

# PENGARUH PENAMBAHAN BATU KAPUR PACIRAN KABUPATEN LAMONGAN SEBAGAI *FILLER* TERHADAP KINERJA CAMPURAN ASPHALT *CONCRETE–BINDER COURSE (AC–BC)*

Mufid Alfariqhi<sup>1</sup>, Ibnu Sholichin<sup>2\*</sup>, Fithri Estikhamah<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Indonesia  
e-mail: <sup>2</sup>[ibnu.ts@upnjatim.ac.id](mailto:ibnu.ts@upnjatim.ac.id) (corresponding author)

## Abstrak

Infrastruktur transportasi merupakan elemen terpenting dalam menunjang kemajuan suatu negara, salah satunya adalah jalan raya. Penggunaan filler memiliki pengaruh yang signifikan pada kualitas perkerasan aspal beton. Pada penelitian ini pemanfaatan batu kapur Paciran menjadi salah satu alternatif filler. Selain untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan, penggunaan batu kapur sebagai filler ini juga dapat mengoptimalkan pengelolaan sumber daya alam lokal di Kabupaten Lamongan. Penelitian ini menggunakan metode pengujian Marshall yang telah ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2. Perhitungan variasi kadar aspal rencana menggunakan metode teoritis didapatkan variasi aspal sebesar 5,42%, 6,42%, dan 7,42%, dan didapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) dari parameter pengujian Marshall sebesar 7,03%. Berdasarkan parameter pengujian Marshall, didapatkan Kadar Filler Optimum pada penelitian ini sebesar 1,19%. Dari rumus Garis Tren Polinomial Kadar Filler Optimum sebesar 1,17% didapatkan nilai VIM 3,49%, VMA 18,62%, VFA 81,32%, Stabilitas 2189,52 kg, Flow 3,87 mm, dan MQ 568,47 kg/mm. terdapat kenaikan dan penurunan disebabkan penambahan filler batu kapur Paciran, nilai VIM dan VMA mengalami penurunan sebesar 23,69% dan 4,69%. Nilai VFA, Stabilitas, Flow, dan MQ mengalami kenaikan sebesar 6,17%, 4,70%, 1,49%, dan 1,67%. Secara keseluruhan penambahan filler batu kapur Paciran sebagai campuran lapisan aspal beton AC-BC telah memenuhi syarat pada Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018.

**Kata kunci**— Laston AC-BC, Aspal, Filler, Batu Kapur Paciran.

## Abstract

Transportation infrastructure is the most important element in supporting a country's progress, one of which is roads. The use of filler has a significant influence on the quality of asphalt concrete pavement. In this research, Paciran limestone was used as an alternative filler. Apart from improving the quality of road pavement, using limestone as a filler can also optimize the management of local natural resources in Lamongan Regency. This research uses the Marshall testing method which has been stipulated in the 2018 General Specifications for Highways, Revision 2. Calculating variations in planned asphalt content using theoretical methods obtained asphalt variations of 5.42%, 6.42% and 7.42%, and obtained levels Optimum Asphalt (KAO) from Marshall test parameters is 7.03%. Based on the Marshall test parameters, the Optimum Filler Content in this study was 1.19%. From the Polynomial Trend Line formula for Optimum Filler Content of 1.17%, the VIM value is 3.49%, VMA 18.62%, VFA 81.32%, Stability 2189.52 kg, Flow 3.87 mm, and MQ 568.47 kg/mm. There was an increase and decrease due to the addition of Paciran limestone filler, the VIM and VMA values decreased by 23.69% and 4.69%. The VFA, Stability, Flow and MQ values increased by 6.17%, 4.70%, 1.49% and 1.67%. Overall, the addition of Paciran limestone filler as a mixture for the AC-BC asphalt concrete layer has met the requirements of the 2018 General Bina Marga Specifications.

**Keywords**— Laston AC-BC, Asphalt, Filler, Paciran Limestone.

History of article:

Received: 22 Juni 2024, Revised: 20 November 2024, Published: 31 Desember 2024

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Infrastruktur transportasi merupakan salah satu elemen terpenting penunjang kemajuan suatu negara. Pembangunan infrastruktur jalan secara massif memberikan dampak positif secara signifikan terhadap perkembangan ekonomi suatu daerah, peningkatan sebesar 5,33% atau 453.901,18 milyar rupiah rata-rata setiap tahunnya (BPS, 2020).

Di sisi lain pembangunan infrastruktur jalan nasional yang massif, kualitas dari perencanaan struktur jalan juga harus diperhatikan. Salah satu inovasi dalam meningkatkan kualitas perkerasan jalan adalah dengan penambahan *filler* pada campuran aspal beton (*laston*). Menurut SNI 03-4142-1996 yang dinamakan *filler* adalah bahan campuran aspal beton yang lolos dalam saringan nomor 200 atau memiliki ukuran sebesar (0,075 mm) tidak kurang dari 75% dari agregat yang lolos saringan nomor 30 (0,600 mm) dan mempunyai sifat *non-plastis*.

Salah satu inovasi bahan pengisi atau *filler* pada aspal beton adalah menggunakan batu kapur Paciran. Batu kapur adalah batuan sedimen yang tersusun dari mineral kalsit dan aragonit, yang merupakan dua varian yang berbeda dari kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) (Sinulingga & Sirait, 2021). Penggunaan *filler* batu kapur Paciran disisi lain sebagai campuran aspal beton AC-BC juga menjadi inovasi baru dalam pengoptimalan sumber daya alam lokal di Kabupaten Lamongan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui Kadar aspal Optimum (KAO), Kadar *Filler* Optimum dari batu kapur Paciran, dan pengaruh dari *filler* batu kapur Paciran terhadap karakteristik *Marshall* pada lapisan aspal beton AC-BC.

### B. Lokasi Penelitian

Bahan sampel untuk batu kapur berasal dari Desa Sendangagung, Kecamatan Paciran, Kabupaten Lamongan. Kemudian untuk pelaksanaan pengujian material dan pembuatan benda uji dilaksanakan di Laboratorium Konstruksi Bahan Jalan dan Transportasi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian  
(Sumber: Google Earth (2024))

### C. Tinjauan Pustaka

1) *Perkerasan Jalan*: Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan. Perkerasan jalan berfungsi untuk membantu transportasi dan diharapkan tidak mengalami kerusakan yang signifikan selama masa pakainya. Berdasarkan bahan pengikatnya, perkerasan jalan dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu perkerasan lentur, perkerasan kaku, dan perkerasan komposit (Sukirman, 1999).

