

KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN ASPAL BUTON TIPE CPHMA DENGAN PENAMBAHAN ABU BATU

¹Stevany Brenda Tipawael, ²Vera Th. C. Siahaya, ³David Daniel Marthin Huwae

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ambon
brendatipawael10@gmail.com¹, verasiahaya6@gmail.com², daviddmhuwae@gmail.com³

ABSTRACT

Roads are transportation infrastructure that connects one area with other areas, especially in the transportation sector for the smooth flow of goods and services. Roads experience damage due to the increasing volume and load of vehicles, especially if they are always passed by heavy vehicles that are overloaded. The Namlea - Marloso road section has a length of 19,026 km with a road width of 4.0 m. This road section has road damage to the road surface layer in the form of cracks, holes, and surface defects. Previously damaged road conditions have been repaired by patching using CPHMA. However, the planned life of the road is in fact not in accordance with what is happening in the field. The road has been damaged \pm 4 months after being repaired. The aim of the research was to determine the marshall characteristics of CPHMA-type Buton asphalt mixture using rock ash as filler and to analyze the percentage of rock ash content that met the requirements for Buton CPHMA-type asphalt mixture. This study used rock ash with the addition of 4%, 8% and 12%. This test was carried out using a Marshall test kit with reference to the 2020 Bina Marga Specifications and the Indonesian National Standard (SNI). The research results show that the average values obtained are density value =2.21 gr/cc, marshall stability value =1416 kg, flow value =3.02 mm, VMA value =18.24%, VIM value =7.72%, VFB value =63.18%, MQ value =483.02 kg/mm. marshall CPHMA characteristics with the addition of rock ash resulted in increased stability, flow, VMA and VIM values. While the values of VFB and MQ decreased. Presentation of optimum rock ash addition content =6% and meets the 2018 Bina Marga specification revision 2.

ABSTRAK

Jalan merupakan prasarana transportasi yang menghubungkan suatu daerah dengan daerah lainnya khususnya pada bidang transportasi untuk kelancaran arus barang dan jasa. Jalan mengalami kerusakan akibat meningkatnya volume dan beban kendaraan, terlebih jika selalu dilalui oleh kendaraan berat yang bermuatan berlebih. Ruas jalan Namlea – Marloso memiliki panjang 19.026 km dengan lebar jalan 4.0 m. Pada ruas jalan ini mengalami kerusakan jalan pada lapisan permukaan jalan berupa retak, berlubang, dan cacat permukaan. Kondisi jalan yang sebelumnya rusak telah diperbaiki dengan penambalan (*patching*) dengan menggunakan CPHMA. Namun umur jalan yang direncanakan pada kenyataannya tidak sesuai dengan yang terjadi di lapangan. Jalan sudah mengalami kerusakan \pm 4 bulan setelah diperbaiki. Tujuan penelitian yaitu mengetahui karakteristik marshall campuran aspal buton tipe CPHMA dengan menggunakan abu batu sebagai filler dan menganalisis presentase kadar abu batu yang memenuhi syarat terhadap campuran aspal buton tipe CPHMA. Penelitian ini menggunakan abu batu dengan penambahan 4%, 8% dan 12%. Pengujian ini dilakukan dengan alat uji marshall test dengan mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2020 dan Standar Nasional Indonesia (SNI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata yang diperoleh yaitu nilai kepadatan =2.21 gr/cc, nilai stabilitas marshall =1416 kg, nilai flow =3.02 mm, nilai VMA =18.24%, nilai VIM =7.72%, nilai VFB =63.18%, nilai MQ =483.02 kg/mm. Karakteristik marshall CPHMA dengan penambahan abu batu mengakibatkan nilai stabilitas, flow, VMA dan VIM mengalami peningkatan. Sedangkan nilai VFB dan MQ mengalami penurunan. Presentase kadar penambahan abu batu optimum = 6% dan memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2.

