

## Pengaruh Penambahan Karet Alam (Lateks) Pada Campuran Cold Paving Hot Mix Asbuton (Cphma)

**Arinil Khaerah, Abd Rahim Nurdin, Ahmad Yauri Yunus**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa

E-mail: arinilkhaerah@gmail.com

### Artikel info

#### Artikel history:

Diterima: 05-01-2025

Direvisi: 02-05-2025

Disetujui: 30-09-2025

**Abstract.** *Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA) Asbuton mixture consisting of aggregate, granular asphalt, rejuvenator and other added ingredients which are mixed hot cold paved. This product is an alternative that is very suitable for road construction in remote areas and small islands. where asphalt mixing plant (AMP) facilities are limited. The purpose of this study was to identify the effect of natural rubber (latex) on marshall characteristics in CPHMA mixtures. This study used the addition of natural rubber (latex) content of 10%, 15% and 20%. Samples were made of 15 briquettes consisting of 6 characteristic briquettes and 9 variation briquettes. The manufacture of briquettes refers to the Bina Marga General Specifications 2018. Sample testing is carried out using the marshall method. The test results show that the effect of adding natural rubber (latex) has no effect on the properties of the CPHMA mixture and causes the value of the mixture to decrease and natural rubber (latex) in any percentage does not affect the value of stability and durability.*

**Abstrak.** Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA) Campuran asbuton yang terdiri dari agregat, asbuton butir, peremaja dan bahan tambah lain yang dicampur panas hampar dingin. CPHMA adalah dapat dihampar dan dipadatkan dalam kondisi dingin (suhu udara). Produk ini merupakan salah satu alternatif yang sangat cocok untuk pembangunan jalan di daerah terpencil dan pulau-pulau kecil dimana fasilitas asphalt mixing plant (AMP) terbatas. Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi pengaruh karet alam (lateks) terhadap karakteristik marshall pada campuran CPHMA. Penelitian ini menggunakan penambahan kadar karet alam (lateks) 10%, 15% dan 20%. Sampel dibuat sebanyak 15 briket terdiri dari 6 briket karakteristik dan 9 briket variasi. Pembuatan briket mengacu pada Spesifikasi Umum Bin Marga 2018. Pengujian sampel dilakukan dengan metode marshall. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengaruh penambahan karet alam (lateks) tidak berpengaruh pada sifat-sifat campuran CPHMA dan menyebabkan nilai campuran menurun dan karet alam (lateks) dalam persentase berapapun tidak mempengaruhi nilai stabilitas dan durabilitas.

#### Keywords:

*Cphma,*

*Karet Alam (Lateks),*

*Aspal Buton*

#### Corresponden author:

Email: arinilkhaerah@gmail.com



artikel dengan akses terbuka dibawah lisensi CC BY -4.0

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan dengan dua iklim yaitu penghujan dan kemarau. Kedua iklim tersebut memberikan masalah yang begitu kompleks bagi perkerasan jalan yang ada. Pada kategori jalan lalu lintas berat tidak bisa lagi menggunakan perkerasan jalan dengan aspal beton yang biasa saja. Oleh karena itu sering terjadi kerusakan jalan. Jalanan menjadi cepat retak dan bergelombang. Jalan yang retak dapat membawa dampak buruk yaitu masuknya air ke dalam struktur jalan beraspal dan menjadi berlubang. Dan juga dengan adanya titik leleh bitumen yang sangat rendah yang mengakibatkan aspal menjadi leleh apabila terkena paparan sinar matahari sehingga membuat jalan menjadi bergelombang.

