya roda kendaraan yang memiliki fungsi memberi pelayanan sebagai penopang dari beban di atasnya. Perkerasan jalan menjadi hal yang penting demi membangun akses jalan yang nyaman bagi masyarakat (Mukhyarz, 2022). Perkerasan jalan yang umumnya digunakan yaitu perkerasan lentur berupa lapis aspal beton (Sholichin & Utama, 2019). Lapis aspal beton tersusun dari material yang dicampur, dihampar, serta dipadatkan pada suhu yang telah ditentukan. Penggunaan lapis aspal beton umumnya terdapat pada jalan dengan beban lalu lintas cukup berat (IR. Hamirhan Saodang MSCE., 2005). Lapis aspal beton memiliki beberapa jenis lapisan salah satunya yaitu lapisan AC-WC. Lapisan ini disebut sebagai lapisan aus karena berada pada posisi paling atas sehingga berhubungan langsung dengan kendaraan dan cuaca (Utomo, 2019). Selain itu, lapisan AC-WC memiliki tebal lapisan yang paling tipis dibanding lapisan lainnya (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018). Sehingga lapisan AC-WC harus memiliki kekuatan serta ketahanan yang lebih baik. Lapisan yang memiliki campuran kurang baik, nantinya dapat mengakibatkan kerusakan pada jalan dan menyebabkan kecelakaan (Rupa et al., 2023).

Sebagai upaya peningkatan perkerasan jalan, material penyusun yang digunakan perlu diperhatikan dalam pemilihannya karena sangat menentukan kelayakan pada suatu perkerasan jalan. Bahan pengisi (*filler*) berfungsi sebagai pengisi rongga – rongga dan juga berfungsi untuk meningkatkan kerapatan dan nilai stabilitas serta mengurangi rongga udara pada suatu perkerasan jalan (Sudarmadji & Hamdi, 2014). Penggunaan bahan pengisi (*filler*) pada campuran aspal umumnya sudah banyak dilakukan menggunakan bahan salah satunya seperti semen (Ali, 2011). Pada penelitian ini, bahan pengisi (*filler*) alternatif yang digunakan yaitu bubuk magnesium karbonat.

Indonesia mempunyai bahan baku yang cukup melimpah untuk pembuatan magnesium karbonat yaitu dalam wujud mineral dolomit (Natasha et al., 2019). Bubuk magnesium karbonat memiliki wujud berwarna putih seperti bedak yang tidak berbau, tidak beracun, dan kedap air, serta merupakan senyawa yang aman, efektif, dan juga ramah lingkungan untuk digunakan sebagai bahan dalam berbagai kegiatan. Selain itu, bubuk magnesium karbonat juga memiliki sifat

pozzolanic yang dapat meningkatkan kekuatan dan ketahanan pada suatu campuran. Bubuk magnesium karbonat memiliki beberapa kandungan senyawa kimia didalamnya seperti magnesium oksida (MgO), kalsium oksida (CaO), silika (SiO₂), bijih besi (Fe₂O₃), dan senyawa lainnya.

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh bubuk magnesium karbonat sebagai *filler* pada campuran AC-WC menggunakan metode pengujian *Marshall* sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2). Dengan penelitian ini, bubuk magnesium karbonat diharapkan dapat menjadi *filler* alternatif pada campuran aspal dan dapat meningkatkan karakteristik campuran aspal tersebut dalam aspek kekuatan (tekan dan lentur) dan ketahanan (air dan cuaca).

II. METODE PENELITIAN

A. Material

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan Jalan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Sains UPN “Veteran” Jawa Timur. Benda uji yang digunakan yaitu berupa tabung dengan ukuran diameter 10 cm, tinggi $\pm 7,5$ cm, dan berat benda uji ± 1200 gram. Pada waktu proses penelitian, berat setiap bahan yang digunakan baik agregat, aspal, dan bubuk magnesium karbonat ditambah sebesar 10% dari berat asli. Sehingga berat total benda uji yang dihasilkan yaitu sebesar ± 1320 gram. Bahan yang digunakan yaitu agregat kasar berupa batu pecah berukuran 10-15 mm dan 5-10 mm, agregat halus berupa abu batu berukuran ≤ 5 mm, Aspal Pertamina Penetrasi 60/70, dan bubuk magnesium karbonat sebagai bahan pengisi (*filler*).

B. Metode

- 1) Lapis Aspal Beton merupakan lapisan yang tersusun dari material yang telah melalui tahap pencampuran, penghamparan, serta pemadatan pada suhu yang telah ditentukan. Lapisan ini biasanya digunakan pada jalan yang memiliki beban dan tingkat kepadatan lalu lintas yang cukup berat (Sukirman, 2010). Sifat yang dimiliki lapis aspal beton yaitu punya nilai struktural, kedap air, awet, dan mempunyai kadar aspal antara 4-7% dari berat total campuran (IR. Hamirhan Saodang MSCE., 2005). Selain itu, lapis aspal beton ini memiliki ciri khas yaitu mempunyai rongga – rongga kecil antar agregat dan saling mengikat satu sama lain sehingga lapis aspal beton memiliki

kekakuan dan stabilitas yang tinggi. Berdasarkan fungsinya, lapis aspal beton memiliki beberapa macam jenis lapisan yaitu sebagai berikut:

1. Lapis AC-WC, berfungsi sebagai lapis aus dan terletak pada posisi paling atas dengan ketebalan lapisan minimum sebesar 4 cm.
 2. Lapis AC-BC, berfungsi sebagai lapis antara karena terletak berada di antara lapis AC-WC dan AC-Base dengan ketebalan minimum sebesar 6 cm.
 3. Lapis AC-Base, berfungsi sebagai lapis pondasi dan terletak pada posisi di bawah lapis AC-BC dengan ketebalan minimum sebesar 7,5 cm.
- 2) Agregat merupakan zat padat sebagai bahan utama pada suatu konstruksi jalan. Komponen agregat yang digunakan biasanya berkisar antara 90-95% dari berat total campuran (Sukirman, 2016). Dengan demikian agregat menjadi penyumbang utama dalam faktor kekuatan dan kualitas perkerasan jalan. Sebelum agregat digunakan sebagai bahan dalam campuran, terdapat beberapa pengujian standar agregat yang dilakukan untuk memastikan kelayakan pada agregat.
- 3) Aspal merupakan bahan alam yang memiliki kandungan utama hidrokarbon yang diperoleh dari hasil eksplorasi dan berwarna hitam (IR. Hamirhan Saodang MSCE., 2005). Aspal dapat diperoleh dari proses destilasi minyak bumi mentah (*crude oil*) yang dilakukan secara mekanik ataupun alami. Aspal memiliki sifat termoplastis yang dapat diartikan akan mencair saat panas dan membeku saat dingin. Selain itu, aspal juga memiliki sifat daya tahan terhadap cuaca, peka terhadap temperatur, adhesi, dan kohesi. Aspal pada perkerasan jalan memiliki kegunaan sebagai bahan pengikat dan pengisi antar agregat. Penggunaan aspal dalam perkerasan jalan biasanya berkisar antara 4-10% dari berat total campuran (Sukirman, 2016). Sebelum aspal digunakan sebagai bahan campuran, terdapat pengujian standar aspal yang dilakukan untuk memastikan kelayakan pada aspal (Tenrianjeng, 1999).
- 4) Kadar Aspal rencana digunakan sebagai acuan untuk melakukan percobaan di laboratorium. Penentuan kadar aspal rencana dapat digunakan dengan formula pendekatan yaitu metode *Asphalt Institute* (Kementerian PUPR, 2019). Perhitungan

kadar aspal rencana dengan metode *Asphalt Institute* ditunjukkan pada persamaan 1 berikut:

$$P = (0,035 \times A) + (0,045 \times B) + (K \times C) + F \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

P = Kadar aspal rencana (%)

A = Agregat tertahan saringan No. 8 (%)

B = Agregat lolos saringan No. 8 dan tertahan No. 200 (%)

C = Agregat lolos saringan No. 200 (%)

K = 0,15 jika agregat lolos saringan No. 200 antara 11-15%

= 0,18 jika agregat lolos saringan No. 200 antara 6-10%

= 0,2 jika agregat yang lolos saringan No. 200 \leq 5%

F = 0-2% berdasarkan nilai penyerapan agregat (jika tidak tersedia, gunakan 0,7%)

- 5) Bahan Pengisi (*Filler*) merupakan bahan untuk mengisi rongga dalam suatu campuran yang berukuran lebih kecil yang ditambahkan pada campuran aspal biasanya bahan tersebut berukuran <0,075 mm (IR. Hamirhan Saodang MSCE., 2005). Penambahan bahan pengisi (*filler*) harus dalam keadaan kering dan tidak menggumpal. Biasanya penggunaan bahan pengisi (*filler*) untuk semen digunakan sebesar 1-2% dari berat total agregat, sedangkan untuk penggunaan bahan pengisi (*filler*) selain semen digunakan sebesar 1-3% dari berat total agregat (Sukirman, 2016).
- 6) Bubuk Magnesium Karbonat merupakan senyawa yang pembentukannya diakibatkan oleh suatu reaksi yang membentuk sebuah senyawa kompleks yaitu hidromagnesit. Indonesia mempunyai bahan baku yang cukup melimpah untuk pembuatan magnesium karbonat yaitu dalam wujud mineral dolomit (Natasha et al., 2019). Magnesium karbonat merupakan senyawa kimia aditif yang memiliki wujud berwarna putih seperti bedak yang tidak berbau, tidak beracun, dan kedap air. Bubuk magnesium karbonat merupakan senyawa yang aman, efektif, dan juga ramah lingkungan untuk digunakan sebagai bahan dalam berbagai kegiatan. Penambahan magnesium karbonat biasanya dapat memberikan karakteristik sesuai dengan jenis campurannya seperti mencegah terjadinya penggumpalan pada campuran lemi rajungan, memberikan daya simpan dan umur yang efektif cukup lama sebagai penambahan pada suatu produk serbuk sirsak, serta memiliki sifat alkali

atau basa yang dapat menetralkan tingkat keasaman pada suatu campuran atau struktur contohnya tanah (Aprialdi et al., 2023). Selain itu, bubuk magnesium karbonat juga memiliki sifat *pozzolanic* yang dapat meningkatkan kekuatan dan ketahanan pada suatu campuran. Bubuk magnesium karbonat memiliki beberapa kandungan senyawa kimia didalamnya seperti magnesium oksida (MgO), kalsium oksida (CaO), silika (SiO₂), dan bijih besi (Fe₂O₃). Dengan adanya beberapa kandungan tersebut, diharapkan bubuk magnesium karbonat dapat meningkatkan karakteristik pada campuran aspal dalam aspek kekuatan (tekan dan lentur) dan ketahanan (air dan cuaca).