Kata kunci: CPHMA, Abu Batu, Karakteristik Marshall

1. PENDAHULUAN

Ruas jalan Namlea – Marloso memiliki panjang 19.026 km dengan lebar jalan 4,0 m merupakan ruas jalan yang menghubungkan antara Kabupaten Buru dengan Kabupaten Buru Selatan. Pada ruas jalan ini, terdapat kerusakan jalan pada lapisan permukaan perkerasan jalan berupa retak (*cracking*), berlubang (*potholes*) dan cacat permukaan (*disintegration*). Kondisi ruas jalan yang sebelumnya rusak juga telah

diperbaiki dengan cara lapis tambah (*overlay*) dan penambalan (*patching*). Penambalan dilakukan dengan menggunakan CPHMA. Namun umur jalan yang sudah direncanakan pada kenyataannya tidak sesuai dengan apa yang terjadi di lapangan. Jalan sudah mengalami kerusakan sebelum masa layan jalan tersebut habis. Kerusakan terjadi kurang lebih 4 bulan setelah dilakukan penambalan.

Pemilihan abu batu sebagai bahan pengisi untuk meningkatkan kualitas aspal buton tipe CPHMA pada perkerasan jalan raya sehingga kerusakan dini dapat dicegah dan dapat meningkatkan stabilitas yang diharapkan dapat digunakan untuk volume lalu lintas yang tinggi. Abu batu dapat mengisi rongga-rongga dalam campuran CPHMA sehingga mengurangi kesenjangan dan diharapkan dapat meningkatkan stabilitas.

Untuk meningkatkan kualitasnya, tentunya dibutuhkan material perkerasan jalan yang memenuhi spesifikasi. Dalam hal penyediaan bahan yang memenuhi persyaratan tersebut, seringkali timbul masalah dimana bahan tersebut semakin berkurang jumlahnya dan semakin besar biaya yang diperlukan untuk pengadaan bahan tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aspal

Aspal merupakan material bercorak gelap, berbentuk padat hingga agak padat padasuhu ruang. Ketika aspal dipanaskan sampai suhu tertentu, aspal bisa menjadi lunak (cair) dan dapat digunakan untuk membungkus partikel agregat selama pembuatan aspal beton atau untuk menembus pori-pori yang terbentuk selama penyemprotan atau penyiraman pada perkerasan macadam maupun pelabuhan. Ketika suhu menurun, aspal hendak membeku dan agregat terikat bersama (ciri termoplastis).

2.2 Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA)

Campuran asbuton yang terdiri atas agregat, aspal buton butir, peremaja dan bahan tambahan lainnya yang dicampur secara panas menggunakan unit pencampur aspal (AMP) kemudian dihampar pada suhu rendah disebut CPHMA. Aspal buton jenis CPHMA memiliki dua jenis kemasan yaitu dalam bentuk curah dan dalam bentuk kemasan. CPHMA dalam bentuk curah harus digunakan sebelum berumur 3 hari, sedangkan bahan CPHMA dalam kemasan dapat disimpan hingga 3 bulan atau lebih, sesuai rekomendasi dari pabrikan dan atas persetujuan pengawas pekerjaan.

2.3. Penuaan Aspal

Penuaan aspal adalah salah satu parameter yang dipakai untu menentukan keawetan suatu campuran aspal. Penuaan aspal disebabkan oleh dua faktor utama yaitu: Penguapan dan oksidasi fraksi minyak ringan yang terkandung dalam aspal (disebut penuaan jangka pendek), dan oksidasi yang progresif yang disebut dengan penuaan jangka panjang atau *long term oven aging*.

2.4. Karakteristik Marshall

Marshall meruapakan pengujin yang dilakukan terhadap campuran aspal. Tujuan dari dilakukannya uji marshall adalah untuk mengetahui karakteristik dari

suatu perkerasan lentur. Metode Marshall ini meliputi pengujian Marshall dan parameter Marshall yaitu: ketahanan (*stability*), kelelahan (*flow*), porositas dalam agregat mineral (VMA), porositas dalam campuran/*Void In Mix* (VIM), porositas terisi aspal/*Void Filled Bitumen* (VFB), kerapatan (*density*) dan *Marshall Quotient* (MQ).