Asbuton adalah produk dalam negeri yang akan dipakai sebagai pengganti Aspal Minyak . Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaan asbuton untuk pekerjaan perkerasan jalan. Salah satu teknologi Asbuton yang baru dikembangkan adalah Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA). Campuran asbuton yang terdiri dari agregat, asbuton butir, peremaja dan bahan tambah lain yang dicampur panas hampar dingin (Ditjen Bina Marga,2013). Keunggulan CPHMA adalah dapat dihampar dan dipadatkan dalam kondisi dingin (suhu udara) . Produk ini merupakan salah satu alternatif yang sangat cocok untuk pembangunan jalan di daerah terpencil dan pulau-pulau kecil dimana fasilitas asphalt mixing plant (AMP) terbatas. Tetapi pada aplikasinya dilapangan CPHMA juga memiliki kelemahan dalam workability karena campuran yang sudah dingin lebih kaku sehingga lebih susah untuk dipadatkan karenanya mempengaruhi kinerja campuran .

Karet alam (lateks) sudah banyak dipakai pada berbagai bidang di industri, diantaranya isolator, ban kendaraan, dan juga kini sudah digunakan untuk campuran aspal. Karet alam (lateks) memiliki beberapa keunggulan, seperti daya elastis yang bagus, mudah diolah, harga yang ekonomis, tidak mudah aus, serta tidak

mudah panas. Selain itu, karet alam (lateks) mempunyai daya tahan yang cukup tinggi terhadap keretakan hingga tahan terhadap hentakan berkali-kali, dan juga daya lengket yang cukup tinggi terhadap bermacam-macam bahan. Oleh karena itu karet alam (lateks) dapat menambah stabilitas pada perkerasan jalan.

Teknologi bahan di bidang perkerasan jalan beraspal kian meningkat dari tahun ke tahun, sehingga berbagai jenis aspal modifikasi banyak ditemui, satu di antaranya adalah aspal polymer. Dengan ditambahkan polymer khusus dengan jenis elastomer maka aspal lebih elastis dengan mempunyai nilai elastic recovery yang cukup tinggi sehingga hal tersebut membuat aspal lebih tahan terhadap deformasi. Karet alam (lateks) cocok sebagai campuran aspal karena diharapkan dapat meningkatkan Stabilitas dan Durabilitas pada campuran aspal, hal tersebut membuat campuran aspal lebih kuat terhadap deformasi. Pada penelitian ini digunakan karet alam (lateks) sebagai bahan tambah perkerasan terhadap aspal, yang diuji pada Laboratorium agar dapat mengetahui sampai mana lateks bisa bermanfaat.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Prosedur Penelitian Menggunakan Alat Mashall

Metodologi penelitian ini menggunakan Alat Uji Marshall yaitu benda uji yang telah dipadatkan menjadi briket aspal didinginkan lalu ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji di udara, lalu setelah itu dilakukan perendaman di dalam bak perendam berisi air selama 24 jam pada suhu ruangan. Briket aspal dikeluarkan dan dikeringkan permukaannya menggunakan lap lalu ditimbang untuk mendapatkan berat jenis jenuh kering permukaan (SSD). Briket aspal tadi dimasukkan ke dalam keranjang kawat dan dicelupkan ke wadah berisi air dengan kapasitas besar lalu di lakukan penimbangan untuk mendapatkan berat benda uji di dalam air. Briket aspal kemudian direndam di dalam waterbath dengan suhu 60C selama 30 menit, setelah dilakukan perendaman briket aspal dikeluarkan dan diuji menggunakan Alat Uji Marshall. Hasil dari pembacaan alat Marshall akan diperoleh nilai stabilitas dan flow (kelelahan).

