



Pengaruh Kinerja Campuran Aspal AC-BC Dengan Penggantian *Filler* Batu Kapur

Julyus Canser¹, Tri Serfus², Elly Tri Pujiastuti³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Prof.Dr Hazairin,SH Bengkulu

dan43173@gmail.com¹, sefrus.tri@gmail.com², ellvtripujiastutie@gmail.com³

Abstrak

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang, dimana pembangunan sarana dan prasarana transportasi semakin diperhatikan agar mobilisasi kebutuhan pokok masyarakat dapat terpenuhi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya pengaruh campuran aspal beton AC-BC dengan menggunakan filler abu batu kapur pada variasi komposisi optimal dalam mencapai nilai stabilitas dan flow yang disyaratkan melalui penggunaan abu batu kapur sebesar 0% hingga 100%. Metode penelitian dilakukan melalui pengujian Marshall pada campuran Asphalt Concrete–Binder Course guna memperoleh karakteristik volumetrik dan mekanik perkerasan. Berdasarkan hasil pengujian, Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5% menghasilkan nilai VMA 16,08%, VFA 75,9%, VIM 3,9%, stabilitas 2294,9kg, flow 2,6mm, serta Marshall Quotient 1083,5kg/mm. Selanjutnya, hasil uji Marshall pada Kadar Penggantian Optimum (KPO) dengan abu batu kapur menunjukkan nilai VMA 15,7%, VFA 78,7%, VIM 3,4%, stabilitas 2401,0kg, flow 3,0mm, dan Marshall Quotient 953,0kg/mm. Penggunaan abu batu kapur sebagai filler terbukti meningkatkan nilai VFA, stabilitas, dan flow, meskipun penurunan terjadi pada nilai VMA dan Marshall Quotient. Secara umum, perubahan karakteristik tersebut masih berada dalam batas persyaratan teknis yang ditetapkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, sehingga campuran AC-BC dengan filler abu batu kapur layak digunakan sebagai alternatif material perkerasan jalan yang ekonomis, berkelanjutan, dan mendukung peningkatan kinerja struktur perkerasan jalan nasional dan daerah di Indonesia secara optimal dan aplikatif bagi pengembangan teknologi konstruksi perkerasan aspal modern berorientasi mutu jangka panjang nasional berkelanjutan.

Kata kunci: Penggantian Filler Abu Batu Kapur, Campuran Asphalt Concrete – Binder Course AC-BC, Filter Batu Kapur

1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang, dimana pembangunan sarana dan prasarana transportasi semakin diperhatikan agar mobilisasi kebutuhan pokok masyarakat dapat terpenuhi. Faktor utama yang diperhatikan dalam kemudahan mobilisasi adalah prasarana yang memadai atau jalan yang layak dan dapat menjangkau seluruh daerah, sehingga terjadi pemerataan pada seluruh daerah di Indonesia.

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi yang perlu diperhatikan, karena jalan berfungsi menghubungkan satu daerah dengan daerah lainnya. Material utama dari perkerasan adalah agregat, yaitu 90-95% dari berat campuran perkerasannya atau 75-85% agregat berdasarkan volume. Daya dukung lapisan perkerasan ditentukan berdasarkan sifat butiran agregat dan gradasinya. Bahan pengikat yang digunakan adalah aspal dan semen sebagai pembentuk lapisan perkerasan kedap air, oleh karena itu kualitas dari perkerasan jalan ditentukan berdasarkan sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

Batuan kapur (*limestone*) termasuk batuan sedimen, batuan ini terdiri dari kalsium karbonat (CaCO_3) Mencapai 95%, selain kalsium karbonat batu kapur juga mengandung silika, magnesit, alumina serta beberapa senyawa lainnya namun dalam jumlah yang lebih kecil. Penggunaan *filler* pada campuran aspal beton banyak diteliti untuk mendapatkan kinerja campuran yang baik, selain itu perlu suatu upaya pemanfaatan material local dan bagaimana bahan lokal seperti batu kapur yang persediaannya melimpah di provinsi Bengkulu kabupaten seluma kecamatan seluma utara, desa puguk.

