

PENGARUH VARIASI KADAR KAPUR DAN SUHU PEMADATAN TERHADAP KARAKTRISTIK VOLUMETRIK DAN MEKANIK CAMPURAN CPHMA

Widia Aningsih^{1*}, Ida Ayu Oka Suwati Sidemen², Fera Fitri Salsabila³

^{1*} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Mataram, Jl. Konferensi No.62, Mataram, NTB
e-mail: widyaaaningsh@gmail.com

² Program Studi Teknik Sipil, Universitas Mataram, Jl. Konferensi No.62, Mataram, NTB
e-mail: suwastisidemen@unram.ac.id

³ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Mataram, Jl. Konferensi No.62, Mataram, NTB
e-mail: sallsabilafe@unram.ac.id

ABSTRAK

Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA) merupakan salah satu teknologi pemanfaatan asbuton yang dimanfaatkan sebagai alternatif untuk mendukung kebutuhan persepsi jalan berupa penambalan cepat di Indonesia, yang dinilai cukup efektif. Namun, CPHMA tetap menghadapi tantangan iklim tropis dengan curah hujan yang tinggi sehingga mempengaruhi ketahanannya. Dalam upaya meningkatkan kinerja CPHMA, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja CPHMA dengan penambahan *filler* kapur sebagai bahan pengisi guna melakukan pengembangan material jalan yang lebih kuat, tahan lama dan ramah lingkungan. Penelitian ini dilakukan dengan metode *Marshall* pada sampel dengan variasi kadar kapur dan suhu pemadatan terhadap karakteristik volumetrik *Marshall* (VIM, VMA, VFB) dan mekanik *Marshall* (Stabilitas, Flow, MQ) pada campuran CPHMA. Di mana benda uji yang dibuat sebanyak 48 sampel dengan kadar *filler* kapur 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, dan 2% terhadap kadar aspal dan suhu pemadatan 30°C, 90°C, dan 150°C. Parameter yang digunakan untuk menguji kualitas campuran meliputi sifat volumetrik (VMA, VIM, VFB), dan pengujian mekanis (stabilitas, flow dan *Marshall Quotient* (MQ)). Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu 30°C seluruh parameter mekanik tidak memenuhi spesifikasi, meskipun nilai VIM masuk spesifikasi. Pada suhu 90°C, parameter mekanik sudah memenuhi standar, namun nilai VIM tinggi dan nilai VFB rendah. Sementara itu, suhu 150°C menghasilkan kinerja terbaik, dengan *Stabilitas* dan *MQ* melampaui standar, *Flow* sebagian besar memasuki standar spesifikasi, serta VIM 1% dan 2% dan nilai VFB 0.5% dan 2% telah memenuhi spesifikasi. Dengan demikian, suhu 150°C dapat dikategorikan sebagai kondisi optimum, meskipun secara konsep mendekati karakteristik HMA.

Kata kunci: CPHMA, *Marshall*, kapur, suhu pemadatan, volumetrik.

1. PENDAHULUAN

Dalam konteks pembangunan nasional, peningkatan prasarana jalan di Indonesia terus meningkat seiring dengan bertambahnya kebutuhan transportasi yang aman, nyaman, dan efisien. Kinerja perkerasan jalan sangat ditentukan oleh material penyusunnya, baik dari sisi kekuatan, durabilitas, maupun kemudahan dalam pelaksanaan di lapangan (Bina Marga, 2018). Salah satu inovasi yang mulai dikembangkan adalah *Cold Paving Hot Mix Asbuton* (CPHMA), yaitu campuran beraspal yang menggunakan aspal Buton (Asbuton) sebagai bahan pengikat. Campuran ini diproduksi dengan proses panas namun dapat dihampar dan dipadatkan pada suhu ruang. Keunggulan CPHMA adalah dapat diaplikasikan dengan cepat untuk pekerjaan pemeliharaan jalan (*maintenance*), sehingga sangat sesuai untuk penanganan kerusakan jalan secara praktis. Namun demikian, campuran ini masih memiliki keterbatasan, terutama pada aspek kekuatan mekanik dan stabilitas, sehingga kinerjanya belum sepenuhnya sebanding dengan campuran beraspal panas (HMA) (Thanaya et al., 2017). Dalam suatu campuran beraspal, *filler* memiliki peran penting untuk mengisi rongga antar agregat, meningkatkan ikatan aspal-agregat, serta memperbaiki stabilitas. Penggunaan **kapur** sebagai *filler* dipilih karena sifatnya yang dapat menurunkan kepekaan terhadap air serta memperkuat ikatan antarpartikel dalam campuran. Selain *filler*, suhu pemadatan juga merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap kinerja campuran, karena semakin tinggi suhu pemadatan maka rongga udara berkurang, kepadatan meningkat, dan stabilitas campuran cenderung lebih baik (Arifin et al., 2023).

Dengan mempertimbangkan uraian sebelumnya, fokus penelitian ini diarahkan pada analisis terhadap Pengaruh Variasi Kadar Kapur dan Suhu Pemadatan Terhadap Karakteristik Volumetrik dan Mekanik CPHMA. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kondisi optimum yang dapat meningkatkan performa CPHMA sehingga lebih layak digunakan dalam aplikasi perkerasan jalan di Indonesia.

2. TINJAUAN PUSTAKA

(Djakfar et al., 2018) telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menilai pengaruh kadar kapur padam sebagai filler dalam campuran *Cold Paving Hot Mix Asbuton* (CPHMA). Menggunakan variasi kadar *Lawele Granular Asphalt* (LGA) sebesar 25%, 30%, dan 35% serta kombinasi proporsi filler abu batu dan kapur padam. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan nilai Stabilitas *Marshall* mencapai 1.304,64 kg pada kadar kapur optimum, nilai kelelahan plastis (*flow*) meningkat hingga 4,905mm pada penggunaan bahan pengisi kapur padam pada kadar optimum dan nilai *Marshall Qoutient* (MQ) mencapai 364,84kg/mm pada kadar kapur optimum. Sementara itu, parameter VMA juga mengalami peningkatan hingga 38,43%, sedangkan nilai VIM dan VFB mengalami penurunan pada penggunaan bahan pengisi kapur padam dengan kadar optimum. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh bahwa kadar optimum LGA adalah 29,635% dengan komposisi terbaik terdiri atas 40,71% kapur padam dan 59,28% abu batu .