2) *Aspal Beton*: Lapisan aspal beton (*Laston*) disebut juga dengan AC, terdiri dari tiga jenis, diantaranya ada AC lapis aus (*AC-Wearing Course*, *AC-WC*) dengan ukuran agregat minimum 19 mm, AC lapis antara (*AC-Binder Course*, *AC-BC*) dengan ukuran agregat minimum 25,4 mm, dan AC Lapis Pondasi (*AC-Base*) dengan ukuran agregat minimum 37,5 mm. Setiap jenis campuran AC yang menggunakan bahan aspal polymer disebut masing-masing sebagai AC-WC modifikasi, AC-BC modifikasi, dan AC-base modifikasi.

3) *Aspal*: Menurut Direktorat Jenderal Cipta Karya dan Direktorat Pengembangan Kawasan Permukiman, Kementerian PUPR, aspal adalah bahan hidro karbon yang bersifat melekat (*adhesive*), berwarna hitam kecoklatan, tahan terhadap air, dan *visoelastis*. Aspal juga bersifat termoplastis yaitu mencair apabila dipanaskan, dan kembali memadat apabila temperatur menurun (Sukirman, 2016). Kandungan aspal terdiri dari senyawa hidrokarbon, nitrogen dan logam lain (Sukirman, 2016). Secara garis besar senyawa yang terkandung pada aspal adalah *carbon* 80-87%, hidrogen 9-11%, oksigen 2-8%, nitrogen 0-1%, sulfur 0,5-7%, dan logam berat 0-0,5%. Adapun sifat aspal sebagai bahan pengikat dalam campuran perkerasan jalan yang seperti cairan kental, menahan regangan (*strain*) yang ditimbulkan oleh adanya beban lalu lintas (Rusbintardjo, 2013).

Menurut Surat Edaran (SE) Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Nomor 14/SE/M/2019, untuk menentukan kadar aspal rencana, metode pendekatan yang bisa digunakan adalah metode *asphalt institute*. Perhitungan kadar aspal rencana ditunjukkan dalam persamaan 2.1 sebagai berikut:

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

Dimana,

Pb : Kadar aspal tengah atau optimum, (persen terhadap berat campuran)

A : Persentase agregat tertahan saringan No. 8

B : Persentase agregat lolos saringan No. 8 dan tertahan saringan No. 200

C : Persentase agregat lolos saringan No. 200

K : 0,15 jika yang lolos saringan No. 200 antara 11% – 15%

: 0,18 jika yang lolos saringan No.200 antara 6% – 10%

: 0,2 jika yang lolos saringan No. 200  $\leq$  5%

F : 0 – 2% berdasarkan pada nilai penyerapan agregat (jika tidak tersedia, disarankan menggunakan 0,7%).

4) *Agregat*: Agregat atau batuan merupakan formasi kulit bumi yang keras dan penyal (Sukirman, 1999). Agregat ini menjadi komponen utama dalam perkerasan jalan, mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Agregat dibagi menjadi 2 macam diantaranya Agregat kasar adalah agregat yang memiliki ukuran > 4,75 mm menurut ASTM atau > 2 mm menurut AASHTO, dan Agregat halus adalah agregat yang memiliki ukuran < 4,75 mm menurut ASTM atau < 2 mm dan > 0,075 mm menurut AASHTO.

5) *Bahan Pengisi (Filler)*: Bahan pengisi atau *filler* pada perkerasan jalan adalah material yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) dan bersifat non plastis. Bahan pengisi berfungsi untuk mengurangi jumlah rongga dalam campuran aspal dan agregat, sehingga meningkatkan kepadatan, kestabilan, dan kekuatan perkerasan. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136: 2 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (75 *micron*) tidak kurang dari 75 % terhadap beratnya.

6) *Batu Kapur*: Batu kapur merupakan mineral anorganik dengan zat penyusun utama kalsium, kandungan kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) pada batu kapur sekitar 95% dan kandungan kalsium karbonat pada batu kapur dapat dimurnikan untuk mendapatkan

kalsiumnya (Sinulingga & Sirait, 2021). Karakteristik fisika yang menjadi acuan dan dapat diukur serta dibandingkan secara teoritis adalah warna, specific gravity, kecepatan, kekerasan, kandungan air, porositas, angka pori, dan derajat kejenuhan (Sinulingga & Sirait, 2021).

7) *Parameter Marshall*: Terdapat beberapa parameter pada pengujian *Marshall*, diantaranya adalah nilai *Void In Mix* (VIM), *Void In Mineral Agregat* (VMA), *Void Filled With Asphalt* (VFA), Stabilitas, *Flow*, dan *Marshall Quotient* (MQ).

a. *Void In Mix* (VIM)

*Void In Mix* atau volume rongga di dalam campuran merupakan volume rongga yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan (Sukirman, 2016). Adapun rumus VIM adalah sebagai berikut,

$$VIM = (100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}) \% \quad (2)$$

b. *Void In Mineral Agregat* (VMA)

*Void In Mineral Agregat* atau volume rongga diantara mineral agregat adalah volume rongga di dalam beton aspal padat jika seluruh selimut aspal ditiadakan, dinyatakan dalam persentase terhadap volume *bulk* beton aspal padat. Adapun rumus VMA adalah sebagai berikut,

$$VMA = (100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}}) \% \quad (3)$$

c. *Void Filled With Asphalt* (VFA)

*Void Filled With Asphalt* atau volume rongga antar butir agregat beton aspal padat adalah bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, tidak termasuk di dalamnya aspal yang menyerap ke dalam pori masing-masing butir agregat. Adapun rumus VFA adalah sebagai berikut,

$$VFA = \frac{100 (VMA - VIM)}{VMA} \% \quad (4)$$

d. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani.

e. *Flow*

*Flow* merupakan besarnya perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran beraspal yang terjadi akibat suatu beban sampai batas keruntuhan, dan dinyatakan dalam satuan panjang.

f. *Marshall Quotient* (MQ)

*Marshall Quotient* adalah ukuran yang menggambarkan kualitas campuran aspal beton berdasarkan hasil uji tekan dengan metode *Marshall*. MQ diperoleh dari hasil bagi antara nilai stabilitas dan nilai kelelahan (*flow*) dari campuran aspal beton.

