

## Abu Batu Kapur Sebagai Alternatif Filler dalam Campuran Aspal Beton untuk Lapisan Aus

Roza Is Dayanti<sup>1</sup>, Irwansyah<sup>2</sup>, Wan Alamsyah<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Samudra, Aceh, Indonesia  
E-mail: rozaisdayanti30@gmail.com

**DOI:**  
<https://doi.org/10.38043/telsinas.v6i2.5096>

**Received:**  
25 Januari 2024

**Accepted:**  
19 Maret 2024

**Publish:**  
25 April 2024

**ABSTRAK:** Menurut Persyaratan Umum Bina Marga tahun 2018, kualitas bahan sangat berpengaruh terhadap kualitas campuran aspal. Permintaan bahan jalan untuk campuran aspal di seluruh wilayah terus meningkat. Bahan pengisi untuk campuran aspal dapat diperoleh dengan memecah batuan alam dan buatan yang digunakan dalam berbagai lapisan perkerasan jalan. Penelitian ini menggunakan batu kapur dari Desa Kaloy, Kecamatan Pulau Tiga, Kabupaten Aceh Tamiang sebagai bahan pengisi dalam campuran AC-WC. Tujuan penelitian untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan abu batu kapur sebagai filler pada campuran AC-WC dengan variasi kadar filler sebesar 3%, 3,5%, 4%, 4,5%, dan 5% terhadap parameter uji marshall. Metode yang digunakan yaitu pendekatan kuantitatif dengan data hasil pengujian laboratorium. Berdasarkan hasil uji marshall, penggunaan abu batu kapur sebagai bahan pengisi dengan kadar 4% dengan menggunakan kadar aspal optimum sebesar 5,77%, menghasilkan kombinasi yang memuaskan dan memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2 adapun diperoleh nilai stabilitas marshall sebesar 2780,08 kg, nilai aliran 3,9 mm, marshall 707,21 kg/mm, volume antar agregat (VMA) 15,05%, volume dalam campuran (VIM) 4,07%, dan volume yang diisi dengan aspal (VFB) mencapai 73,01%.

**Kata Kunci:** *Filler; Abu Batu Kapur; Uji Marshall; AC-WC*

**ABSTRACT:** According to the 2018 General Requirements for Bina Marga, the quality of materials greatly influences the quality of the asphalt mixture. Demand for road materials for asphalt mixtures throughout the region continues to increase. Filler material for asphalt mixtures can be obtained by breaking down natural and artificial rocks used in various layers of road pavement. This research uses limestone from Kaloy Village, Pulau Tiga District, Aceh Tamiang Regency as a filler in the AC-WC mixture. The aim of the research was to evaluate the effect of using limestone ash as a filler in AC-WC mixtures with variations in filler content of 3%, 3.5%, 4%, 4.5% and 5% on Marshall test parameters. The method used is a quantitative approach using laboratory test data. Based on the results of the marshall test, the use of limestone ash as a filler with a content of 4% using an optimum asphalt content of 5.77%, produces a satisfactory combination and meets the 2018 Bina Marga Specifications revision 2. Meanwhile, a marshall stability value of 2780.08 kg is obtained. flow value 3.9 mm, marshall 707.21 kg/mm, volume between aggregates (VMA) 15.05%, volume in mix (VIM) 4.07%, and volume filled with asphalt (VFB) reached 73.01 %.

**Keyword:** *Filler; Limestone Ash; Marshall Test; AC-WC*

### I. PENDAHULUAN

Laston atau campuran aspal beton banyak digunakan dalam proyek pembangunan jalan di Indonesia. Campuran ini sering dipilih untuk jalan dengan volume lalu lintas tinggi karena biayanya lebih rendah dibandingkan dengan pembangunan jalan beton, serta menghasilkan lapisan perkerasan yang tahan lama dan kedap air. Namun, campuran ini memiliki kekurangan, seperti mudah rusak oleh kondisi seperti jalan berlubang dan permukaan tidak rata di iklim tropis seperti Indonesia. Banyak jalan terendam banjir saat musim hujan, yang mungkin disebabkan oleh sistem drainase yang tidak memadai atau kualitas konstruksi yang buruk. Karena lapisan fleksibel ini tidak sepenuhnya kedap air, air yang menggenang di permukaan jalan akan menyebabkan lapisan tersebut terkelupas atau retak seiring waktu[1].