Bahan pengisi (*filler*) dalam campuran aspal beton adalah bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm), dapat terdiri dari debu batu, kapur padam dan semen *portland*, atau bahan non plastis lainnya Ator, Waani and Kaseke, (2015)

Filler merupakan salah satu bahan yang memiliki fungsi penting, yaitu sebagai pengisi rongga-rongga dari campuran aspal. Selain itu *filler* juga memiliki fungsi lain yaitu sebagai media untuk pelumasan aspal terhadap permukaan agregat. Meskipun presentase *filler* sangat kecil terhadap campuran bahan aspal lainnya, bukan berarti *filler* tidak memiliki pengaruh efek besar terhadap sifat-sifat *marshall* yang juga merupakan kinerja campuran terhadap beban lalu lintas. Macam bahan pengisi yang dapat digunakan ialah : kapur padam, *portland cemen*, Banyaknya bahan pengisi dalam campuran aspal beton sangat dibatasi. Kebanyakan bahan pengisi, maka campuran akan sangat kaku dan mudah retak disamping memerlukan aspal yang banyak untuk memenuhi *workability*. Sebaliknya kekurangan bahan pengisi campuran menjadi sangat lentur dan mudah terdeformasi oleh roda kendaraan sehingga menghasilkan jalan yang bergelombang (Hadiswara, 2019)

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh campuran aspal beton AC-BC dengan menggunakan *filler* abu batu kapur campuran optimal dalam mencapai stabilitas dan *flow* yang disyaratkan dengan penggunaan abu batu kapur.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Transportasi Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH Bengkulu. Seluruh rangkaian kegiatan penelitian, mulai dari pembuatan benda uji, proses perawatan, hingga pengujian material dilakukan di laboratorium tersebut. Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada ketersediaan fasilitas dan peralatan laboratorium yang memadai serta sesuai dengan standar pengujian material perkerasan jalan. Secara geografis, lokasi pelaksanaan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1 yang merupakan peta lokasi laboratorium Fakultas Teknik Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH Bengkulu berdasarkan citra Google Maps tahun 2024.

Gambaran Umum Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH Bengkulu. Penelitian difokuskan pada pengujian campuran Asphalt Concrete–Binder Course (AC-BC) dengan memanfaatkan abu batu kapur sebagai bahan pengganti *filler*. Abu batu kapur yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Desa Puguk, Kecamatan Seluma Utara, Kabupaten Seluma. Sementara itu, agregat dan aspal yang digunakan disesuaikan dengan spesifikasi teknis yang berlaku. Seluruh bahan dan prosedur pengujian mengacu pada Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Tahun 2018, sehingga hasil penelitian diharapkan memenuhi standar teknis campuran lapis aspal beton.

Bagan Alir Penelitian

Alur pelaksanaan penelitian ini disusun secara sistematis dan divisualisasikan dalam bentuk bagan alir yang ditunjukkan pada Gambar 3.2. Bagan alir tersebut menggambarkan tahapan penelitian mulai dari persiapan, pengujian material, pembuatan benda uji, pengujian Marshall, hingga analisis data dan penarikan kesimpulan.

Jadwal Penelitian

Pelaksanaan penelitian direncanakan berlangsung selama enam minggu. Tahapan kegiatan meliputi persiapan, survei bahan, pelaksanaan penelitian di laboratorium, serta analisis data hasil pengujian. Rincian waktu pelaksanaan setiap kegiatan disajikan dalam Tabel 3.1 yang menunjukkan distribusi kegiatan penelitian dari minggu pertama hingga minggu keenam.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian diawali dengan persiapan bahan yang meliputi agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan aspal. Agregat kasar yang digunakan berupa agregat alami hasil pemecahan batu dengan ukuran 4,75 mm hingga 25 mm yang berasal dari Provinsi Bengkulu. Agregat halus berupa pasir yang lolos saringan nomor 4 dengan ukuran maksimum 4,75 mm dan juga berasal dari Provinsi Bengkulu. *Filler* yang digunakan terdiri atas dua jenis, yaitu semen Portland sebagai *filler* utama yang memenuhi standar SNI dan serbuk batu kapur sebagai *filler* pengganti. Batu kapur diperoleh dari Desa Puguk, Kecamatan Seluma Utara, Kabupaten Seluma, kemudian diolah menjadi serbuk untuk digunakan dalam campuran aspal.

Tahap pengolahan dimulai dengan pengujian sifat fisik agregat yang meliputi berat jenis dan penyerapan, analisis saringan, keausan agregat, kekerasan agregat, dan kadar lumpur. Aspal yang digunakan juga diuji sifat fisiknya meliputi daktilitas, titik lembek, berat jenis, penetrasi, titik nyala, titik bakar, serta kehilangan berat. Setelah diperoleh komposisi agregat yang memenuhi spesifikasi dan kadar aspal rencana, dilakukan pembuatan benda uji Marshall. Setiap variasi kadar aspal dibuat sebanyak tiga benda uji. Agregat dipanaskan pada suhu sekitar 160°C, sedangkan aspal dipanaskan pada suhu sekitar 152°C. Campuran kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan dipadatkan pada suhu sekitar 147°C menggunakan alat penumbuk. Setelah dingin, benda uji dikeluarkan dari cetakan.

