

The Effect of Cement Filler on Cold Mix Mixtures Regarding Marshall Stability

[Pengaruh Filler Semen pada Campuran Coldmix Terhadap Marshall Stability]

Muchammad Ghaly Tsany Arrohman¹⁾, Atik Wahyuni²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: atikwahyuni@umsida.ac.id

Abstract Coldmix is a pavement technology that can be produced and applied without heating. This study aims to analyze the effect of varying Portland Composite Cement (PCC) filler content on Marshall characteristics and to determine the optimal filler content. The research was conducted experimentally at the Road Laboratory of Universitas Muhammadiyah Sidoarjo using CQS-1h emulsified asphalt, dense-graded aggregates, and PCC filler at levels of 0%, 1%, and 2%. Marshall testing covered stability, flow, and Marshall Quotient (MQ). The results indicate that the 2% filler content yielded the best performance, with a stability of 1,734.15 kg (17.00 kN), flow of 2.12 mm, and MQ of 894.34 kg/mm. Stability increased by 39.04% compared to the mixture without filler. Based on the Marshall parameters examined, the use of 2% PCC filler provided the best combination of strength and resistance to deformation.

Keywords - coldmix, aspal emulsi, filler semen PCC, Marshall Stability, Flow, Marshall Quotient.

Abstrak Coldmix merupakan teknologi perkerasan yang dapat diproduksi dan diaplikasikan tanpa pemanasan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi kadar filler semen Portland Composite Cement (PCC) terhadap karakteristik Marshall serta menentukan kadar filler terbaik. Penelitian dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Jalan Universitas Muhammadiyah Sidoarjo menggunakan aspal emulsi CQS-1h, agregat bergradasi rapat, dan filler PCC dengan variasi 0%, 1%, dan 2%. Pengujian Marshall meliputi stabilitas, Flow, dan Marshall Quotient (MQ). Hasil menunjukkan bahwa filler 2% menghasilkan kinerja terbaik dengan stabilitas 1.734,15 kg (17,00 kN), Flow 2,12 mm, dan MQ 894,34 kg/mm. Stabilitas meningkat sebesar 39,04% dibandingkan campuran tanpa filler. Berdasarkan parameter Marshall yang diteliti, penggunaan filler PCC sebesar 2% memberikan kombinasi kekuatan dan ketahanan terhadap deformasi terbaik.

Kata kunci - coldmix, aspal emulsi, filler semen PCC, Marshall Stability, Flow, Marshall Quotient.

1. PENDAHULUAN

Campuran aspal emulsi dingin (CAED) merupakan alternatif teknologi perkerasan yang dapat dicampur dan diaplikasikan pada suhu ruang. Teknologi ini relevan untuk pekerjaan pemeliharaan jalan, terutama pada kondisi yang memiliki keterbatasan fasilitas pemanasan. Kinerja CAED dipengaruhi oleh gradasi agregat, kadar aspal emulsi, proses pemadatan, curing, dan penggunaan filler[1], [2].

Filler berfungsi mengisi sebagian rongga antaragregat dan memengaruhi kepadatan, ikatan antarpartikel, serta kekakuan campuran. Semen PCC dipilih sebagai filler karena mudah diperoleh dan berpotensi memperbaiki struktur internal campuran. Penelitian ini mengkaji variasi filler PCC sebesar 0%, 1%, dan 2% untuk mengetahui pengaruhnya terhadap *marshall stability*, *flow*, dan *marshall quotient*[3].

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Coldmix

Campuran aspal emulsi dingin (*Coldmix Asphalt Emulsion/CAED*) merupakan campuran agregat dan aspal emulsi yang diproduksi serta diaplikasikan pada suhu ruang tanpa proses pemanasan[4]. Teknologi ini dapat mengurangi kebutuhan energi dan sesuai digunakan untuk pekerjaan pemeliharaan maupun kondisi lapangan yang memiliki keterbatasan fasilitas pemanasan. Kinerja *coldmix* dipengaruhi oleh gradasi agregat, kadar aspal emulsi, proses pemadatan, curing, dan penggunaan filler[5].