Salah satu lapisan yang diterapkan dalam konstruksi perkerasan lentur adalah lapisan Aspal Beton Lapisan Aus (AC-WC), dengan ketebalan paling sedikit 4 cm dan ditempatkan di atas permukaan tanah yang telah dipadatkan. Lapisan berperan sebagai permukaan jalan yang halus dan tidak licin, menahan beban lalu lintas, serta melindungi struktur di bawahnya. Lapisan beton aspal ini terbentuk dari campuran aspal, filler, agregat kasar dan halus, serta aspal.[2].

Permintaan bahan jalan untuk campuran aspal di seluruh wilayah terus meningkat. Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 telah menetapkan persyaratan kualitas bahan campuran aspal, di mana kualitas bahan berpengaruh signifikan terhadap mutu campuran aspal. Mutu bahan yang rendah merupakan salah satu penyebab utama kerusakan jalan. Selain itu, peningkatan volume lalu lintas, baik dalam jumlah kendaraan, beban, maupun kecepatan, serta kondisi iklim tropis, juga menjadi faktor yang menyebabkan banyaknya kerusakan jalan[3].

Filler, atau bahan pengisi, dapat dihasilkan dari pemecahan batuan buatan maupun batuan alami. Bahan pengisi berbutir halus meningkatkan stabilitas terhadap geser atau ketahanan terhadap gaya geser karena luas permukaannya yang lebih besar, yang juga memperbesar luas kontak antar butiran[4].

Batu kapur mengandung kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), yang diharapkan dapat mengeraskan bahan pengikat perkerasan jalan dan berfungsi sebagai alternatif semen yang lebih hemat biaya dan ramah lingkungan. Penggunaan batu kapur sebagai bahan pengisi bertujuan untuk menciptakan campuran yang optimal antara agregat (halus dan kasar), aspal, dan filler, sehingga terbentuk lapisan permukaan fleksibel yang mampu menahan beban lalu lintas sedang tanpa mengalami masalah kerusakan atau deformasi yang signifikan.[5].

Di Indonesia, telah banyak penelitian dilakukan mengenai penggunaan abu dari batuan kapur untuk bahan alternatif pengganti filler dalam campuran lapisan perkerasan. Menurut Hamdi (2018), penambahan filler batu kapur Baturaja sebanyak 3% dengan kadar aspal optimum (KAO) 5,7% menghasilkan campuran yang memiliki nilai density, VIM, VMA, VFA, stabilitas, flow, dan Marshall Quotient yang memenuhi spesifikasi Bina Marga[6].

Dari uraian sebelumnya, tujuan penelitian ini adalah mengkaji penggunaan abu batu kapur dari Desa Kaloy, Kecamatan Pulau Tiga, Kabupaten Aceh Tamiang untuk pengganti filler dalam campuran AC-WC, adapun variasi kadar filler yang digunakan yaitu sebesar 3%, 3,5%, 4%, 4,5%, dan 5%.

## **II. LANDASAN TEORI**

### **Perkerasan Jalan**

Biasanya, pada jalan raya terdiri dari beberapa lapisan, yaitu lapisan permukaan, lapisan pondasi atas, lapisan pondasi bawah, dan lapisan tanah dasar. [7]. Konstruksi perkerasan yang fleksibel umumnya memiliki lapisan permukaan yang tersusun dari aspal dan lapisan dasar yang terbuat dari material granular. Campuran laston sering dipilih dalam proyek pembangunan jalan di Indonesia karena mampu menghasilkan lapisan perkerasan yang tahan lama dan tahan air[8]. Lapisan yang digunakan dalam pembangunan perkerasan lentur dipasang di atas tanah dasar yang sudah dipadatkan. Tujuan dari proses ini adalah untuk menyalurkan beban lalu lintas ke lapisan di bawahnya setelah menerima beban tersebut.[9].

### **Aspal Beton - Lapisan Permukaan**

Campuran aspal beton yang juga dikenal sebagai lapisan aus atau AC WC (Asphalt Concrete – Wearing Course) memiliki ketebalan minimal 4 cm. Fungsi dari AC-WC adalah untuk melindungi struktur bawah permukaan jalan, menahan beban lalu lintas, serta menjaga permukaan jalan agar tetap rata dan tidak licin[10]. Campuran AC-WC menggabungkan agregat dan aspal bergradasi rapat pada suhu 150°C.