Pengujian Marshall dilakukan untuk memperoleh nilai stabilitas dan kelelahan (flow). Sebelum pengujian, benda uji didiamkan selama 24 jam, kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat kering udara, berat dalam air, dan berat jenuh permukaan kering (SSD). Benda uji selanjutnya direndam dalam air bersuhu 60°C sebelum diuji menggunakan alat Marshall. Hasil pengujian digunakan untuk menghitung parameter Marshall yang meliputi berat jenis campuran, stabilitas, flow, Marshall Quotient (MQ), rongga antar mineral agregat (VMA), rongga udara dalam campuran (VIM), dan rongga terisi aspal (VFA). Data yang diperoleh dianalisis menggunakan kurva regresi dan diagram batang untuk menentukan kadar aspal optimum serta persentase penggunaan abu batu kapur yang memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Persiapan Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi satu set saringan, wadah, timbangan, oven, kompor, kuai, ember, sendok besar, cetakan (mold), dudukan mold, mesin penumbuk, alat ukur benda uji, wadah penyimpanan benda uji, bak perendam (water bath), serta satu set alat uji Marshall yang terdiri dari arloji tekan, arloji pengukur alir, dan kepala penekan.

Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh langsung dari hasil pengujian bahan dan benda uji di laboratorium, sedangkan data sekunder diperoleh melalui studi literatur, standar teknis, serta hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian.

Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan secara kuantitatif dengan membandingkan pengaruh penggunaan abu batu kapur sebagai bahan pengganti filler terhadap karakteristik campuran aspal AC-BC. Data hasil pengujian dianalisis untuk mengetahui hubungan antara variasi penggunaan filler abu batu kapur dengan parameter Marshall yang dihasilkan.

Metode Pelaksanaan Penelitian

Metode pelaksanaan penelitian menggambarkan tahapan penyelesaian penelitian secara sistematis dari awal hingga akhir, mulai dari persiapan alat dan bahan, pembuatan benda uji, pengujian laboratorium, hingga analisis dan interpretasi data. Setiap tahapan dilaksanakan sesuai prosedur teknis yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Pengujian Bahan dan Material

Pengujian bahan meliputi pemeriksaan penetrasi aspal untuk menentukan tingkat kekerasan aspal, pemeriksaan titik lembek untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap aspal, pemeriksaan titik nyala dan titik bakar untuk menentukan batas aman pemanasan aspal, pemeriksaan berat jenis aspal menggunakan piknometer, pemeriksaan daktilitas untuk mengetahui sifat elastis aspal, serta pemeriksaan kehilangan berat akibat pemanasan. Selain itu, dilakukan pengujian agregat yang meliputi analisis saringan, pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus, serta pemeriksaan keausan agregat menggunakan mesin Los Angeles untuk memastikan agregat memenuhi persyaratan ketahanan.

Langkah-Langkah Pengujian Marshall

Pengujian Marshall dilaksanakan melalui tahapan persiapan alat dan bahan, pembuatan campuran aspal panas, pencetakan benda uji menggunakan mold, pemadatan dengan jumlah tumbukan sesuai standar, pendinginan benda uji, serta perendaman dalam water bath. Setelah proses perendaman selama 24 jam, dilakukan penimbangan benda uji di udara, dalam air, dan dalam kondisi jenuh permukaan kering (SSD), sebelum akhirnya dilakukan pengujian Marshall untuk memperoleh parameter karakteristik campuran.

3. Hasil dan Diskusi

1.1.1 Kadar Aspal Optimum (KAO)

Pengujian yang dilakukan untuk menentukan Kadar Aspal Optimum dari campuran AC-BC yang telah memenuhi persyaratan parameter marshall dapat dilihat dibawah ini :

- a. 4,0% x 1200 = 48 gram
- b. 4,5% x 1200 = 54 gram
- c. 5,0% x 1200 = 60 gram
- d. 5,5% x 1200 = 66 gram
- e. 6,0% x 1200 = 72 gram

Dalam menentukan kadar aspal optimum (KAO) pada campuran aspal Laston AC-BC menggunakan parameter karakteristik marshall standar. Pembahasan hasil pengujian marshall standar untuk menentukan KAO diantaranya terdiri dari Void Mineral Agregat(VMA), Void Filled Asphalt (VFA), Void In the Mix (VIM), Stabilitas, Flow (Kelelehan), dan Marshall Quotien (MQ), yang akan dibahas sebagai berikut.