8. *Penelitian Terdahulu*: penelitian sebelumnya yang menjadi dasar dan referensi dari penelitian ini adalah sebagai berikut,
  - a. Penelitian yang dilakukan oleh Ubaidillah & Sholichin (2023) tentang “Pengaruh Penambahan Abu Daun Bambu Sebagai Bahan Pengisi (*Filler*) Terhadap Karakteristik *Marshall* Pada Campuran Aspal Beton AC-WC”.
  - b. Penelitian yang dilakukan oleh Zulkarnain & Hidayat (2023) tentang “Pengaruh Penggunaan Kapur Sebagai Penambahan *Filler* Pada Campuran Aspal AC-BC”
  - c. Penelitian yang dilakukan Rahmawati dkk. (2023) tentang . “Pemanfaatan Limbah Batu Kapur Bukit Sekapuk Gresik Sebagai *Filler* Campuran AC-BC”
  - d. Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad dkk. (2022) tentang “Rencana Campuran Aspal AC-BC (*Aspal Concrete – Binder Course*) dengan Menggunakan Abu Batu Kapur Sebagai Tambahan *Filler*”.
  - e. Penelitian yang dilakukan oleh (Gunawan & Windy Fatikha Sari (2021) tentang “Pengaruh Penggunaan Batu Gamping Desa Tabarenah Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal AC-BC (*Aspal Concrete - Binder Course*)”.

**D. Tujuan Penelitian**

Penelitian mengenai pengaruh penambahan batu kapur Paciran sebaga *filler* pada campuran lapisan aspal beton AC-BC ini bertujuan untuk,

- a. Mengetahui kadar aspal optimum dari variasi kadar aspal pada campuran aspal beton yang didapat dari hasil *Marshall Test*.
- b. Mengetahui kadar *filler* batu kapur Paciran optimum dari variasi perbandingan kadar *filler* dengan kadar aspal optimum
- c. Mengetahui pengaruh penambahan batu kapur Paciran terhadap nilai karakteristik *Marshall*.

**II. METODE PENELITIAN**

**A. Rencana Penelitian**

Benda uji pada penelitian ini berukuran 10 cm atau 4 inci untuk diameter benda uji dengan tinggi 7,5 cm atau 3 inci. pembuatan benda uji pada penelitian ini untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) dengan variasi kadar aspal sebesar Pb-1%, Pb%, dan Pb+1%. Adapun jumlah benda uji untuk menentukan KAO pada setiap variasi kadar aspal adalah sebagai berikut,

TABEL 1. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Notasi benda Uji	Kadar Aspal	Jumlah Benda Uji
KAO 1	Pb-1%	5
KAO 2	Pb%	5
KAO 3	Pb+1%	5
Jumlah Benda Uji		15

(Sumber: Perkiraan Benda Uji)

Setelah didapatkan nilai KAO, kemudian dilakukan penambahan bahan pengisi atau *filler* berupa batu kapur Paciran, Kabupaten Lamongan dengan variasi sebesar 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% dari berat total agregat. Adapun jumlah benda uji untuk menentukan KAO pada setiap variasi kadar *filler* adalah sebagai berikut,

TABEL 2. Penentuan Kadar Filler Optimum

Kadar Aspal	Kadar Batu Kapur Paciran ( <i>Filler</i> )				
	0%	1%	2%	3%	4%
Optimum (X)	5	5	5	5	5
Jumlah Benda Uji					25

(Sumber: Perkiraan Benda Uji)

Material yang digunakan dalam pembuatan benda uji berupa batu pecah sebagai agregat kasar dengan ukuran 5/10 mm atau 10/15 mm, abu batu sebagai agregat halus, aspal, dan batu kapur Paciran, Kabupaten Lamongan sebagai *filler*. Berat benda uji pada penelitian ini adalah 1.200 gram, penentuan berat komposisi agregat menggunakan metode batas tengah untuk memperkecil kemungkinan adanya kesalahan pada komposisi agregat benda uji.

**B. Pemeriksaan Mutu Material**

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, perlu adanya pembuatan benda uji dan melakukan

pengujian pada benda uji, sehingga dibutuhkan pemeriksaan mutu dan material penelitian.

1) *Agregat*: penelitian ini menggunakan agregat dengan ukuran 10-15 mm, 5-10 mm, dan > 5 mm.

Dalam pemeriksaan mutu agregat, dilakukan beberapa pengujian, pengujian tersebut adalah sebagai berikut,

a. Analisa Saringan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir atau gradasi agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan.

b. Berat Jenis dan Penyerapan

Pemeriksaan ini untuk memperoleh angka berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenis dan berat jenis semu serta besarnya angka penyerapan.

2) *Aspal*: Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal Pertamina dengan penetrasi 60/70. Dalam pemeriksaan mutu aspal, dilakukan beberapa pengujian, pengujian tersebut adalah sebagai berikut,

a. Penetrasi

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek (solid atau semi solid) dengan memasukkan jarum penetrasi ukuran tertentu, beban, dan waktu tertentu kedalam bitumen pada temperatur tertentu pula.

b. Titik Nyala dan Titik Bakar

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar dari semua jenis minyak bumi kecuali minyak bakar dan bahan lainnya yang mempunyai titik nyala *open cup* kurang dari 79 °C.

c. Titik Lembek

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal dan ter yang berkisar antara 30 °C sampai 200 °C.

d. Berat Jenis Aspal

Metode ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian berat jenis aspal padat dengan piknometer.

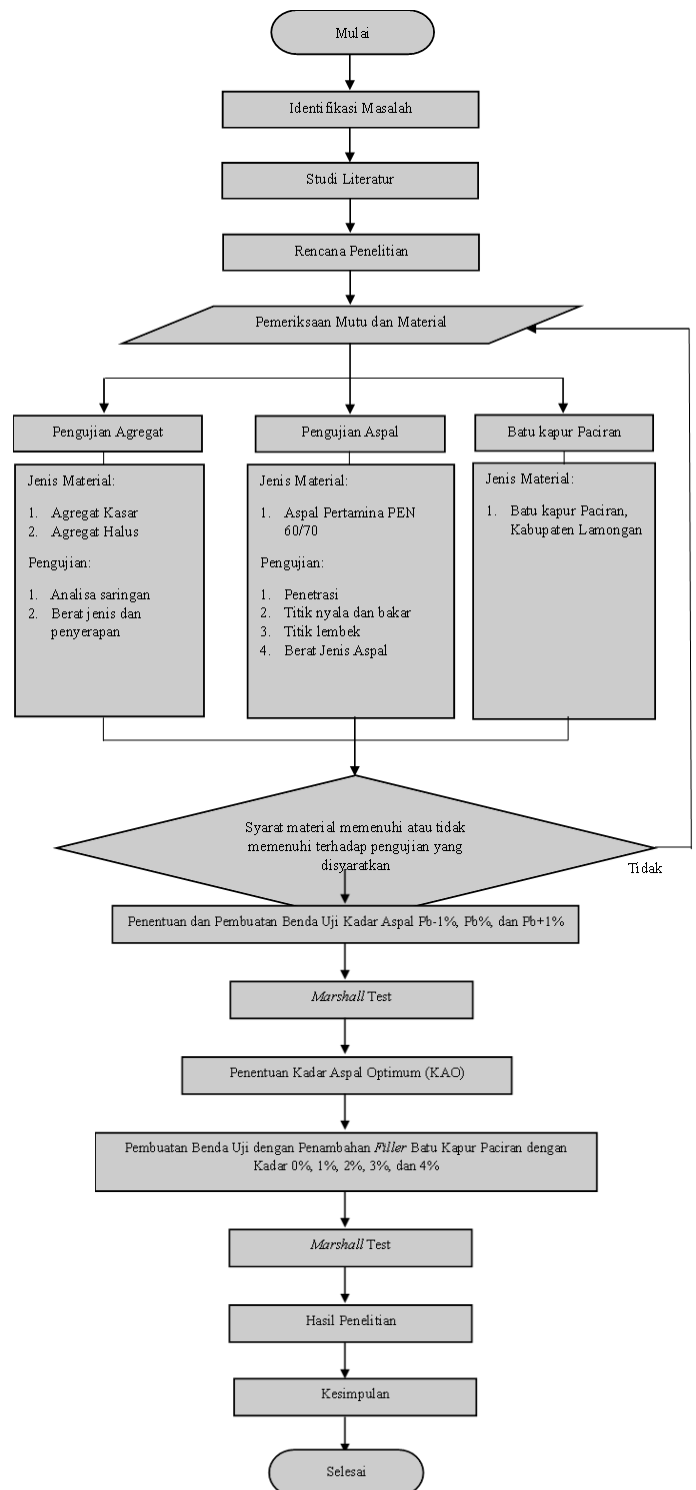
3) *Filler*: Bahan pengisi atau *filler* yang digunakan adalah material lolos saringan no. 200 berupa batu kapur Paciran, Kabupaten Lamongan.

C. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian diperoleh dari hasil pembuatan benda uji. Pengumpulan data dilakukan dengan mencatat hasil dari parameter *Marshall Test* pada setiap benda uji.

D. Bagan Alir Penelitian

Langkah-langkah pada penelitian batu kapur Paciran sebagai bahan pengisi atau *filler* pada lapisan aspal beton AC-BC ditunjukkan pada gambar berikut,



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian  
(Sumber: Dokumen Pribadi (2024))

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Pengujian Material

Pengujian material dalam penelitian ini meliputi pengujian agregat dan pegujian aspal. Dalam pengujian agregat dan pengujian aspal dilakukan sesuai dengan panduan tata cara pengujian yang ada pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2.

1) *Pengujian Material Agregat Kasar dan Halus:* Adapun hasil perhitungan batas tengah adalah sebagai berikut,

TABEL 3. Hasil Perhitungan Batas Tengah

Ukuran Saringan		Spesifikasi	Batas Tengah Lolos	Batas Tengah Tertahan	Berat
ASTM	mm	%	%	%	Gram
1 in	25	100	100	0	0
3/4"	19	90 – 100	95	5	60
1/2"	12.5	75 – 90	82.5	12.5	150
3/8"	9.5	66 – 82	74	8.5	102
No. 4	4.75	46 – 64	55	19	228
No. 8	2.36	30 – 49	39.5	15.5	186
No. 16	1.18	18 – 38	28	11.5	138
No. 30	0.60	12 – 28	20	8	96
No. 50	0.30	7 – 20	13.5	6.5	78
No. 100	0.15	5 – 13	9	4.5	54
No. 200	0.075	4 – 8	6	3	36
PAN	< 0,075		0	6	72
Total				100	1200

(Sumber: Hasil Perhitungan Data)

2) *Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar:* Agregat kasar dibagi menjadi dua bagian sesuai dengan masing-masing ukuran yaitu ukuran 10-15 mm dan 5-10 mm.

Adapun hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar ukuran 10-15 mm adalah sebagai berikut,

TABEL 4. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar 10-15 mm

JENIS PENGUJIAN	HASIL	SATUAN
Berat Benda Uji Kering Oven (BK)	1107.62	gr
Berat Benda Uji dalam Air (BA)	715.97	gr
Berat Benda Uji Kering SSD (BJ)	1124.98	gr
Berat Jenis Curah ( <i>Bulk Specific Grafity</i> ) = BK / (BJ - BA)	2.71	gr/cm <sup>3</sup>
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD) = BJ / (BJ - BA)	2.75	gr/cm <sup>3</sup>

JENIS PENGUJIAN	HASIL	SATUAN
Berat Jenis Semu ( <i>Apparent Specific Grafity</i> ) = BK / (BK - BA)	2.83	gr/cm <sup>3</sup>
Penyerapan = ((BJ - BK)/BK) x 100%	1.57	%

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium)

Adapun hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar ukuran 5-10 mm adalah sebagai berikut,

TABEL 5. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar 5-10 mm

JENIS PENGUJIAN	HASIL	SATUAN
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (BS)	500	gr
Berat Pikometer + Air (BP)	1427.44	gr
Berat Benda Uji + Air + Piknometer (BT)	1738.49	
Berat Benda Uji Kering Oven (BK)	492.35	gr
Berat Jenis Curah ( <i>Bulk Specific Grafity</i> ) = BK / (BP + BS - BT)	2.61	gr/cm <sup>3</sup>
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD) = BS / (BP + BS - BT)	2.65	gr/cm <sup>3</sup>
Berat Jenis Semu ( <i>Apparent Specific Grafity</i> ) = BK / (BP + BK - BT)	2.72	gr/cm <sup>3</sup>
Penyerapan (BS - BK) / BK x 100%	1.55	%

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium)

3) *Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus:* Adapun hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus ukuran >5 mm adalah sebagai berikut,

TABEL 6. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus > 5 mm

JENIS PENGUJIAN	HASIL	SATUAN
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (BS)	500	gr
Berat Pikometer + Air (BP)	1427.44	gr
Berat Benda Uji + Air + Piknometer (BT)	1738.49	
Berat Benda Uji Kering Oven (BK)	492.35	gr
Berat Jenis Curah ( <i>Bulk Specific Grafity</i> ) = BK / (BP + BS - BT)	2.61	gr/cm <sup>3</sup>
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD) = BS / (BP + BS - BT)	2.65	gr/cm <sup>3</sup>
Berat Jenis Semu ( <i>Apparent Specific Grafity</i> ) = BK / (BP + BK - BT)	2.72	gr/cm <sup>3</sup>
Penyerapan (BS - BK) / BK x 100%	1.55	%

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium)

4) *Pengujian Penetrasi Aspal*: Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil pengujian penetrasi aspal sebagai berikut,

TABEL 7. Hasil Pengujian Penetrasi Aspal

BEBAN (gr)	PENGAMATAN	BENDA UJI (mm)		RATA-RATA (mm)
		I (mm)	II (mm)	
100 gr	1	64.4	67.2	65.8
	2	64.8	67.6	66.2
	3	65.2	68.8	67.0
	4	61.4	66.6	64.0
	5	61.5	64.0	62.75
	Rata - Rata Total Penetrasi Aspal			