### **Aspal**

Aspal adalah sebuah substansi berwarna coklat atau hitam yang mengalami perubahan dari bentuk cair pada suhu tinggi menjadi padat pada suhu rendah. Adhesi merupakan salah satu sifat yang dimiliki aspal, yaitu kemampuan untuk menempel pada permukaan lain. Aspal juga larut dalam karbon disulfida dan tahan terhadap penetrasi air [11]. Aspal sering dipilih sebagai bahan pengikat dalam campuran perkerasan jalan.

### **Agregat**

Agregat terdiri dari batu pecah, kerikil, pasir, dan mineral lainnya dalam bentuk alami[12]. Agregat dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori berdasarkan ukuran butirannya: filler (bahan

pengisi) yang melewati saringan 100%, agregat halus yang melewati saringan No. 8 (2,36 mm), dan agregat kasar yang tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm) dengan minimal 75% melewati saringan tersebut[13].

### **Batu Kapur**

Komponen utama dari batu kapur yang merupakan sebuah batuan sedimen yaitu kalsium karbonat yang terdapat dalam bentuk mineral kalsit metastabil, yang pada akhirnya dapat mengalami transformasi menjadi kalsit ( $\text{CaCO}_3$ )[5]. Ciri fisik batu kapur meliputi kelarutan, kepadatan curah, porositas, dan konduktivitas termal. Karena karakteristik fisik tersebut, batu kapur memiliki kemampuan untuk bertahan dari abrasi tanpa mengorbankan kekuatannya. Berkat porositas yang tinggi dan kekuatan serta ketebalan fisiknya, beberapa jenis batu kapur sering digunakan. Penggunaan peralatan penghancur batu tidak terlalu diperlukan untuk batu kapur, dan batu ini lebih mudah untuk diproses.

### **Parameter Marshall**

#### 1. Stabilitas

Stabilitas diukur dengan mengamati nilai yang ditunjukkan oleh jarum dial pada alat uji Marshall. Nilai stabilitas yang ditunjukkan oleh jarum dial harus dikonversi ke dalam nilai Marshall.. [14].

#### 2. Flow

Flow adalah besarnya deformasi pada lapisan aspal beton sebagai respons terhadap beban lalu lintas yang biasanya ditunjukkan dalam satuan milimeter.

#### 3. Void In Mix

VIM mengacu pada persentase volume pori udara dalam campuran agregat-aspal setelah pemadatan. Persentase pori ini berfungsi sebagai ruang untuk pergerakan butir agregat dalam lapisan perkerasan, memfasilitasi pergerakan aspal saat suhu naik, serta mempertahankan fleksibilitas aspal..

#### 4. Void In The Mineral Aggregate

VMA adalah volume rongga di antara butiran agregat dalam campuran yang sudah dipadatkan., termasuk ruang kosong untuk udara. Biasanya, nilai VMA yang tinggi menunjukkan bahwa campuran tersebut memerlukan lebih banyak aspal.

#### 5. Void Filled with Bitumen

VFB adalah volume ruang antara agregat dalam campuran yang telah diisi dengan aspal.

#### 6. Marshall Quotient (MQ)

Kekakuan dari campuran aspal beton diukur dalam sebuah parameter yang disebut MQ. Biasanya nilai MQ yang terlalu tinggi akan menghasilkan campuran aspal beton yang cenderung kaku saat diberi beban, dan nilai MQ yang terlalu rendah juga akan membuat campuran menjadi tidak[14].

