

## Pengaruh Substitusi Parsial Semen dengan Kalsium Klorida terhadap Kuat Tekan Beton

Cyeva Primahasta<sup>1</sup>, Arie taveriyanto<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universitas Negeri Semarang, Indonesia

[arietaveriyanto@mail.unnes.ac.id](mailto:arietaveriyanto@mail.unnes.ac.id)\*

Copyright©2025 by authors. Authors agree that this article remains permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh substitusi parsial semen dengan kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) terhadap peningkatan kuat tekan beton dengan perbandingan 1:2:3. Metode yang digunakan adalah eksperimental, dengan memvariasikan dosis  $\text{CaCl}_2$  sebagai bahan pengganti semen dan menguji kuat tekan specimen kubus beton pada usia 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan  $\text{CaCl}_2$  memberikan dampak signifikan. Peningkatan kuat tekan optimal (16,24%) terjadi pada dosis penggantian 1,0% dari berat semen, mencapai 274,30 kg/cm<sup>2</sup> dari kuat tekan control 236,00 kg/cm<sup>2</sup>. Temuan ini menegaskan  $\text{CaCl}_2$  pada dosis 1,0% dapat mengoptimalkan kuat tekan beton. Namun, perlu diperhatikan bahwa SNI 2847:2019 menyatakan penggunaan  $\text{CaCl}_2$  berisiko korosi pada beton bertulang.

Kata kunci: kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ), bahan tambah kimia, kuat tekan beton

### Abstract

*This research aims to analyze the effect of partial substitution of cement with calcium chloride ( $\text{CaCl}_2$ ) on the compressive strength of concrete with a 1:2:3 mix ratio. The method used was experimental, varying the  $\text{CaCl}_2$  dosage as a cement replacement and testing the compressive strength of concrete cubes at 28 days. The test results indicate that  $\text{CaCl}_2$  addition significantly impacts performance. The optimal compressive strength increase (16,24) occurred at a 1,0% replacement dosage by cement weight, reaching 274,30 kg/cm<sup>2</sup> from the control 236,00 kg/cm<sup>2</sup>. These findings confirm that  $\text{CaCl}_2$  at a 1,0% dosage can optimize concrete compressive strength. However, it should be noted that SNI 2847:2019 states that the use of  $\text{CaCl}_2$  carries a risk of corrosion in reinforced concrete.*

*Keywords: calcium chloride ( $\text{CaCl}_2$ ), chemical admixture, compressive strength of concrete*

### Pendahuluan

Peningkatan populasi global yang sejalan dengan perkembangan teknologi telah menempatkan sektor konstruksi pada peran yang sangat vital. Menurut Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB), diprediksi jumlah populasi dunia akan mendekati 10 miliar jiwa pada Tahun 2050. Pertumbuhan demografi ini secara langsung mendorong peningkatan kebutuhan akan

infrastruktur dan perumahan di berbagai belahan dunia, menjadikan industri konstruksi sebagai pilar utama dalam pemenuhan sarana penunjang kehidupan masyarakat (Cluni et al., 2025).

Dalam upaya pemenuhan kebutuhan infrastruktur ini, beton menjadi material komposit yang paling umum dan banyak digunakan di dunia (Saha *et al.*, 2025). Penggunaan beton yang masif disebabkan oleh biaya yang relatif rendah, baik dari segi ketersediaan bahan baku maupun proses pelaksanaannya. Fleksibilitas beton dalam pengerjaan juga memungkinkan material ini untuk digunakan dalam berbagai bentuk geometris, menjadikannya pilihan utama untuk kebutuhan struktural maupun arsitektural. Secara komposisi, beton didefinisikan sebagai campuran dari semen portland, agregat kasar, agregat halus, air, dan seringkali ditambahkan bahan tambah lainnya (Mulyono, 2004).

Kualitas dan keberhasilan struktur beton sangat ditentukan oleh sifat mekanis utamanya, yaitu kuat tekan. Kuat tekan beton adalah parameter utama yang digunakan untuk mengklasifikasikan kualitas material dan menjadi kriteria utama dalam perancangan karena beton berfungsi menahan tegangan tekan (Hassoun dan Al-Manaseer, 2020). Pengujian kuat tekan dilakukan pada sampel beton yang berumur 28 hari untuk mengukur kualitasnya (Mulyono, 2005), serta menjadi parameter penting dalam evaluasi struktur beton (Wang *et al.*, 2025). Untuk memodifikasi sifat dan karakteristik ini, material tambahan yang bukan merupakan bagian dasar campuran disebut sebagai admixture (Mulyono, 2005). Salah satu jenis admixture yang diklasifikasikan oleh ASTM C 494/C 494M adalah tipe C (Accelerating admixtures) yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan kekuatan awal beton (Wang *et al.*, 2023).