Penelitian terhadap pengaruh penambahan kapur sebagai filler terhadap kakarakteristik campuran aspal beton (AC-WC) oleh (Putra, 2021) variasi kadar kapur yang digunakan 0%, 1%, 1,5% dan 2% dengan menggunakan kadar aspal 6,2%. Komposisi gradasi diperoleh nilai Fraksi CA = 11%, Fraksi MA= 24%, Fraksi FA= 44%, Fraksi NS= 21%, dan Fraksi Filler = 0%, 1%, 1,5%,2%. Dari hasil pengujian kraktristik yang dilakukan *Marshall* mnunjukkan bahwa nilai stabilitas, VIM, dan VFA masuk dalam spesifikasi Bina Marga, sedangkan nilai *flow* dengan persentase filler 1,5% dan 2% tidak masuk dalam spsifikasi Bina Marga, maka *Flow* yang masuk dalam spesifikasi hanyalah 0%-1% dan tidak memiliki nilai optimum.

Pada penelitian (Thanaya et al., 2017) tentang pengaruh suhu pemadatan terhadap karaktritik volumetrik dan mekanik pada campuran CPHMA. Dalam penelitian ini dilakukan variasi suhu pemadatan mulai dari suhu lingkungan 30°C hingga 150°C. Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu pemadatan memnerikan pengaruh signifikan terhadap nilai porositas, stabilitas *Marshall*, serta kekuatan awal campuran. Suhu pemadatan optimum diperoleh pada 90 °C yang menghasilkan stabilitas terbaik dan nilai porosiatas dalam batas toleransi (2-3%). Nilai *Flow Marshall* juga cenderung menurun yang menandakan peningkatan kekakuan campuran. Pada suhu dibawah 90°C memberikan porositas lebih tinggi berkisaran antara (4,86-5,53) tetapi masih memasuki spesifikasi. Dengan demikian, penambahan *filler* kapur dalam campuran CPHMA dapat diharapkan memberikan kontribusi dalam peningkatan stabilitas *Marshall*, pengurangan *flow*, serta memperbaiki parameter VIM, VMA, dan VFB. Dari hasil-hasil peneliian diatas yang mendasari penulis dalam membuat percobaan penambahan variasi filler kapur (0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%) dengan campuran CPHMA dan dengan suhu 30°C, 90°C, 150°C

CPHMA

CPHMA (*Cold Paving Hot Mix Asbuton*) merupakan jenis campuran beraspal panas yang mengandung agregat, asbuton butir, bahan permais, dan bahan tambah lain seperti filler, kemudian dipadatkan secara dingin (tempertur 30°C) untuk membentuk perkerasan jalan beraspal (Diretorate General of Highways, 2020). CPHMA diaplikasikan pada lapisan permukaan perkerasan jalan dengan volume lalu lintas rendah (volume lalu lintas kurang atau sama dengan 500 SMP/hari) dengan ekivalen beban sumbu kendaraan kurang dari atau sama dengan 1.000.000 ESA. Ketebalan lapisan padat dari CPHMA yaitu 39 mm minimum yang disesuaikan dengan ukuran maksimum agrtagt yang digunakan sesuai spesifikasi Bina Marga (2018).

Tabel.1 Lapisan Padat Minimum CPHMA

Ukuran Makisimum agregat (mm)	Tebal padat minimum (mm)
12,5 mm	30 mm
19,0 mm	40 mm

Sumber:Spesifikasi mum Bina Marga (2018) revisi 2 (2020)

Tabel 2. Persyaratan Sifat Campuran CPHMA

Sifat-sifat Campuran CPHMA	CPHMA Padat	
Jumlah tumbukan per bidang	75	
Rongga dalam campuran (%)	Min	4
	Maks	10
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	16
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	60
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg), temperature udara	Min	500
Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, temperature udara	Min	70

Sumber: Spesifikasi mum Bina Marga (2018) revisi 2 (2020)

Agregat

Ukuran agregat pada campuran beraspal memiliki rentang yang cukup luas, mulai dari kasar hingga halus. Semakin besar ukuran agregat maksimum agregat yang digunakan, maka semakin bervariasi pula ukuran partikel penyusunnya didalam campuran. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga (2020), agregat dibedakan menjadi tiga kelompok utama, yaitu:

1. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan komponen yang lolos ayakan besar dan tertahan ayakan N0.4 (4,75 mm), seperti batu pecah atau krikil, yang mempunyai bentuk bersudut dan permukaan kasar untuk menghasilkan ikatan mekanik yang baik dalam campuran aspal (Saputri & Halim, 2025). Kandungan agregat kasar yang tinggi dalam perkerasan jalan dapat meningkatkan permeabilitas lapisan, sehingga menyebabkan bertambahnya rongga udara dan berkurangnya daya lekat bitumen. Akibatnya, aspal dapat terlepas dari permukaan batuan. Secara umum, agregat kasar harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

2. Agregat Halus

Agregat halus merupakan pasir yang melewati ayakan No.4 (4,75mm) tetapi tertahan pada saringan No.200 (0,075mm) dengan sifat-sifat ukuran butir sesuai gradasi, kandungan lumpur rendah, berat jenis dan berat isi stabil, serta penyerapan air yang kecil. Agregat halus berperan sebagai *filler* dalam beton atau aspal, yang mempengaruhi *workability*, kekuatan tekan, dan *permeabilitas* campuran (Hidayatunnisa, 2025).