- 7) Pengujian *Marshall* merupakan pengujian untuk mengevaluasi karakteristik fisik dan mekanik seperti kekuatan dan kelenturan dari campuran aspal. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2), ketentuan parameter *Marshall* ditunjukkan pada tabel 1 berikut:

TABEL 1. Ketentuan Parameter *Marshall* Lapis AC-WC

Parameter <i>Marshall</i>	Syarat Spesifikasi	Satuan
Stabilitas	Min. 800	kg
<i>Flow</i>	2-4	mm
MQ	Min. 250	kg/mm
VIM	3-5	%
VMA	Min. 15	%
VFA	Min. 65	%

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2))

- a) Stabilitas merupakan kemampuan sebuah lapisan perkerasan jalan untuk menerima suatu beban yang diakibatkan oleh lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk. Stabilitas sebuah perkerasan jalan harus seimbang dengan volume dan beban lalu lintas. Nilai stabilitas yang tinggi, maka perkerasan jalan tersebut memiliki tingkat kekakuan yang tinggi. Namun jika nilai stabilitasnya rendah, maka dapat menyebabkan terjadinya pelenturan pada perkerasan jalan dan dapat menyebabkan perubahan bentuk (Sukirman, 2016).
- b) Kelelahan (*Flow*) merupakan kemampuan sebuah lapisan perkerasan jalan yang mengalami perubahan bentuk akibat menahan

beban lalu lintas. Nilai *flow* tersebut dipengaruhi oleh kadar aspal dan jumlah agregat serta suhu saat proses pemadatan. Nilai *flow* yang rendah, menyebabkan perkerasan jalan tersebut menjadi kaku dan getas sehingga dapat menyebabkan keretakan. Namun jika nilai *flow* tinggi, maka perkerasan jalan tersebut cenderung memiliki sifat plastis dan mudah berubah bentuk.

- c) *Marshall Quotient* (MQ) merupakan sebuah indikator untuk menentukan tingkat kekakuan dan kelenturan pada sebuah perkerasan jalan. Nilai MQ yang tinggi, menunjukkan bahwa perkerasan jalan tersebut memiliki tingkat kekakuan yang tinggi. Namun ketika nilai MQ yang diperoleh rendah, maka perkerasan jalan tersebut memiliki tingkat kekakuan yang rendah sehingga dapat menyebabkan perubahan bentuk pada perkerasan jalan tersebut saat menerima beban lalu lintas.
- d) Rongga dalam campuran (VIM) merupakan persentase suatu volume rongga udara pada sebuah perkerasan jalan. Nilai VIM dapat dipengaruhi oleh faktor pemadatan campuran aspal yaitu gradasi agregat, berat jenis dan penyerapan, kadar aspal, jumlah tumbukan, dan suhu saat proses pemadatan. Nilai VIM yang tinggi menyebabkan berkurangnya kekedapan suatu perkerasan jalan, sehingga oksidasi pada aspal meningkat yang menyebabkan mempercepat penuaan dan menurunnya sifat durabilitas pada perkerasan jalan tersebut serta dapat terjadi pelepasan butiran atau melupasnya permukaan perkerasan jalan. Namun ketika nilai VIM yang diperoleh rendah, menyebabkan suhu menjadi meningkat dan perkerasan jalan mengalami bleeding (Sukirman, 2016).
- e) Rongga dalam agregat (VMA) merupakan persentase suatu volume rongga antar butiran agregat yang terdapat di dalam sebuah perkerasan jalan, termasuk rongga udara dan rongga yang telah diisi oleh aspal. Nilai VMA dapat dipengaruhi oleh faktor pemadatan campuran aspal yaitu gradasi agregat, kadar aspal, jumlah tumbukan, dan suhu saat proses pemadatan. Nilai VMA (rongga udara lebih besar dari rongga yang terisi aspal) menyebabkan terjadinya oksidasi dan membuat daya lekat campuran aspal

berkurang. Dari kondisi tersebut menyebabkan pelepasan butiran pada perkerasan jalan. Namun ketika nilai VMA (rongga udara lebih kecil dari rongga yang terisi aspal), menyebabkan perkerasan jalan kedap terhadap air dan udara. Dari kondisi tersebut menyebabkan aspal meleleh dan keluar ke permukaan akibat suhu yang tinggi (Waani, 2013).

- f) Rongga terisi aspal (VFA) merupakan persentase suatu rongga yang telah diisi oleh aspal setelah perkerasan jalan dipadatkan. Nilai VFA dapat dipengaruhi oleh besarnya nilai VIM dan VMA pada perkerasan jalan tersebut. Selain itu, Nilai VFA dapat berpengaruh pada sifat kedap dan sifat elastis pada perkerasan jalan. Nilai VFA yang tinggi menyebabkan perkerasan kedap terhadap air dan udara. Dari kondisi tersebut menyebabkan perkerasan jalan mengalami bleeding. Namun, ketika nilai VFA yang diperoleh rendah, maka dapat menyebabkan terjadinya oksidasi dan membuat daya lekat campuran aspal berkurang. Dari kondisi tersebut menyebabkan perkerasan jalan mengalami pelepasan butiran dan perkerasan jalan tidak tahan lama.