Tabel 4.12 Karakteristik Aspal.

No	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal (%)				
			4	4.5	5	5.5	6
1.	VMA (%)	≥ 15	15.37	15.41	16.08	17.86	19.67
2.	VFA (%)	≥ 65	65.3	73.2	75.9	73.4	71.3
3.	VIM (%)	3--5	5.6	4.4	3.9	4.8	5.7
4.	Stabilitas (kg)	≥ 800	2210.8	2115.8	2294.9	2139.7	2329.2
5.	Flow (mm)	2--4	1.9	2.4	2.6	3.0	4.1
6.	QM (kg/mm)	≥ 250	1373.8	1068.5	1083.5	862.3	675.4

(Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil UNHAZ, 2024)

1.1.2 Void Mineral Agregat (VMA)

Void Mineral Agregat (VMA) merupakan jumlah pori butir-butir agregat aspal padat antara rongga udara yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Berikut ini nilai Void Mineral Agregat (VMA) pada hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2 Hubungan VMA Terhadap Kadar Aspal

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil Unihaz, 2024

Berdasarkan gambar 4.2 diperoleh nilai VMA yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 sebesar ≥ 15 yaitu dengan nilai kadar 4%(15,37), 4,5%(15,41), 5%(16,08), 5,5%(17,86), dan 6%(19,67).

1.1.3 Void Filled Asphalt (VFA)

Void Filled Asphalt (VFA) merupakan persentase yang didapat dari VMA yang telah terisi oleh aspal yaitu rongga terisi aspal, tidak termasuk kedalam aspal yang diserap oleh agregat melainkan menyelimuti butir-butir agregat dalam campuran. Berikut nilai Void Filled Asphalt (VFA) pada hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.3 dibawah ini.



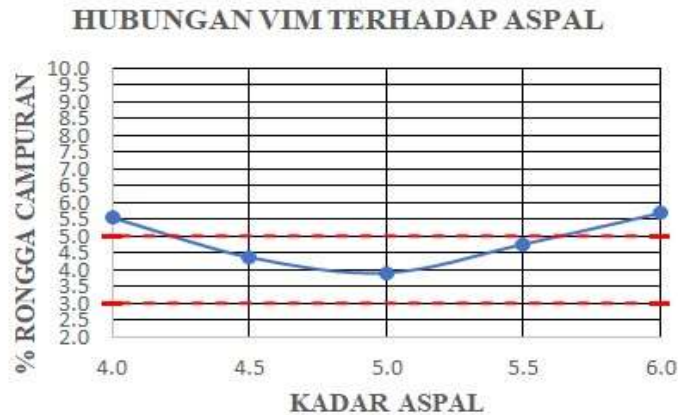
Gambar 4.3 Hubungan VFA Terhadap Kadar Aspal

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil Unihaz, 2024

Berdasarkan gambar 4.3 diperoleh nilai VFA dari semua kadar aspal memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu sebesar ≥ 65 yaitu dengan nilai kadar 4%(65,3), 4,5%(73,2), 5%(75,9), 5,5%(73,4), dan 6%(71,3).

1.1.4 Void In The Mix (VIM)

Void In the Mix (VIM) merupakan persentase rongga yang didapatkan pada suatu campuran, semakin besar rongga dalam campuran akan menunjukkan semakin tinggi VIM sehingga campuran bersifat porous. Berikut ini nilai VIM pada hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.4 Hubungan VIM Terhadap Kadar Aspal

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil Unihaz, 2024

Berdasarkan gambar 4.4 diperoleh nilai VIM yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 sebesar 3-5 yaitu dengan nilai kadar 4,5% (4,4), 5% (3,9), dan 5,5% (4,8).

1.1.5 Stabilitas.

Stabilitas merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur kelelahan plastis terhadap ketahanan pada campuran. Berikut ini nilai stabilitas pada hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.5 dibawah ini.



Gambar 4.5 Hubungan Stabilitas Terhadap Kadar Aspal

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil Unihaz, 2024

Berdasarkan gambar 4.5 diperoleh seluruh nilai kadar aspal pada stabilitas memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 sebesar ≥ 800 . Yaitu dengan nilai kadar 4% (2210,0), 4,5% (2115,8), 5% (2294,9), 5,5% (2139,7), dan 6% (2329,2).