2.5. Durabilitas

Kemampuan beton aspal dalam menahan beban lalu lintas atau dikatakan daya tahan seperti berat kendaraan, gesekan antara roda dengan permukaan jalan, serta ketahanan terhadap keausan akibat pengaruh kondisi cuaca dan iklim, seperti fluktuasi suhu, udara dan air.

2.6. Ekstraksi

Pemisahan campuran dari dua komponen atau lebih dengan menambahkan bahan pelarut yang dapat melarutkan salah satu komponen dalam campuran disebut dengan ekstraksi. Uji ekstraksi menunjukkan bahwa disintegrasi agregat disebabkan oleh adanya beberapa partikel yang hancur, sehingga meningkatkan volume rongga udara dalam campuran, sehingga mengakibatkan terjadinya penurunan densitas dan peningkatan VMA dan VIM. Tujuan dari dilakukannya proses ekstraksi yaitu untuk mengetahui kandungan aspal dalam campuran aspal. Nilai kadar aspal akibat proses ekstraksi dihitung sebagai berikut:

$$H = A - (E + D) / A \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

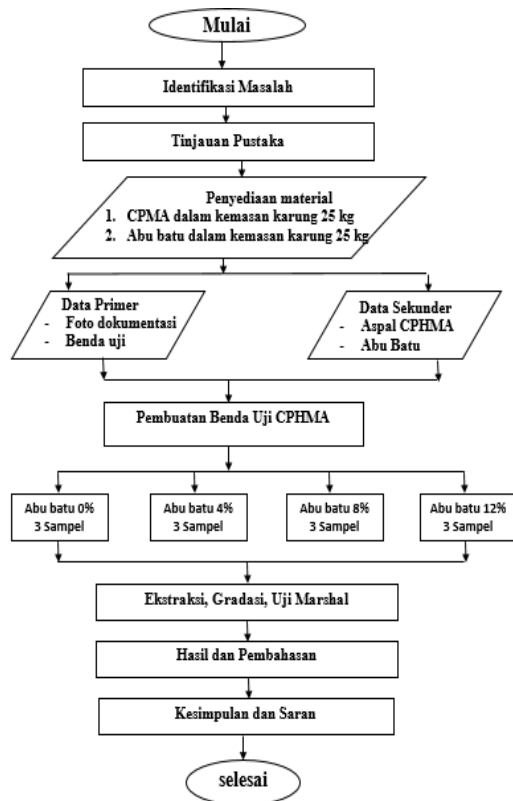
Keterangan:

- H : Kadar aspal dalam sampel (%)
- A : Massa benda sebelum ekstraksi (gr)
- D : Berat kertas sarungr (gr)
- E : Massa benda uji setelah ekstraksi (gr).

2.7. Bahan Pengisi

Dalam penelitian ini bahan pengisi yang dipakai adalah abu batu. Abu batu adalah partikel halus yang dihasilkan oleh alat penghancur batu. Abu batu memiliki sifat keras dan tahan lama serta merupakan unsur pozzolan. Abu batu adalah material sangat halus yang dihasilkan darsaat proses pembakaran batu bara. Abu batu dapat digunakan sebagai bahan pengisi karena mempunyai ukuran partikel yang sangat halus dan lolos saringan No. 200 atau 75 mic dan mengandung unsur pozolanik, sehingga dapat berperan sebagai bahan pengisi dan pengikat pada beton aspal.

3. METODOLOGI



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian (Sumber: Penulis, 2023)

Gambar 1, menunjukkan alur penelitian yang terdiri dari penyediaan material CPHMA dan abu batu, pembuatan benda uji CPHMA tanpa penambahan abu batu, penambahan abu batu 4%, 8% dan 12% masing-masing sebanyak 3 sampel. Pengujian bahan berupa ekstraksi dan pengujian properties material hasil ekstraksi. Olah data dengan menghitung nilai stabilitas dan menentukan kadar penambahan abu batu optimum.