Tahapan – tahapan penelitian yang dilakukan antara lain sebagai berikut:

1. Persiapan alat dan bahan.
2. Pengujian standar agregat.
3. Pengujian standar aspal.
4. Perencanaan campuran aspal dengan variasi kadar aspal sebesar P-1%, P, dan P+1% dari berat benda uji dengan jumlah 5 buah untuk setiap variasi.
5. Pengujian *Marshall* pada benda uji untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO).
6. Perencanaan campuran aspal dengan menggunakan kadar aspal optimum (KAO) dan penambahan bubuk magnesium karbonat sebagai bahan pengisi (*filler*) dengan variasi kadar *filler* sebesar 0%, 1%, 2%, 3% dan 4% dari berat total agregat dengan jumlah 5 buah untuk setiap variasi.
7. Pengujian *Marshall* pada benda uji untuk menentukan kadar *filler* optimum.
8. Hasil penelitian.
9. Kesimpulan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Standar Agregat

Hasil pengujian standar agregat pada penelitian ini dilakukan pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 2 berikut:

TABEL 2. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Agregat Kasar Uk. 10-15 mm			
Jenis Pengujian	Syarat Spesifikasi	Satuan	Hasil Pengujian
Berat Jenis Curah	Min. 2,5	gram/cm ³	2,71
Berat Jenis SSD	Min. 2,5	gram/cm ³	2,75
Berat Jenis Semu	Min. 2,5	gram/cm ³	2,83
Penyerapan Air	Min. 3	%	1,57
Agregat Kasar Uk. 5-10 mm			
Jenis Pengujian	Syarat Spesifikasi	Satuan	Hasil Pengujian
Berat Jenis Curah	Min. 2,5	gram/cm ³	2,60
Berat Jenis SSD	Min. 2,5	gram/cm ³	2,65
Berat Jenis Semu	Min. 2,5	gram/cm ³	2,73
Penyerapan Air	Min. 3	%	1,85
Agregat Halus Uk. ≤5 mm			
Jenis Pengujian	Syarat Spesifikasi	Satuan	Hasil Pengujian
Berat Jenis Curah	Min. 2,5	gram/cm ³	2,61
Berat Jenis SSD	Min. 2,5	gram/cm ³	2,65
Berat Jenis Semu	Min. 2,5	gram/cm ³	2,72
Penyerapan Air	Min. 3	%	1,55

(Sumber: Hasil Penelitian)

B. Hasil Pengujian Standar Aspal

Hasil pengujian standar aspal yang dilakukan pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 3 berikut:

TABEL 3. Hasil Pengujian Standar Aspal

Aspal Pertamina Penetrasi 60/70			
Jenis Pengujian	Syarat Spesifikasi	Satuan	Hasil Pengujian
Penetrasi Aspal	60-70	mm	65,15
Titik Lembek Aspal	Min. 48	°C	52,50
Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	Min. 232	°C	356
Berat Jenis Aspal	Min. 1	gram/cm ³	1,043

(Sumber: Hasil Penelitian)

C. Hasil Penentuan Kadar Aspal Rencana

Hasil penentuan kadar aspal rencana ditunjukkan sebagai berikut:

$$P = (0,035 \times A) + (0,045 \times B) + (K \times C) + F$$

$$= (0,035 \times 57) + (0,045 \times 36,5) + (0,18 \times 6,5) + 1,71$$

$$= 6,52\%$$

Dari hasil perhitungan tersebut, perkiraan kadar aspal rencana pada penelitian ini dengan variasi kadar aspal sebesar P-1%, P, dan P+1% ditunjukkan pada tabel 4 berikut:

TABEL 4. Hasil Variasi Kadar Aspal Rencana

Variasi Kadar Aspal	Persentase Kadar Aspal	Berat Aspal
%	%	gram
P-1%	5,52	66,24
P	6,52	78,24
P+1%	7,52	90,24

(Sumber: Hasil Penelitian)

D. Hasil Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

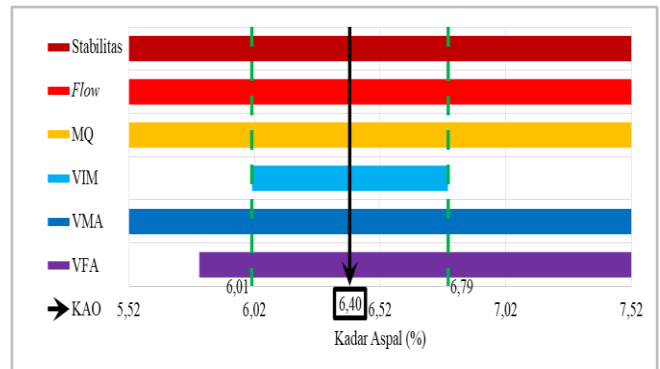
Hasil penentuan kadar aspal optimum (KAO) diperoleh dengan menentukan karakteristik dari parameter *Marshall* dari pembuatan, perhitungan, dan pengujian benda uji menggunakan variasi kadar aspal sebesar 5,52%, 6,52%, dan 7,52%. Hasil parameter *Marshall* untuk kadar aspal yang dilakukan pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 5 berikut:

TABEL 5. Rekapitulasi Hasil Parameter *Marshall* untuk Kadar Aspal

Parameter <i>Marshall</i>	Syarat Spesifikasi	Satuan	Variasi Kadar Aspal		
			5,52%	6,52%	7,52%
Stabilitas	Min. 800	kg	2437,66	2355,32	1875,12
Flow	2-4	mm	2,58	2,77	3,15
MQ	Min. 250	kg/mm	943,92	851,42	596,39
VIM	3-5	%	6,47	3,57	1,71
VMA	Min. 15	%	16,28	15,59	15,82
VFA	Min. 65	%	60,28	77,10	89,17

(Sumber: Hasil Penelitian)

Penentuan kadar aspal optimum (KAO), dapat diperoleh dengan menentukan nilai tengah dari parameter *Marshall* yang telah memenuhi persyaratan sesuai dengan spesifikasi. Dari tabel di atas, dapat disajikan grafik penentuan kadar aspal optimum (KAO) yang ditunjukkan pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Parameter *Marshall*

Berdasarkan grafik tersebut, maka diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) yaitu dengan persentase sebesar 6,40%.

E. Hasil Penentuan Kadar Filler Optimum

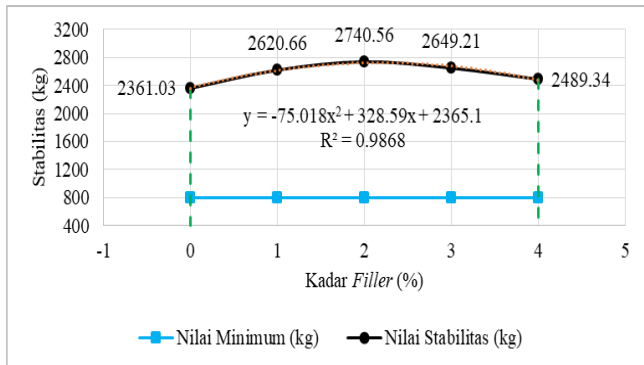
Hasil penentuan kadar *filler* optimum diperoleh dengan menentukan karakteristik dari parameter *Marshall* dari pembuatan, perhitungan, dan pengujian benda uji menggunakan variasi kadar *filler* sebesar 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%. Hasil parameter *Marshall* untuk kadar *filler* yang dilakukan pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 6 berikut:

TABEL 6. Rekapitulasi Hasil Parameter *Marshall* untuk Kadar *Filler*

Parameter <i>Marshall</i>	Syarat Spesifikasi	Satuan	Variasi Kadar <i>Filler</i>				
			0%	1%	2%	3%	4%
Stabilitas	Min. 800	Kg	236 1,03	262 0,66	274 0,56	264 9,21	248 9,34
Flow	2-4	Mm	2,73	2,48	2,30	2,35	2,53
MQ	Min. 250	kg/mm	867, 21	105 9,95	119 2,24	112 7,94	986, 81
VIM	3-5	%	3,92	4,38	5,94	9,01	12,2 6
VMA	Min. 15	%	15,6 7	16,0 8	17,4 4	20,1 4	22,9 9
VFA	Min. 65	%	75,0 1	72,7 4	65,9 6	55,2 4	46,7 5

(Sumber: Hasil Penelitian)

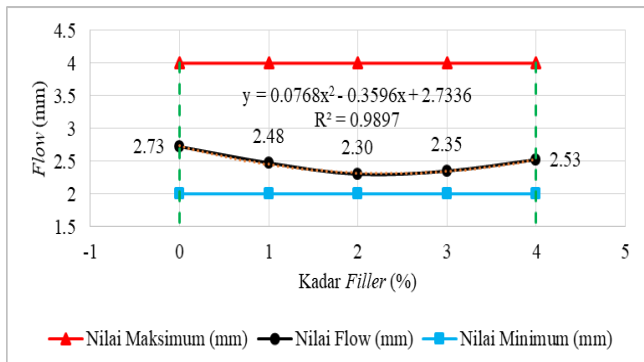
1) Stabilitas



Gambar 2. Grafik Rekapitulasi Nilai Stabilitas untuk Kadar Filler

Berdasarkan grafik tersebut, nilai stabilitas yang diperoleh dari variasi kadar filler 0% hingga 2% mengalami kenaikan, sehingga tingkat kekakuan pada campuran aspal tersebut juga meningkat. Sedangkan nilai stabilitas yang diperoleh dari variasi kadar filler 2% hingga 4% mengalami penurunan, sehingga tingkat kekakuan pada campuran aspal tersebut juga menurun.

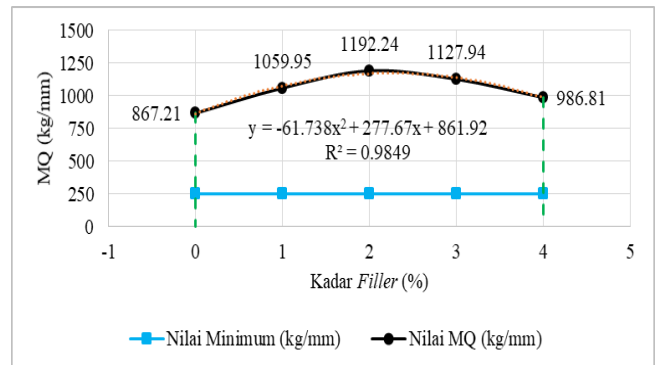
2) Kelelahan (Flow)



Gambar 3. Grafik Rekapitulasi Nilai Flow untuk Kadar Filler

Berdasarkan grafik tersebut, nilai flow yang diperoleh dari variasi kadar filler 0% hingga 2% mengalami penurunan, sehingga tingkat kekakuan pada campuran aspal tersebut juga meningkat. Sedangkan nilai flow yang diperoleh dari variasi kadar filler 2% hingga 4% mengalami kenaikan, sehingga tingkat kekakuan pada campuran aspal tersebut juga menurun.