Tabel 3. Spesifikasi Gradasi Agregat CPHMA

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat
ASTM	(mm)	
$\frac{3}{4}$ "	19	100
$\frac{1}{2}$ "	12,5	90-100
No. 4	4,75	45-70
No. 8	2,36	30-55
No. 50	0,300	12-25
No. 200	0,075	6-15

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2018) Revisi 2

3. Filler

Filler merupakan material halus yang berfungsi untuk mengisi rongga antar butiran agregat sehingga campuran beraspal menjadi lebih padat, stabil dan kedap air. Filler berukuran lebih kecil dari 0,075mm lolos saringan No.200 (Isnaini Zulkarnain & Muhammad Hidayat, 2023). Salah satu jenis *filler* yang umum digunakan dalam campuran adalah kapur (*limestone*). Komponen utama dari kapur yang merupakan sebuah batuan sedimen yaitu kalsium karbonat yang terdapat dalam bentuk mineral kalsit metastabil, yang pada akhirnya dapat mengalami transformasi menjadi kalsit (CaCO_3) 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 (Is Dayanti et al., 2024)

Sifat Volumetik Campuran Aspal

Pengujian volumetrik dilakukan untuk menentukan tingkat kepadatan serta ukuran pori dalam suatu campuran yaitu VMA, VIM, dan VFB. Penegujian volumetrik dilakukan meliputi ukuran tinggi, berat kering diudara, berat dalam air, dan berat dalam kondisi SSD dari masing masing benda uji (Tanah et al., 2019). Adapun sifat volumetrik campuran

aspal yaitu terdiri dari berat jenis, rongga udara serta tebal lapisan aspal.

1. Berat Jenis (Specific Gravity)

Berat jenis bisa dijadikan parameter sebagai penentu tingkat kepadatan dari suatu campuran aspal. Semakin tinggi nilai dari berat jenis campuran aspal, maka kepadatan campuran akan semakin baik. Jika nilai kepadatan tinggi, maka akan meningkatkan kualitas kekuatan dan stabilitas campuran. Berat jenis dapat dihitung dengan menggunakan rumusan-rumusan berikut:

- a. Berat Jenis Bulk Total Agregat (Gsb)
- b. Berat Jenis Efektif Agregat (Gse)
- c. Berat Jenis Maksimum Campuran Aspal (Gmm)

2. Vokumetrik Campuran

- a. Kerapatan (*density*) campuran
- b. Rongga Diantara Agregat *Voids In The Mineral Aggregate (VMA)*
- c. Rongga Didalam Campuran Beraspal atau *Void In The Mix (VIM)*
- d. Rongga Terisi Aspal atau *Volume Of Void Filled With Bitumen (VFB)*

Sifat Mekanis Marshall

Uji mekanik merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk mengevaluasi kinerja campuran beraspal, khususnya dalam menentukan letakan terhadap beban lalu lintas. Pengujian ini bertujuan menilai stabilitas dan flow (kelelehan) dari campuran aspal setelah dipadatkan. (Utami et al., 2020)

a. Stabilitas *Marshall*

Stabilitas merupakan kekuatan campuran aspal dalam menahan deformasi akibat beban lalu lintas. Nilai stabilitas diharuskan memiliki nilai yang berbanding lurus dengan beban yang diterima perkerasan jalan yang berasal dari kendaraan.

b. Kelelehan (*flow*)

Kelelehan adalah nilai deformasi arah vertikal dalam satuan mm yang terjadi mulai dari awal pembebanan sampai pada kondisi kestabilan menurun pada pengujian *Marshall*. Nilai kelelehan yang lemah menyebabkan campuran perkerasan menjadi lebih kaku dan akan terjadi kerusakan dini pada usia pelayanan. (Maryoto, 2008)

c. *Marshall Quotient (MQ)*

Marshall Quotient adalah rasio antara stabilitas terhadap nilai kelelehan dalam satuan Kg/mm dan berfungsi sebagai indikator tingkat fleksibilitas campuran beraspal. Semakin tinggi nilai MQ, campuran cenderung menjadi lebih kaku sehingga berpotensi menimbulkan retak pada lapisan perkerasan. Sebaliknya, jika nilai MQ terlalu rendah, maka lapisan perkerasan akan lebih mudah mengalami deformasi ketika menerima beban lalu lintas (Sitanggang, 2007).

3. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan di Laboratorium dan Rekayasa Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram dengan menambahkan *filler* kapur dan memvariasikan suhu pemadatan pada campuran CPHMA (*Cold Paving Hot Mix Asphalt*). Penelitian ini juga akan dilakukan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI), ASTM, dan Bina Marga Tahun 2018 revisi 2.

Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan berupa, cetakan benda uji berupa mould berdiameter 10 cm dan tinggi 7,5 cm, lengkap dengan pelat alas dan leher sambung, alat penumbuk, *ejector*, alat uji Marshall, oven, bak perendam, timbangan, wadah, ayakan, thermometer, spatula, stopwatch, jangka sorong, lompo, *water bath*.