2.2 Filler Semen Portland Composite Cement (PCC)

Filler merupakan material berukuran halus yang berfungsi mengisi sebagian rongga antaragregat, meningkatkan kepadatan, serta memengaruhi ikatan dan kekakuan campuran. Semen PCC dapat digunakan sebagai filler karena partikel halusnya membantu memperbaiki packing antarpartikel dan struktur internal campuran. Penambahan filler semen juga berpotensi meningkatkan kekuatan campuran, tetapi kadar yang digunakan perlu dikendalikan karena perubahan jumlah filler dapat memengaruhi karakteristik campuran secara berbeda[6].

2.3 Gradasi Agregat pada Coldmix

Gradasi agregat menentukan distribusi ukuran butir, rongga antaragregat, kepadatan, dan stabilitas campuran. Gradasi rapat (*dense graded*) memiliki susunan butiran yang saling mengisi sehingga menghasilkan campuran yang lebih padat dan memiliki stabilitas yang baik. Oleh karena itu, pengendalian proporsi agregat dan kadar filler menjadi bagian penting dalam perancangan coldmix[7].

2.4 Karakteristik Marshall

Pengujian *marshall* digunakan untuk mengevaluasi karakteristik mekanik campuran beraspal, termasuk coldmix. Parameter utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *marshall stability*, *flow*, dan *marshall quotient* (MQ). Marshall stability menunjukkan kemampuan campuran menahan beban, Flow menunjukkan besarnya deformasi plastis saat pembebanan, sedangkan MQ merupakan perbandingan antara stabilitas dan *flow* yang digunakan untuk menggambarkan kekakuan relatif campuran. Ketiga parameter tersebut perlu dianalisis secara bersama untuk menilai keseimbangan antara kekuatan dan kemampuan menahan deformasi[8].

2.5 Penelitian Terdahulu dan Posisi Penelitian

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan filler pada campuran coldmix dapat memengaruhi perkembangan kekuatan dan karakteristik mekaniknya. Filler berbasis semen maupun material mineral lain dilaporkan berpotensi meningkatkan stabilitas dan mempercepat perkembangan kinerja campuran, meskipun respons campuran bergantung pada jenis, kadar *filler*, dan kondisi curing. Penelitian penggunaan semen Portland sebagai filler pada campuran AC-WC juga menunjukkan adanya peningkatan karakteristik Marshall. Berdasarkan kajian tersebut, penelitian ini memfokuskan analisis pada filler semen PCC dengan variasi 0%, 1%, dan 2% pada campuran coldmix menggunakan aspal emulsi CQS-1h. Evaluasi dilakukan melalui *marshall stability*, *flow*, dan MQ untuk menentukan variasi *filler* yang memberikan kinerja terbaik[9][10].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode eksperimental laboratorium di Laboratorium Jalan Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Material terdiri atas aspal emulsi CQS-1h, agregat kasar dan halus dari PT Batu Kali Welang Ampuh, serta semen PCC dari PT Semen Gresik. Campuran menggunakan gradasi rapat (*dense graded*) tipe IV. Kadar aspal emulsi optimum digunakan tetap, sedangkan *filler* divariasikan sebesar 0%, 1%, dan 2% terhadap berat agregat[7], [11].

Masing-masing variasi dibuat tiga benda uji sehingga total terdapat sembilan benda uji. Campuran dipadatkan sebanyak 2×75 tumbukan pada sisi atas dan bawah. Benda uji menjalani proses curing dan pengondisian sesuai prosedur penelitian, kemudian diuji menggunakan alat Marshall. Parameter utama adalah *marshall stability*, *flow*, dan *marshall quotient* (MQ)[12].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Material

Hasil pemeriksaan agregat menunjukkan distribusi ukuran butir berada dalam rentang spesifikasi gradasi yang digunakan. Aspal emulsi CQS-1h memiliki viskositas 24 detik, pengendapan satu hari 0,96%, muatan partikel positif, residu penyulingan 62,240%, penetrasi 51,83 (0,1 mm), daktilitas >150 cm, dan kelarutan dalam trichloroethylene 98,516%[13]. Nilai tersebut memenuhi rentang persyaratan yang dicantumkan dalam dokumen penelitian.