Kalsium Klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) adalah salah satu admixture yang paling efisien dan ekonomis yang umum digunakan untuk mempercepat proses pengerasan beton (ASCC, 2010). Penambahan  $\text{CaCl}_2$  terbukti dapat mempercepat proses hidrasi, secara signifikan mengurangi waktu finishing, dan mempercepat pencapaian kekuatan awal beton (Saeed, 2023). Penelitian terdahulu oleh Williams et al. (2020) yang menggunakan perbandingan campuran 1:1,77:2,34 menunjukkan bahwa penggantian parsial semen dengan  $\text{CaCl}_2$  mampu meningkatkan kuat tekan beton secara substansial. Variasi 3,0% menghasilkan kuat tekan tertinggi 397,69  $\text{kg/cm}^2$  dibandingkan sampel kontrol (326,31  $\text{kg/cm}^2$ , meskipun kuat tekan menurun pada persentase 4,0%, mengindikasikan adanya batas optimal penggunaan).

Pada penelitian sebelumnya (Williams *et al.*, 2020), telah membuktikan potensi peningkatan kuat tekan beton menggunakan  $\text{CaCl}_2$ . Penelitian tersebut menggunakan perbandingan campuran beton yang terperinci dan kurang sederhana yaitu 1:1,77:2,34. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menguji Kembali efektivitas substitusi parsial  $\text{CaCl}_2$  pada semen namun dengan menggunakan perbandingan campuran sederhana dan umum di lapangan yaitu 1:2:3 (semen:agregat halus:agregat kasar). Pemilihan perbandingan campuran lebih sederhana ini diharapkan dapat mempermudah implementasi dan replikasi bagi praktisi atau peneliti lain sekaligus memperkuat data optimalisasi dosis  $\text{CaCl}_2$  pada formulasi beton yang lebih umum.

## **Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang yang dipaparkan, dapat dikemukakan rumusan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi penggantian parsial semen dengan kalsium klorida pada persentase 0,0%, 1,0%, 2,0%, 3,0%, dan 4,0% dari berat semen terhadap kuat tekan beton

pada umur 28 hari dengan komposisi campuran 1:2:3 (semen:pasir:kerikil) dan faktor air-semen 0,61?

2. Berapa persentase penggantian parsial semen dengan kalsium klorida yang paling optimal dalam meningkatkan nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan komposisi campuran 1:2:3 (semen:pasir:kerikil) dan faktor air-semen 0,61?
3. Bagaimana pengaruh penambahan kalsium klorida sebagai pengganti parsial semen terhadap efisiensi penggunaan semen dalam campuran beton yang ditinjau dari hasil peningkatan kuat tekan beton?

### **Tujuan Penelitian**

Berdasarkan pada uraian rumusan masalah, tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis pengaruh penggantian parsial semen dengan kalsium klorida pada variasi 0,0%, 1,0%, 2,0%, 3,0%, dan 4,0% dari berat semen terhadap kuat tekan beton dengan perbandingan bobot campuran 1:2:3 (semen:pasir:kerikil) dengan faktor air-semen 0.61 pada umur 28 hari.
2. Untuk mengidentifikasi presentase kalsium klorida pada variasi 0,0%, 1,0%, 2,0%, dan 4,0% yang paling optimal dalam meningkatkan nilai kuat tekan beton dengan perbandingan bobot campuran 1:2:3 (semen:pasir:kerikil) dengan faktor air-semen 0,61 pada umur 28 hari.
3. Untuk mengetahui pengaruh penambahan kalsium klorida terhadap efisiensi penggunaan semen dalam campuran beton yang ditinjau dari hasil peningkatan kuat tekan beton pada perbandingan bobot campuran 1:2:3 (semen:pasir:kerikil) dengan faktor air-semen 0,61 umur 28 hari.

### **Manfaat Penelitian**

1. Memberikan kontribusi ilmu mengenai kalsium klorida pada campuran beton.
2. Sebagai referensi kepada masyarakat umum tentang pemanfaatan kalsium klorida pada campuran beton.
3. Sebagai referensi para peneliti selanjutnya untuk mendapatkan informasi tentang penggunaan kalsium klorida pada campuran beton.
4. Sebagai pedoman pembuatan beton dengan penggantian parsial semen menggunakan kalsium klorida.

### **Rancangan Penelitian**

Penelitian ini digolongkan sebagai penelitian kuantitatif eksperimental. Data diperoleh melalui pengujian secara langsung pada laboratorium. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh penggunaan kalsium klorida terhadap kuat tekan beton. Dimana hasil dari kuat tekan beton tersebut digunakan untuk mengetahui variasi mana yang menghasilkan nilai kuat tekan paling tinggi dan mengetahui keefisienan penggunaan kalsium klorida pada campuran beton.

### **Metodologi Penelitian**

#### **Lokasi dan Waktu Penelitian**

Lokasi yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Pembuatan benda uji kubus untuk pengujian kuat tekan beton dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
- Pengujian kuat tekan kubus beton dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu pada 02 Agustus 2025 hingga 08 Oktober 2025 dengan rincian sebagai berikut.

- Pembuatan benda uji kubus untuk pengujian kuat tekan beton dilaksanakan pada 08 Agustus 2025 – 10 Agustus 2025.
- Pengujian kuat tekan kubus beton umur 28 hari dilaksanakan pada 06 Oktober 2025 – 08 Oktober 2025.