### 2.2. Rancangan Benda Uji

**Tabel 1.** Rancangan Benda Uji

Kadar Aspal (%)	Waktu (Menit/Jam)		CPHMA	Jumlah
7.04	30 Menit		3	6
7.04	24 Jam		3	
	Variasi Penambahan Karet Alam (Lateks)			
Kadar Aspal (%)	Kadar Karet Alam (Lateks) (%)		CPHMA	Jumlah
7.04	10		3	9
7.04	15		3	
7.04	20		3	
	Total Sampel			15

Sumber : Hasil Penelitian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Hasil pemeriksaan karakteristik agregat sesuai dengan metode pengujian yang dipakai dan spesifikasi yang disyaratkan dan disajikan dalam Tabel 2. – 4. dan hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar dan halus disajikan dalam Tabel 2. sebagai berikut :

**Tabel 2.** Pemriksaan Analisa Saringan Agregat

No.	Ukuran ayakan ASTM (mm)	% Lolos	% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat
1.	¾ in (19 mm)	100	100
2.	½ in (12,5 mm)	93.3	90 – 100
3.	3/8 in (9,5 mm)	81.1	-
4.	No. 4 (4,75 mm)	60.18	45 - 70
5.	No. 8 (2,36 mm)	39.12	25 - 55
6.	No. 50 (0,300 mm)	15.75	5 – 20
7.	No. 200 (0,075 mm)	5.04	2 – 9

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

**Tabel 3.** Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi		Satuan
			Min.	Maks.	

Gradasi	AASHTO T27- 82	-	-	%
Berat jenis dan penyerapan				
Bulk	SNI 03-1969-1990	2.57	2.5	-
SSD		2.63	2.5	3
Semu		2.74	2.5	-
Penyerapan		2.39	-	-

Sumber : HasilPengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018Kementrian PUPR

**Tabel 4.** Pemeriksaan berat jenis agregat halus

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi		Satuan
			Min.	Max	
Gradasi	AASHTO T27-82		-	-	%
Berat jenis dan penyerapan				3	
Bulk	SNI 03-1970-1990	2.56	2.5		Gram
SSD		2.62	2.5		Gram
Semu		2.72	2.5		Gram
Penyerapan		2.13	-		Gram

Sumber : HasilPengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018Kementrian PUPR

### 3.2. Pemeriksaan Kadar Aspal

Jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal buton yang di ekstraksi. Hasil pengujian kadar aspal sesuai hasil pengujian dan penelitian, diperlihatkan pada Tabel4.6.sebagai berikut :

**Tabel 5.** Kadar Aspal Hasil Ekstraksi CPHMA

No.	Uraian	MetodaPengujian	Hasil Pengujian	Persyaratan
1.	Kadar Aspal (%)	SNI – 03-6894-2002	7.04	6 – 8

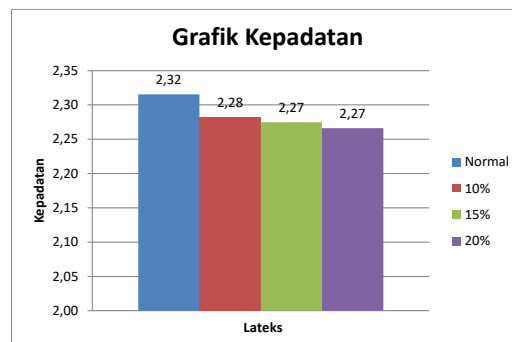
Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018KementrianPUPR

### 3.3. Analisis Hasil Pengujian Dengan Karet Alam (Lateks) 5%, 10% dan 20% Pada Campuran Beraspal Panas Asbuton Dihampar Dingin (CPHMA).

Hasil pengujian campuran benda uji pada alat pengujian marshall akan diperoleh hasil-hasil parameter marshall sebagai berikut:

#### Kepadatan

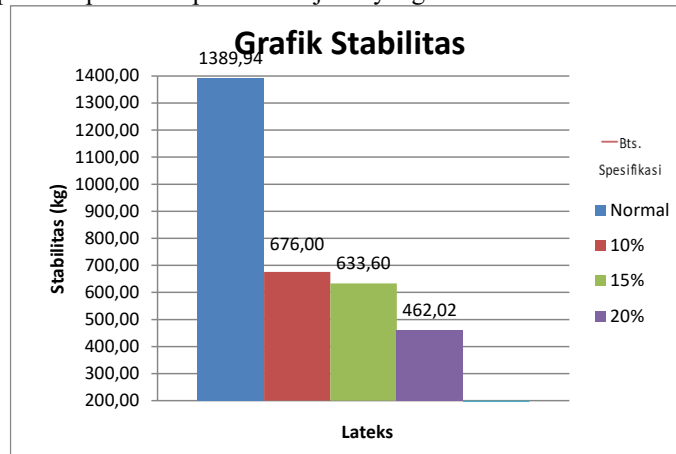
Setelah Kepadatan campuran (density) mencerminkan tingkat kerapatan material setelah proses pemadatan selesai dilakukan. Campuran dengan nilai density yang tinggi umumnya memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menahan beban dibandingkan dengan campuran yang memiliki density rendah. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai density suatu campuran meliputi kualitas dan komposisi bahan penyusunnya, serta metode pemadatan yang diterapkan selama proses pembuatan campuran. Campuran yang memiliki bentuk butir agregat yang tidak seragam dan tingkat porositas antar butir yang rendah cenderung menghasilkan nilai density yang lebih tinggi karena partikel-partikel tersebut dapat saling mengisi ruang dengan lebih efisien. Pengaruh penambahan karet alam (lateks) terhadap nilai kepadatan campuran dapat diamati melalui variasi nilai density pada campuran, yang ditampilkan secara rinci pada Gambar 1. Informasi tersebut sangat penting untuk memahami bagaimana modifikasi bahan tambahan dapat mempengaruhi sifat fisik campuran, khususnya dalam konteks aplikasinya sebagai bahan perkerasan jalan.



**Gambar 1.** Diagram Hubungan Variasi Penambahan Karet Alam (Lateks) Terhadap Kepadatan.

#### Stabilitas

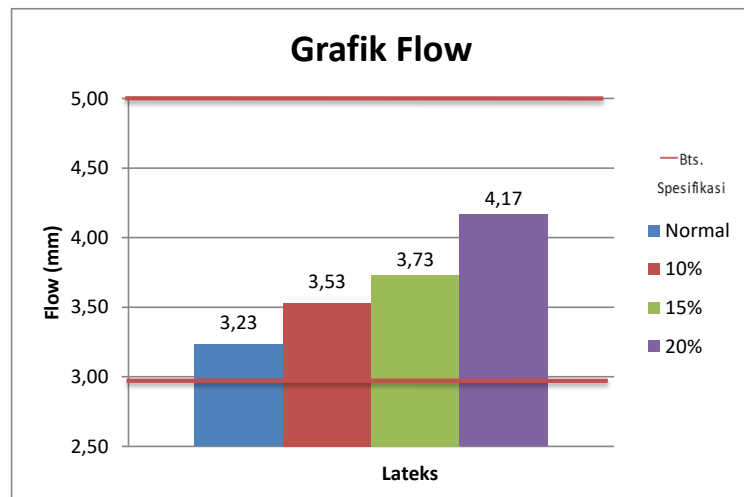
Nilai stabilitas mencerminkan kemampuan perkerasan untuk menahan beban tanpa mengalami perubahan bentuk atau deformasi permanen, yang biasanya diukur dalam satuan beban lalu lintas. Perkerasan dengan nilai stabilitas yang tinggi menunjukkan ketahanan yang baik terhadap beban lalu lintas berat, sehingga mampu mempertahankan bentuk dan fungsi strukturalnya dalam jangka waktu yang lama. Sebaliknya, nilai stabilitas yang rendah menandakan bahwa perkerasan tersebut rentan terhadap deformasi berupa alur (rutting), yang dapat terjadi akibat beban lalu lintas yang berulang dan berat. Pengujian terhadap nilai stabilitas dengan variasi penambahan karet alam (lateks) pada campuran aspal memperlihatkan bagaimana bahan tambahan tersebut mempengaruhi ketahanan mekanik campuran. Hasil pengujian stabilitas untuk variasi campuran dengan karet alam dapat dilihat secara detail pada Gambar 2, yang memberikan gambaran tentang pengaruh lateks terhadap performa perkerasan dalam menahan deformasi di bawah beban kerja nyata. Pemahaman nilai stabilitas ini sangat penting dalam upaya optimasi formulasi campuran aspal untuk perkerasan jalan yang lebih tahan lama dan berkinerja tinggi.