Bahan-bahan yang digunakan yaitu :

1. CPHMA
2. Kapur CaCO₃

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Karakteristik Campuran

Tabel 4 Hasil Pengujian Ekstraksi

No	Kode Sampel	Berat Sampel (gram)		Berat Kertas Saringan (gram)		Berat Agregat (gram)	Berat Aspal (gram)	Bahan Aspal (%)
		Sebelum Ekstraksi	Sesudah Ekstraksi	Sebelum Ekstraksi	Sesudah Ekstraksi			
1	A	1000	930,2	50,7	51,30	930,80	69,20	6,92%
2	B	1000	928,25	50,5	53,3	931,10	68,90	6,89%
<i>Sumber: Hasil Pengujian</i>						Rata-rata		6,9%

Hasil pengujian karakteristik agregat**Tabel 5 Hasil pengujian agregat kasar**

Pengujian	Hasil*)	Spesifikasi**)
Berat Jenis Bulk	2,681	≥ 2,5
Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan	2,736	
Berat Jenis Semu	2,868	
Berat Jenis Efektif	2,774	< 30%
Keausan Impact	0,188	
Penyerapan	2,437	

*Sumber : Hasil pengujian & Bina Marga 2018 revisi 2***Tabel 6 Hasil pengujian agregat halus**

Pengujian	Hasil*)	Spesifikasi**)
Berat Jenis Bulk	2,645	≥ 2,5
Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan	2,719	
Berat Jenis Semu	2,857	
Berat Jenis Efektif	2,751	< 3%
Penyerapan	2,812	

*Sumber : Hasil pengujian & Bina Marga 2018 revisi 2***Tabel 7 Hasil pengujian filler**

Pengujian	Hasil*)	Spesifikasi**)
Berat Jenis Bulk	2,500	≥ 2,5
Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan	2,571	
Berat Jenis Semu	2,620	
Berat Jenis Efektif	2,596	< 3%
Penyerapan	2,857	

*Sumber : Hasil pengujian & Bina Marga revisi 2***Hasil pemeriksaan campuran**

1. Suhu (30°C)

Tabel 8 Rekapitulasi hasil pengujian benda uji 30°C

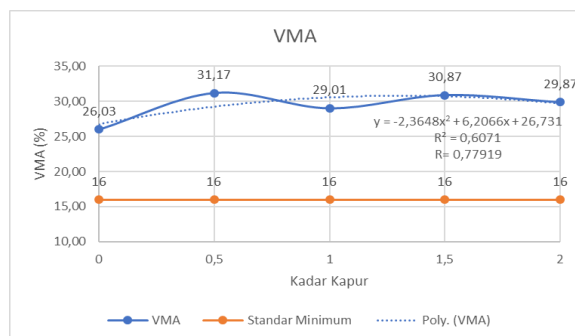
Paramter	Spesifikasi	Variasi Filler Kapur (%)				
		0	0,5	1	1,5	2
VMA (%)	Min 16	26,03	31,17	29,01	30,87	29,87
VIM (%)	4-10	14,63	20,56	18,08	20,22	19,06
VFB(%)	Min 60	43,81	34,04	37,70	34,56	36,21
Stabilitas (Kg)	Min 500	213,6	300,4	245,7	275	237,8
Flow (mm)	2-5	4,7	5	4,5	4,9	4,4
MQ (Kg/mm)	250	47,8	59,7	54,3	56,9	57,3

(Sumber: Hasil Pengujian dan Standar Spesifikasi Bina Marga)

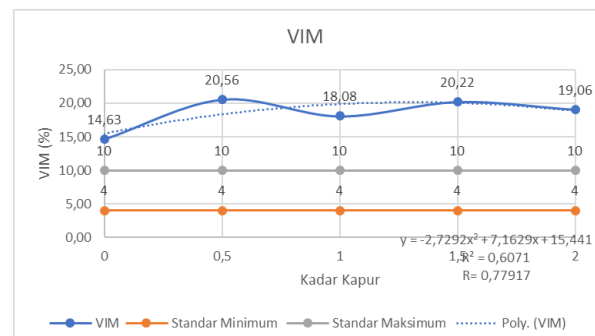
Keterangan:

Tidak memasuki Spesifikasi :

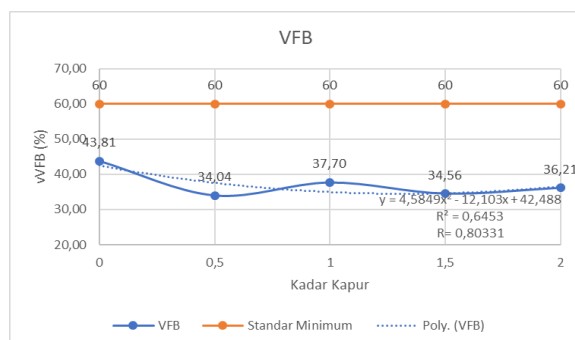
Memasuki Spesifikasi :