### **Sifat Penelitian**

Penelitian ini digolongkan sebagai penelitian eksperimental. Penelitian eksperimen adalah metode kuantitatif yang dirancang khusus untuk mengidentifikasi hubungan sebab-akibat antara variabel. Metode ini melibatkan pelaksanaan percobaan yang terkontrol dimana peneliti secara sengaja memberikan variabel independent tertentu untuk mengamati dan mengukur dampaknya secara akurat terhadap variabel dependen (Sugiyono,2023)

Sumber data yang diperoleh dalam penelitian ini adalah data primer yang didapatkan secara langsung oleh peneliti melalui pengujian di laboratorium tanpa mengambil dari data publikasi ataupun data dari pihak lain. Data yang diambil adalah mengenai pengujian material sebagai bahan penyusun beton (benda uji) serta pengujian kuat tekan beton.

### **Teknik Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian kuantitatif ini adalah metode eksperimen (pengujian laboratorium) yang dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Pertama, peneliti melaksanakan pemeriksaan bahan awal untuk setiap material penyusun (semen, agregat halus, agregat kasar) menggunakan instrumen dan prosedur standar yang ditetapkan oleh SNI. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan kualitas bahan memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan untuk pembuatan campuran beton.

Setelah material dipastikan layak, tahap kedua dan paling krusial ialah pembuatan dan pengujian benda uji yang dimulai dari perancangan campuran (*mix design*), pembuatan sampel, perawatan, serta uji kuat tekan. Dimana pengujian kuat tekan ini akan menghasilkan data numerik primer yang mencerminkan pengaruh penggantian parsial semen dengan kalsium klorida terhadap kuat tekan beton umur 28 hari.

### **Sampel Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan temuan dengan studi terdahulu (Williams et al, 2020), mengenai sifat mekanik beton yang menggunakan rasio 1:1,77:2,34 dengan Faktor air-semen 0,5. Dalam penelitian ini, digunakan variasi penambahan kalsium klorida sebagai pengganti parsial semen dengan persentase 0,0%, 2,0%, 3,0%, dan 4,0%. Namun dalam penelitian ini mengadopsi rasio campuran yang lebih praktis yaitu 1:2:3 dan menggunakan pendekatan rasio untuk menentukan faktor air-semen berdasarkan pada tabel kebutuhan perencanaan beton sesuai SNI 7394:2008.

Tabel 1. Perbandingan Campuran berdasarkan Mutu

<b>Mutu</b>	<b>Semen</b>	<b>Pasir</b>	<b>Kerikil</b>	<b>Air</b>
K-175	1	2,35	3,15	0,66
K-200	1	2,08	2,93	0,61
K-225	1	1,88	2,82	0,58
K-250	1	1,81	2,70	0,56
K-275	1	1,68	2,52	0,53
K-300	1	1,65	2,47	0,52
K-325	1	1,53	2,29	0,49
K-350	1	1,49	2,23	0,48

Faktor air-semen yang akan digunakan dalam pembuatan sampel ini adalah sebesar 0,61 dimana kebutuhan air tersebut yang paling mendekati dengan campuran 1:2:3. Meskipun rasio campuran 1:2:3 sudah ditetapkan sejak awal untuk kemudahan aplikasi, pengujian kualitas terhadap semen, pasir, dan kerikil tetap wajib dilakukan untuk memastikan kelayakan bahan dan menjamin bahwa kualitas material dikatakan layak pakai untuk pembuatan sampel uji.

Penelitian ini menggunakan 15 buah sampel beton kubus berukuran 15 cm untuk pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari. Berikut merupakan rincian jumlah sampel yang digunakan untuk penelitian.

Tabel 2. Jumlah Sampel

<b>No</b>	<b>Kalsium Klorida (%)</b>	<b>Kuat Tekan</b>
1	0,0	3
2	1,0	3
3	2,0	3
4	3,0	3
5	4,0	3
<b>Jumlah Sampel</b>		<b>15</b>

### Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan 3 variabel, diantaranya adalah sebagai berikut:

- Variabel bebas  
Variabel bebas ialah variabel yang mempengaruhi akan terjadinya variabel terikat. Dimana variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi penggantian parsial semen dengan kalsium klorida (CaCl<sub>2</sub>).
- Variabel terikat

Variabel bebas ialah variabel yang memengaruhi akan terjadinya variabel terikat. Dimana variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi penggantian parsial semen dengan kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ).

- Variabel control

Variabel kontrol merupakan variabel yang dibuat secara konstan sehingga hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor penelitian. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah beton dengan variasi penggantian parsial dengan kalsium klorida sebanyak 0,0% atau yang bisa diartikan bahwa peran semen tidak digantikan oleh kalsium klorida.

## **Metode Analisis Data**

Pada Teknik analisis data ini, difokuskan pada hasil pengujian kuat tekan beton yang akan digunakan untuk menarik kesimpulan. Analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- Analisis deskriptif

Dengan menghitung nilai kuat tekan rata-rata untuk setiap variasi persentase kalsium klorida pada umur 28 hari dari tiga sampel yang tersedia serta melakukan analisis data pendukung untuk memastikan material memenuhi standar.

- Analisis komparatif

Pada analisis ini akan dilakukan perbandingan nilai rata-rata kuat tekan beton yang mengandung kalsium klorida dengan kuat tekan sampel kontrol. Perbandingan ini akan memberikan bukti empiris mengenai pengaruh penggantian parsial semen dengan kalsium klorida terhadap peningkatan atau penurunan kuat tekan beton.

