

Pengaruh *Filler* Semen pada Campuran *Cold Mix* terhadap *Marshall Stability*

Oleh:

Muchammad Ghaly Tsany Arrohman

Dosen Pembimbing:

Dr. Ir. Atik Wahyuni, S.T., M.T.,

Progam Studi Teknik Sipil

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Agustus, 2026



Latar Belakang

Pertumbuhan Ekonomi

- Ekonomi Indonesia tumbuh **5,04%** pada 2024 (BPS, 2025).
- Sektor konstruksi menyumbang **9,91%** terhadap PDB nasional.

Kendala Asbuton

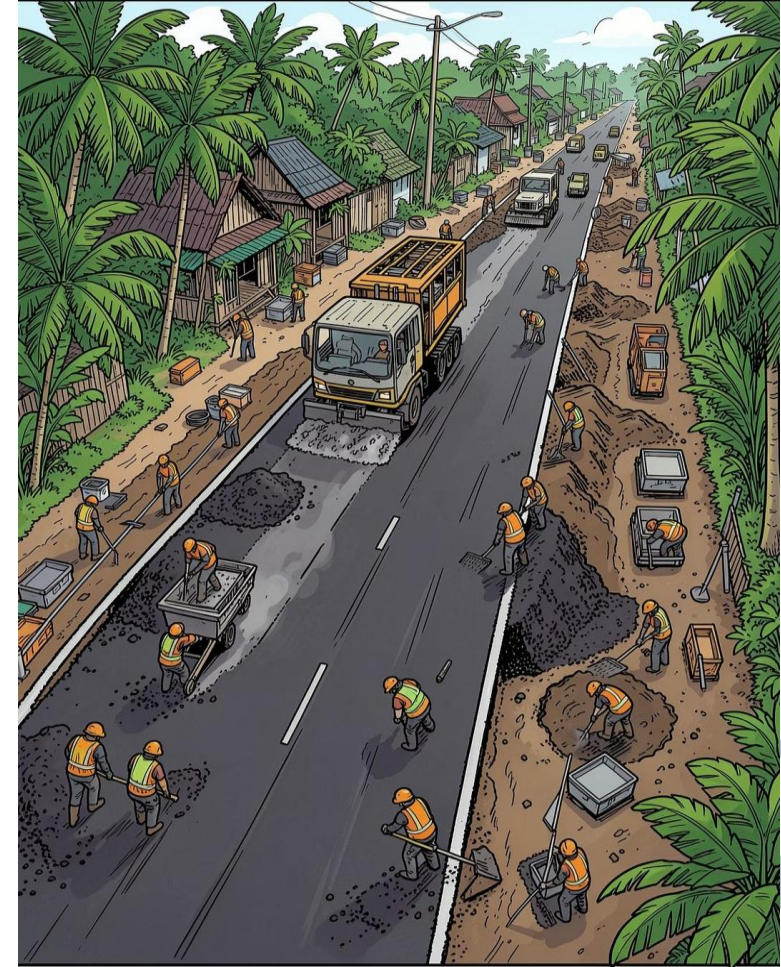
Indonesia memiliki cadangan Aspal Buton **650 juta ton**, namun produksi domestik hanya memenuhi sebagian kecil dari kebutuhan **1,2 juta ton/tahun**.

Solusi Cold Mix

Cold mix asphalt menggunakan aspal emulsi, dapat diaplikasikan tanpa pemanasan, ramah lingkungan, dan cocok untuk iklim tropis Indonesia.

Peran Filler Semen PCC

Material filler semen PCC mampu mengisi rongga antar agregat, meningkatkan kepadatan, dan memperbaiki daya ikat aspal-agregat.



Rumusan Masalah & Tujuan Penelitian

Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik campuran *coldmix* dengan filler semen pcc (*Portland composite cement*) yang berbeda terhadap ketahanan deformasi?
2. Berapa kadar filler semen pcc (*Portland composite cement*) yang paling optimal untuk meningkatkan nilai stabilitas Marshall pada campuran *coldmix*?
3. Bagaimana pengaruh penambahan filler semen pcc (*Portland composite cement*) terhadap nilai stabilitas Marshall pada campuran *coldmix*?