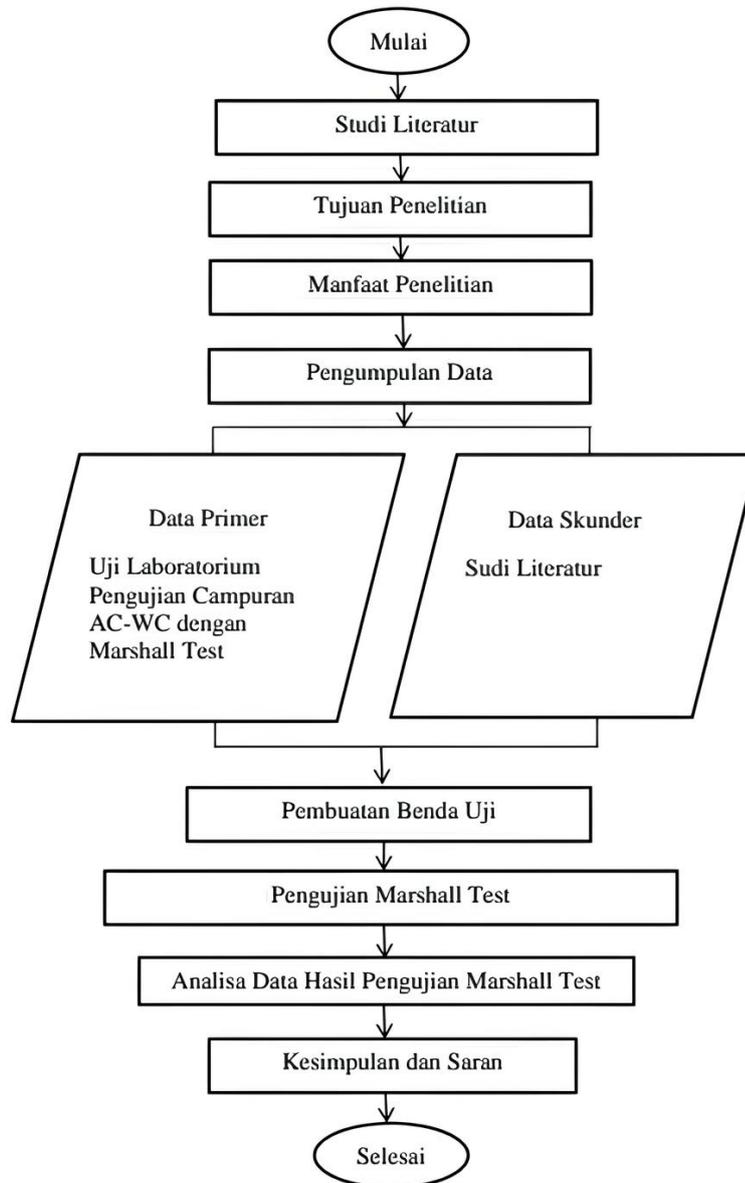
## **III. METODE PENELITIAN**

Lokasi pengujian di Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD), Pengujian Material Jalan, Bengkel PUPR Aceh Timur, Aramiyah, Kecamatan Birem Bayeun, Kabupaten Aceh Timur. Bahan yang digunakan meliputi agregat kasar, agregat halus, dan aspal penetrasi 60/70 yang diperoleh dari Asphalt Mixing Plan Jasa Mandiri Nusantara, Aramiyah, Kecamatan Birem Rayeuk, Kabupaten Aceh Timur. Bahan penambahan yang digunakan adalah abu batu kapur yang diperoleh dari bukit kapur di Desa Kaloy, Kecamatan Tamiang Hulu, Kabupaten Aceh Tamiang. Alat-alat yang digunakan meliputi timbangan digital, palu, saringan, oven, alat cetak benda uji dan penumbuk manual, waterbath, alat tekan marshall, aspal extruder, kompor, wajan, termometer, tabung gas, kanebo, dan spatula.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi dampak penggunaan abu batu kapur sebagai bahan penambah dalam campuran Aspal Beton - Lapisan Permukaan. Variasi penggunaan abu batu kapur sebagai bahan pengisi adalah 3%, 3,5%, 4%, 4,5%, dan 5%, dengan pembuatan 3 sampel untuk setiap variasi, sehingga totalnya ada 15 sampel benda uji. Design Mix Formula Laston AC-WC yang digunakan didapatkan dari Asphalt Mixing Plan Jasa Mandiri Nusantara, dengan kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,77%.

Tahapan

Pada penelitian ini, pelaksanaan dilakukan sesuai dengan diagram alir yang dipaparkan pada gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Tahapan Penelitian

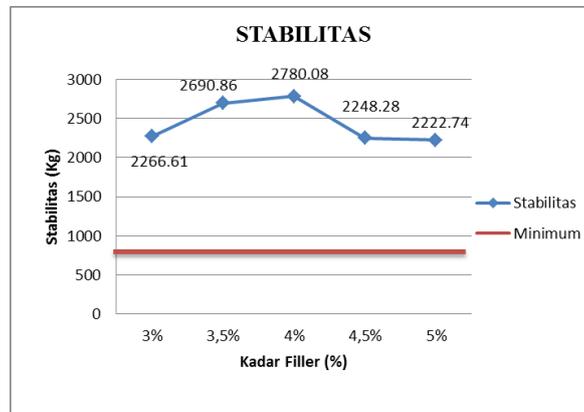
#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian marshall diperoleh nilai parameter meliputi antara lain nilai Stabilitas, Flow, Kepadatan Campuran (Density), VIM, VMA, VFB dan nilai Marshall Quotient.

