

Pengaruh Penggunaan PCC (*Portland Composite Cement*) Terhadap Kuat Tekan Beton Berdasarkan SNI 7656:2012

Evince Oktarina[✉], Khoiruddin Mawar Permadi²

^{1,2} Universitas Bung Hattas

correspond_author@email

Abstract

The development of construction material technology requires the proper selection of cement types to ensure that the resulting concrete meets technical specifications. One of the most widely used cement types in Indonesia is Portland Composite Cement (PCC). However, differences in chemical composition and fineness among brands may influence the compressive strength of the resulting concrete. This study aims to analyze the effect of using three PCC brands Cement A, Cement B, and Cement C on the development of concrete compressive strength at 7, 14, and 28 days, and to determine which PCC brand produces the highest compressive strength at 28 days for a target concrete strength of $f_c' = 30$ MPa, in accordance with road concrete specifications based on SNI 7656:2012. This research was conducted using an experimental method in a laboratory, with concrete mix designs prepared according to the provisions of SNI 7656:2012. Cylindrical specimens were tested for compressive strength using a compression testing machine at each curing age. The test results showed significant variations in compressive strength among the three PCC brands. Cement A achieved the highest average compressive strength of 32.610 MPa at 28 days, followed by Cement B at 32.044 MPa, while Cement C reached only 29.524 MPa. Cement A demonstrated the most stable and consistent performance across all testing ages. It can be concluded that differences among PCC brands affect the rate of compressive strength development due to variations in mineral composition and hydration characteristics of the cement. The results of this study can serve as a reference for practitioners and construction engineers in selecting the optimal PCC brand to produce concrete that meets national technical standards.

Keywords: Concrete, Portland Composite Cement (PCC), Compressive Strength, SNI 7656:2012, Laboratory Experiment

CEC is licensed under a Creative Commons 4.0 International License.



1. Pendahuluan

Sektor konstruksi di Indonesia mengalami perkembangan yang signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Peningkatan kebutuhan terhadap infrastruktur yang andal, seperti jalan raya, jembatan, dan fasilitas publik lainnya, menuntut penggunaan material bangunan yang memiliki kekuatan struktural tinggi, ketahanan yang baik terhadap lingkungan, serta efisiensi biaya. [2]

Beton merupakan salah satu material utama yang menjadi tulang punggung pembangunan infrastruktur karena memiliki keunggulan dalam kekuatan tekan, ketahanan terhadap pengaruh lingkungan, dan fleksibilitas dalam pembentukan sesuai kebutuhan struktural. Kualitas beton sangat dipengaruhi oleh rancangan campuran yang tepat atau *Job Mix Formula (JMF)*, yang mencakup proporsi antara semen, agregat halus, agregat kasar, air, serta bahan tambahan (*admixtures*) apabila diperlukan. Standar Nasional Indonesia (SNI) 7656:2012 digunakan sebagai acuan dalam perancangan campuran beton normal untuk

menjamin mutu dan konsistensi, termasuk dalam penetapan mutu, umur pengujian, dan prosedur pelaksanaan di lapangan. [2 - 3]

Salah satu faktor penting dalam rancangan campuran beton adalah jenis semen yang digunakan. Komposisi kimia, tingkat kehalusan, serta karakteristik hidrasi dari semen dapat mempengaruhi sifat mekanik dan durabilitas beton, termasuk kuat tekan, waktu pengerasan, serta ketahanan terhadap lingkungan [2].

Semen Portland Komposit (PCC) menurut standar acuan SNI 7064:2014 adalah jenis semen hidraulis yang dihasilkan dari penggilingan bersama antara klinker semen Portland, gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), dan satu atau lebih bahan anorganik tambahan seperti Pozzolan (*fly ash*, *trass*, *silica fume*, Batu kapur (*limestone*)) yang kandungan total bahan tambahannya berada dalam rentang 6%–35% dari massa semen. Portland Composite Cement (PCC) semakin banyak digunakan sebagai alternatif *Ordinary Portland Cement (OPC)* karena proses produksinya yang lebih ramah lingkungan, dengan memanfaatkan bahan

tambahan seperti pozolan dan batu kapur yang mampu mengurangi emisi karbon. [1 - 6]