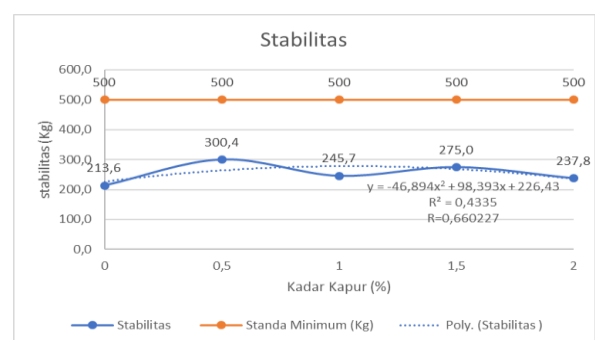
Gambar 1. Hubungan VMA dan Kadar Kapur



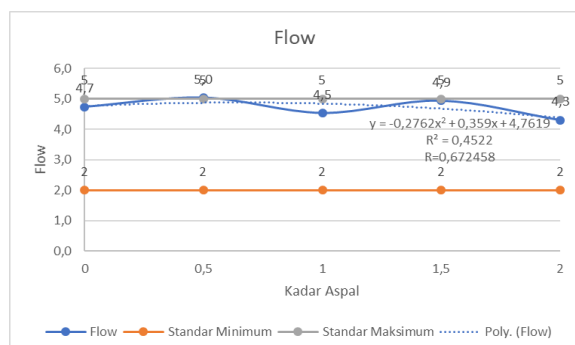
Gambar 2. Hubungan VIM dan Kadar Kapur



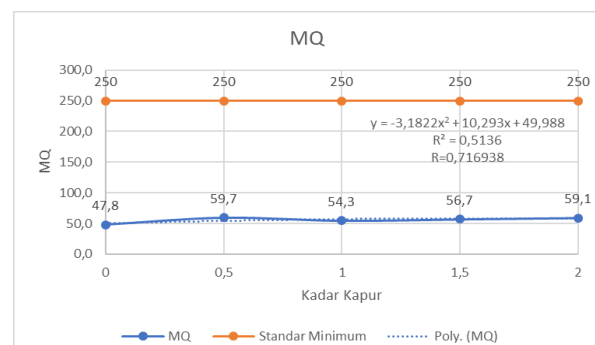
Gambar 3. Hubungan VFB dan Kadar Kapur



Gambar 4. Hubungan Stabilitas dan Kadar Kapur



Gambar 5 Hubungan Flow dan Kadar Aspal



Gambar 6. Hubungan MQ dan Kadar Kapur

Hasil pengujian suhu pemadatan suhu ruang (30°C) menunjukkan bahwa penambahan kadar kapur pada sisi karakteristik Volumetrik *Marshall* pada parameter VMA (*Void In The Mineral Aggregate*) menunjukkan semua variasi kadar *filler* kapur yang digunakan memenuhi persyaratan Standar Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2 (2020) yaitu minimum 16% dengan kisaran nilai antara 26,03% hingga 29,87%. Hal ini menunjukkan bahwa rongga antar agregat dalam campuran masih cukup tersedia untuk menampung aspal dan rongga udara. Namun pada parameter VIM (*Void In Mix*) pada semua variasi kadar kapur berada jauh di atas rentang Standar Bina Marga 2018 revisi 2 (2020) yaitu 4%-10%, sehingga menunjukkan rongga udara dalam campuran terlalu besar. Akibatnya campuran menjadi berpori, tidak padat, dan rentan kemasukan air serta udara, sehingga umur layan berkurang. Untuk parameter VFB (*Void Filled Bitumen*) pada pengujian ini tidak mencapai batas minimum Standar Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2 (2020) yaitu 60%, yang menyebabkan rongga dalam agregat belum terisi aspal secara optima sehingga ikatan antar partikel masih lemah. Kemudian dari sisi karakteristik Mekanik *Marshall* pada parameter stabilitas seluruh variasi kadar kapur menghasilkan nilai yang jauh di bawah syarat minimum Standar Bina Marga 2018 revisi 2 (2020) yaitu 500 kg, dengan rentan 213,6 kg- 300,4 kg. hal ini menunjukkan bahwa campuran memiliki daya tahan beban yang rendah. Untuk parameter *Flow* pada semua variasi kadar kapur memasuki Standar Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020) yaitu 2mm-5mm, hal ini menyebabkan bahwa campuran masih memiliki deformasi plastis yang cukup. Adapun nilai parameter *Marshall Quotient* (MQ) pada semua variasi kadar kapur juga jauh dari ketentuan minimum Standar Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2 (2020) yaitu 250kg/mm, nilai MQ yang diperoleh rentang 47,8kg/mm - 59,7kg/mm, yang menunjukkan bahwa rasio kekakuan campuran sangat lemah.

2. Suhu 90°C

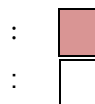
Tabel 11. Rekapitulasi hasil pengujian benda uji 90°C

Paramter	Spesifikasi	Variasi Filler Kapur (%)				
		0	0,5	1	1,5	2
VMA (%)	Min 16	26,37	28,38	22,21	22,41	23,55
VIM (%)	Min 16	15,02	12,35	10,22	10,46	11,77
VFB(%)	Min 60	43,45	40,65	53,99	53,50	50,15
Stabilitas (Kg)	Min 500	1527,9	1313,5	1697,9	1362,1	1003,6
Flow (mm)	2-5	3,5	3,4	3,3	2,7	2,9
MQ (Kg/mm)	250	479,7	391	590	510	383,5

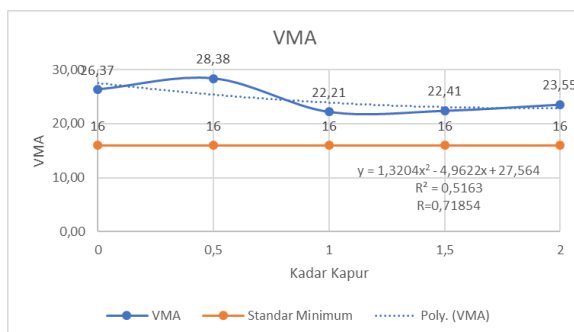
(Sumber: Hasil Pengujian dan Standar Spesifikasi Bina Marga)

Keterangan:

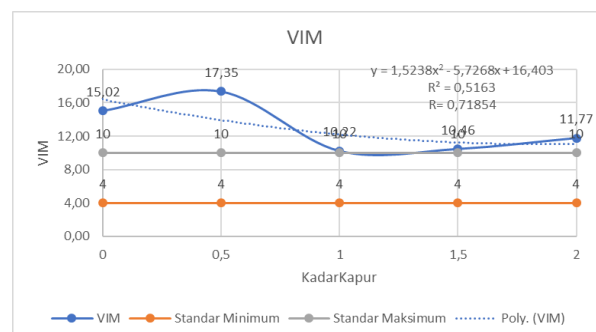
Tidak memasuki Spesifikasi :