##### Stabilitas

Stabilitas mencerminkan Kemampuan lapisan perkerasan jalan untuk menahan beban lalu lintas dipengaruhi oleh gesekan antara butir agregat, penguncian antara butir agregat, dan adhesi optimal. Pematatan juga berperan penting dalam memengaruhi stabilitas tersebut [15]. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa nilai stabilitas naik sejalan dengan peningkatan persenfiller abu kapur. Sebagai contoh, nilai stabilitas mencapai 2266,61 kg dengan penambahan filler sebesar 3%, meningkat menjadi 2690,86 kg dengan penambahan filler sebesar 3,5%, dan mencapai puncaknya

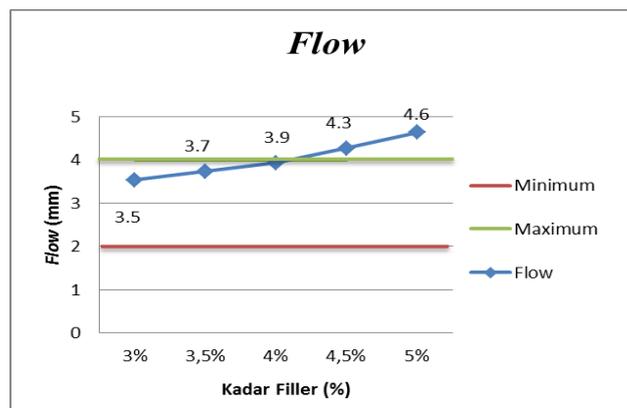
pada 2780,08 kg dengan penambahan filler abu kapur sebesar 4%. Namun, nilai stabilitas kembali menurun dengan peningkatan kadar filler abu kapur menjadi 4,5% (2248,27 kg), serta 5% (2222,74 kg). dapat dilihat grafik stabilitas dengan kadar *filler* dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 2. Grafik hubungan stabilitas dan kadar filler

### Flow

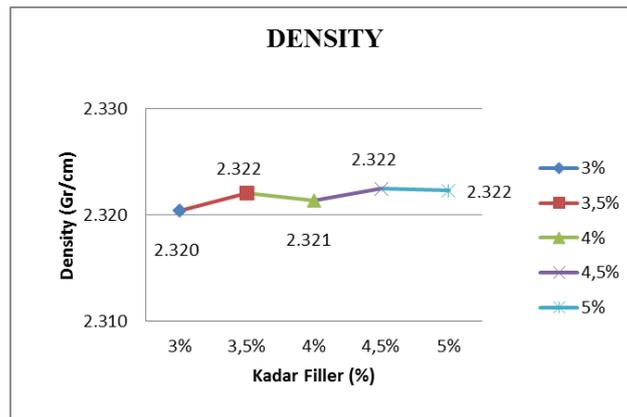
Nilai deformasi atau penurunan pada lapisan aspal beton akibat beban disebut nilai flow. Nilai flow diukur dari hasil tes dial Marshall. Hasil penelitian membuktikan bahwa flow naik seiring dengan peningkatan konsentrasi pengisi abu batu kapur. Nilai flow adalah 3,5 mm pada kadar pengisi abu batu kapur sebesar 3%, dan meningkat menjadi 4,6 mm pada kadar pengisi 5%. Grafik yang menggambarkan hubungan antara nilai flow dan kadar filler dipaparkan berikut ini