Selain itu, PCC memiliki beberapa keunggulan, antara lain ketahanan sulfat yang lebih baik, panas hidrasi yang lebih rendah, serta efisiensi dalam biaya produksi. Namun demikian, performa PCC khususnya pada kuat tekan awal masih menjadi topik diskusi di kalangan praktisi dan peneliti teknik sipil. [2]

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa PCC dapat menghasilkan kuat tekan jangka panjang yang setara atau bahkan lebih tinggi dengan panas hidrasi yang lebih rendah dibandingkan dengan *Portland Pozzolan Cement (PPC)*, terutama pada umur pengujian 14 dan 28 hari, menghasilkan beton lebih mudah dikerjakan, homogen, dan minim segregasi sangat cocok untuk pekerjaan pengecoran di lapangan lebih ringan namun tetap kuat, cocok untuk struktur menengah dan efisiensi pembebanan. [1,2,7]

Variasi komposisi mineral dan tingkat kehalusan antar merek PCC berpotensi menyebabkan perbedaan perkembangan kuat tekan beton, meskipun campuran dan kondisi perawatan dibuat sama. Hal ini menunjukkan pentingnya evaluasi kinerja berbagai merek PCC dalam kondisi laboratorium yang terstandarisasi untuk memperoleh hasil yang dapat dijadikan acuan praktis.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kuat tekan beton yang menggunakan PCC dari tiga merek berbeda Semen A, Semen B, dan Semen C yang banyak digunakan di Indonesia. Mutu rencana beton yang digunakan adalah $f_c' = 30$ MPa, sesuai dengan standar SNI 7656:2012 untuk konstruksi jalan beton. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari untuk mengetahui pengaruh merek semen terhadap perkembangan kuat tekan serta mengidentifikasi merek PCC yang menghasilkan kuat tekan tertinggi pada umur 28 hari.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi praktisi dan pelaku konstruksi dalam memilih merek PCC yang paling sesuai untuk mencapai mutu beton yang diinginkan dengan tetap mempertahankan efisiensi biaya. Selain itu, temuan penelitian ini dapat menjadi referensi empiris bagi kontraktor, konsultan, maupun pengambil kebijakan dalam menentukan jenis semen yang optimal untuk proyek konstruksi jalan beton di Indonesia.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorium yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan tiga merek *Portland Composite Cement (PCC)* Semen A, Semen B, dan Semen C terhadap kuat tekan beton pada umur 7, 14, dan 28 hari. Setiap merek PCC digunakan untuk memproduksi campuran beton dengan mutu rencana $f_c' = 30$ MPa sesuai acuan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7656:2012 tentang Tata Cara Pemilihan Campuran Beton Normal, Beton Berat, dan Beton Massa.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Material dan struktur, Program Studi Teknik Sipil. Pengujian dilakukan dengan pendekatan *comparative experimental design*, di mana variabel bebas berupa jenis/merek semen PCC, dan variabel terikat berupa kuat tekan beton. Faktor lain seperti rasio air-semen (w/c), proporsi agregat, serta metode pencampuran dijaga tetap konstan untuk menghindari pengaruh variabel luar.

2.1 Bahan Penelitian

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Semen: Tiga merek *Portland Composite Cement (PCC)* yang beredar di pasaran, yaitu Semen A, Semen B, dan Semen C.
2. Agregat halus: Pasir alami dari sungai dengan gradasi sesuai SNI 03-2834-2000.
3. Agregat kasar: Batu pecah (split) ukuran maksimum 20 mm yang telah memenuhi persyaratan gradasi dan kebersihan sesuai SNI 03-2834-2000.
4. Air: Air bersih bebas dari bahan organik dan kimia berbahaya, sesuai SNI 03-2847-2019.

2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan utama yang digunakan meliputi:

1. Timbangan digital dengan ketelitian 0,1 gram.
2. Mesin *Concrete Mixer* kapasitas 0,05 m³.
3. Cetakan silinder beton berukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.
4. Mesin uji tekan beton (*Compression Testing Machine*) berkapasitas 2000 kN.
5. Alat pengukur slump untuk uji kelecakan beton segar (*Slump Test*) sesuai SNI 1972:2008.

Peralatan lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah semua peralatan yang digunakan untuk pengujian material semen, agregat kasar dan agregat halus yang sesuai dengan SNI yang dilakukan di Laboratorium material dan struktur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Bung Hatta.