3.2 Hasil Pengujian Marshall

Tabel 1. Hasil komparasi karakteristik Marshall

Kadar filler	Stability (kg)	Stability (kN)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
0%	1.247,22	12,23	1,08	1.279,63
1%	1.341,19	13,15	4,75	500,14
2%	1.734,15	17,00	2,12	894,34

Pada Coldmix tanpa *filler*, *marshall stability* sebesar 1.247,22 kg, *flow* 1,08 mm, dan MQ 1.279,63 kg/mm. Penambahan *filler* 1% meningkatkan stabilitas menjadi 1.341,19 kg atau sekitar 7,54%, tetapi *flow* meningkat menjadi 4,75 mm sehingga MQ turun menjadi 500,14 kg/mm. Hal ini menunjukkan peningkatan stabilitas belum diikuti peningkatan kemampuan mengendalikan deformasi.

Pada kadar filler 2%, *marshall stability* meningkat secara signifikan menjadi 1.734,15 kg atau 17,00 kN. Nilai tersebut sekitar 39,04% lebih tinggi dibandingkan coldmix tanpa *filler*. Flow turun menjadi 2,12 mm dan MQ meningkat menjadi 894,34 kg/mm dibandingkan kadar 1%. Dengan demikian, kadar 2% memberikan keseimbangan yang lebih baik antara kekuatan dan ketahanan terhadap deformasi[14], [15].

Peningkatan stabilitas dapat dikaitkan dengan fungsi filler semen dalam mengisi sebagian rongga antaragregat dan memperbaiki interlocking serta ikatan antar material. Namun, hasil kadar 1% menunjukkan bahwa perubahan filler tidak selalu menghasilkan peningkatan seluruh parameter secara bersamaan sehingga evaluasi kadar optimum perlu mempertimbangkan beberapa parameter *marshall*[16].

5. KESIMPULAN

Variasi kadar *filler* semen PCC memengaruhi *marshall stability*, *flow*, dan *marshall quotient* pada campuran CAED. Kadar *filler* 1% menghasilkan stabilitas 1.341,19 kg, Flow 4,75 mm, dan MQ 500,14 kg/mm. Kadar filler 2%

menghasilkan stabilitas tertinggi sebesar 1.734,15 kg (17,00 kN), Flow 2,12 mm, dan MQ 894,34 kg/mm. Filler PCC 2% memberikan peningkatan stabilitas sebesar 39,04% dibandingkan CAED tanpa filler dan merupakan variasi terbaik berdasarkan parameter yang diteliti. Penentuan kadar optimum yang lebih spesifik masih memerlukan variasi kadar yang lebih rapat serta pengujian kinerja tambahan.

6. SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan variasi kadar *filler* dengan interval lebih kecil, khususnya pada rentang sekitar 1%–3%, agar kadar optimum dapat ditentukan lebih akurat. Variasi waktu curing juga perlu dikaji karena proses breaking dan penguapan air pada aspal emulsi dapat memengaruhi perkembangan kekuatan campuran.

Pengujian berikutnya dapat mencakup VIM, VMA, VFB, ketahanan terhadap air dan kelembapan, beban berulang, serta ketahanan jangka panjang. Perbandingan semen PCC dengan PPC, abu batu, dan filler mineral lainnya juga dapat dilakukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak yang berperan dalam pelaksanaan kegiatan penelitian, terutama Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah bersedia membantu selama proses penelitian dan memberikan ilmu yang bermanfaat. Selain itu terima kasih kepada keluarga terutama istri yang telah membantu menyusun laporan ini dan tak lupa kedua orang tua dan saudara yang tidak lelah memberikan support.