Gambar 3. Grafik hubungan nilai Flow dengan kadar filler

### Kepadatan (Density)

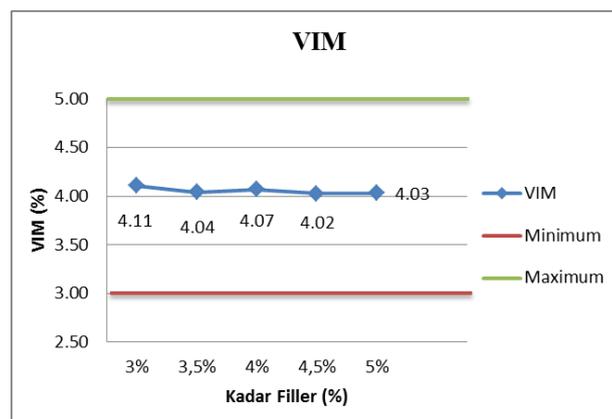
Berdasarkan hasil penelitian, nilai densitas meningkat sejalan dengan banyaknya bahan pengisi abu kapur yang digunakan. Hal ini terjadi karena penambahan kadar bahan penambahan yang semakin meningkat menyebabkan berkurangnya rongga pada agregat dan rongga udara pada campuran yang terisi abu batu kapur. Berat jenis kombinasi bahan pengisi abu batu kapur 3% adalah 2,320 gr/cm<sup>3</sup>, bahan pengisi abu batu kapur 3,5% adalah 2,322 gr/cm<sup>3</sup>, bahan pengisi abu batu kapur 4% adalah 2,321 gr/cm<sup>3</sup>, dan perbedaan jumlah abu batu kapur 4,5% dan 5% adalah 2,321 gr/cm<sup>3</sup>. filler memberikan hasil densitas yang sama yaitu 2,322 gr/cm<sup>3</sup>. Grafik antara kepadatan campuran dengan kadar *filler* berikut dipaparkan.



Gambar 4. Grafik hubungan kepadatan dan filler

### Void In Mixture

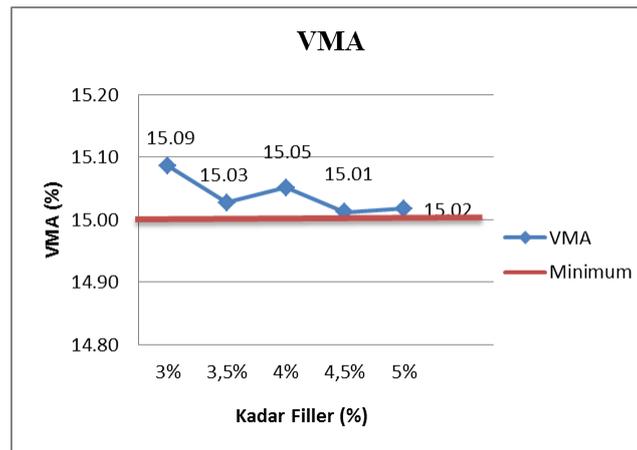
VIM (Void in Mixture) merujuk pada persentase volume udara dalam campuran agregat-aspal sesudah proses pemadatan. Semakin rendah angka VIM, semakin tahan air campuran tersebut; namun, nilai VIM yang terlalu rendah dapat mengakibatkan terlepasnya aspal dari permukaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai VIM dari campuran dengan variasi kadar bahan pengisi abu batu kapur adalah sebagai berikut: 3% bahan pengisi abu batu kapur sebesar 4,11%, 3,5% sebesar 4,04%, 4% sebesar 4,07%, 4,5% sebesar 4,02%, dan 5% sebesar 4,03%. Pengujian menunjukkan bahwa penambahan bahan pengisi abu batu kapur mengurangi nilai VIM. Grafik yang mengilustrasikan hubungan antara VIM dan kadar filler dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.:



Gambar 5. Grafik hubungan antara VIM dan filler

### Void In The Mineral Aggregate

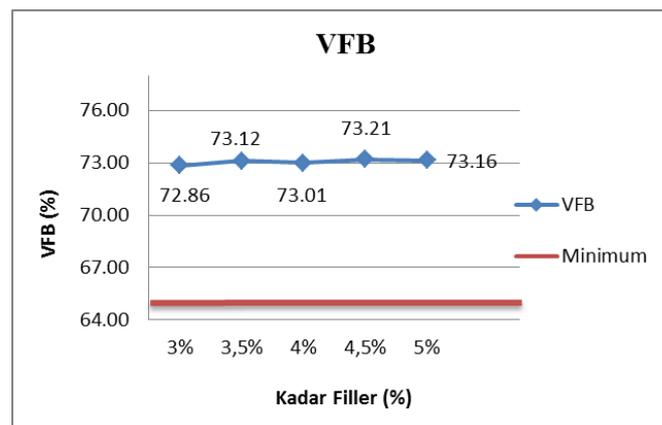
VMA merupakan persentase volume antar butiran agregat yang berisi udara dan yang berisi aspal. Para peneliti menemukan bahwa penambahan semacam abu batu kapur sebagai bahan pengisi ke dalam campuran mengurangi nilai VMA. Hal ini terjadi karena adanya penambahan kapur mengurangi jumlah aspal dan ruang udara yang dibutuhkan dalam campuran. Nilai VMA yang diperoleh pada campuran dengan menggunakan variasi kadar bahan pengisi abu kapur 3% sebesar 15,09%, kadar bahan pengisi abu kapur 3,5% sebesar 15,03%, bahan pengisi abu kapur 4% sebesar 15,05%, bahan pengisi abu kapur 4,5% sebesar 15,01%, dan variasi kadar filler abu kapur 5% sebesar 15,02%. Grafik VMA dengan kadar filler dapat dirujuk berikut.