**Gambar 2.** Diagram hubungan variasi penambahan Karet Alam (Lateks) terhadap Stabilitas.

#### **Kelelahan (Flow) Min 3-5 mm**

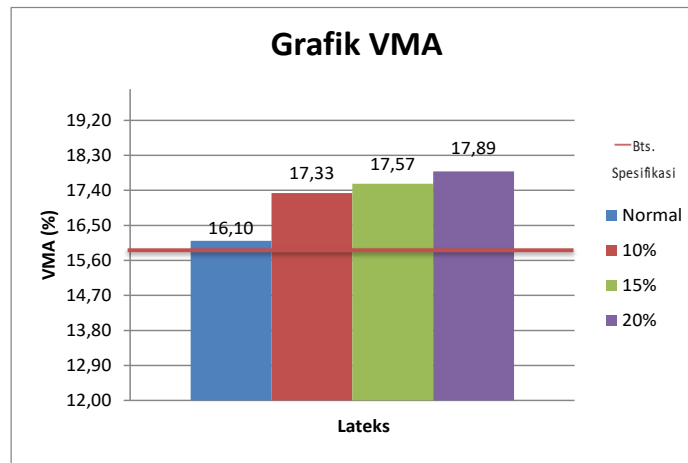
Nilai *Flow* menyatakan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapis perkerasan akibat beban lalu lintas. Suatu campuran dengan nilai *Flow* tinggi akan cenderung lembek sehingga akan menyebabkan deformasi permanen apabila menerima beban. Sebaliknya jika nilai *Flow* rendah maka campuran menjadi kaku dan mudah retak jika menerima beban yang mengalami daya dukungnya. Grafik nilai *Flow* campuran beraspal panas Asbuton dihampar dingin (CPHMA) untuk variasi Karet Alam (Lateks) dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 3.** Diagram hubungan variasi penambahan Karet Alam (Lateks) terhadap Flow

#### **Rongga dalam agregat (VMA) Min 16%**

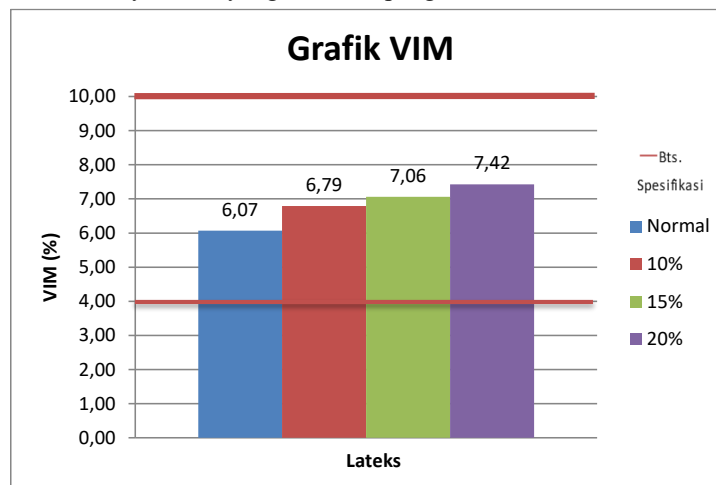
*VMA* adalah presentase rongga antar butir agregat, termasuk didalamnya adalah rongga yang terisi udara dan rongga terisi aspal efektif. Nilai *VMA* yang terlalu kecil dapat menyebabkan lapisan aspal yang dapat menyelimuti agregat menjadi tipis dan mudah teroksidasi, akan tetapi bila kadar aspalnya terlalu banyak akan menyebabkan bleeding. Grafik nilai *VMA* campuran beraspal panas Asbuton dihampar dingin (CPHMA) untuk variasi Karet Alam (Lateks) dapat dilihat pada gambar 4 :