2.3 Perancangan Campuran Beton

Perancangan campuran beton dilakukan berdasarkan tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa SNI 7656:2012 dengan mutu rencana $f_c' = 30$ MPa dan *slump* target 75–100 mm. Rasio air-semen (w/c ratio) ditetapkan sebesar 0,45 berdasarkan hasil perhitungan *trial mix* yang menghasilkan kuat tekan sesuai target mutu.

Jumlah benda uji yang digunakan untuk setiap merek semen adalah lima belas (15) silinder beton, masing-masing tiga (5) benda uji untuk umur 7, 14, dan 28 hari. Untuk 3 Jenis PCC A, PCC B dan PCC C Total benda uji sebanyak 45 sampel. Setelah proses pembuatan dan pencampuran beton, benda uji dilakukan pemeriksaan karakteristik beton yang terdiri dari pemeriksaan berat

jenis beton segar, pemeriksaan nilai slump, setelah itu campuran beton dicetak dalam benda uji silinder diameter 15cm dan tinggi 30 sm. Setelah 24 jam benda uji dikeluarkan dari cetakan dan dilakukan perawatan (*curing*) dengan perendaman beton di air bersuhu $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hingga mencapai umur pengujian yang ditetapkan.

2.4 Prosedur Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14,

PCC	Komposisi	Kehalusan/ <i>blaine</i> (m^3 / /kg)	Berat Jenis (gr/cm^3)	Konsistensi (mm)	Waktu Ikat (Menit)
A	Klinker: $\pm 76-80\%$, Pozzolan / Batu kapur: $\pm 15-18\%$, Gypsum: $\pm 3-5\%$	350	3,047	11	70
B	Klinker: $\pm 74-78\%$, Pozzolan / Batu kapur: $\pm 17-20\%$, Gypsum: $\pm 3-4\%$	355	3,0	9	75
C	Klinker: $\pm 75-79\%$, Pozzolan / Batu kapur: $\pm 16-20\%$, Gypsum: $\pm 3-4\%$	340	2,9	9,2	80

dan 28 hari menggunakan mesin *Compression Testing Machine* sesuai dengan SNI 1974:2011 tentang *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder*. Nilai kuat tekan dihitung dengan rumus:

$$f_c' = P/A \quad (1)$$

di mana:

f_c' = kuat tekan beton (MPa),

P = beban maksimum yang diterima (N), dan

A= luas penampang silinder beton (mm^2).

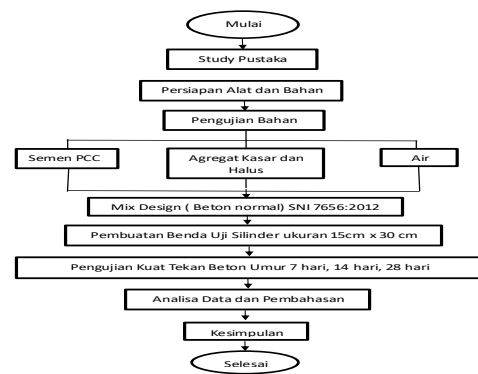
Data hasil pengujian kemudian dianalisis secara deskriptif untuk membandingkan kuat tekan rata-rata tiap merek PCC. Analisis statistik sederhana dilakukan untuk melihat perbedaan signifikan antar merek menggunakan uji perbandingan rata-rata (*mean comparison*).

2.5 Alur Penelitian

Secara umum, tahapan penelitian ini terdiri atas:

1. Studi literatur dan pengumpulan data sekunder.
2. Penyiapan bahan dan peralatan.
3. Pengujian material penyusun beton.
4. Perancangan dan pembuatan campuran beton sesuai SNI 7656:2012.
5. Perawatan benda uji (*curing*).
6. Pengujian kuat tekan pada umur 7, 14, dan 28 hari.
7. Analisis dan interpretasi hasil pengujian.