- Analisis penentuan nilai optimal

Mengidentifikasi variasi persentase kalsium klorida yang menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi. Analisis ini juga melibatkan evaluasi titik peningkatan atau penurunan untuk menentukan batas optimal penggunaan kalsium klorida pada campuran 1:2:3 dengan faktor air-semen 0,61.

- Analisis efisiensi penggunaan semen

Analisis ini bertujuan mengevaluasi pengaruh penambahan kalsium klorida terhadap efisiensi penggunaan semen. Meskipun kalsium klorida menggantikan sebagian semen, peningkatan kekuatan yang dihasilkan menunjukkan bahwa material ini berkontribusi positif pada kinerja beton sehingga dapat dihitung seberapa efisien penggantian parsial semen ini dalam mempertahankan atau meningkatkan kekuatan.

## **Tahapan Penelitian**

- Perencanaan dan Perlakuan Material

Fokus perlakuan eksperimental ini adalah penggantian parsial semen dengan bahan tambah kimia yaitu kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) untuk memodifikasi dan meningkatkan sifat mekanis beton.

- Desain Campuran dan Variasi Eksperimental

Variabel penelitian dirumuskan untuk mengisi kesenjangan pengetahuan mengenai pengaruh  $\text{CaCl}_2$  pada perbandingan campuran beton umum di lapangan yaitu 1:2:3.

Variasi penggantian parsial  $\text{CaCl}_2$  dari berat semen yang akan diuji ditetapkan sebanyak lima yaitu 0,0% (kontrol), 1,0%, 2,0%, 3,0%, dan 4,0%.

- **Pelaksanaan Pengujian Kuat Tekan**

Setelah sampel beton dibuat sesuai desain campuran dan variasi  $\text{CaCl}_2$ , dilakukan pengujian kuat tekan beton pada sampel yang sudah mencapai umur 28 hari.

- **Analisis Data dan Penentuan Variasi Optimum**

Hasil numerik uji kuat tekan diolah melalui analisis data kuat tekan untuk menentukan variasi  $\text{CaCl}_2$  yang paling efektif dalam memberikan peningkatan kuat tekan beton. Penentuan dosis paling optimal merupakan hasil kunci dari analisis ini.