3.1 Jenis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data kuantitatif. Data kuantitatif adalah data yang diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium untuk perhitungan setiap pengujian yang ada, karena data yang diperoleh nantinya berupa angka yang akan dianalisis lebih lanjut.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

1. Studi kepustakaan

Studi kepustakaan, dimana peneliti mengumpulkan, mencari dan mengelolah data tertulis, serta strategi kerja yang dapat digunakan. Dalam hal ini, peneliti melakukan studi tinjauan buku, jurnal, dan laporan yang relevan untuk memasukan data ini ke dalam proses desain.

2. Metode Eksperimen

Pada metode eksperimen ini data yang diperoleh berdasarkan beberapa benda uji dari berbagai kondisi

perlakuan yang diuji di laboratorium seperti hasil uji pengaruh abu batu pada campuran CPHMA terhadap karakteristik *marshall* yang meliputi kepadatan (*density*), VIM (*void in mix*), VMA (*void in mineral agregat*), VFA (*void filled with asphalt*), stabilitas, *flow* (pelelehan), dan MQ (*marshall quotient*).

3.3. Sumber Data

1. Data primer

Data yang diperoleh dari pengujian di Laboratorium seperti pengujian ekstraksi, gradasi dan pengujian *marshall*

2. Data sekunder

Data sekunder yaitu data yang diperoleh dengan cara mengumpulkan informasi dan dokumentasi.

3.4. Variabel Penelitian

1. Variabel bebas (*independen*) adalah Kadar Abu Batu.

2. Variabel Terikat (*dependen*) adalah *Marshall Stability*, Kelelehan (*flow*), Kadar Rongga Dalam Campuran (VIM), VFB, VMA, Indeks Kekuatan Sisa, Kepadatan Laboratorium.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

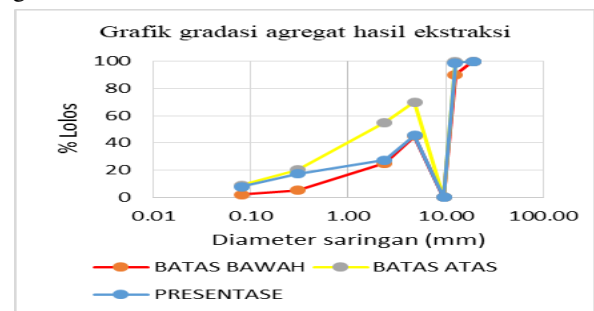
4.1. Pemeriksaan Kadar Aspal

Pengujian ekstraksi material CPHMA dilakukan sebanyak 2 kali dan diperoleh hasil kadar aspal rata-rata yang terkandung dalam campuran CPHMA sebesar 6,22%. Hasil yang diperoleh memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan yaitu 6-8%.

4.2. Pemeriksaan Karakteristik Agregat

4.2.1. Pengujian Analisa Saringan Agregat CPHMA Hasil Ekstraksi.

Berdasarkan hasil pengujian analisa saringan diperoleh material CPHMA hasil ekstraksi memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2. Hasil analisa saringan agregat hasil ekstraksi dapat dilihat pada gambar 2.

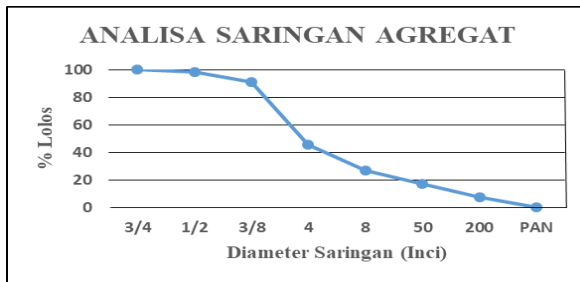


Gambar 2. Grafik Gradasi Hasil Ekstraksi (Sumber: Penulis, 2023)

4.2.2. Analisa Saringan Abu Batu

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan gradasi agregat halus dengan menggunakan analisa saringan manual agregat halus yang diuji adalah abu batu yang diambil dari CV. Mandiri Perkasa yang

digunakan sebagai filler. Dilihat pada gambar 3 bahwa hasil pengujian gradasi agregat halus abu batu memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2.