1.1.6 Flow (Kelelahan).

Flow merupakan penurunan vertical campuran akibat beban yang bekerja pada perkerasan. Semakin tinggi nilai flow maka akan semakin tinggi pula tingkat kelenturan dikarenakan kadar aspal. Semakin rendah flow maka akan semakin kaku. Berikut nilai Flow hasil pengujian dilihat pada gambar 4.6 dibawah ini.



Gambar 4.6 Hubungan Flow Terhadap Kadar Aspal

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil Unihaz, 2024

Berdasarkan gambar 4.6 diperoleh nilai Flow yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 sebesar 2 – 4 mm yaitu dengan nilai kadar aspal 4,5% (2,4 mm), 5% (2,6 mm), dan 5,5% (3 mm).

1.1.7 Marshall Quantient (MQ).

Marshall Quantien MQ merupakan hasil bagi Stabilitas antara Flow pada campuran. Semakin rendah nilai MQ maka fleksibilitas campuran itu tinggi namun cenderung kurang stabil, begitupun sebaliknya. Berikut ini nilai MQ pada hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.7 dibawah ini.



Gambar 4.7 Hubungan QM Terhadap Aspal

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil Unihaz, 2024

Berdasarkan gambar 4.7 diperoleh nilai MQ dari semua kadar aspal memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 sebesar ≥ 250 . Yaitu dengan nilai kadar aspal 4% (1373,8), 4,5% (1068,5), 5% (1083,5), 5,5% (862,3) dan 6% (675,4).

1.2 Kadar Pengganti Optimum (KPO)

Kadar aspal yang digunakan untuk menentukan KPO merupakan hasil KAO yaitu 5% yang akan di gantikan abu batu kapur dari berat jenis filler 24 gram pengganti abu batu kapur yang akan digunakan sebagai berikut :

1. $100\% \times 24 = 24$ gram

Pengujian Marshall dilakukan untuk mengetahui karakteristik Marshall standar dengan penambahan getah pinus, adapun pembahasan hasil pengujian marshall standar untuk menentukan KPO diantaranya terdiri dari Void Mineral Agregat (VMA), Void Filled Asphalt (VFA), Void In the Mix (VIM), Stabilitas, Flow (Kelelehan), dan Marshall Quotien (MQ), yang akan dibahas sebagai berikut.

1.2.1 Void Mineral Agregat (VMA)

Void Mineral Agregat (VMA) merupakan jumlah pori butir-butir agregat aspal padat antara rongga udara yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Berikut ini nilai Void Mineral Agregat (VMA) pada hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.8 dibawah ini.



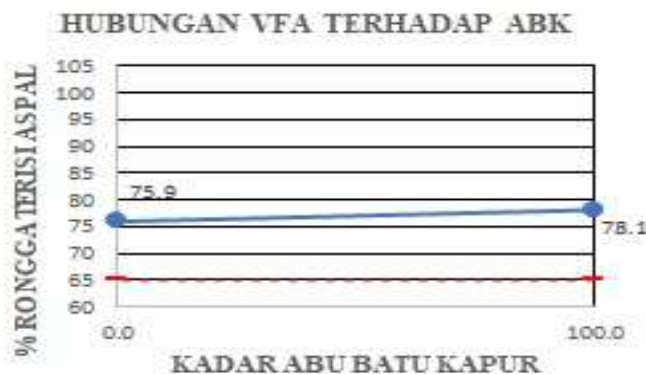
Gambar 4.8 Hubungan VMA Terhadap Abu Batu Kapur

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil Unihaz, 2024

Berdasarkan gambar 4.8 diperoleh nilai VMA yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 sebesar ≥ 15 yaitu dengan nilai kadar abu batu kapur 100% (15,7). Sedangkan nilai VMA (KAO) 5% (16,1), dapat dilihat dari Grafik hubungan VMA terhadap abu batu kapur nilainya menurun tetapi masih memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018.

1.2.2 Void Filled Asphalt (VFA)

Void Filled Asphalt (VFA) merupakan persentase yang didapat dari VMA yang telah terisi oleh aspal yaitu rongga terisi aspal, tidak termasuk kedalam aspal yang diserap oleh agregat melainkan menyelimuti butir-butir agregat dalam campuran. Berikut ini nilai Void Filled Asphalt (VFA) pada hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.9 dibawah ini.



Gambar 4.9 Hubungan VFA Terhadap Abu Batu Kapur

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil Unihaz, 2024

Berdasarkan gambar 4.9 diperoleh nilai VFA terhadap Abu Batu Kapur memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu sebesar ≥ 65 , yaitu dengan nilai kadar Abu Batu Kapur 100% (78,1). Sedangkan nilai VFA (KAO) 5% (75,9), dapat dilihat dari Grafik hubungan VFA terhadap abu batu kapur nilainya naik memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018.