**Gambar 4.** Diagram hubungan variasi penambahan Karet Alam (Lateks) terhadap VMA

#### ***Rongga dalam campuran (VIM) Min 4%-10%***

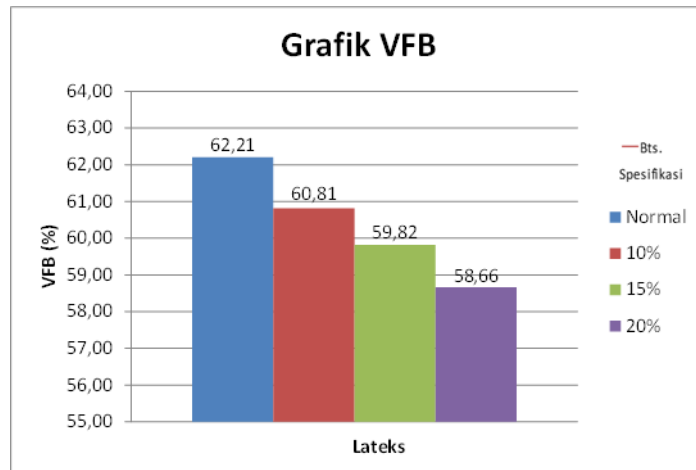
Void in Mixture (VIM) merupakan persentase rongga udara yang terdapat dalam campuran antara agregat dan aspal setelah proses pemadatan dilakukan. Parameter VIM sangat penting karena berhubungan langsung dengan durabilitas dan kekuatan mekanik campuran aspal. Nilai VIM yang kecil menunjukkan tingkat kedap air yang lebih baik, sehingga mengurangi risiko penetrasi air yang dapat merusak struktur campuran. Namun, apabila nilai VIM terlalu rendah, hal ini dapat menyebabkan keluarnya aspal ke permukaan campuran, yang dikenal dengan istilah bleeding, sehingga menurunkan kualitas permukaan perkerasan. Grafik nilai VIM pada campuran beraspal panas Asbuton yang dihampar secara dingin (Cold Paving Hot Mix Asbuton atau CPHMA) dengan variasi penambahan karet alam (lateks) dapat dilihat pada Gambar 5, yang menggambarkan pengaruh variasi lateks terhadap tingkat rongga udara dalam campuran dan implikasinya terhadap sifat fisik dan mekanik campuran tersebut. Pemahaman dan pengendalian nilai VIM menjadi kunci dalam menghasilkan campuran aspal yang memiliki performa optimal dan daya tahan yang baik di lapangan.