Gambar 3. Grafik Analisa Saringan Abu Batu (Sumber: Penulis, 2023)

4.3. Pengujian Properties Material

Agregat hasil ekstraksi diperiksa sifat-sifat fisiknya untuk mengetahui kelayakannya untuk digunakan kembali sebagai bahan campuran CPHMA serta diuji sifat fisik abu batu sebagai bahan pengisi.

Tabel 1. Hasil Pengujian Properties Agregat

Material	Berat Jenis Bulk	Berat Jenis SSD	Berat Jenis Semu	Penyerapan (%)	Spesifikasi	
	(gr)	(gr)	(gr)		Min (gr)	Max (gr)
Agregat Kasar	2,63	2,67	2,73	1,43	2,5	3
Agregat Halus	2,54	2,58	2,66	1,83	2,5	3
Aspal		1,03		%		

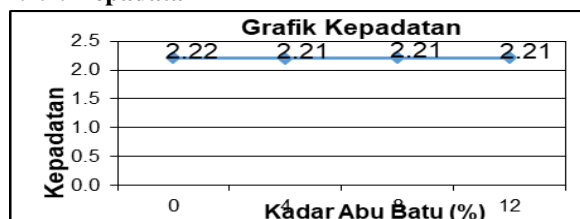
(Sumber: Penulis, 2023)

Berdasarkan tabel 1, hasil pengujian properties agregat memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan dalam Bina Marga 2018 Revisi 2.

4.4. Data Hasil Uji Dengan Alat Marshall

Analisis terhadap uji marshall didasarkan pada spesifikasi jalan dan jembatan sesuai surat edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor BM.0303-Db/775.1/2020 tentang spesifikasi Bina Marga 2018 (Revisi 2). Karakteristik marshall dari hasil pengujian meliputi: kepadatan, stabilitas, kelehan (flow), rongga dalam agregat (VMA), rongga dalam campuran (VIM), rongga terisi aspal (VFB) dan MQ.

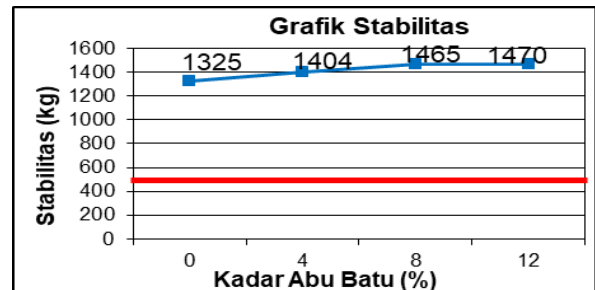
4.4.1. Kepadatan



Gambar 4. Grafik Hubungan Variasi Abu Batu Terhadap Kepadatan (Sumber: Penulis, 2023)

Gambar 4. dapat dilihat bahwa penambahan abu batu kedalam campuran aspal buton tipe CPHMA tidak mempengaruhi nilai kepadatan (*density*). Pada kadar filler normal adalah 2.22 gr/cc, pada kadar abu batu 4%, 8% dan 12% adalah 2,21 gr/cc. Hal ini disebabkan karena belum dilakukannya pembebanan.

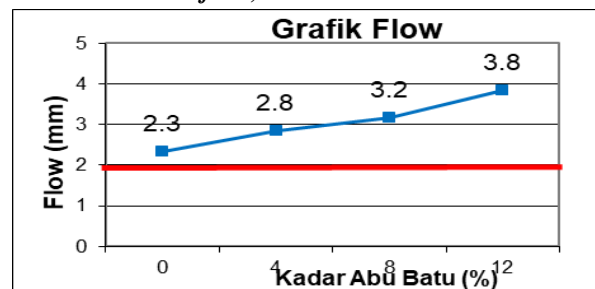
4.4.2. Stabilitas



Gambar 5. Grafik Hubungan Variasi Abu Batu Terhadap Stabilitas (Sumber: Penulis, 2023)

Dari gambar 5, diatas menunjukkan bahwa semakin tinggi presentase kadar penambahan abu batu maka nilai stabilitas meningkat. Nilai stabilitas pada kadar filler normal 1325 kg, pada kadar abu batu 4% adalah 1404 kg, pada kadar abu batu 8% Nilai stabilitas adalah 1465 kg dan pada variasi penambahan abu batu 12% nilai stabilitas adalah 1470 kg. berdasarkan hasil pengujian tersebut, nilai stabilitas memenuhi spesifikasi yaitu min 500 kg.