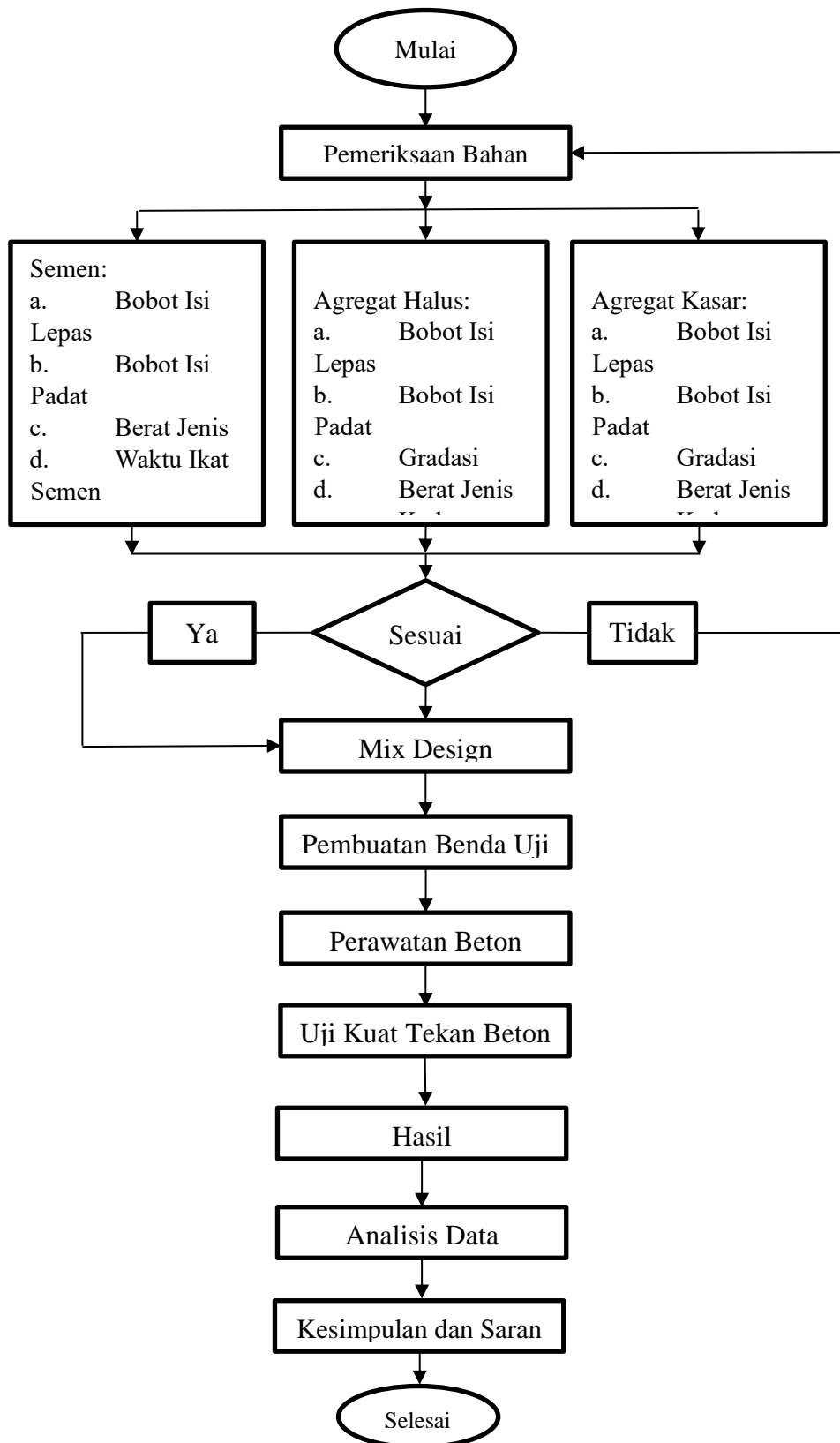
- **Analisis Efisiensi Penggunaan**

Selain analisis kekuatan, studi ini mencakup analisis efisiensi penggunaan untuk menilai pengaruh  $\text{CaCl}_2$  terhadap efisiensi penggunaan semen dalam campuran beton serta memberikan pertimbangan teknis bagi praktisi konstruksi.

- **Perumusan Hasil Akhir**

Tahap akhir adalah perumusan hasil analisa, yang mengintegrasikan temuan kuat tekan dan efisiensi penggunaan. Hasil akhir menyajikan rekomendasi komprehensif mengenai proporsi parsial  $\text{CaCl}_2$  yang paling disarankan untuk meningkatkan kuat tekan beton campuran 1:2:3 umur 28 hari.

## Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir



## Hasil dan Pembahasan

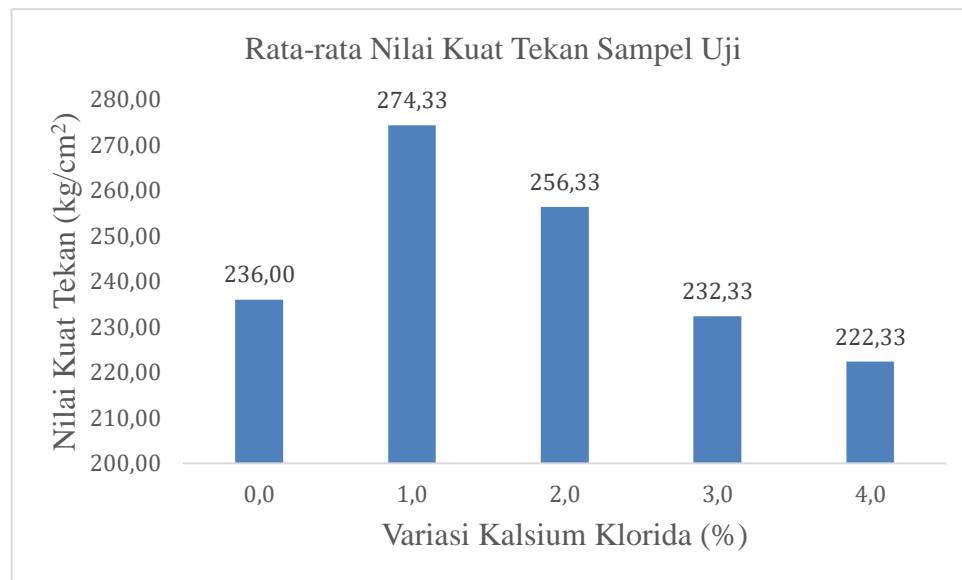
### Pemeriksaan Bahan

Meskipun rasio campuran 1:2:3 (semen:pasir:kerikil) telah ditetapkan sejak awal sebagai acuan praktis yang umum digunakan di lapangan, penetapan rasio ini saja tidak cukup untuk menjamin kualitas beton yang dihasilkan. Oleh karena itu, pengujian kualitas terhadap semen, pasir, dan kerikil tetap merupakan langkah yang wajib dan fundamental dalam metodologi penelitian. Tujuan utama pengujian ini adalah untuk memastikan kelayakan bahan dan menjamin bahwa material yang digunakan memenuhi standar teknis dan dikatakan layak pakai untuk pembuatan sampel uji.