**Gambar 5.** Diagram hubungan variasi penambahan Karet Alam (Lateks) terhadap VIM

#### ***Rongga terisi aspal (VFB) Min 60%***

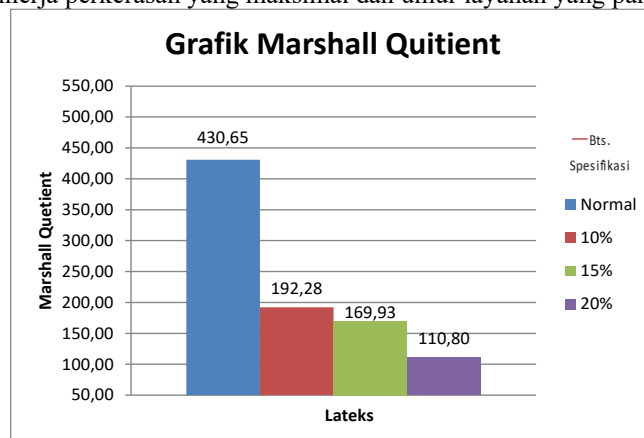
Nilai Void Filled with Bitumen (VFB) menggambarkan persentase rongga dalam campuran agregat yang terisi oleh aspal. Semakin besar nilai VFB, semakin banyak rongga yang terisi oleh aspal, sehingga meningkatkan kedekatan campuran terhadap penetrasi udara dan air. Fenomena ini terjadi karena jumlah aspal yang cukup besar akan berusaha mengisi semua rongga kosong di dalam campuran untuk menahan beban dan menyesuaikan diri dengan perubahan suhu. Namun, apabila rongga yang tersedia sangat sedikit dan seluruhnya sudah terisi, aspal berlebih akan terdorong naik ke permukaan, sehingga menyebabkan efek bleeding, yaitu keluarnya aspal secara berlebihan di permukaan campuran. Grafik nilai VFB pada campuran beraspal panas Asbuton yang dihampar secara dingin (Cold Paving Hot Mix Asbuton/CPHMA) dengan variasi penambahan karet alam (lateks) dapat dilihat pada Gambar 6, yang memperlihatkan pengaruh variasi lateks terhadap pengisian rongga aspal dan implikasinya terhadap sifat fisik campuran. Nilai VFB ini menjadi parameter penting dalam menentukan keseimbangan antara kedekatan dan stabilitas campuran untuk aplikasi perkerasan jalan.



**Gambar 6.** Diagram hubungan variasi penambahan Karet Alam (Lateks) terhadap VFB.

### **Marshall Quotien**

Hasil bagi Marshall, atau yang dikenal sebagai Marshall Quotient (MQ), merupakan rasio antara nilai stabilitas dan kelelahan campuran yang berfungsi sebagai indikator empiris untuk menilai kekuatan serta kekakuan material campuran aspal. Nilai MQ yang semakin tinggi menunjukkan bahwa campuran memiliki tingkat kekakuan yang lebih besar, sehingga mampu menahan beban dengan lebih baik. Namun, peningkatan kekakuan ini juga mengindikasikan potensi kerentanan campuran terhadap keretakan, karena material yang kaku cenderung kurang fleksibel dalam merespon deformasi. Oleh karena itu, nilai MQ menjadi parameter penting dalam mengevaluasi keseimbangan antara kekuatan dan ketahanan terhadap retak pada campuran aspal. Grafik nilai MQ untuk berbagai variasi campuran dapat dilihat pada Gambar 7, yang menggambarkan pengaruh modifikasi bahan terhadap performa mekanik campuran. Parameter ini sangat berguna dalam menentukan komposisi campuran yang optimal guna mencapai kinerja perkerasan yang maksimal dan umur layanan yang panjang.



**Gambar 7.** Diagram hubungan variasi penambahan Karet Alam (Lateks) terhadap MQ

## **4. KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil analisis data yang diperoleh dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa penambahan karet alam (lateks) sebagai bahan tambahan pada campuran Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA) tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap sifat-sifat mekanik maupun fisik campuran tersebut. Penambahan lateks dalam berbagai persentase tidak mampu meningkatkan stabilitas maupun durabilitas campuran, bahkan cenderung menyebabkan penurunan nilai performa campuran secara keseluruhan. Hal ini menunjukkan bahwa lateks, sebagai bahan modifikasi, tidak efektif dalam memperbaiki karakteristik campuran CPHMA dan tidak mampu memenuhi persyaratan teknis yang ditetapkan untuk aplikasi perkerasan jalan.

Selain itu, pengujian menunjukkan bahwa keberadaan lateks tidak memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan kekuatan atau ketahanan campuran terhadap deformasi permanen dan kerusakan akibat beban lalu lintas maupun faktor lingkungan. Penurunan nilai performa campuran yang diindikasikan dari hasil stabilitas dan durabilitas tersebut menegaskan bahwa interaksi antara lateks dengan bahan dasar campuran tidak optimal,

sehingga tidak mampu memperkuat ikatan antar agregat maupun antara agregat dan aspal. Oleh karena itu, lateks tidak dapat dijadikan bahan tambah yang efektif dalam modifikasi campuran CPHMA.