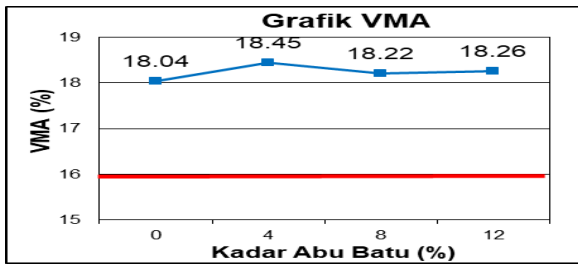
4.4.3. Pelehan (flow)



Gambar 6. Grafik Hubungan Variasi Abu Batu Terhadap Pelehan (Flow) (Sumber: Penulis, 2023)

Dari gambar 6, menunjukkan bahwa dengan bertambahnya variasi penambahan abu batu maka nilai flow meningkat dengan demikian durabilitas juga meningkat. Nilai normalnya adalah 2,3 mm, pada kadar abu batu 4% adalah 2,8 mm, pada kadar abu batu 8% adalah 3,2 mm dan pada kadar abu batu 12% adalah 3,8 mm. Berdasarkan hasil penelitian, nilai *flow* memenuhi spesifikasi yaitu 2-5 mm.

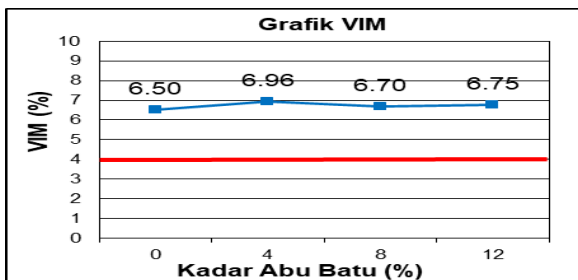
4.4.4. Rongga Dalam Agregat (VMA)



Gambar 7. Grafik Hubungan Variasi Abu Batu Terhadap VMA (Sumber: Penulis, 2023)

Dari gambar 7, menunjukkan bahwa nilai VMA meningkat. Pada kadar aspal normal nilai VMA adalah 18,04%, pada kadar abu batu 4% adalah 18,45%, pada kadar abu batu 8% adalah 18,22% dan pada kadar aspal 12% adalah 18,26%. Berdasarkan hasil penelitian, nilai VMA memenuhi spesifikasi yaitu 16%.

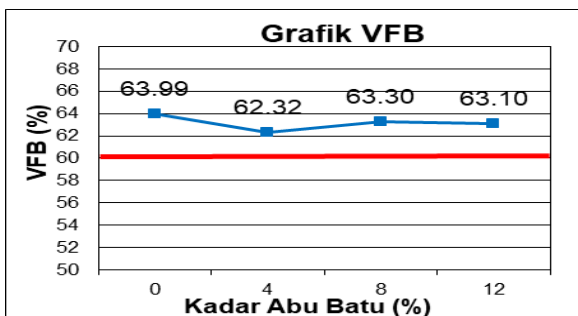
4.4.5. Rongga Dalam Campuran (VIM)



Gambar 8. Grafik Hubungan Variasi Abu Batu Terhadap VIM (Sumber: Penulis, 2023)

Dari gambar 8, menunjukkan bahwa penambahan abu batu ke dalam campuran aspal buton tipe CPHMA menyebabkan nilai VIM naik. Pada kadar aspal normal nilai VIM adalah 6,50%, pada kadar abu batu 4% adalah 6,96%, pada kadar abu batu 8% adalah 6,70% dan pada kadar abu batu 12% adalah 6,75%. Berdasarkan hasil tersebut maka memenuhi spesifikasi yaitu 4% - 10%.