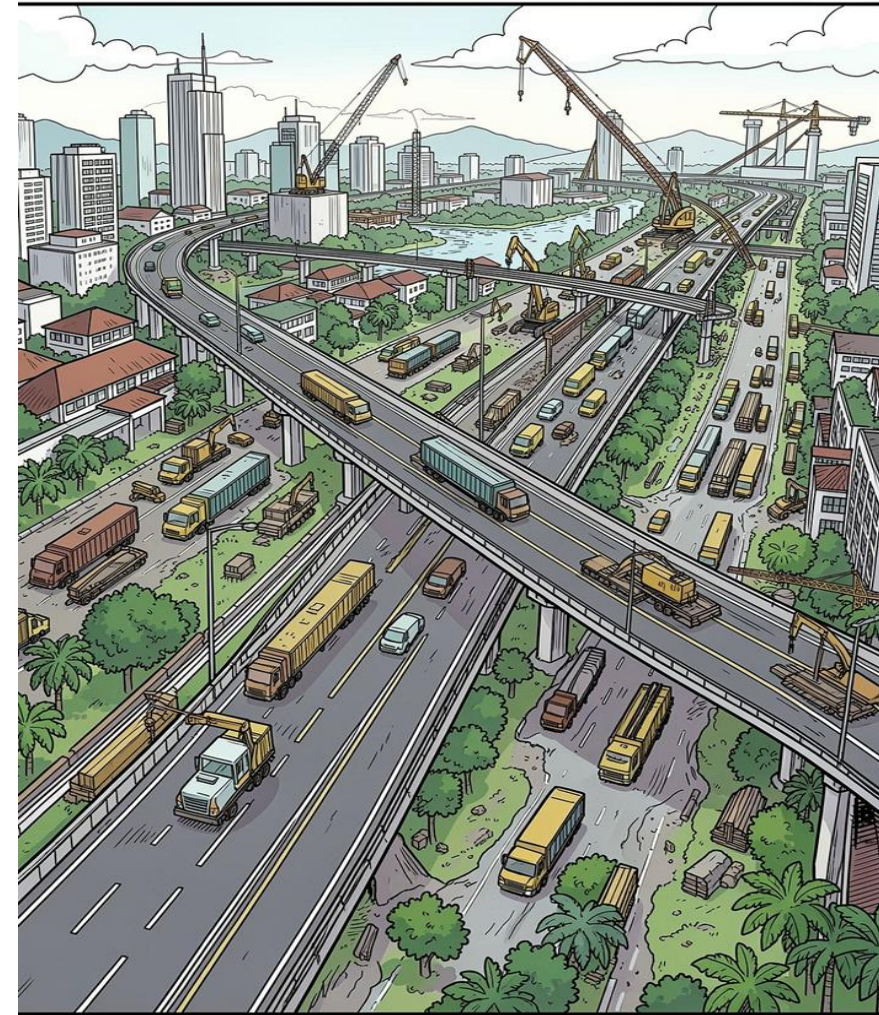
Tujuan Penelitian

1. Mengkaji karakteristik campuran *coldmix* dengan kadar filler semen pcc (Portland composite cement) yang berbeda terhadap ketahanan deformasi.
2. Menentukan kadar filler semen pcc (Portland composite cement) yang optimal untuk memperoleh stabilitas terbaik.
3. Menganalisis pengaruh perbedaan kadar filler semen pcc (Portland composite cement) terhadap nilai stabilitas Marshall pada campuran *coldmix*.

Manfaat & Ruang Lingkup Penelitian

- a. Manfaat Teoritis** : Menambah pengetahuan tentang pengaruh filler semen terhadap sifat mekanik dan stabilitas Marshall pada campuran coldmix asphalt.
- b. Manfaat Praktis** : Memberikan pedoman bagi pelaksana konstruksi dan instansi pemerintah dalam menentukan kadar filler semen yang sesuai guna meningkatkan performa perkerasan jalan dengan teknologi coldmix.
- c. Manfaat Sosial** : Mendukung pengembangan teknologi jalan yang lebih ramah lingkungan dan efisien, serta memperpanjang umur layanan jalan di berbagai daerah di Indonesia.