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium)

5) *Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar*: Pengujian ini bertujuan untuk menentukan temperatur aspal saat mengalami percikan dan menyala selama 5 detik di permukaan aspal. Adapun hasil dari pengujian titik nyala dan titik bakar aspal adalah sebagai berikut,

TABEL 8. Hasil Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar

WAKTU (S)	TEMPERATUR (°C)	KETERANGAN
180	190	
600	250	
1080	280	
1440	290	
2400	300	
3120	310	
3420	320	
3720	330	
4020	340	
4320	350	
4380	352	
4440	354	
4500	356	Titik Nyala
4620	360	Titik Bakar

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium)

6) *Pengujian Titik Lembek Aspal*: Titik lembek merupakan temperatur saat bola baja mendesak turun lapisan aspal hingga lepas melewati cetakan cincin dan bola kuning. Adapun hasil dari pengujian titik lembek aspal adalah sebagai berikut,

TABEL 9. Hasil Pengujian Titik Lembek

WAKTU (S)	TEMPERATUR (°C)	KETERANGAN
570	30	Bola - belum terjatuh
660	33	Bola - belum terjatuh
750	36	Bola - belum terjatuh
840	39	Bola - belum terjatuh
930	42	Bola - belum terjatuh
1020	45	Bola - belum terjatuh
1080	48	Bola - belum terjatuh
1155	51	Bola - belum terjatuh
1185	52	Bola 1 - terjatuh
1215	53	Bola 2 - terjatuh

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium)

7) *Pengujian Berat Jenis Aspal*: berdasarkan pengujian laboratorium didapatkan hasil berat jenis aspal sebagai berikut,

TABEL 10. Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal

	BENDA UJI 1	BENDA UJI 2	SATUAN
Massa piknometer + aspal (C)	49.12	50.27	Gram
Massa piknometer kosong (A)	30.45	30.45	Gram
Massa aspal (C - A)	18.67	19.82	Gram
Massa piknometer + air (B)	54.39	54.62	Gram
Massa piknometer kosong (A)	30.45	30.45	Gram
Massa air (B - A)	23.94	24.17	Gram
Massa piknometer + aspal + air (D)	55.33	55.24	Gram
Massa piknometer + aspal (C)	49.12	50.27	Gram
Massa air (D - C)	6.21	4.97	Gram
Massa air (B - A) - (D - C)	17.73	19.2	Gram
(C - A)			
Berat Jenis = ----- -----	1.053	1.032	
(B - A) - (D - C)			
Berat jenis rata-rata	1.043 (25 °C)		
Berat isi = Berat Jenis x WT	1040 kg/m <sup>3</sup>		

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium)

Berdasarkan pengujian-pengujian yang telah dilakukan, agregat kasar, agregat halus, dan aspal telah memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 yang telah ditentukan.

**B. Penentuan Kadar Aspal rencana**

Penentuan kadar aspal rencana pada penelitian ini menggunakan metode pendekatan asphalt institute. Perhitungan kadar aspal rencana ditunjukkan dalam persamaan 2.1 sebagai berikut:

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

Diketahui,

$$A = 60,5\%$$

$$B = 33,5\%$$

$$C = 6\%$$

$$K = 0,18 \text{ (Saringan No. 200 = 6\%)}$$

$$F = 1,71\%$$

Sehingga, perkiraan kadar aspal rencana dapat dihitung menggunakan metode *asphalt institute* sebagai berikut,

$$\begin{aligned} P_b &= (0,035 \times A) + (0,045 \times B) + (K \times C) + F \\ &= (0,035 \times 60,5) + (0,045 \times 33,5) + (0,18 \times 6) + 1,71 \\ &= 6,42\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan perkiraan kadar aspal rencana, sehingga dapat diketahui persentase variasi kadar aspal adalah sebagai berikut,

**TABEL 11. Variasi Kadar aspal Rencana**

Variasi Kadar Aspal	Persentase (%)	Berat (Gram)
Pb-1	5.42	65.04
Pb	6.42	77.04
Pb+1	7.42	89.04

(Sumber: Hasil Perhitungan Data)

**C. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)**

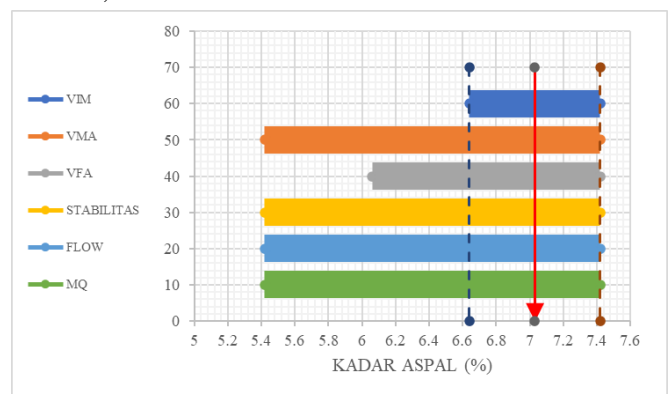
Penentuan kadar aspal optimum menggunakan metode grafik dengan membuat batas-batas nilai parameter *Marshall* yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dari campuran aspal. Parameter penentuan kadar aspal optimum terdiri dari nilai *Void In Mix* (VIM), *Void In Mineral Aggregate* (VMA), *Void Filled with Asphalt* (VFA), *Stabilitas*, *Flow*, dan *Marshall Quotient* (MQ). Adapun data rata-rata dari hasil pengujian benda uji untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) adalah sebagai berikut,

**TABEL 12. Rekapitulasi Hasil Benda Uji Penentuan KAO**

VARIASI ASPAL (%)	NILAI RATA-RATA					
	VIM	VMA	VFA	STABILITAS	FLOW	MQ
5.42	9.66	20.83	53.65	2353.55	3.41	708.86
6.42	5.61	19.13	70.69	2640.07	3.09	912.53
7.42	3.45	19.09	81.95	2370.14	3.49	687.27

(Sumber: Hasil Perhitungan Data)

Hasil dari rekapitulasi tabel 13 yang digunakan sebagai parameter acuan dalam penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) disajikan dalam grafik sebagai berikut,



**Gambar 3. Grafik Hasil Rekapitulasi Parameter Kadar Aspal Optimum (KAO)**

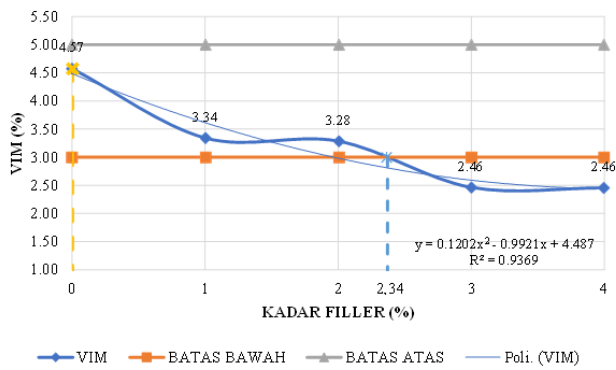
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium)

Dari gambar grafik hasil rekapitulasi parameter Kadar Aspal Optimum (KAO) dapat diketahui nilai dari Kadar Aspal Optimum yang nantinya digunakan untuk menentukan Kadar *Filler* Optimum adalah sebesar 7,03%.