Tahapan penelitian ini dapat dilihat pada bagan alir penelitian pada gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengujian terhadap karakteristik material penyusun beton diperoleh hasil sesuai tabel berikut:

3.1 Hasil Pengujian Karakteristik Material Penyusun Beton

Pengujian karakteristik dari 3 jenis semen berbeda merek adalah seperti ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 1. Tabel Karakteristik Semen PCC

Setelah dilakukan pengujian karakteristik agregat kasar yaitu split dan agregat halus alami dapat dilihat hasil pada tabel berikut:

Tabel 2. Tabel Karakteristik Agregat

Karakteristik	Agregat Halus	Agregat Kasar
Kadar Lumpur (%)	4,90	0,5
Kadar Air %	12,78	0,84
Kadar Organik	Larutan NaOH 3% berwarna kuning jernih	-
BJ SSD (gr/lt)	2,35	2,633
Penyerapan %	12,60	2,9
Bobot Isi (Kg/m^3)	1216,895	1336,097
Modulus kehalusan	2,646	5,824
Berat jenis Kering (gr/cm^3)	2,66	2,38

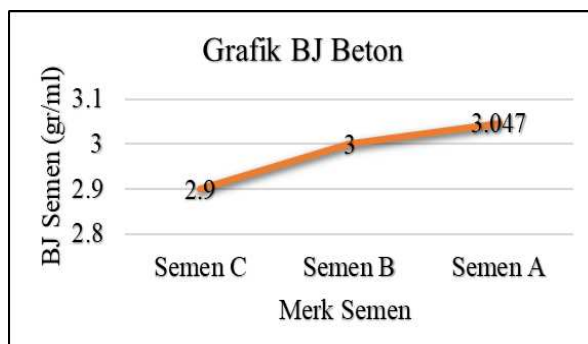
Setelah diperoleh karakteristik masing-masing material penyusun beton dilakukan perencanaan campuran beton mutu $F_c = 30$ Mpa sesuai SNI 7656:2012 sehingga diperoleh Komposisi Mix Design Beton 1 Silinder ($0,0053 \text{ m}^3$) seperti tabel berikut:

Tabel 3. Tabel Komposisi Mix Design Beton Dalam Berat (kg)

Semen	Agregat Halus	Agregat Kasar	Air
2,88	6,508	4,010	1,33

3.2 Hasil Pengujian Berat Jenis Beton Segar

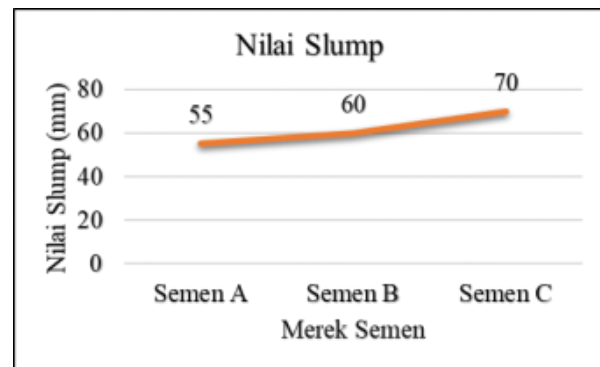
Pengujian berat jenis (BJ) beton segar bertujuan untuk mengetahui kepadatan massa campuran beton pada kondisi plastis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai BJ berkisar antara 2,9 - 3,04 g/ml, Beton dengan Semen A memiliki nilai tertinggi yaitu 3,04 g/ml, diikuti Semen B 3,00 g/ml dan Semen C 2,9 g/ml. Nilai berat jenis yang relatif tinggi menunjukkan bahwa campuran beton memiliki kepadatan baik, dengan indikasi minim rongga udara dan distribusi agregat yang homogen. Hal ini menandakan potensi tercapainya kuat tekan yang optimal sesuai mutu rencana, selama proses pencampuran dan pemadatan berlangsung baik tanpa segregasi. Hasil pengujian Berat Jenis Semen ketiga merek semen dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hasil Pengujian Berat Jenis Semen

3.3 Nilai Pengujian Nilai Slump Beton Segar

Uji slump dilakukan untuk menilai tingkat kelecakan (*workability*) adukan beton. Nilai slump yang diperoleh adalah 55 mm untuk Semen A, 60 mm untuk Semen B, dan 70 mm untuk Semen C. Seluruh nilai tersebut termasuk dalam kategori slump rendah menengah, sesuai untuk pekerjaan perkerasan jalan beton yang memerlukan stabilitas bentuk tinggi. Perbedaan nilai slump antar semen disebabkan oleh variasi karakteristik fisik dan kimia masing-masing, seperti tingkat kehalusan partikel, reaktivitas terhadap air, serta komposisi bahan tambahan (*pozzolan*) dalam semen PCC. Nilai slump yang sedikit lebih tinggi pada Semen C mengindikasikan peningkatan kebutuhan air atau pengaruh aditif *pozzolan* yang memperlambat hidrasi awal.