Ruang Lingkup: Variasi filler semen 0%, 1%, 2%; pengujian Marshall (stabilitas, flow, densitas); kondisi suhu ruang & kelembaban tinggi; tidak mencakup uji ketahanan jangka panjang.



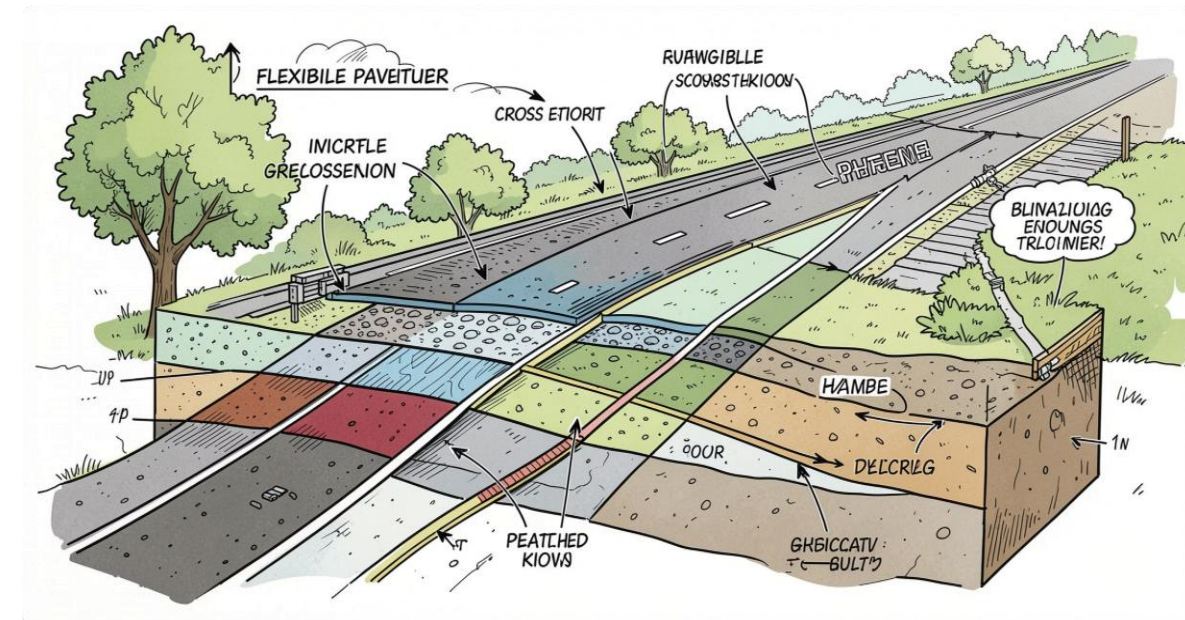
Perkerasan Lentur & Bahan Penyusun

Struktur Perkerasan Lentur

- Terdiri dari 4 lapis: Lapis Permukaan, Lapis Pondasi (Base), Lapis Pondasi Bawah (Subbase), dan Tanah Dasar (Subgrade).

Bahan Utama

- Aspal: bersifat termoplastis.
- Agregat: menentukan daya dukung & keawetan.
- Gradasi: Seragam, Rapat (dense graded), atau Senjang (gap graded).



Cold Mix Asphalt & Filler Semen

Cold Mix Asphalt Emulsi (CAED)

- Campuran agregat dan aspal emulsi yang dipadatkan pada suhu ruang tanpa pemanasan. Lebih ramah lingkungan, hemat energi, dan cocok untuk pemeliharaan jalan di daerah terbatas.

Aspal Emulsi CQS-1h

Tipe *Cationic Quick Setting*

- daya lekat baik terhadap agregat,
- waktu ikat cepat, dan sesuai kondisi lapangan Indonesia.

Agregat

Komponen utama **90–95% berat** yang menentukan daya dukung, keawetan, dan mutu perkerasan jalan.

Filler Semen PCC

- Partikel halus ($<0,075$ mm) yang mengisi rongga antar agregat, meningkatkan kepadatan, dan memperbaiki daya ikat aspal- agregat.