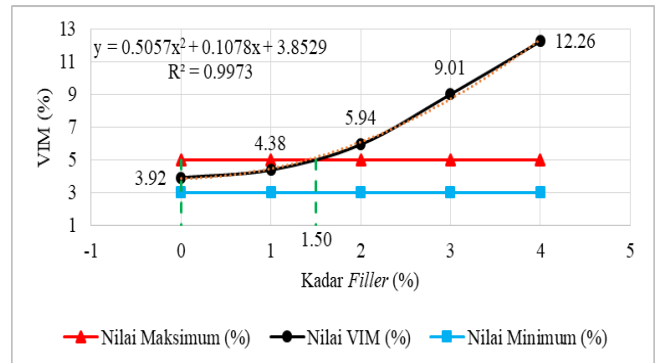
3) Marshall Quotient (MQ)



Gambar 4. Grafik Rekapitulasi Nilai MQ untuk Kadar Filler

Berdasarkan grafik tersebut, nilai MQ yang diperoleh dari variasi kadar filler 0% hingga 2% mengalami kenaikan, sehingga tingkat kekakuan pada campuran aspal tersebut juga meningkat. Sedangkan nilai MQ yang diperoleh dari variasi kadar filler 2% hingga 4% mengalami penurunan, sehingga tingkat kekakuan pada campuran aspal tersebut juga menurun.

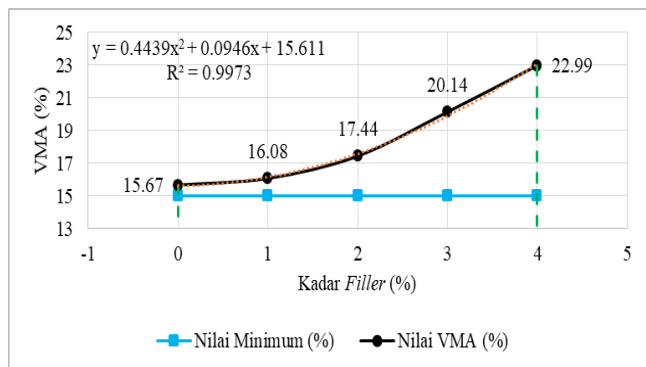
4) Rongga dalam Campuran (VIM)



Gambar 5. Grafik Rekapitulasi Nilai VIM untuk Kadar Filler

Berdasarkan grafik tersebut, nilai VIM yang diperoleh dari setiap variasi kadar filler mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya jumlah filler bubuk magnesium karbonat yang digunakan, sehingga rongga udara dalam campuran aspal tersebut juga semakin besar.

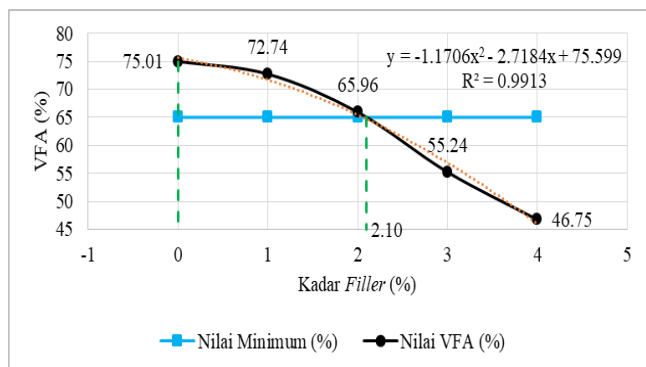
5) Rongga dalam Agregat (VMA)



Gambar 6. Grafik Rekapitulasi Nilai VMA untuk Kadar Filler

Berdasarkan grafik tersebut, nilai VMA yang diperoleh dari setiap variasi kadar filler mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya jumlah filler bubuk magnesium karbonat yang digunakan, sehingga rongga antar agregat dalam campuran aspal tersebut menunjukkan bahwa rongga udara antar agregat semakin besar dan rongga yang diisi oleh aspal semakin kecil.

6) Rongga Terisi Aspal (VFA)



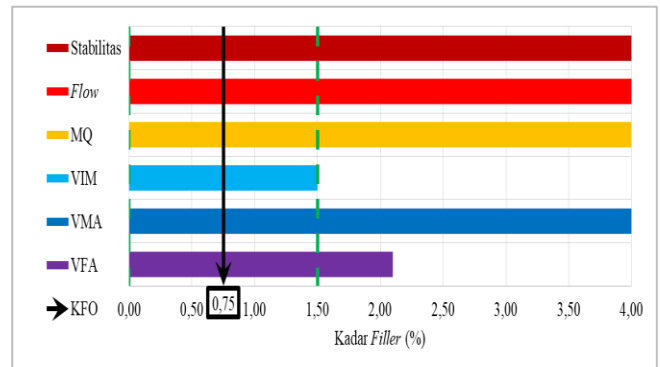
Gambar 7. Grafik Rekapitulasi Nilai VFA untuk Kadar Filler

Berdasarkan grafik tersebut, nilai VFA yang diperoleh dari setiap variasi kadar filler mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya jumlah filler bubuk magnesium karbonat yang digunakan, sehingga rongga terisi aspal yang terdapat dalam campuran aspal tersebut juga semakin kecil.