Pengujian	Hasil	Syarat	Satuan	Standar	Keterangan
<b>Semen</b>					
Bobot Isi Lepas	1,03	-	gr/cm <sup>3</sup>	-	-
Bobot Isi Padat	1,30	-	gr/cm <sup>3</sup>	-	-
Berat Jenis	3,03	3,00 - 3,20	gr/cm <sup>3</sup>	SNI 15-2531-1991	Memenuhi
Waktu Awal Ikat Semen	85	> 45	menit	SNI 03-6828-2002	Memenuhi
Waktu Akhir Ikat Semen	150	< 375	menit	SNI 03-6828-2002	Memenuhi
<b>Agregat Halus</b>					
Bobot Isi Lepas	1,44	1,2 - 1,76	gr/cm <sup>3</sup>	ACI Education Bulletin E1-99	Memenuhi
Bobot Isi Padat	1,75	1,2 - 1,76	gr/cm <sup>3</sup>	ACI Education Bulletin E1-99	Memenuhi
Gradasi	3,45	1,5 - 3,8	MHB	SNI 03-1750-1990	Memenuhi
Berat Jenis	2,5	2,5 - 2,7	gr/cm <sup>3</sup>	Tjokrodinuljo (2007:21)	Memenuhi
Kadar Lumpur	2,5	Maks. 5,0	%	SNI S-04-1989-F	Memenuhi
<b>Agregat Kasar</b>					
Bobot Isi Lepas	1,34	0,4 - 1,9	gr/cm <sup>3</sup>	SNI 03-1973-1990	Memenuhi
Bobot Isi Padat	1,54	0,4 - 1,9	gr/cm <sup>3</sup>	SNI 03-1973-1990	Memenuhi
Gradasi	6,91	6,0 - 7,1	MHB	SNI S-04-1989-F	Memenuhi
Berat Jenis	2,52	Min. 2,5	gr/cm <sup>3</sup>	SNI 03-1737-1989	Memenuhi
Kadar Lumpur	0,49	Maks.1,0	%	SNI S-04-1989-F	Memenuhi
Keausan	16,52	Maks. 50,0	%	SNI 03-2317-1991	Memenuhi