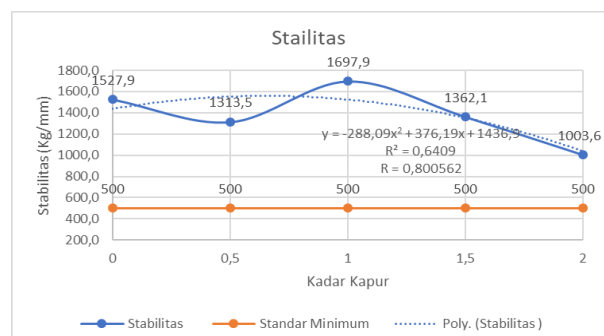
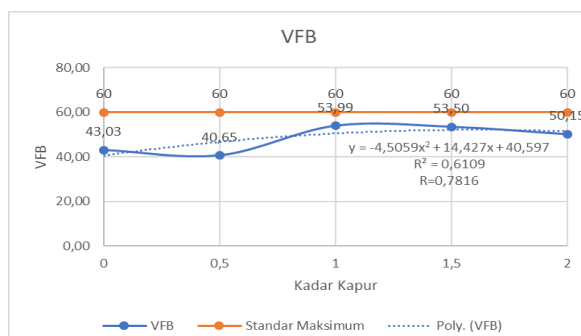
memasuki Spesifikasi :



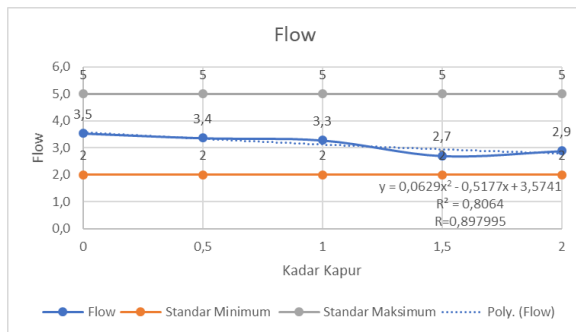
Gambar 7. Hubungan VMA dan Kadar Kapur



Gambar 8. Hubungan VIM dan Kadar Kapur

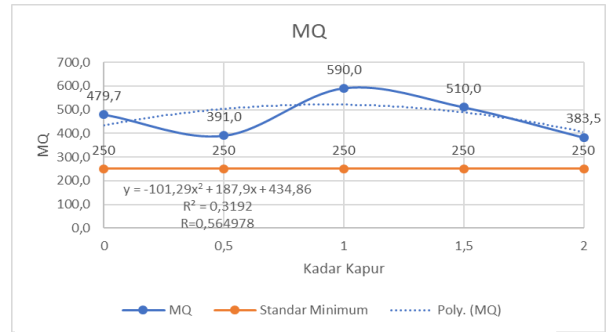


Gambar 9. Hubungan VFB dan Kadar Kapur



Gambar 11. Hubungan Flow dan Kadar Kapur

Gambar 10. Hubungan Stabilitas dan Kadar Kapur



Gambar 12. Hubungan MQ dan Kadar Kapur

Hasil pengujian pada suhu pemadatan 90°C menunjukkan bahwa pada sisi karakteristik Volumetrik Marshall, parameter VMA (*Void in Mineral Aggregate*) pada seluruh variasi kadar kapur memenuhi persyaratan Standar Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020), yaitu minimum 16%. Hal ini menandakan bahwa rongga antar agregat masih cukup longgar untuk menampung aspal. Namun pada parameter VIM (*Void in Mix*) semua variasi kadar kapur menghasilkan nilai di atas batas spesifikasi 4–10%, dengan kisaran 10,22%–17,35%. Kondisi ini menunjukkan bahwa rongga udara dalam campuran terlalu besar, sehingga campuran menjadi berpori, tidak padat, dan mudah terpengaruh oleh masuknya air maupun udara. Selanjutnya, pada parameter VFB (*Void Filled Bitumen*), semua variasi kadar kapur tidak mencapai batas minimum 60%, dengan nilai tertinggi hanya sebesar 53,99%. Hal ini mengindikasikan bahwa aspal belum mampu mengisi rongga antar agregat secara optimal, sehingga daya ikat antar partikel agregat menjadi lemah. Dari sisi karakteristik Mekanik Marshall, parameter stabilitas pada semua variasi kadar kapur memasuki Standar Bina Marga 2018 revisi 2 (2020) yaitu minimal 500 kg, dengan rentang 1003,6kg -1697,9kg. Hal ini menunjukkan bahwa campuran pada suhu 90°C memiliki daya tahan beban yang baik. Untuk parameter Flow ada semua variasi kadar kapur menunjukkan bahwa nilai yang diperoleh memasuki Standar yang sudah ditetapkan yaitu 2mm-5mm, hal ini menunjukkan bahwa campuran CPHMA masih memiliki deformasi plastis yang cukup. Dan adapun nilai parameter *Marshall Qountiet* (MQ) pada semua variasi kadar kapur memenuhi batas minimum yang ditetapkan pada Standar Bina Marga 2018 revisi 2 (2020) yaitu 250 kg/mm, dengan rentang nilai 383,5kg/mm-584,6kg/mm, yang menunjukkan bahwa rasio kekakuan campuran cukup baik.

3. Suhu 150°C

Tabel 12. Rekapitulasi hasil pengujian benda uji 150°C

Paramter	Spesifikasi	Variasi Filler Kapur (%)				
		0	0,5	1	1,5	2
VMA (%)	Min 16	25,25	19,61	21,25	21,08	20,05
VIM (%)	4-10	13,72	7,22	9,11	8,91	7,73
VFB(%)	Min 60	46,72	75,87	57,15	57,79	61,49
Stabilitas (Kg)	Min 500	1679,6	2506,6	2148	2287,2	2655,7
Flow (mm)	2-5	3,2	2,4	2,2	2,4	1,6
MQ (Kg/mm)	250	533,6	1043,8	970	990,2	1361,5

(Sumber: Hasil Pengujian dan Standar Spesifikasi Bina Marga)

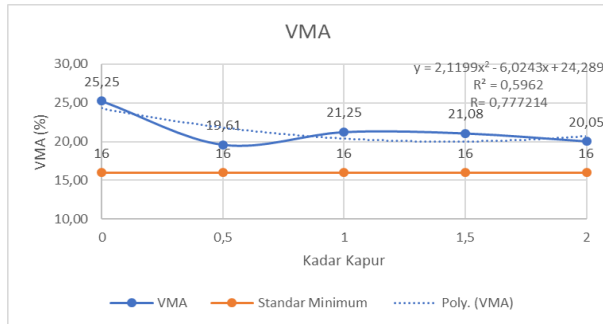
Keterangan:

Tidak memasuki Spesifikasi :

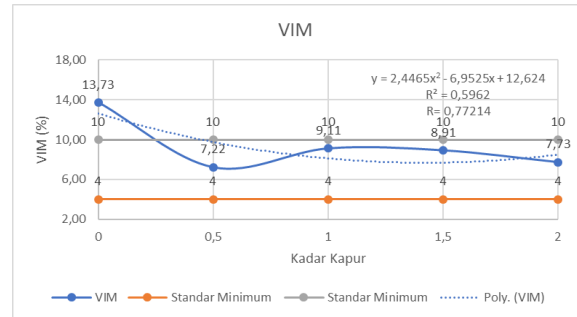


memasuki Spesifikasi :

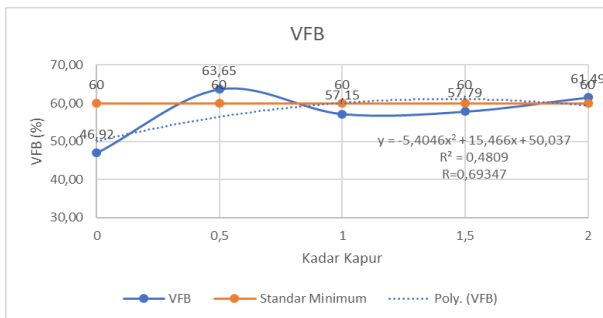




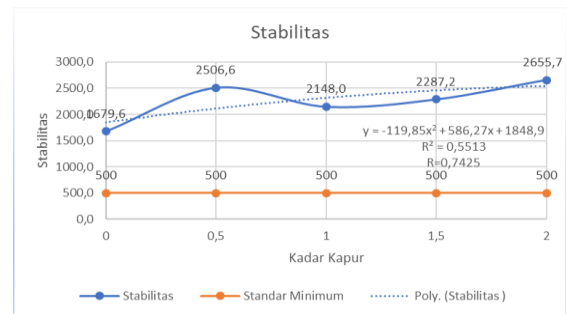
Gambar 13. Hubungan VMA dan Kadar Kapur



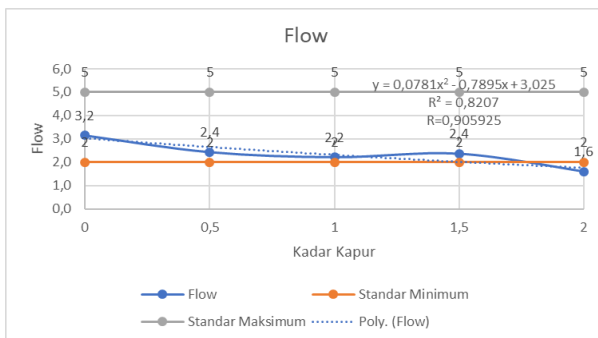
Gambar 14. Hubungan VIM dan Kadar Kapur



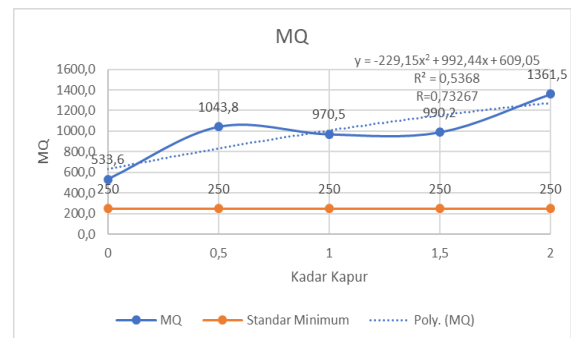
Gambar 15. Hubungan VFB dan Kadar Kapur



Gambar 16. Hubungan Stabilitas dan Kadar Kapur



Gambar 17. Hubungan Flow dan Kadar Kapur



Gambar 18. Hubungan MQ dan Kadar Kapur

Hasil pengujian suhu pemadatan 150°C menunjukkan bahwa penambahan kadar kapur pada sisi karakteristik Volumetrik Marshall pada parameter VMA (*Void In The Mineral Aggregate*) menunjukkan semua variasi kadar filler kapur memenuhi persyaratan Standar Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020) yaitu minimum 16%. Dengan demikian, struktur agregat sudah cukup longgar untuk menampung aspal dan rongga udara. Pada parameter VIM (*Void In Mix*), nilai yang diperoleh pada kadar kapur 0% dan 0,5% masih berada diatas batas spesifikasi 4%-10%, namun pada kadar kapur 1%, 1,5% dan 2% nilai VIM yang diperoleh sudah memasuki spesifikasi, sehingga menunjukkan bahwa campuran mulai mencapai kepadatan yang sesuai. Sementara itu pada parameter VFB (*Void Filled Bitumen*) pada kadar kapur 0%, 1%, dan 1,5% belum memenuhi batas minimum standar yang sudah ditetapkan yaitu 60%, sedangkan pada kadar kapur 0,5% dan 2% nilai VFB telah memasuki standar spesifikasi, yang menunjukkan bahwa rongga kosong pada campuran dikadar tersebut sudah cukup terisi oleh aspal sehingga ikatan antar prtikel lebih optimal. Dari sisi karakteristik Mekanik Marshall, pada parameter Stabilitas seluruh variasi kadar filler kapur menghasilkan nilai yang memenuhi bahkan melebihi syarat minimum Standar Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020) yaitu 500 kg, dengan rentang 1220,1 kg–1804,2 kg. Hal ini menunjukkan bahwa campuran pada suhu 150°C memiliki daya tahan terhadap beban lalu lintas yang sangat baik. Pada parameter Flow, kadar kapur 0%, 0,5% dan 1,5% masih berada dalam rentang Standar Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2 (2020) yaitu 2 mm–5 mm, sedangkan pada kadar 1% dan 2% tidak memenuhi spesifikasi, yang menunjukkan terjadinya ketidak seimbangan deformasi plastis pada campuran. Adapun pada parameter *Marshall Quotient* (MQ) pada semua variasi kadar filler kapur pun sudah sesuai spesifikasi minimum 250 kg/mm, dengan rentang 420,0 kg/mm - 560,0 kg/mm, yang menunjukkan bahwa campuran memiliki

rasio kekakuan yang memadai.