1.2.3 Void In The Mix (VIM).

Void In the Mix (VIM) merupakan persentase rongga yang didapatkan pada suatu campuran, semakin besar rongga dalam campuran akan menunjukkan semakin tinggi VIM sehingga campuran bersifat porous. Berikut ini nilai VIM pada hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.10 dibawah ini.



Gambar 4.10 Hubungan VIM Terhadap Abu Batu Kapur

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil Unihaz, 2024

Berdasarkan gambar 4.10 diperoleh nilai VIM yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 sebesar 3-5% yaitu dengan nilai kadar Abu Batu Kapur 100% (3,4%). Sedangkan nilai VIM (KAO) 5% (3,9%), dapat dilihat dari Grafik hubungan VIM terhadap abu batu kapur nilainya sedikit menurun tetapi masih memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

1.2.4 Stabilitas.

Stabilitas merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur kelelahan plastis terhadap ketahanan pada campuran. Berikut ini nilai stabilitas pada hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.11 dibawah ini.



Gambar 4.10 Hubungan Stabilitas Terhadap Abu Batu Kapur

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil Unihaz, 2024

Berdasarkan gambar 4.11 diperoleh nilai stabilitas yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 sebesar ≥ 800 yaitu dengan nilai kadar Abu Batu Kapur 100% (2401,0). Sedangkan nilai stabilitas (KAO) 5% (2277,7), dapat dilihat dari grafik stabilitas di atas maka dapat disimpulkan ada kenaikan angka dari stabilitas pengganti filler Abu Batu Kapur sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

1.2.5 Flow (Kelelahan).

Flow merupakan penurunan vertical campuran akibat beban yang bekerja pada perkerasan. Semakin tinggi nilai flow maka akan semakin tinggi pula tingkat kelenturan dikarenakan kadar aspal. Semakin rendah flow maka akan semakin kaku. Berikut nilai flow hasil pengujian dilihat pada gambar 4.12 dibawah ini.



Gambar 4.12 Hubungan Flow Terhadap Abu Batu Kapur

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil Unihaz, 2024

Berdasarkan gambar 4.12 diperoleh nilai Flow yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 sebesar 2 mm – 4 mm yaitu dengan nilai kadar Abu Batu Kapur 100% (3,0 mm). Sedangkan nilai kadar Flow (KAO) 5% (2,6), dapat dilihat dari grafik Flow diatas ada kenaikan angka Kadar Batu Kapur tetapi masih memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

1.2.6 Marshall Quantient (MQ).

Marshall Quantien MQ merupakan hasil bagi Stabilitas antara Flow pada campuran. Semakin rendah nilai MQ maka fleksibilitas campuran itu tinggi namun cenderung kurang stabil, begitupun sebaliknya. Berikut in inilai MQ pada hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.13 dibawah ini.



Gambar 4.13 Hubungan QM Terhadap Abu Batu Kapur

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil Unihaz, 2024

Berdasarkan gambar 4.13 diperoleh nilai QM yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 sebesar ≥ 250 yaitu dengan nilai kadar Abu Batu Kapur 100% (953,0). Sedangkan nilai QM (KAO) 5% (1076,6), dapat dilihat dari grafik QM diatas ada penurunan angka Kadar Batu Kapur tetapi masih memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

1.3 Karakteristik Marshall.

Pembahasan dari hasil pengujian karakteristik marshall yang didapatkan sebagai berikut.

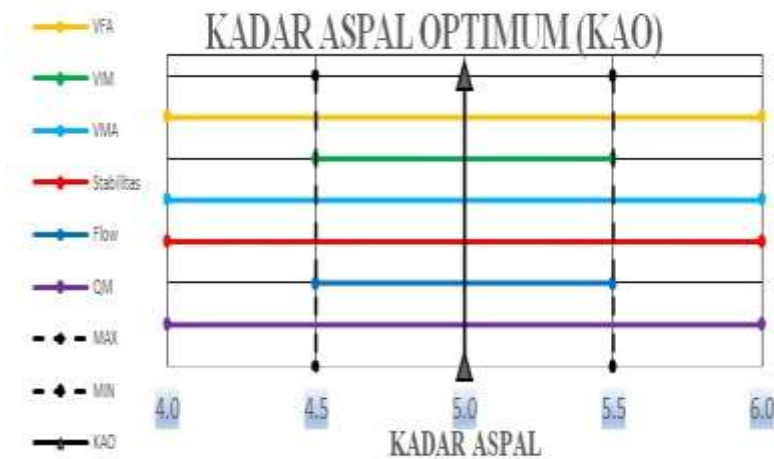
1.3.1 Kadar Aspal Optimum (KAO).