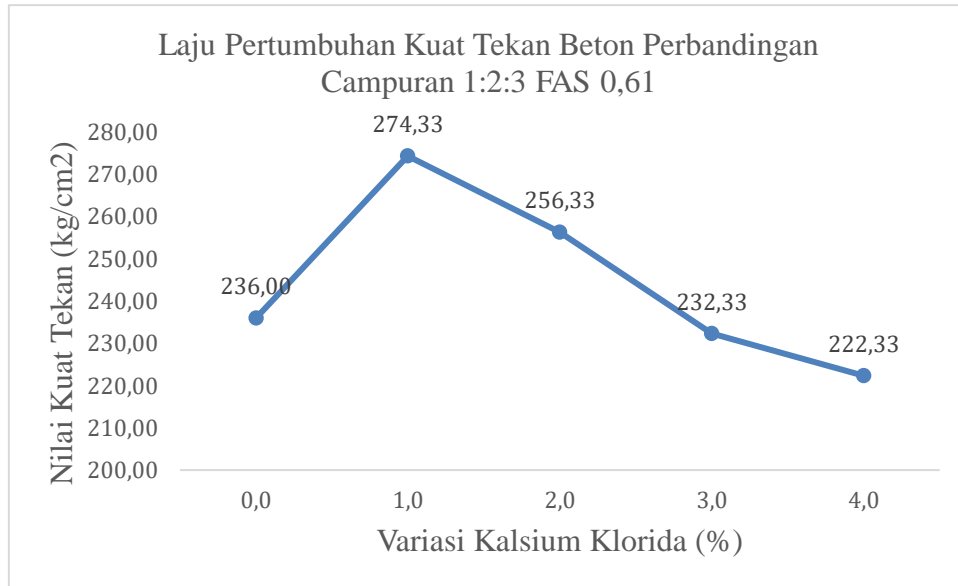
Gambar 2. Hasil Pemeriksaan Bahan

## Pengujian Kuat Tekan Beton



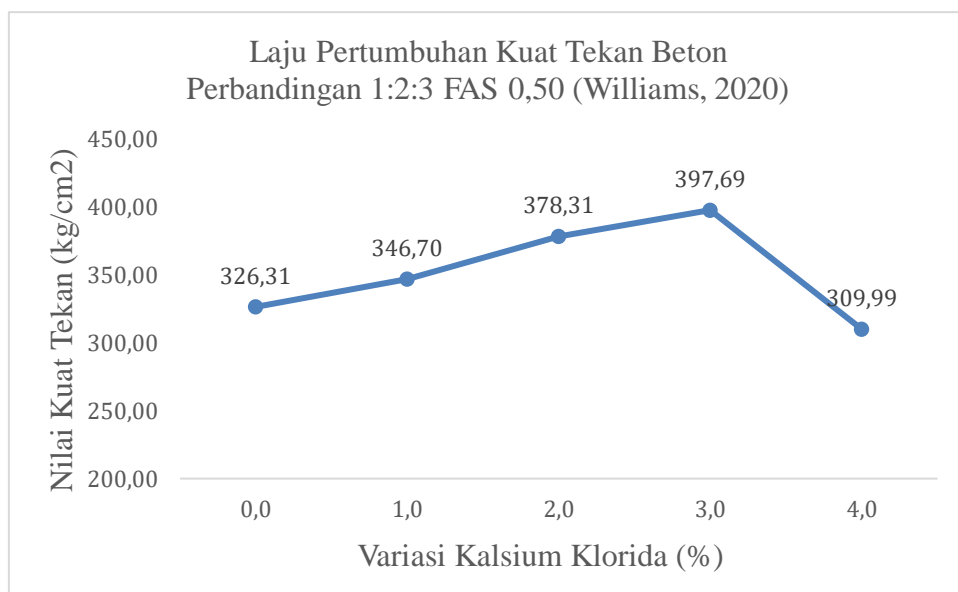
Gambar 3. Hasil Kuat Tekan Beton Sampel

Hasil pengujian pada Gambar 3, menunjukkan bahwa penggantian parsial semen dengan kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) pada berbagai presentasi berat semen yaitu 0,0%, 1,0%, 2,0%, 3,0%, dan 4,0%, menghasilkan nilai rata-rata kuat tekan beton masing-masing sebesar 236,00 kg/cm<sup>2</sup>, 274,33 kg/cm<sup>2</sup>, 256,33 kg/cm<sup>2</sup>, 232,33 kg/cm<sup>2</sup>, dan 222,33 kg/cm<sup>2</sup>. Data ini diperoleh dari pengujian benda uji beton yang menggunakan perbandingan bobot campuran semen, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (kerikil) sebesar 1:2:3 dengan faktor air semen sebesar 0,61 yang secara konsisten diterapkan pada semua variasi untuk memastikan homogenitas dan validitas hasil. Variasi kontrol (0,0%) mencerminkan kondisi standar tanpa aditif, sedangkan variasi lainnya mengintegrasikan  $\text{CaCl}_2$  sebagai pengganti sebagian semen untuk mengamati dampaknya terhadap beton. Analisis terhadap data tersebut mengungkapkan adanya pengaruh yang signifikan dari penggantian ini terhadap kinerja kuat tekan beton dengan pola yang jelas menunjukkan hubungan dosis-respon. Yang artinya peningkatan konsentrasi  $\text{CaCl}_2$  tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan kuat tekan melainkan menunjukkan titik optimal diikuti oleh penurunan yang progresif.



Gambar 4. Pertumbuhan Kuat Tekan Beton Sampel Uji

Secara spesifik pada Gambar 4, penggantian semen dengan kalsium klorida pada konsentrasi 1,0% menghasilkan peningkatan kuat tekan yang paling optimal mencapai nilai 274,33 kg/cm<sup>2</sup>, yang merupakan kenaikan sekitar 16,2% dibandingkan dengan kontrol sebesar 236,00 kg/cm<sup>2</sup>. Pada konsentrasi 1,00%, kalsium klorida berfungsi efektif dalam meningkatkan nilai kuat tekan beton namun, Ketika konsentrasi ditingkatkan menjadi 2,0% nilai kuat tekan turun menjadi 256,33 kg/cm<sup>2</sup> meskipun masih lebih tinggi daripada kontrol. Penurunan ini sekitar 6,5 % dari puncak pada konsentrasi 1,0% yang menandakan bahwa efektifitas kalsium klorida mulai menurun. Kemudian efek negatif dari kalsium klorida lebih mencolok terlihat pada konsentrasi 3,0% dan 4,0% dimana kuat tekan masing masing mencapai 232,33 kg/cm<sup>2</sup> dan 222,33 kg/cm<sup>2</sup>. Pola dosis-respon ini mengindikasikan bahwa ada ambang batas optimal untuk penggunaan CaCl<sub>2</sub>.



Gambar 5. Pertumbuhan Kuat Tekan Beton (Williams *et al*, 2020)

Pada Gambar 5 menunjukkan grafik pertumbuhan hasil pengujian kuat tekan beton yang dilakukan oleh Williams *et al* (2020). Efek variasi kalsium klorida terhadap nilai kuat tekan beton pada tanpa kalsium klorida (0,0%), kuat tekan beton tercatat sebesar 326,31 kg/cm<sup>2</sup>, dan meningkat secara progresif hingga 3,0%, dimana nilai kuat tekan berturut-turut menjadi 346,70 kg/cm<sup>2</sup> pada variasi 1,0%, 378,31 kg/cm<sup>2</sup> pada variasi 2,0% dan mencapai nilai pucak optimum pada konsentrasi 3,0% sebesar 346,69 kg/cm<sup>2</sup>. Namun, penambahan kalsium klorida sebesar 4,0% menyebabkan penurunan yang tajam hingga 309,99 kg/cm<sup>2</sup>, bahkan lebih rendah daripada beton tanpa tambahan kalsium klorida.

Dalam campuran pertama (hasil uji) dengan rasio 1:2:3 dan FAS 0,61, hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton mencapai puncak optimal pada konsentrasi penggantian CaCl<sub>2</sub> sebesar 1,0%. Sebaliknya, penelitian Williams *et al* (2020) dengan campuran 1:1,77:2,34 dan FAS 0,5 menunjukkan titik optimal pada konsentrasi CaCl<sub>2</sub> sebesar 3,0%, yang berbeda dari temuan pada campuran pertama. Perbandingan hasil antara keduanya ini mengungkapkan bahwa faktor seperti rasio agregat dan faktor air-semen mempengaruhi respon terhadap kalsium klorida terhadap variasi konsentrasi.

Hasil pengujian sampel menunjukkan bahwa penggantian parsial semen dengan kalsium klorida (CaCl<sub>2</sub>) mencapai titik optimal pada variasi konsentrasi 1,0%. Dimana hanya dengan mengganti sebagian kecil semen tersebut, beton menghasilkan kuat tekan rata rata yang signifikan sebesar 274,33 kg/cm<sup>2</sup>. Dibandingkan dengan variasi kontrol yang tidak menggunakan penggantian CaCl<sub>2</sub> sama sekali. Penggunaan CaCl<sub>2</sub> pada level rendah seperti ini memperbaiki performa mekanik beton tanpa memerlukan modifikasi besar pada komposisi campuran. Hal ini didukung oleh data empiris dimana variasi kontrol mencatat kuat tekan sebesar 236,00 kg/cm<sup>2</sup> sehingga penggantian 1,0% CaCl<sub>2</sub> memberikan keuntungan langsung dalam hal kekuatan beton.