**D. Penentuan Kadar Filler Optimum**

Penentuan kadar *filler* optimum menggunakan metode grafik dengan membuat batas-batas nilai parameter *Marshall* yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dari campuran aspal. Parameter penentuan kadar aspal optimum terdiri dari nilai *Void In Mix* (VIM), *Void In Mineral Aggregate* (VMA), *Void Filled with Asphalt* (VFA), *Stabilitas*, *Flow*, dan *Marshall Quotient* (MQ).

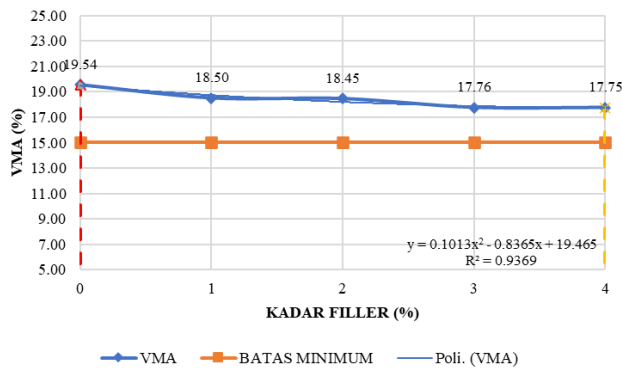
1) Hasil *Void In Mix* (VIM): Grafik hasil nilai rata-rata VIM dari masing-masing variasi kadar *filler* pada adalah sebagai berikut,



Gambar 4. Grafik Rekapitulasi Void In Mix (VIM) Kadar Filler  
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium)

Nilai VIM mengalami penurunan dengan seiring bertambahnya persentase variasi kadar *filler* batu kapur Paciran. Hal ini terjadi dikarenakan *filler* batu kapur Paciran mampu mengisi rongga – rongga dalam campuran. Variasi kadar *filler* yang memenuhi nilai VIM menurut Spesifikasi Binamarga Tahun 2018 adalah sebesar 0%, 1%, 2%, dan 2,34%.

2) Hasil Void In Mineral Agregat (VMA): Grafik hasil nilai rata-rata VMA dari masing-masing variasi kadar *filler* adalah sebagai berikut,

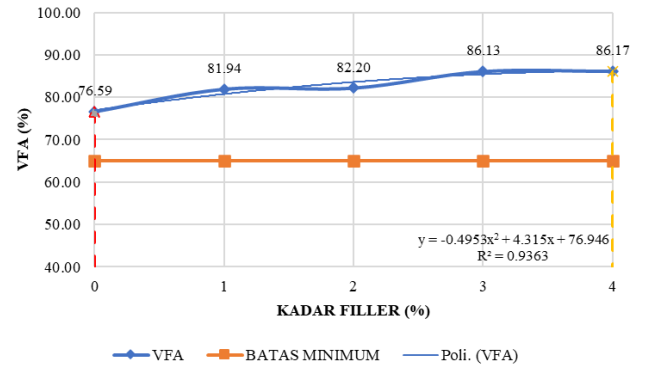


Gambar 5. Grafik Rekapitulasi Void In Mineral Agregat (VMA) Kadar Filler  
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium)

Nilai VMA mengalami penurunan dengan seiring bertambahnya persentase variasi kadar *filler* batu kapur Paciran. Hal ini terjadi dikarenakan batu kapur Paciran dengan persentase yang lebih banyak dapat mengisi rongga antar agregat pada campuran aspal beton sehingga rongga menjadi lebih kecil. Pada nilai VMA

ini semua variasi kadar *filler* memenuhi nilai VMA berdasarkan Spesifikasi Binamarga Tahun 2018.

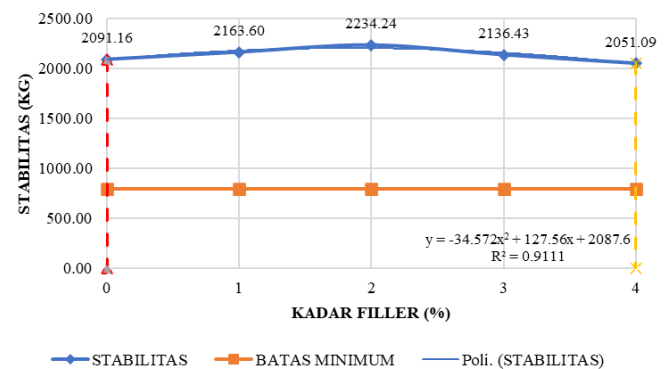
3) Hasil Void Filled with Asphalt (VFA): Grafik hasil nilai rata-rata VFA dari masing-masing variasi kadar *filler* adalah sebagai berikut,



Gambar 6. Void Filled with Asphalt (VFA) Kadar Filler  
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium)

Nilai VFA mengalami kenaikan seiring dengan penambahan persentase variasi kadar *filler* batu kapur Paciran. Pada nilai VFA ini semua variasi kadar *filler* memenuhi nilai VFA berdasarkan Spesifikasi Binamarga Tahun 2018.

4) Hasil Stabilitas: Grafik hasil nilai rata-rata stabilitas dari masing-masing variasi kadar *filler* adalah sebagai berikut,

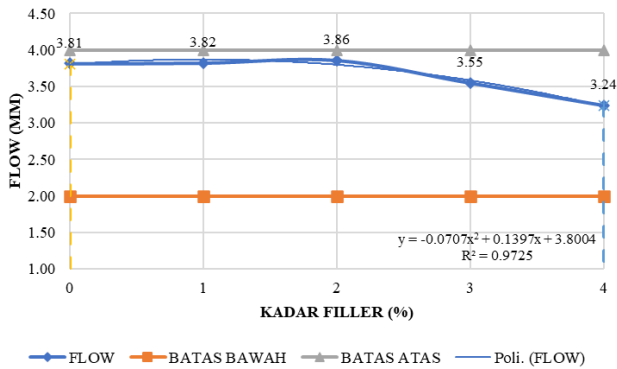


Gambar 7. Grafik Rekapitulasi Stabilitas Kadar Filler  
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium)

nilai stabilitas variasi kadar *filler* batu kapur Paciran 0%, 1%, dan 2% mengalami kenaikan. Namun, pada persentase 3% dan 4% nilai stabilitas mengalami penurunan. Pada nilai stabilitas ini semua variasi kadar

filler memenuhi nilai stabilitas berdasarkan Spesifikasi Binamarga Tahun 2018.