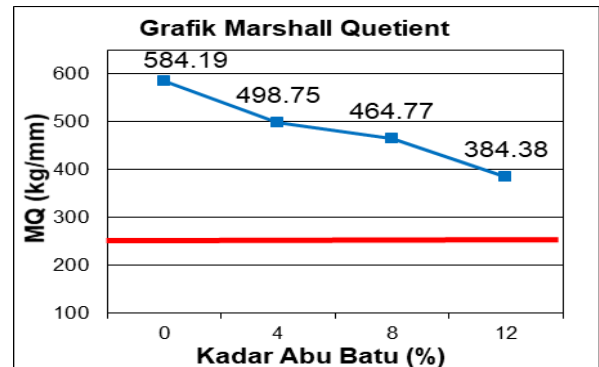
4.4.6. Rongga Terisi Aspal (VFB)



Gambar 9. Grafik Hubungan Variasi Abu Batu Terhadap VFB (Sumber: Penulis, 2023)

Pada gambar 9, menunjukkan bahwa nilai VFB menurun dengan penambahan kadar abu batu dalam campuran aspal, dimana nilai pada aspal normal adalah 63,99%, pada kadar abu batu 4% adalah 62,32%, pada kadar abu batu 8% adalah 63,30% dan pada kadar abu batu 12% adalah 63,10%. penurunan yang bervariasi ini di pengaruhi oleh cara pencampuran material sehingga nilai yang dihasilkan turun naik, dari hasil tersebut memenuhi spesifikasi yang di syaratkan yaitu min 60%.

4.4.7. Marshall Quotient



Gambar 10. Grafik Hubungan Variasi Abu Batu Terhadap MQ (Sumber: Penulis, 2023)

Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai MQ menurun, hal ini disebabkan karena adhesi atau ikatan antara aspal dan agregat menurun, dan kohesi atau kemampuan aspal mempertahankan agregat semakin menurun karena penambahan variasi abu batu. Nilai MQ pada aspal normal adalah 584,19 Kg/mm, pada kadar abu batu 4% meningkat menjadi 498,75kg/mm namun pada kadar abu batu 8% adalah 464,77kg/mm dan pada kadar abu batu 12% adalah 384,38 Kg/mm. dari hasil tersebut memenuhi spesifikasi yang di syaratkan yaitu min 250 Kg/mm.

4.5. Kadar Filler Optimum

penentuan kadar penambahan abu batu optimum dari variasi 0%, 4%, 8% dan 12% memenuhi semua persyaratan yang ditetapkan untuk nilai stabilitas, flow, MQ, VIM, VMA dan VFB. Kadar penambahan abu batu optimum yang didapat adalah 6%.

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan maka dapat disimpulkan pengaruh penambahan abu batu terhadap karakteristik marshall campuran aspal buton tipe CPHMA adalah sebagai berikut:

- Nilai stabilitas mengalami peningkatan akibat penambahan abu batu sebagai filler. Nilai stabilitas tertinggi adalah 1.470,00 kg.

- Nilai flow terjadi peningkatan akibat penambahan abu batu.
- VIM dan VMA terjadi peningkatan akibat penambahan abu batu.
- VFB, terjadi penurunan akibat penambahan abu batu.
- Nilai MQ mengalami penurunan akibat penambahan abu batu.
- Campuran Aspal CPHMA yang ditambahkan abu batu sampai batas optimum 6% yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 sebagai bahan lapis permukaan perkerasan flexible.

5.2 Saran

Beberapa hal yang disarankan sehubungan dengan hasil-hasil penelitian ini sebagai berikut:

1. Dalam melakukan penelitian, peneliti harus cermat dan fokus pada saat proses menimbang agregat, pencampuran dan pematatan benda uji agar campuran tehomogenisasi sempurna sehingga tidak ada bahan yang jatuh atau keluar sehingga mengakibatkan massa benda uji berkurang, sehingga memperoleh hasil yang baik.
2. Saran peneliti pada saat pengujian dengan alat marshall diharapkan untuk betul-betul teliti pada saat pembacaan nilai stabilitas dan flow agar tidak terjadi kesalahan dalam pembacaan karena dilakukan secara manual, sehingga didapatkan hasil yang lebih akurat.
3. Untuk penelitian lebih lanjut, sebaiknya dilakukan pengujian dengan varian perendaman pada campuran aspal buton jenis CPHMA dengan penambahan abu batu sebagai bahan pengisi (Filler).