Hal ini menunjukkan bahwa kalsium klorida (CaCl<sub>2</sub>) adalah bahan tambah peningkat kuat tekan yang baik dan efisien. Hanya dengan dosis minimal sebesar 1,0% mampu mencapai peningkatan kuat tekan yang signifikan yakni sebesar 16,24% dari nilai kontrol. Bahan ini bertindak sebagai katalis yang mempercepat reaksi hidrasi trikalsium silikat (C<sub>3</sub>S) dan dikasium silikat (C<sub>2</sub>S). Meskipun memperlambat hidrasi trikalsium aluminat (C<sub>3</sub>A) secara keseluruhan, kalsium klorida tidak mengubah proses hidrasi semen yang normal (Neville, 1994).

Efisien ini jauh melampaui alternatif lain seperti bubuk kaca (Muhedin dan Ibrahim, 2023). Dimana bubuk kaca hanya mampu menaikkan nilai kuat tekan sebesar 14,29% dari nilai kontrol dan memerlukan dosis yang lebih tinggi yaitu 5,0%. Sementara itu, abu terbang atau *fly ash* (Khankhaje *et al*, 2023), membutuhkan dosis yang jauh lebih besar (10,0%-30,0%) untuk meningkatkan kuat tekan beton. Namun dalam hal penggunaan kalsium klorida yang tertuang pada SNI 2847:2019 mengatakan bahwa kalsium klorida atau bahan tambah yang didalamnya mengandung kalsium klorida tidak boleh digunakan untuk beton prategang, beton yang melekat pada aluminium, maupun beton yang dicor terhadap bekisting dari bahan galvanis.

## Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggantian parsial semen dengan kalsium klorida (CaCl<sub>2</sub>) pada variasi 0,0% hingga 4,0% mempengaruhi kuat tekan beton campuran 1:2:3 pada umur 28 hari. Pengaruh yang diamati bersifat dosis-respon, dimana peningkatan konsentrasi CaCl<sub>2</sub> secara progresif memberikan efek optimal pada titik tertentu yang diikuti oleh penurunan. Temuan utama menunjukkan bahwa dosis CaCl<sub>2</sub> yang paling optimal adalah 1,0% dari berat

semen. Pada konsentrasi ini, kuat tekan beton mencapai puncak 274,33 kg/cm<sup>2</sup>, mempresentasikan peningkatan substansial sebesar 16,24% dibandingkan dengan sampel control (236,00 kg/cm<sup>2</sup>). Kemudian turun secara berturut-turut menjadi 256,33 kg/cm<sup>2</sup> (variasi 2,0%), 232,33 kg/cm<sup>2</sup> (variasi 3,0%), dan 222,33 kg/cm<sup>2</sup> (variasi 4,0%).

Secara implikasi praktis, penambahan CaCl<sub>2</sub> dosis 1,0% terbukti mengoptimalkan performa dan efisiensi penggunaan semen dalam campuran beton praktis. Namun, Batasan penerapan harus dipertimbangkan karena penggunaan CaCl<sub>2</sub> harus dibatasi sesuai pada SNI 2847:2019, yang melayang penggunaannya untuk beton prategang, beton yang melekat pada aluminium, atau beton yang dicor terhadap bekisting galvanis guna memitigasi risiko korosi pada baja tulangan.

### **Daftar Pustaka**

- Cluni, F., Schiantella, M., Faralli, F., & Gusella, V. (2025). Mesoscale analysis of concrete earth mixtures, from CT to random generation of RVE. *Probabilistic Engineering Mechanics*, 80, 103765.
- Hassoun, M. N., & Al-Manaseer, A. (2020). *Structural concrete theory and design* (7th ed.). Wiley.
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi beton*. Penerbit ANDI.
- Neville, A. M. (1994). *Properties of concrete* (3<sup>rd</sup> ed). Longman Scientific & Technical
- Saeed, H. H. (2023). A review study of the use of calcium chloride in concrete. *Journal of Engineering and Sustainable Development*, 27(3), 339–344.
- Saha, D., Paul, B., & Sarkar, B. (2025). Revolutionizing sustainable construction through predictive modeling of green concrete. *Developments in the Built Environment*, 23, 100740.
- Salain, I. M. A. K. (2019). Using calcium chloride as an accelerator for Portland pozzolan cement concrete compressive strength development. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 615(1), 012016.
- Sugiyono. (2023). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. ALFABETA.
- Wang, C., Chang, L., Chen, W., Zhao, Y., Qiu, F., Yuan, E., Zhang, S., & Li, X. (2025). Test and evaluation method of compressive strength of existing concrete structures. *Case Studies in Construction Materials*, 23, e05233.
- Williams, C. K., Al Hatali, E. M. A. M., & Al Ajmi, N. S. (2020). A Study on the Mechanical Properties of Concrete by Partial Replacement of Cement with Calcium Chloride. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 7(8), 160–164.
- Zulkarnain, F. (2021). *Teknologi beton*. UMSUPRESS.