Penelitian ini juga menegaskan pentingnya pemilihan bahan tambahan yang kompatibel dan pengujian menyeluruh terhadap setiap bahan modifikasi sebelum diaplikasikan secara luas. Dalam konteks ini, hasil penelitian menyarankan agar penggunaan lateks pada campuran CPHMA harus dipertimbangkan kembali, mengingat tidak adanya peningkatan performa yang berarti dan potensi penurunan kualitas campuran yang terjadi. Dengan demikian, pengembangan campuran aspal modifikasi perlu diarahkan pada bahan tambahan lain yang terbukti efektif meningkatkan stabilitas dan durabilitas campuran guna mendukung umur layanan perkerasan jalan yang lebih panjang dan berkualitas.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Bagus Wirahaji, "KENDALA PENGGUNAAN ASBUTON PADA PROYEK JALAN DI INDONESIA." Bina Marga. 2010. Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan Dan Jembatan Divisi VI Untuk Perkerasan Aspal. Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018, Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Edisi Edisi 2010 Revisi 4 Divisi 6. Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, Jakarta
- Ditjen Bina Marga, 2018, Spesifikasi Khusus Interim Seksi 6.3 Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin CPHMA, Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Ditjen Bina Marga, 2018, Pedoman Pelaksanaan Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin Cold Pavement Hot Mix Asbuton, CPHMA, Jakarta: Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2022. Pu.go.id. 2022. <https://binamarga.pu.go.id/index.php/article/pengenalan-jenis-dan-penggunaan-aspal-buton-untuk-perkerasan-jalan>.
- Handayasari Halim, "PENGARUH SERBUK BAN BEKAS SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA CPHMA DENGAN VARIASI SUHU PEMADATAN TERHADAP KARATERISTIK MARSHALL."
- LPP RRI. 2022. "Aspal Buton Ditambang Sejak Tahun 1924."
- Rri.co.id.rri.co.id.April8,2022.<https://rri.co.id/kendari/ekonomi/1416654/aspal-buton-ditambang-sejak-tahun-1924>.
- Lubis, Marfuah. 2022. "Lateks Karet Alam". Academia.Edu. [https://www.academia.edu/9575914/Lateks\\_K](https://www.academia.edu/9575914/Lateks_K)
- Nurdin, Rahim, "Bahan Ajar Aspal Buton", JTS FT Bosowa Makassar.\
- Perencanaan Perkerasan Jalan Materi 4 (Lanjutan). Slideplayer.Info. Published 2017. <https://slideplayer.info/slide/16390171/>
- Prathama And Achmad, "Pengaruh Lama Rendaman Dan Penuaan Aspal Terhadap Nilai Durabilitas Campuran Aspal Cold Paving Hot Mix Asbuton (Cphma)."
- Suweda, I. W., & Sparsa, A. A. (2016). Perbandingan Karakteristik Campuran Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA) yang Dipadatkan Dingin dan Panas. Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil, 24(3), 247–256. <https://ftsl.itb.ac.id/wp-content/uploads/sites/8/2017/12/13.-I-Nyoman-Sudut-Kontak-dan-Keterbasahan-Dinamis-Kayu-Samama-pada...-247-256-Vol-24-No-3.pdf>
- Sparsa, A. A., & Suweda, I. W. (2017). Perbandingan Karakteristik Campuran Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA) yang Dipadatkan Dingin dan Panas. Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil, 24(3), 247–256. <https://ftsl.itb.ac.id/wp-content/uploads/sites/8/2017/12/13.-I-Nyoman-Sudut-Kontak-dan-Keterbasahan-Dinamis-Kayu-Samama-pada...-247-256-Vol-24-No-3.pdf>