Spesifikasi & Pengujian Marshall

Spesifikasi CAED(SNI)

Parameter	Persyaratan
Kadar Aspal	Min. 6,0%
Penetrasi Aspal (25°C)	Min. 50 (0,1 mm)
Rongga (VIM)	4,0 3 7,0%
Stabilitas Marshall (30°C)	Min. 700 kg
Flow	2 3 5 mm

Pengujian Marshall

- Metode paling umum untuk mengevaluasi kinerja campuran aspal, termasuk CAED. Mengukur :

→ **Stabilitas**

Daya dukung terhadap beban (kg)

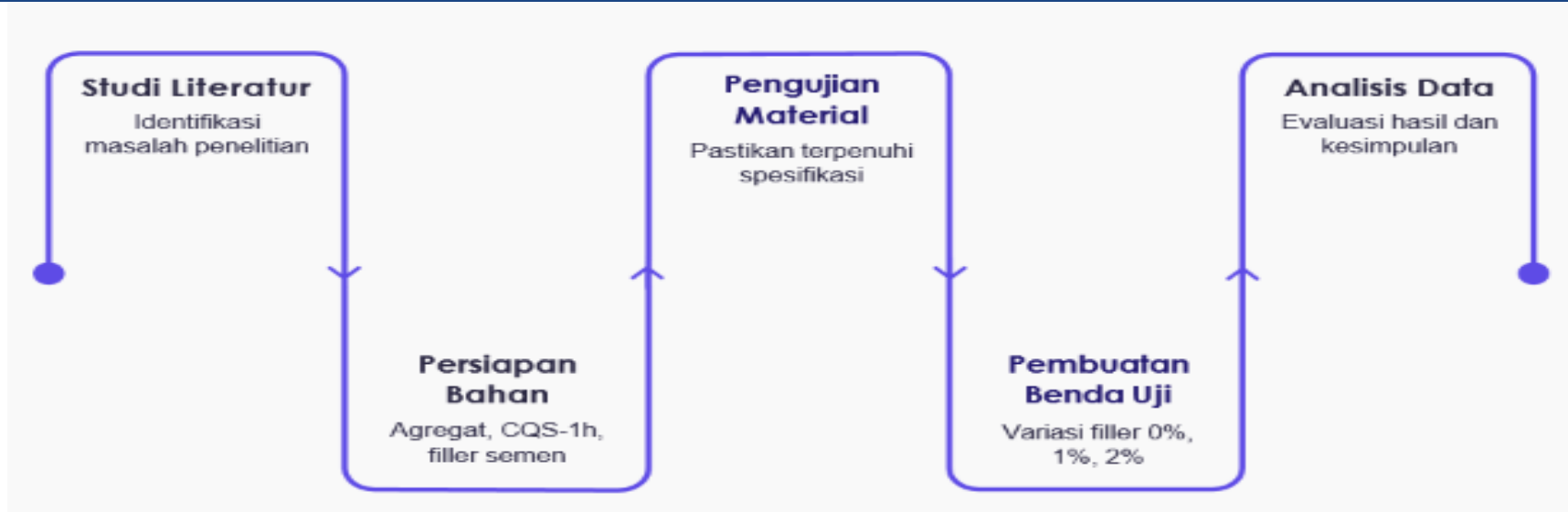
→ **Flow**

Kelelahan plastis / deformasi (mm)

→ **Volumetrik**

Void, kepadatan, densitas campuran

Metodologi Penelitian



- ✓ Penelitian eksperimental dilaksanakan di **Laboratorium Jalan Universitas Muhammadiyah Sidoarjo**. Bahan utama: aspal emulsi CQS-1h (PT Triasindomix), agregat (PT Batu Kali Welang Ampuh), dan filler semen PCC (PT Semen Gresik). Benda uji dipadatkan 2×75 tumbukan, dikuring 24 jam suhu ruang, lalu diuji Marshall.
- ✓ Desain pengujian : Total 9 benda uji (3 sampel per variasi kadar filler)

Prosedur Pembuatan Benda Uji

Prosedur Pembuatan Benda Uji :

- **Penimbangan Material :**

Agregat, aspal emulsi, dan filler sesuai JMF.

- **Pencampuran:**

Agregat + air (kondisi SSD), lalu aspal, lalu filler semen

- **Pemadatan**

2×75 tumbukan per sisi menggunakan compactor Marshall.

- **Curing & Pengujian**

Diamkan 24 jam, oven 40°C, lalu uji stabilitas & flow.