Berikut hasil pengujian karakteristik marshall yang memenuhi dan tidak memenuhi spesifikasi Bina marga 2018 revisi 2, menjelaskan adanya nilai KAO di kadar aspal 4,5, 5, dan 5.5 yg memenuhi spesifikasi dan ada juga yang tidak memenuhi di kadar aspal 4 dan 6 persen nilai VIM dan Flow yang ditandai warna kuning. dapat dilihat pada Tabel 4.12 dan Gambar 4.14 dibawah ini.

Tabel 4.12 hasil pengujian Marshall Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

No	Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal (%)				
			4	4.5	5	5.5	6
1.	VMA (%)	≥ 15	15.37	15.41	16.08	17.86	19.67
2.	VFA (%)	≥ 65	65.3	73.2	75.9	73.4	71.3
3.	VIM (%)	3--5	5.6	4.4	3.9	4.8	5.7
4.	Stabilitas (kg)	≥ 800	2210.8	2115.8	2294.9	2139.7	2329.2
5.	Flow (mm)	2—4	1.9	2.4	2.6	3.0	4.1
6.	QM (kg/mm)	≥ 250	1373.8	1068.5	1083.5	862.3	675.4

(Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil Unihaz, 2024)



Gambar 4.14 Grafik Kadar Aspal Optimum

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil Unihaz, 2024

Dari hasil pembahasan Karakteristik marshall diatas dapat dilihat bahwa setelah melakukan pengujian Marshall pada seluruh parameter Marshall yang memenuhi persyaratan KAO dari kadar aspal perencanaan terletak pada kadar aspal 5% adapun parameter Marshall dari kadar Aspal Optimum 5% yaitu VMA 16,08%, VFA 75,9%, VIM 3,9%, Stabilitas 2294,9kg, Flow 2,6mm, dan QM 1083,5kg/mm yang telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018.

1.3.2 Kadar Pengganti Optimum (KPO).

Berikut hasil pengujian Marshall untuk menentukan KPO yang dapat dilihat pada Tabel 4.13 dibawah ini.

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Marshall Kadar Pengganti Optimum (KPO)

No	Karakteristik	Syarat	Batu Kapur (%)	
			0	100
1.	VMA (%)	≥ 15	16.1	15.7
2.	VFA (%)	≥ 65	75.9	78.1
3.	VIM (%)	3--5	3.9	3.4
4.	Stabilitas (kg)	≥ 800	2277.7	2401.0
5.	Flow (mm)	2--4	2.6	3.0
6.	QM (kg/mm)	≥ 250	1076.6	953.0

(Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium Teknik Sipil Unihaz, 2024)

Dari hasil pembahasan karakteristik Marshall diatas dapat dilihat bahwa setelah melakukan pengujian Marshall pada seluruh parameter Marshall yang memenuhi persyaratan KPO terdapat kadar pengganti Filler Abu Batu Kapur Yaitu 100%. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa kadar pengganti optimum 100% memiliki nilai VMA 15,7%, VFA 78,1%, VIM 3,4%, Stabilitas 2401,0kg, Flow 3,0 mm, dan QM 953,0kg/mm yang telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018.

1.3.3 Perbandingan Kadar Aspal Optimum Dengan Kadar Pengganti Optimum

Berikut pembahasan perbandingan Kadar Aspal Optimum 5% yang digunakan dengan Kadar Pengganti Optimum Abu Batu Kapur dapat dilihat pada gambar 4.2. Berdasarkan gambar 4.15 diperoleh hasil perbandingan antara KAO 5% dengan KPO 100% terhadap Abu Batu Kapur mengalami signifikan pada parameter Marshall, dari hasil penelitian yang tampak pada grafik bahwa semakin banyak persen Abu Batu Kapur mengakibatkan nilai VFA menurun berbanding terbalik dengan dengan nilai VMA dan VIM yang meningkat sehingga mengakibatkan rendahnya kekakuan lapis keras mengalami retak.

Selain itu mudah terjadinya bleeding pada lapis keras dikarenakan terselimuti aspal terlalu tebal maka semakin tinggi pula tingkat kelenturan campuran pada nilai Flow dan Stabilitas yang rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapatkan beban. Dari hasil pembahasan tersebut di dapatkan bahwa nilai Flow yang meningkat dengan nilai stabilitas yangmeningkat mempengaruhi turunnya nilai QM hasil bagi stabilitas antara Flow, semakin rendah nilai QM maka fleksibilitas campuran itu tinggi namun cenderung kurang stabil.