Gambar 6. Grafik hubungan antara VMA dan filler

### Void Filled Bitumen

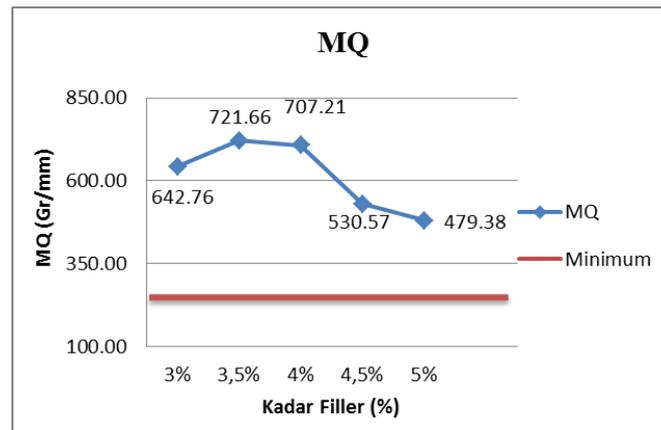
Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar bahan pengisi abu batu kapur yang digunakan, nilai VFB juga meningkat. Penambahan ini disebabkan oleh masuknya abu batu kapur sebagai bahan pengisi, yang mengurangi jumlah rongga dalam campuran dan mengisi mereka dengan aspal. Nilai VFB yang tercatat untuk campuran dengan variasi kadar bahan pengisi abu batu kapur adalah sebagai berikut: 3% sebesar 72,86%, 3,5% sebesar 73,12%, 4% sebesar 73,01%, 4,5% sebesar 73,21%, dan 5% sebesar 73,16%. Grafik yang menunjukkan hubungan antara VFB dan kadar filler di rujuk dibawah ini



Gambar 7. Grafik hubungan VFB dan filler

### Marshall Quotient

Marshall Quotient merupakan rasio antara angka flow dan stabilitas yang mencerminkan kekerasan dan kemampuan lentur campuran. Semakin tinggi nilai MQ, campuran tersebut cenderung lebih keras dan rawan retak, sedangkan semakin kecil nilai MQ akan mengakibatkan deformasi plastis. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan nilai MQ seiring dengan peningkatan kadar abu batu kapur yaitu pada variasi kadar bahan pengisi abu batu kapur 3% diperoleh nilai MQ sebesar 642,76 gram/mm yang kemudian meningkat menjadi 721,66 gram/mm pada suhu 3,5 % kadar filler dan kembali meningkat sebesar 707,21 gram/mm dengan penambahan kadar filler abu kapur 4%, namun kemudian menurun lagi dengan penambahan kadar filler abu kapur 4,5% yaitu 530,57 gram/mm dan. Grafik MQ dengan kadar filler dipaparkan pada gambar berikut.



Gambar 8. Grafik hubungan MQ dan filler

## V. KESIMPULAN

Hasil penelitian tentang dampak dari penggunaan abu batu kapur sebagai penambahan dalam campuran lapisan perkerasan AC-WC menunjukkan bahwa abu batu kapur sebagai pengganti filler pada kadar filler 4% menghasilkan kombinasi yang sangat baik dan sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2. Parameter Marshall menunjukkan nilai kepadatan adalah 2.321 gr/cm<sup>3</sup>, nilai stabilitas sebesar 2780.08 kg, nilai flow yaitu 3.9 mm, nilai VIM menunjukkan 4.07%, nilai VMA menyentuh angka 15.05%, kemudian nilai VFB yakni 73.01%, dan terakhir nilai Marshall Quotient (MQ) yaitu 707.21 kg/mm.