7) Kadar Filler Optimum

Penentuan kadar filler optimum diperoleh dengan menentukan nilai tengah dari parameter Marshall yang telah memenuhi persyaratan sesuai dengan spesifikasi. Dari grafik – grafik di atas, dapat disajikan grafik

penentuan kadar filler optimum yang ditunjukkan pada gambar 8 berikut:



Gambar 8. Grafik Hubungan Kadar Filler dengan Parameter Marshall

Berdasarkan grafik tersebut, maka diperoleh nilai kadar filler optimum yaitu dengan persentase sebesar 0,75%.

F. Pengaruh Filler Bubuk Magnesium Karbonat

Pengaruh penambahan bubuk magnesium karbonat sebagai bahan pengisi (filler), diperoleh dari hasil perbandingan pada setiap parameter Marshall antara campuran aspal tanpa menggunakan bahan pengisi (filler) yaitu pada kadar filler 0% dengan campuran aspal yang menggunakan bahan pengisi (filler) yaitu pada kadar filler 0,75%. Hasil perbandingan parameter Marshall yang dilakukan pada penelitian ini, ditunjukkan pada tabel 7 berikut:

TABEL 7. Rekapitulasi Hasil Perbandingan Parameter Marshall

Parameter Marshall	Syarat Spesifikasi	Satuan	Variasi Kadar Filler		Persentase (%)	Keterangan
			0%	0,75%		
Stabilitas	Min. 800	kg	2361,03	2569,34	8,82	Kenaikan
Flow	2-4	mm	2,73	2,51	-8,00	Penurunan
MQ	Min. 250	kg/mm	867,21	1035,44	19,40	Kenaikan
VIM	3-5	%	3,92	4,22	7,61	Kenaikan
VMA	Min. 15	%	15,67	15,93	1,67	Kenaikan
VFA	Min. 65	%	75,01	72,90	-2,81	Penurunan

Sumber: Hasil Penelitian

Dari tabel tersebut, diperoleh kenaikan pada nilai stabilitas, penurunan pada nilai flow, kenaikan pada nilai MQ, kenaikan pada nilai VIM, kenaikan pada nilai VMA, dan penurunan pada nilai VFA. Hasil tersebut menunjukkan bahwa bubuk magnesium karbonat mampu memberi daya lekat yang cukup kuat dan

membuat partikel – partikel yang terdapat dalam perkerasan jalan menjadi saling mengikat antara satu dengan yang lainnya. Sehingga bubuk magnesium karbonat mampu meningkatkan kekuatan pada suatu perkerasan jalan. Namun, penggunaan bubuk magnesium karbonat ini dapat mempengaruhi rongga udara yang terdapat dalam perkerasan jalan tersebut menjadi lebih besar, karena aspal yang terdapat pada perkerasan jalan tersebut cenderung lebih banyak diserap oleh bubuk magnesium karbonat. Sehingga aspal dan bubuk magnesium karbonat tidak dapat mengisi rongga udara yang terdapat dalam perkerasan jalan secara optimal. Hal tersebut dapat menyebabkan perkerasan jalan akan menjadi berongga dan mengakibatkan perkerasan jalan akan mengalami kerusakan yaitu berupa pengelupasan permukaan atau pelepasan butiran jika penggunaan bubuk magnesium karbonat sebagai bahan pengisi (*filler*) melebihi batas yang telah ditentukan.

Berdasarkan analisis tersebut, diperoleh bahwa bubuk magnesium karbonat dapat digunakan sebagai *filler* pada campuran AC-WC yaitu dengan batas persentase maksimum sebesar 1,5%. Sedangkan untuk penggunaan bubuk magnesium karbonat sebagai *filler* pada campuran AC-WC secara optimal yaitu pada persentase sebesar 0,75%.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian penambahan bubuk magnesium karbonat sebagai *filler* pada campuran AC-WC, dapat disimpulkan antara lain:

1. Hasil pengujian karakteristik *Marshall* dengan menggunakan variasi kadar aspal sebesar 5,52%, 6,52%, dan 7,52%, diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6,40%. Hasil yang diperoleh tersebut, telah memenuhi persyaratan sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2).
2. Hasil pengujian karakteristik *Marshall* dengan menggunakan variasi kadar *filler* sebesar 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4 %, diperoleh nilai kadar *filler* optimum sebesar 0,75%. Hasil yang diperoleh tersebut, telah memenuhi persyaratan sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2).
3. Hasil perbandingan setiap parameter *Marshall* antara campuran aspal tanpa menggunakan bahan pengisi (*filler*) yaitu pada kadar *filler* 0% dengan campuran aspal yang menggunakan bahan pengisi

(*filler*) yaitu pada kadar *filler* 0,75%, diperoleh kenaikan nilai stabilitas sebesar sebesar 8,82%, penurunan nilai *flow* sebesar 8,00%, kenaikan nilai MQ sebesar 19,40%, kenaikan nilai VIM sebesar sebesar 7,61%, kenaikan nilai VMA sebesar sebesar 1,67%, dan penurunan nilai VFA sebesar 2,81%.

4. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bubuk magnesium karbonat dapat digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*) dengan batas persentase kadar maksimum sebesar 1,5%. Penambahan bubuk magnesium karbonat sebagai bahan pengisi (*filler*) mampu memberi daya lekat yang cukup kuat dan membuat partikel – partikel yang terdapat dalam perkerasan jalan menjadi saling mengikat antara satu dengan yang lainnya. Sehingga bubuk magnesium karbonat mampu meningkatkan kekuatan pada suatu perkerasan jalan. Namun, penggunaan bubuk magnesium karbonat ini dapat mempengaruhi rongga udara yang terdapat dalam perkerasan jalan tersebut menjadi lebih besar, karena aspal yang terdapat pada perkerasan jalan tersebut cenderung lebih banyak diserap oleh bubuk magnesium karbonat. Sehingga aspal dan bubuk magnesium karbonat tidak dapat mengisi rongga udara yang terdapat dalam perkerasan jalan secara optimal dan menyebabkan perkerasan jalan akan menjadi berongga serta mengakibatkan perkerasan jalan akan mengalami kerusakan yaitu berupa pengelupasan permukaan atau pelepasan butiran jika penggunaan bubuk magnesium karbonat melebihi batas yang telah ditentukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama kepada Allah SWT. karena atas berkah dan rahmatnya kami dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik. Kedua kepada dosen pembimbing yaitu Bapak Ibnu Sholichin dan Ibu Fithri Estikhamah yang telah memberikan bantuan, kritik, saran, dan ilmu yang bermanfaat pada penelitian ini. Ketiga kepada kedua orang tua yang selalu memberikan doa dan dukungan yang tidak pernah putus. Keempat kepada teman – teman sesama penelitian yang telah memberikan ide, tanggapan dan membantu selama proses penelitian. Semoga jurnal ini dapat memberi manfaat dan wawasan bagi semuanya. Terima kasih.

REFERENSI

Ali, H. (2011). *Karakteristik Campuran Asphalt*

- Concrete - Wearing Course (AC-WC) Dengan Penggunaan Abu Vulkanik Dan Abu Batu Sebagai Filler*. 15(1).
- Aprialdi, M. A., Ramadhan, M. F., Tias, R. G. A. N., & Nurlaela, R. S. (2023). Studi Literatur : Analisis Penggunaan Anti kempal (Anticacking Agent) Terhadap Karakteristik Produk Pangan Bertekstur Serbuk. *Karimah Tauhid*, 2(2), 394–406.
- 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.
- IR. Hamirhan Saodang MSCE. (2005). *Konstruksi Jalan Raya Buku 2 Perancangan Perkerasan Jalan Raya*.
- Kementerian PUPR. (2019). Perancangan Dan Pelaksanaan Campuran Beraspal Panas Bergradasi Menerus (Laston) Menggunakan Slag. *Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan Dan Rekayasa Sipil, September*.
<https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/718/pedoman-perancangan-dan-pelaksanaan-campuran-beraspal-panas-bergradasi-menerus-laston-menggunakan-slag.pdf>
- Mukhyarz. (2022). *Analisis Faktor - Faktor Penyebab Kerusakan Jalan Pada Jalan Lingkungan Pemukiman Di Jalan By Pass Kota Rantau*. 1–10.
- Natasha, N. C., Irawan, J., Sulistiyono, E., Fariza, E. Y., & Rhamdani, A. R. (2019). Uji Karakteristik Magnesium Karbonat Sintetis Dari Mineral Dolomit. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 16, 1–5.
- Rupa, Y. K., Alpius, & Elizabeth. (2023). Pengaruh Serat Ijuk Pada Campuran AC-WC Dengan Menggunakan Batu Gunung Bulu Tajongi. *Paulus Civil Engineering Journal*, 5(2), 343–351.
<https://doi.org/10.52722/pcej.v5i2.644>
- Sholichin, I., & Sutama, D. A. (2019). Variations In The addition Of Polypropylene Fiber, Fly Ash And Immersion In Asphalt Mixtures On Stability And Flow. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 10(2), 2032–2039.
- Sudarmadji, S., & Hamdi, H. (2014). Pengaruh Penggunaan Abu Vulkanik Sebagai Filler Terhadap Campuran Aspal Beton Lapis Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC). *PILAR Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 179–188.
- Sukirman, S. (2010). Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur. In *Buku*.
- Sukirman, S. (2016). Beton Aspal Campuran Panas. In *Granit Yayasan Obor Indonesia*. (Vol. 53, Issue 9).
- Tenrianjeng, A. T. (1999). Rekayasa Jalan Raya-2. In *Universitas Gunadharma Jakarta* (p. 5).
- Utomo, N.-. (2019). Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Material Pengisi Pada Campuran Perkerasan Jalan. *Jurnal Envirotek*, 11(1), 59–65.
<https://doi.org/10.33005/envirotek.v11i1.1363>
- Waani, J. E. (2013). Evaluasi Volumetrik Marshall Campuran AC-BC (Studi Kasus Material Agregat di Manado dan Minahasa). *Jurnal Teknik Sipil*, 20(1), 67. <https://doi.org/10.5614/jts.2013.20.1.8>