REFERENSI

- [1] H. F. Tambunan *et al.*, “EFEKTIVITAS ASPAL EMULSI METODE CAMPURAN DINGIN PADA LAPISAN LASTON AC-BASE.”
- [2] A. Institute, *Asphalt Emulsions Manual*. Asphalt Institute, 2009.
- [3] P. Teknis Aspal Bakar Dan Aspal Emulsi Sebagai Bahan Pengikat Pada Campuran Perkerasan Jalan, “JURNAL KONSTRUKSI,” 2016.
- [4] I. S. S. Association, *Basic Asphalt Emulsion Manual*. ISSA, 2010.
- [5] R. Rahmatullah, A. R. Nurdin, and N. H. Yuniarti, “Analisis Sifat Dan Karakteristik Campuran Hangat Aspal Emulsi Dengan Variasi Perendaman,” *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*, vol. 1, no. 2, pp. 131–136, May 2023, doi: 10.56326/jptsk.v1i2.3204.
- [6] “ANALISIS DAYA DUKUNG TANAH DAN BEBAN KENDARAAN TERHADAP KERUSAKAN PERKERASAN JALAN PADA RUAS JALAN RAYA METRO-TANJUNGKARI,” May 2020.
- [7] N. Prayogo, J. Christian Natakusuma, P. S. Wulandari, and H. Patmadjaja, “PENGARUH VARIASI GRADASI AGREGAT DARI BATAS BAWAH HINGGA BATAS TENGAH PADA CAMPURAN ASPAL EMULSI DINGIN.”
- [8] N. Puslitbang Jalan dan Jembatan, K. A. Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Jln Nasution No, K. Pos, and D. Hamdani Puslitbang Jalan dan Jembatan, “TEKNOLOGI TAMBALAN CEPAT MANTAP SEBAGAI SOLUSI CEPAT PENANGANAN KERUSAKAN JALAN BERLUBANG,” 2017.
- [9] A. H. Maulana and B. Damara, “Daya Tahan Coldmix Asphalt Sebagai Bahan Darurat Penanganan Jalan dengan Bahan Resin Fiberglass Sebagai Pengganti Aspal,” *Jurnal Talenta Sipil*, vol. 7, no. 1, p. 124, Feb. 2024, doi: 10.33087/talentsipil.v7i1.383.
- [10] A. I. Rifai, M. Hafidh, M. Isradi, and J. Prasetyo, “Analisis kinerja Cold Paving Hot Mix Asbuton dengan Filler Portland Cement terhadap intensitas rendaman,” vol. 28, no. 01, 2023.
- [11] S. Mulyana Jurnal Konstruksi Sekolah Tinggi Teknologi Garut Jl Mayor Syamsu No and J. Garut, “Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Dingin Bergradasi Rapat Type III dan Type IV.” [Online]. Available: <https://jurnal.itg.ac.id/>
- [12] AASHTO, *Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing*. AASHTO, 2017.
- [13] J. Pattimura *et al.*, “DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA,” 1211.
- [14] I. Nyoman, A. Thanaya, I. Wayan, P. Jayantara, I. Gusti, and R. Purbanto, “Studi Karakteristik Campuran Tambalan Cepat Mantap (TCM),” 2020.
- [15] Y. M. Kim, K. Kim, and T. H. M. Le, “Development of Sustainable Cement Asphalt Mortar Using Agricultural Waste-Derived Bio-Oil and Latex–Acrylic Polymers for Enhanced Durability,” *Polymers (Basel)*, vol. 16, no. 22, Nov. 2024, doi: 10.3390/polym16223210.
- [16] “ANALISA TINGKAT KERUSAKAN JALAN MENGGUNAKAN METODE PCI UNTUK MENGEVALUASI KONDISI JALAN DI RAYA CANGKRING KECAMATAN KREMBUNG KABUPATEN SIDOARJO,” Nov. 2021.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.