DAFTAR PUSTAKA

- Akbariawan, R., Fadiansyah, R., 2015. *Penggunaan Material Lokal Madura Terhadap Kinerja Campuran CPHMA (Cold Paving Hot Mix Asbuton)*. Universitas Brawijaya.
- Adibroto F, Yelvi, 2008. *Pemanfaatan Limbah Abu Batu Bara Sebagai Bahan Penganti Sebagian Semen dan Agregat untuk Pembuatan Paving Block*. ASTM D70. *Metode Standar Penentuan Densitas Semi Solid Bituminous Material*.
- Bina Marga. 2020. (Spesifikasi Umum 2018 Revisi-2), ed. Direktorat Jenderal Bina Marga. Jakarta.
- Djakfar L., Wiyanta Y. K., Bowoputra H., Baisa H. L., 2018. *Pengaruh Kadar Kapur Padam Sebagai Bahan Pengisi Campuran Cold Paving Hot Mix Asbuton*. *Jurnal Transportasi*, Vol. 18, No. 1 April 2018: 21-28.
- Firdiansyah, A. 20. *Pengaruh Penambahan Polimer Terhadap Kinerja Campuran Aspal Buton Campuran Panas Hampar Dingin (CPHMA)*. Unidayan Baubau Fakultas Teknik.
- Firstyan, dkk. 2015. *Pengaruh Suhu Pematatan Terhadap Kinerja Marshall Pada Campuran CPHMA Menggunakan 45 LGA Dan Aspal Minyak Penetrasi 60/70*.
- Haruna, 2014. *Pengaruh Pemakaian Addictive Wetfix-Be Terhadap Karakteristik Campuran Hot Rolled Sheet Wearing (HRS-WC)*. Universitas Gorontalo.
- Hadimulyono, B. 2015. *Pedoman Pelaksanaan Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin (Cold Paving Hot Mix Asbuton)*. Surat Edaran Nomor: 28/SE/M/2015. Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat. Jakarta.
- Syukur, A. 2016. *Studi Laboratorium Kut Tarik Belah Campuran Asbuton Campur Pana Hampar Dingin*. Makassar:Universitas Hasanuddin Fakultas Teknik.
- Tahir, A. 2009. *Karakteristik Campuran Beron Aspal dengan Menggunakan Kadar filler Abu Terbang Batu Bara*, smatek.
- Thanaya. I. N. A., Suweda. I. W., Sparsa. A. A. A., 2017. *Perbandingan Karakteristik Campuran Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA) yang Dipadatkan Secara Dingin dan Panas*. *Jurnal Teknik Sipil*, ISSN 0853-2982, Vol. 24, No. 30, ITB.
- Pratama, A.D.Y., Achmad, F., and Desei, F.L. 2015. *Pengaruh Lama Rendaman Dan Penemuan Aspal Terhadap Nilai Durabilitas Campuran Aspal Col Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA)*. *Jurnal Teknik sipil*, ISSN 2807-5919, Vol. 2, No. 1, pp. 10-20.
- SNI 03-6894-2002. *Standar Pengujian Kadar Aspal Dengan Cara Ekstraksi*. Badan Standarisasi Nasional.
- Sukirman, S. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*, Penerbit: Nova. Bandung SNI ASTM C136:2012. *Standar Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar*. Badan Standarisasi Nasional
- Thanaya, I.N.A., Suweda, I.W., and Sparsa, A.A.A. 2017. *Perbandingan Karakteristik Campuran Col Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA)*. *Jurnal Teknik Sipil*, ISSN 0853-2982, Vol. 24, No. 3, pp. 247-256.
- Zulfazli, dkk. 2016. *Penggunaan Abu Batu Bara Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Beton AC-BC*. *Teras Jurnal*, Vol.6.No.2, September 2016.