Gambar 2. Hubungan antara Jenis Semen terhadap Nilai Slump Beton Segar

3.3 Kuat Tekan Beton

Setelah dilakukan Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari menggunakan mesin *Compression Testing Machine* (CTM). Hasil pengujian menunjukkan bahwa Semen PCC A menghasilkan rata-rata kuat tekan 21,196 MPa pada umur 7 hari, rata-rata kuat tekan 28,697 MPa pada umur 14 hari dan nilai pada rata-rata kuat tekan umur 28 hari sebesar 32,610 MPa, melampaui standar mutu beton yang ditargetkan f_c' 30 MPa. Semen B menghasilkan rata-rata kuat tekan 20,828 MPa pada umur 7 hari menunjukkan rata-rata 28,988 MPa pada umur 14 hari dengan nilai 28 hari 32,044 MPa, juga memenuhi persyaratan standar beton struktural. Sementara itu, Semen PCC C memiliki rata-rata 19,191 MPa pada umur 7 hari memiliki rata-rata 25,981 MPa pada umur 14 hari dan nilai 28 hari 29,524 MPa, yang berada pada batas minimum mutu rencana. Hasil berikut bisa dilihat dLm bentuk tabel dan grafik sebagai berikut:

Tabel 3. Tabel Kuat Tekan Beton Dari Pertambahan Umur

Umur (Hari)	PCC A (Mpa)	PCC B (Mpa)	PCC C (Mpa)
7	21,196	20,828	19,191
14	28,697	28,988	25,981
28	32,610	32,044	29,524

Tabel 4. Tabel Peresentase Pencapaian Kuat Tekan f_c' 30 MPa

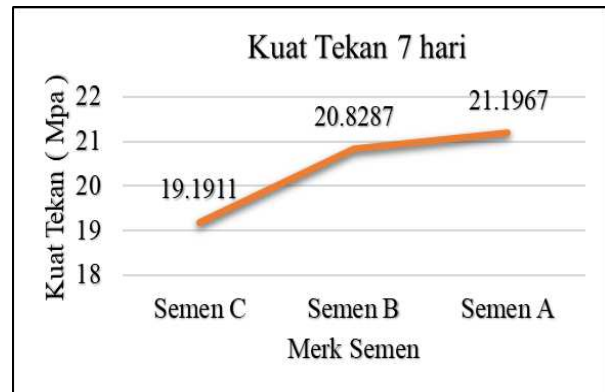
Semen PCC	f_c' 30 MPa	%	Keterangan
A	35,38	117	
B	33,26	110	Memenuhi
C	29,52	98	

Perkembangan kuat tekan beton dari umur 7 hingga 28 hari menunjukkan tren peningkatan yang konsisten pada seluruh variasi jenis semen PCC yang diuji. Secara umum, terjadi pertambahan kuat tekan seiring dengan bertambahnya umur beton, yang mengindikasikan berlangsungnya proses hidrasi semen secara berkesinambungan. Semen A memperlihatkan laju peningkatan kekuatan paling signifikan di antara ketiga merek, menandakan reaksi hidrasi yang lebih cepat dan pembentukan senyawa kalsium silikat hidrat yang lebih efisien. Hasil ini menunjukkan bahwa Semen A memiliki komposisi klinker yang lebih dominan serta tingkat kehalusan partikel yang lebih tinggi, yang memperbesar luas permukaan reaksi terhadap air.