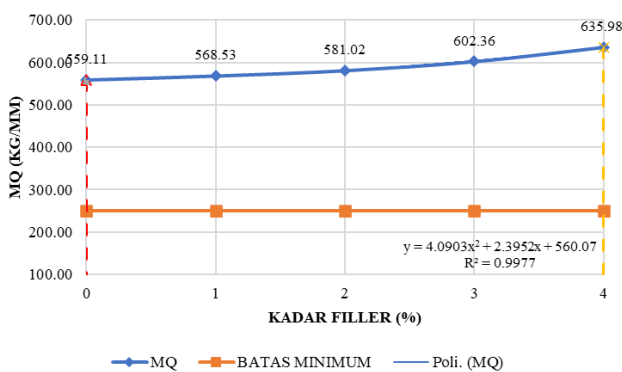
5) Hasil Flow: grafik hasil nilai rata-rata flow dari masing-masing variasi kadar filler batu kapur Paciran adalah sebagai berikut,



Gambar 8. Grafik Rekapitulasi Flow Kadar Filler (Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium)

Nilai flow pada variasi kadar filler batu kapur Paciran 0%, 1%, dan 2% mengalami kenaikan. Namun, pada persentase 3% dan 4% nilai flow mengalami penurunan. Pada nilai flow ini semua variasi kadar filler memenuhi nilai flow berdasarkan Spesifikasi Binamarga Tahun 2018.

6) Hasil Marshall Quotient (MQ): Grafik hasil nilai rata-rata MQ dari masing-masing variasi kadar filler batu kapur Paciran adalah sebagai berikut,

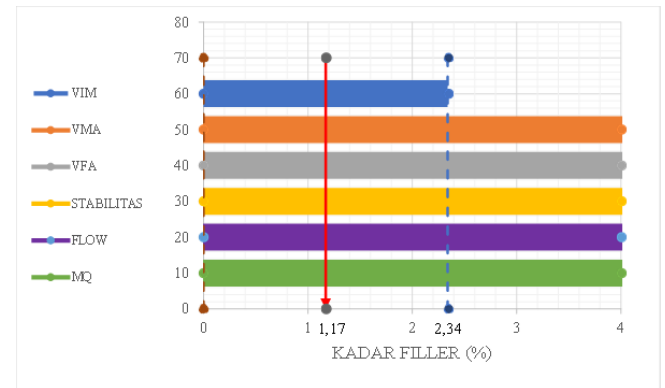


Gambar 9. Grafik Rekapitulasi Marshall Quotient (MQ) Kadar Filler (Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium)

nilai MQ mengalami kenaikan seiring dengan penambahan persentase variasi kadar filler batu kapur Paciran. Nilai Marshall Quotient diperoleh dari hasil pembagian nilai stabilitas dengan nilai kelelahan atau flow. Pada nilai MQ ini semua variasi kadar filler

memenuhi nilai MQ berdasarkan Spesifikasi Binamarga Tahun 2018.

7) Hasil Kadar Filler Optimum: Hasil dari rekapitulasi dari gambar grafik 4 hingga gambar grafik 9 yang digunakan sebagai parameter acuan dalam penentuan kadar filler optimum disajikan dalam grafik sebagai berikut,



Gambar 10. Grafik Hasil Rekapitulasi Parameter Kadar Filler Optimum (Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium)

Dari gambar grafik hasil rekapitulasi parameter Kadar Filler Optimum dapat diketahui nilai dari Kadar Filler Optimum yang memenuhi Spesifikasi Umum Binamarga Tahun 2018 adalah sebesar 1,17%. Hasil pengujian Marshall dengan kadar filler batu kapur Paciran 1,17% secara keseluruhan telah memenuhi syarat pada Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018, hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan batu kapur Paciran sebagai filler pada campuran AC-BC memiliki pengaruh yang baik bagi perkerasan jalan.

E. Pengaruh Penambahan Filler Batu Kapur Pada Karakteristik Marshall

Berdasarkan nilai Kadar Filler Optimum yang telah diketahui sebesar 1,17%, maka selanjutnya adalah membandingkan Kadar Filler Optimum dengan hasil nilai parameter karakteristik Marshall persentase filler 0% untuk mengetahui kenaikan dan penurunan pada karakteristik Marshall. Data parameter Marshall yang menggunakan Kadar Filler Optimum sebesar 1,17% didapatkan dari substitusi rumus Garis Tren Polinomial pada setiap grafik parameter Marshall. Adapun data hasil rekapitulasi perhitungan rumus Garis Tren Polinomial adalah sebagai berikut,

TABEL 13. Hasil Rekapitulasi Pengaruh Penambahan Filler Batu Kapur Paciran

PARAMETER MARSHALL	SATUAN	KADAR FILLER		PERSENTA SE %	KETERANG AN
		0%	1.19%		
VIM	%	4.57	3.49	-23.69	Penurunan
VMA	%	19.54	18.62	-4.69	Penurunan
VFA	%	76.59	81.32	6.17	Kenaikan
STABILITAS	Kg	2091.16	2189.52	4.70	Kenaikan
FLOW	mm	3.81	3.87	1.49	Kenaikan
MQ	kg/mm	559.11	568.47	1.67	Kenaikan

(Sumber: Hasil Perhitungan Data)

Pada nilai VIM dan VMA mengalami penurunan sebesar 23,69% dan 4,69%, sehingga dengan adanya penambahan *filler* batu kapur Paciran mampu mengisi rongga-rongga dalam campuran sehingga rongga-rongga tersebut menjadi kecil. Pada nilai VFA mengalami kenaikan sebesar 6,17%, penambahan *filler* batu kapur Paciran mampu menyebabkan aspal yang menyelimuti rongga butiran menjadi meningkat. Pada nilai stabilitas dan flow mengalami peningkatan sebesar 4,70% dan 1,49%, dengan adanya *filler* batu kapur Paciran menyebabkan daya ikat antar partikel menjadi kuat. Nilai *Marshall* Quotient (MQ) mengalami kenaikan sebesar 1,67%, sehingga dengan adanya penambahan *filler* batu kapur Paciran menyebabkan campuran aspal tidak mudah mengalami deformasi.