4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis perhitungan dari karakteristik campuran aspal AC-BC dengan pengganti Abu Batu Kapur dapat disimpulkan sebagai berikut : Dari pengujian Marshall, Kadar Aspal Optimum (KAO) yaitu 5% pada campuran AC-BC *Asphalt Concrete-Binder Course* dengan Pengganti *Filler* Abu Batu Kapur sehingga didapatkan Kadar Pengganti Optimum (KPO) Abu Batu Kapur 100%. Maka dapat disimpulkan bahwa Kadar Pengganti Optimum 100% memiliki nilai VMA 15,7%, VFA 78,1%, VIM 3,4%, stabilitas 2401,0kg, *Flow* 3,0mm, dan *Marshall Quotient* 953,0 kg/mm. Sedangkan Kadar Aspal Optimum 5% memiliki nilai VMA 16,1%, VFA 75,9%, VIM 3,9%, stabilitas 2277,7kg, *Flow* 2,6mm, dan *Marshall Quotient* 1076,6kg/mm. Dari pengujian yang telah dilakukan pengaruh campuran AC-BC setelah diganti *Filler* Abu Batu Kapur mengalami pengaruh signifikan pada parameter *Marshall* menyebabkan nilai VMA, VFA, VIM, dan *Marshall Quotient* menurun sedangkan nilai Stabilitas dan *Flow* meningkat seiring dengan penggantian *Filler* Abu Batu Kapur pada Kadar Aspal Optimum 5% yang memenuhi persyaratan yang telah ditentukan Kadar Pengganti 100%.

Referensi

1. Anton (2020) *Petunjuk Praktikum Bahan Perkerasan Jalan*. Bengkulu.
2. Arifin, M.Z., Djakfar, L. and Martina, G. (2012) 'Pengaruh Kandungan Air Hujan Terhadap Nilai Karakteristik Marshall Dan Indeks Kekuatan Sisa (Iks) Campuran Lapisan Aspal Beton (Laston)', *Rekayasa Sipil*, 2(1), pp. 39–46.
3. Ator, P.C., Waani, J.E. and Kaseke, O.H. (2015) 'Pengaruh Variasi Kandungan Bahan Pengisi Terhadap Kriteria Marshall Pada Campuran Lapis Aspal Beton-Lapis Antara Bergradasi Halus', *Jurnal Sipil Statik*, 3(12).
4. Bina Marga (2018) 'Spesifikasi umum 2018', *Direktorat Jendral Bina Marga*, 2010.
5. Fithra, H. and Burhanuddin, B. (2017) 'Karakteristik Campuran Perkerasan Semi Lentur Yang Ditinjau Dari Uji Durabilitas', *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 4(2).
6. Hadiswara, H. (2019) 'Durabilitas Campuran Aspal Dengan Filler Kapur'. Universitas Andalas.
7. LUBIS, F.G.E.N. (2023) 'Perencanaan Perbaikan Tanah Dan Perkerasan Jalan Di Jalan Tiga Runggu Kabupaten Simalungun (Studi Kasus)'.
8. Marga, S.U.B. (2018) 'Direktorat Jenderal Bina Marga.(2018)', *Manual Desain*.
9. Ningtyas, P.W., Sutanto, H. and Arifin, T.S.P. (2022) 'Analisis Perbandingan Tebal Lapis Perkerasan Kaku Dengan Tebal Lapis Perkerasan Lentur Terhadap Efisiensi Biaya (Studikasu: Jalan Pampang Muara Pada Sta 4+ 000 S/D Sta 6+ 215)', *Teknologi Sipil: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 6(2).
10. Nuringjati, S. (2022) 'Pengaruh Variasi Komposisi Basalt dan Lime Glass Terhadap Pembentukan Pori pada Batuan Basalt Skoria dengan Pendinginan Annealed dan Normlaizing'.
11. Putrowijoyo, R. (2006) 'Kajian laboratorium sifat marshall dan Durabilitas Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) dengan Membandingkan penggunaan antara semen portland dan abu batu sebagai Filler'. program Pascasarjana Universitas Diponegoro.
12. Sukirman, S. (1999) 'Perkerasan Lentur Jalan Raya', *Buku [Preprint]*.
13. Sukirman, S. (2007) *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
14. SNI.1969. (2008). Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.
15. SNI.1970. (2008). Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus.
16. SNI.ASTM C136. (2012). *Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar (ASTM C 136-06 , IDT)*.