Pemeriksaan Material

- Hasil Pemeriksaan Agregat

Persentase lolos agregat pada setiap ukuran saringan menunjukkan bahwa seluruh nilai masih berada dalam batas spesifikasi yang dipersyaratkan. Hal tersebut mengindikasikan bahwa agregat memiliki gradasi yang sesuai untuk digunakan pada campuran coldmix.

Saringan		Berat tertahan	Jumlah tertahan	Presentase kumulatif		Spesifikasi DGEM Type IV	
Inch	Mm	Gram	Gram	Tertahan	Lolos	Min	Max
				n			
$\frac{3}{4}$	19.1	0	0.0	0.00	100.00	100	100
$\frac{1}{2}$	12.5	34.3	34.3	3.05	96.95	90	100
No.4	4.75	278.4	312.7	27.78	72.22	45	70
No.8	2.36	382.9	695.6	61.79	38.21	25	55
No.50	0.300	262.4	958.0	85.10	14.90	5	20
No.200	0.075	114.2	1072.2	95.25	4.75	2	9
Dasar		53.5	1125.7	100.00	0.00		

Pemeriksaan Material

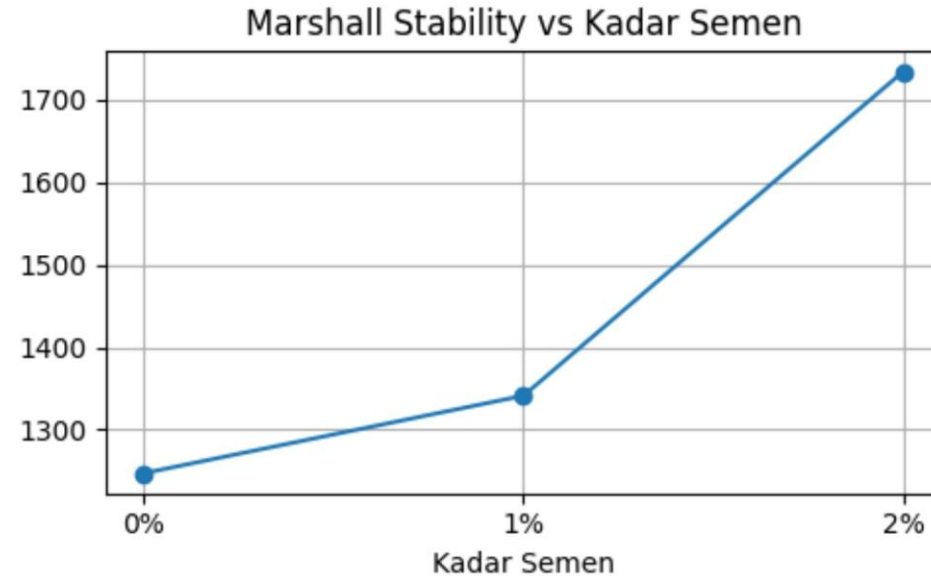
- Filler Semen PCC

Material filler Semen Gresik PCC memiliki kondisi fisik berupa serbuk halus, homogen, dan tidak menunjukkan adanya gumpalan keras yang dapat memengaruhi proses pencampuran. Karakteristik kehalusan material menjadi salah satu parameter penting karena filler yang halus dapat mengisi rongga antarbutir agregat dan berperan dalam membentuk mastic aspal-filler yang lebih homogen.

Hasil Pemeriksaan Aspal Emulsi

No	Jenis pengujian	Metode pengujian	Hasil pengujian	Satuan	Spesifikasi
A. Aspal Emulsi					
1	Viskositas	SNI 03-6721	24.000	Detik	20-100
2	Pengujian pengendapan 1 hari	SNI 8828	0.96	%	Maks.1
3	Muatan partikel	SNI 03-3644	Positif	-	Positif
4	Tertahan saringan No.20	SNI 03-3643	0.000	%	Maks.0.1
5	Uji campuran semen	SNI 03-8830	1.20	%	-
6	Residu penyulingan	SNI 03-3642	62.240	%	Min. 57
B. Residu penyulingan					
1	Penetrasi 25 C; 100 gram; 5 detik	SNI 06-2456	51.83	0.1mm	40-90
2	Daktilitas; 25 C; 5 cm/menit	SNI 06-2432	>150	Cm	Min. 40
3	Kelarutan dalam Trichloroethylene	SNI 06-2438	98.516	%	Min. 97.5