**IV KESIMPULAN DAN SARAN**

**A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dijelaskan, didapatkan beberapa kesimpulan, diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) menggunakan metode grafik dengan membuat batas-batas nilai parameter *Marshall* yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dari campuran aspal. Diperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dari pengujian campuran aspal beton sebesar 7,03%.
- b. Penentuan Kadar *Filler* Optimum menggunakan metode grafik dengan membuat batas-batas nilai parameter *Marshall* yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dari campuran aspal. Diperoleh nilai Kadar *Filler* Optimum dari pengujian campuran aspal beton sebesar 1,19%.

- c. Penambahan batu kapur Paciran sebagai *filler* pada campuran aspal beton AC-BC mempengaruhi kenaikan dan penurunan pada setiap parameter karakteristik *Marshall*. Dengan kadar *filler* optimum sebesar 1,17%, nilai *Void In Mix* (VIM) mengalami penurunan sebesar 23,69%, nilai *Void In Mineral Agregat* (VMA) mengalami penurunan sebesar 4,69%, nilai *Void Filled With Asphalt* (VFA) mengalami kenaikan sebesar 6,17%, nilai stabilitas mengalami kenaikan sebesar 4,70%, nilai *flow* mengalami kenaikan sebesar 1,49%, dan nilai MQ mengalami kenaikan sebesar 1,67%.
- d. Berdasarkan hasil perhitungan setiap parameter karakteristik aspal pada Kadar Aspal Optimum dengan persentase 1,17%, maka penambahan batu kapur Paciran memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai karakteristik *Marshall* dan layak sebagai bahan campuran lapisan aspal beton *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC).

**B. Saran**

Terdapat saran untuk penelitian selanjutnya yang memiliki topik sama mengenai pengaruh penambahan *filler* terhadap karakteristik *Marshall*, Adapun saran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Diharapkan penelitian selanjutnya dilakukan pengujian keausan agregat kasar menggunakan mesin abrasi Los Angeles untuk menentukan ketahanan agregat kasar. Kemudian diharapkan juga dilakukan pengujian daktilitas dan pengujian viskositas untuk aspal, sehingga nantinya didapatkan hasil yang lebih baik dan lebih optimal.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada berbagai pihak, terkhusus untuk dosen pembimbing yaitu Bapak Ibnu Sholichin, S.T., M.T. dan Ibu Fithri Estikhamah, S.T., M.T. tanpa bantuan saran, masukan, kritik, dan ilmu dari beliau mungkin penelitian ini tidak akan bisa berjalan dengan baik. Tidak lupa juga untuk orang tua yang selalu memberikan dukungan dan menjadi motivasi penulis dalam mengerjakan penelitian ini.

**REFERENSI**

Agustian, K., & Agusmaniza, R. (2021). Evaluasi Karakteristik Campuran AC-BC menggunakan Abu Cangkang Kemiri sebagai Bahan Substitusi *Filler* terhadap Parameter *Marshall*. Dalam *Jurnal Teknik Sipil* (Vol. 13, Nomor 2).

- Gunawan, R., & Windy Fatikha Sari, A. (2021). Pengaruh Penggunaan Batu Gamping Desa Tabarenah Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal Ac-Bc ( Asphalt Concrete Binder Course). *Jurnal Statika*, 7(2), 1–12.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2019). *DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA SPESIFIKASI UMUM 2018*.
- Muhammad, M., Purwandito, M., & Basrin, D. (2022). *RENCANA CAMPURAN ASPAL AC-BC (ASPAL CONCRETE-BINDER COURSE) DENGAN MENGGUNAKAN ABU BATU KAPUR SEBAGAI TAMBAHAN FILLER* (Vol. 2, Nomor 1). <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/edev>
- Rahmawati, M., Hartatik, N., Rizkiardi, A., & Prasetyo, Y. (2023). PEMANFAATAN LIMBAH BATU KAPUR BUKIT SEKAPUK GRESIK SEBAGAI *FILLER* CAMPURAN AC-BC. *Jurnal Taguchi*, 3(1), 1–8. <https://doi.org/10.46306/tgc.v3i1>
- Refi, A. (2019). PENGARUH PENGGUNAAN KAPUR PADANG PANJANG SEBAGAI BAHAN PENGISI (*FILLER*) TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN BETON ASPHALT LAPISAN AC-BC (ASPHALT CONCRETE – BINDER COURSE). *Rang Teknik Journal*, 2(2). <https://doi.org/10.31869/rtj.v2i2.1332>
- Rusbintardjo, G. (2013). *Aspal Bahan Perkerasan Jalan* (1 ed.). UNISSULA Press.
- Sinulingga, & Sirait, M. (2021). *Hidroksiapatit dari Batu Kapur dan Aplikasi* (1 ed.). Yayasan Kita Menulis.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya* (1 ed.). NOVA.
- Sukirman, S. (2016). *Beton Aspal Campuran Panas* (3 ed.). Institut Teknologi Nasional.
- Supriyanto, D., Indra Wardhana, A., Saputra, M., Cecilia, M., & Aji, I. (2021). *Grand Strategy Mineral dan Batubara Arah Menuju Pengembangan Hulu Hilir Mineral Utama dan Batubara Menuju Indonesia Maju*. Direktorat Jendral Mineral dan Batubara Kementrian ESDM.
- Suryandari, F., & Sholichin, I. (2022). PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH SERBUK KACA SEBAGAI *FILLER* MATERIAL PENGISI PADA CAMPURAN ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE (AC-WC). *AGREGAT Jurnal Teknik Sipil*, 7(2), 718–723. <https://doi.org/https://doi.org/10.30651/ag.v7i2.15855>
- Ubaidillah, M., & Sholichin, I. (2023). Pengaruh Penambahan Abu Daun Bambu Sebagai Bahan Pengisi (*Filler*) Terhadap Karakteristik *Marshall* Pada Campuran Aspal Beton AC-WC. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 3(3), 8312–8332. <https://doi.org/https://doi.org/10.31004/innovative.v3i3.2797>
- Utami, A., Sastra, M., & Zulkarnain. (t.t.). ABU KULIT PINANG SEBAGAI PENGGANTI *FILLER* PADA CAMPURAN AC-BC. Dalam *TEKLA* (Vol. 2, Nomor 1).
- Zaenuri, M., Romadhon, & Gunarto, A. (2018). PENELITIAN PENGGUNAAN BATU GAMPING SEBAGAI AGREGAT KASAR DAN *FILLER* PADA ASPAL CAMPURAN AC-BC. *Jurnal UkaRsT*, 2(1), 28–37.
- Zulkarnain, I., & Hidayat, M. (2023). Pengaruh Penggunaan Kapur Sebagai Penambahan *Filler* Pada Campuran Aspal AC-BC. *JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING BUILDING AND TRANSPORTATION*, 7(1), 239–251. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v7i1.9124>