Temuan penelitian menegaskan bahwa penggunaan abu batu kapur dari Desa Kaloy, Kabupaten Aceh Tamiang, sebagai pengisi pengganti dalam campuran AC-WC telah memenuhi standar yang ditetapkan, menunjukkan potensi untuk dijadikan sebagai alternatif bahan pengisi dalam perkerasan jalan.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Hadijah And R. Amrulloh, "Pengaruh Tambahan Serat Polypropylene Terhadap Campuran Aspal Beton Ac-Wc," *Tapak*, Vol. 6, No. 1, Pp. 1–7, 2016.
- [2] Merangin, "Analisa Karakteristik Lapisan Campuran Aspal Beton (Laston) Asphalt Concrete – Binder Course (Ac-Bc) Ditinjau Dari Parameter Marshall Dengan Menggunakan Material Dari Quarry Mandoki Timor Leste," *Galang Tanjung*, No. 2504, Pp. 1–9, 2018.
- [3] Direktorat Jenderal Bina Marga, "Spesifikasi Umum 2018," *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/Se/Db/2018*, No. Revisi 2, Pp. 6.1-6.104, 2018.
- [4] M. O. Vianda, L. Sriharyani, And S. Kurniawan, "Karakteristik Marshall Campuran Asphalt Concrete –Binder Course (Ac-Bc) Dengan Bahan Pengisi (Filler) Abu Batu Kapur (Limestone)," *Jumatisi J. Mhs. Tek. Sipil*, Vol. 2, No. 1, Pp. 138–143, 2021.
- [5] S. S. Mukrimaa *Et Al.*, "Pemanfaatan Batu Kapur (Limestone) Sebagai Pengganti Semen Pada Perkerasan Asphalt Concrete-Binder Cours (Ac-Bc)," *J. Penelit. Pendidik. Guru Sekol. Dasar*, Vol. 6, No. August, P. 128, 2016.
- [6] Hamdi, H. Arfan, And Sudarmadji, "Pemanfaatan Batu Kapur Baturaja Sebagai Filler Pada Lapis Asphalt Concrere- Binder Course (Ac-Bc) Campuran Panasa," *Rev. Bras. Linguística Apl.*, Vol. 5, No. 1, Pp. 1689–1699, 2016.
- [7] R. C. Da Costa Soares And ..., "Analisis Pengaruh Daya Dukung Tanah Terhadap Indek Tebal Perkerasan Jalan Menggunakan Metode Bina Marga," *J. Ilm. Telsinas ...*, Vol. 3, No. 1, Pp. 42–48, 2020.
- [8] G. Mulyono, "Perkerasan Lentur," *Dimens. Inter.*, Vol. 8, No. 1, Pp. 44–51, 2010.
- [9] H. Mubarak, "Analisa Tingkat Kerusakan Perkerasan Jalan Dengan Metode Pavement Condition Index ( Pci ) Studi Kasus : Jalan Soekarno Hatta Sta . 11 + 150 Analisis Tingkat Kerusakan Perkerasan Jalan ( Husni Mubarak )," *Fak. Tek. Univ. Abdurrab*, Vol. 16, No. April, Pp. 94–109, 2016.
- [10] S. Y. Pomantow, F. Jansen, And J. E. Waani, "Kinerja Campuran Ac-Wc Dengan Menggunakan Agregat Dari Batu Kapur," *J. Sipil Statik*, Vol. 7, No. 2, Pp. 219–228, 2019.

- [11] Mashuri, “Karakteristik Aspal Sebagai Bahan Pengikat Yang Ditambahkan Styrofoam. Jurnal Smartek 8 (10): 1 – 12.,” 2010.
- [12] S. 1992. Sukirman, “Perkerasan Lentur Jalan Raya,” 1992.
- [13] S. Sukirman, “Beton Aspal Campuran Panas. Granit, Jakarta.,” 2007.
- [14] Putrowijoyo, “Kajian Laboratorium Sifat Marshall Dan Durabilitas Asphalt Concrete - Wearing Course ( Ac-Wc ) Dengan Membandingkan Penggunaan Antara Semen Portland Dan Abu Batu Sebagai Filler,” *Constr. Build. Mater.*, Vol. 6, No. March, Pp. 116–123, 2006.
- [15] R. A. 1 ✉, S. Maryam H, And A. Massara, “Studi Experimental Campuran Stone Matrix Asphalt (Sma) Dengan Penambahan Zat Aditif Polyrethane Terhadap Ketahanan Deformasi Dan Modulus Elastis,” *Innovative*, Vol. 3, No. Journal Of Social Science Research, Pp. 5001–5053, 2023.