5. KESIMPULAN

Pengaruh variasi *filler* kapur dan suhu pemadatan terhadap karakteristik volumetrik tidak memberikan pengaruh yang konsisten, meskipun nilai parameter VMA (*Void in Mineral Aggregate*) pada seluruh variasi kadar kapur dan suhu pemadatan selalu memenuhi spesifikasi minimum 16%, sementara nilai parameter VIM (*Void in Mix*) dan VFB (*Void Filled Bitumen*) belum memasuki Standar Spesifikasi Bina Marga, meskipun pada suhu 150°C terdapat peningkatan pada parameter VIM dan VFB tetapi belum bisa dikategorikan baik karena masih ada variasi *filler* kapur yang belum memenuhi standar spesifikasi jadi belum bisa dikategorikan layak secara keseluruhan. Pengaruh variasi *filler* kapur dan suhu pemadatan terhadap karakteristik mekanik menunjukkan pada suhu 90°C semua parameter mekanik yaitu stabilitas, flow, dan Marshall Quotient (MQ), telah memenuhi Standar Spesifikasi Bina Marga sehingga dapat dikatakan baik. Namun, pada suhu 30°C seluruh parameter mekanik tidak memenuhi spesifikasi, sedangkan pada suhu 150°C meskipun nilai stabilitas dan MQ sangat tinggi, masih terdapat variasi *filler* kapur yang menghasilkan nilai flow di bawah batas minimum spesifikasi. Dengan demikian, secara keseluruhan karakteristik mekanik campuran belum dapat dinyatakan konsisten memenuhi standar pada semua kondisi suhu pemadatan.

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu acuan ilmiah bagi peneliti selanjutnya dalam mengembangkan teknologi campuran CPHMA dengan bahan tambah kapur. Mengingat hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa tidak semua parameter volumetrik dan mekanik memenuhi spesifikasi, maka penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan menambah variasi kadar kapur di atas 2% dan flux oil sebagai bahan pelunak

6. DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, S., Setiawan, A., & Turang, J. J. (2023). Characteristics of Asbuton's Cold Paving Hot Mix (CPHMA) Based on Marshall Test. *Prosiding Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi*, 10(1), 118–128.
- Diretorate General of Highways. (2020). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). *Ministry of Public Works and Housing*, Oktober, 1036.
- Djakfar, L., Bowoputro, H., Wiyanta, Y. K., & Lukman Baisa, H. (2018). *PENGARUH KADAR KAPUR PADAM SEBAGAI BAHAN PENGISI CAMPURAN COLD PAVING HOT MIX ASBUTON* (Vol. 18, Issue 1).
- Hidayatunnisa, N. A. (2025). Identifikasi Karakteristik Fisik Agregat Halus dan Korelasinya pada Sifat Beton Segar. *DINAMIKA: Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 1(01), 11–19. <https://doi.org/10.63982/0g5ype50>
- Is Dayanti, R., Irwansyah, I., & Alamsyah, W. (2024). Abu Batu Kapur Sebagai Alternatif Filler dalam Campuran Aspal Beton untuk Lapisan Aus. *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil Dan Teknik Informasi*, 7(1), 65–73. <https://doi.org/10.38043/telsinas.v7i1.5096>
- Isnaini Zulkarnain, & Muhammad Hidayat. (2023). Pengaruh Penggunaan Kapur Sebagai Penambahan Filler Pada Campuran Aspal AC-BC. *Journal of Civil Engineering Building and Transportation*, 7(1), 239–251. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v7i1.9124>
- Putra, M. T. L. (2021). Pengaruh Kapur Sebagai Filler Pada Karakteristik Campuran Aspal Beton (AC-WC). *Jurnal Teknik Sipil*, 1–8.
- Saputri, N. I., & Halim, Z. A. (2025). Analisis Perbandingan Kinerja Campuran Aspal dengan Agregat Kasar Dominan Bulat dan Agregat Kasar Dominan Pecah Menggunakan Uji Marshall. *Jurnal Bangunan Konstruksi (BARAKKA)*, 3(1), 148–157. <https://doi.org/10.63877/jbk.v3i1.136>
- Tanah, M., Minyak, D. A. N., Terhadap, P., & Cold, C. (2019). Analisis Perbandingan Penggunaan Dua Bahan Modifier (Minyak Tanah Dan Minyak Plastik) Terhadap Campuran Cold Mix Dengan Asbuton Granular Sebagai Bahan Additif. *Jurnal Teknik Sipil-Arsitektur*, 18(2), 18–30. <https://doi.org/10.54564/jtsa.v18i2.20>
- Thanaya, I. N. A., Suweda, W., & Sparsa, A. A. A. (2017). Perbandingan Karakteristik Campuran Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA) yang Dipadatkan Secara Dingin dan Panas. *Jurnal Teoretis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 24, 31. <https://doi.org/10.5614/jts.2017.24.3.8>
- Utami, F., Subagio, B. S., & Kusumawati, A. (2020). Evaluation of The Performance of Hot Mix Asphalt with Natural Rubber (Latex) for Asphalt Concrete- Binder Course (AC-BC). *Jurnal Teknik Sipil*, 27(3), 217. <https://doi.org/10.5614/jts.2020.27.3.2>