Hasil Pengujian: Marshall Stability



Nilai Marshall Stability per variasi

1.247

kg — CAED Murni
Kadar filler 0% (baseline)

1.341

kg — Filler 1%
Peningkatan +7,54% dari CAED murni

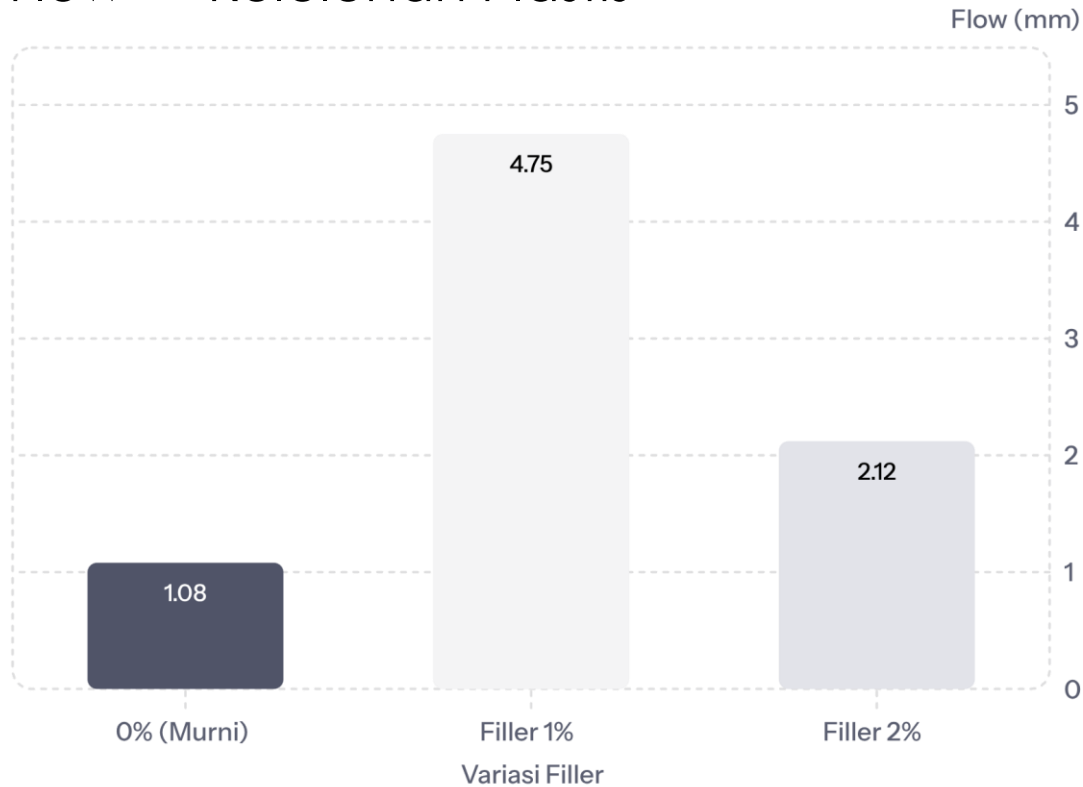
1.734

kg — Filler 2%
Peningkatan +39,04% dari CAED murni

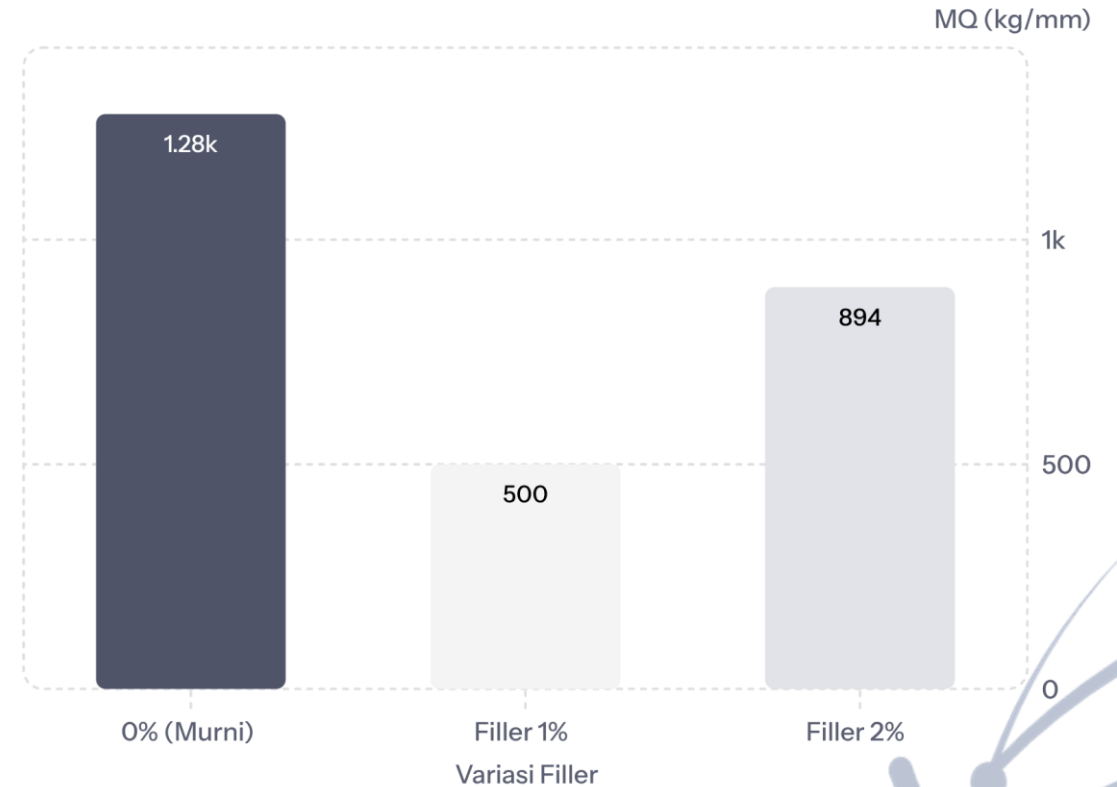
☐ Penambahan filler semen meningkatkan stabilitas campuran secara signifikan — kadar 2% memberikan peningkatan terbesar.

Hasil Pengujian: Flow dan Marshall Quotient

Flow — Kelelehan Plastis



Marshall Quotient — Kekakuan



Kadar filler 2% memberikan keseimbangan terbaik antara stabilitas, pengendalian deformasi, dan kekakuan campuran.

Hasil Benda Uji



Gambar 4.7(a) CAED murni



Gambar 4.7(b) CAED filler semen 1%



Gambar 4.7(c) CAED filler semen 2%

Analisis dan Pembahasan

1

Mekanisme Filler

Filler semen mengisi rongga antar agregat, meningkatkan **interlocking** dan ikatan antar material sehingga memperbaiki struktur internal campuran.

2

Peningkatan Kepadatan

Peningkatan kadar filler meningkatkan kepadatan campuran dan mengurangi rongga udara, sehingga distribusi beban lebih merata.

3

Kadar Optimal 2%

Stabilitas tertinggi **1.734,15 kg**, flow terkendali **2,12 mm**, dan MQ lebih baik **894,34 kg/mm** dibanding filler 1%.

Kesimpulan

Kadar Optimal Filler Semen

2%

Filler semen PCC sebesar 2% terbukti sebagai kadar optimal yang memberikan kinerja mekanis terbaik pada campuran CAED.

- Stabilitas: 1.734,15 kg (+39,04%)
- Flow: 2,12 mm (terkendali)
- MQ: 894,34 kg/mm

Poin Kesimpulan Utama

1 Pengaruh Signifikan

Variasi kadar filler semen memberikan pengaruh signifikan terhadap karakteristik campuran CAED, khususnya ketahanan deformasi.

2 Kinerja Terbaik

Filler 2% menghasilkan keseimbangan optimal antara kekuatan dan fleksibilitas campuran coldmix.

3 Tujuan Tercapai

Penambahan filler semen terbukti positif terhadap Marshall Stability — seluruh tujuan penelitian telah terpenuhi.