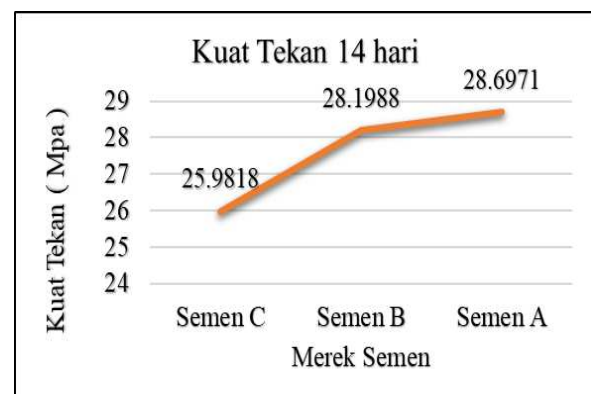
Perbedaan performa kuat tekan antar merek semen kemungkinan besar dipengaruhi oleh perbedaan proporsi klinker, kadar bahan tambahan mineral (pozzolan), serta karakteristik fisis dan kimia semen yang berpengaruh terhadap laju hidrasi. Kandungan pozzolan yang lebih tinggi cenderung memperlambat pembentukan senyawa kalsium silikat hidrat pada awal umur beton, namun berkontribusi positif terhadap peningkatan kekuatan jangka panjang melalui reaksi sekunder antara kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) dan senyawa silika aktif.

Semen B menunjukkan performa yang stabil dengan peningkatan kekuatan yang hampir sebanding dengan Semen A, meskipun sedikit lebih rendah pada setiap umur pengujian. Hal ini menandakan keseimbangan antara kehalusan partikel dan kadar pozzolan dalam komposisinya. Sementara itu, Semen C memperlihatkan laju peningkatan kekuatan yang paling rendah, mengindikasikan proses hidrasi yang berlangsung lebih lambat, kemungkinan akibat kandungan bahan tambahan yang lebih tinggi atau kehalusan partikel yang lebih rendah.

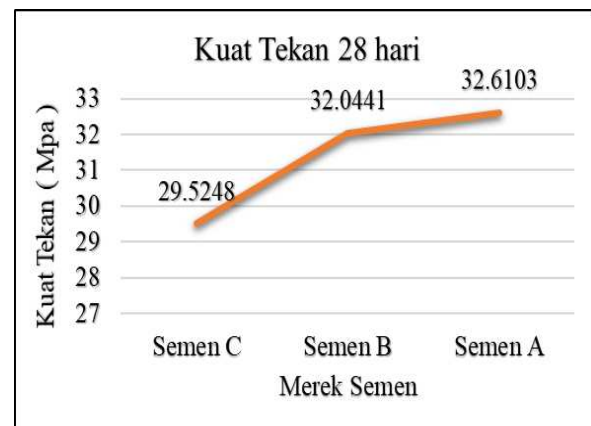
Hasil pengujian pada umur 7, 14, dan 28 hari yang disajikan pada Gambar 2 hingga Gambar 4 memperkuat temuan ini, di mana kurva kuat tekan menunjukkan kecenderungan linier dengan gradien tertinggi pada Semen A. Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa variasi komposisi mineral dan sifat fisis semen PCC memberikan pengaruh nyata terhadap laju perkembangan kekuatan beton. Dengan demikian, pemilihan jenis dan merek semen yang sesuai menjadi faktor penting dalam memastikan mutu beton sesuai spesifikasi teknis, khususnya untuk konstruksi jalan beton dengan tuntutan kekuatan struktural tinggi dan daya tahan jangka panjang.



Gambar 3. Kuat Tekan Beton pada Umur 7 Hari untuk 3 Jenis Semen



Gambar 4. Kuat Tekan Beton pada Umur 14 Hari untuk 3 Jenis Semen



Gambar 5. Kuat Tekan Beton pada Umur 28 Hari untuk 3 Jenis Semen

Berdasarkan hasil pengujian pada umur 7, 14, dan 28 hari yang disajikan pada Gambar 2 hingga Gambar 4, seluruh jenis semen menunjukkan pola peningkatan kekuatan yang hampir linier. Namun demikian, Semen A tetap menunjukkan peningkatan paling bagus, diikuti oleh Semen B dan Semen C. Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan bahwa perbedaan komposisi mineral dan sifat fisik semen berpengaruh nyata

terhadap laju perkembangan kuat tekan beton. Pemilihan jenis semen dengan kehalusan tinggi dan kandungan klinker yang optimal menjadi strategi penting untuk menghasilkan beton berkualitas tinggi yang memenuhi tuntutan kinerja struktural dan durabilitas jangka panjang pada proyek jalan beton.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian terhadap beton yang menggunakan tiga jenis semen berbeda (Semen A, Semen B, dan Semen C pada umur 7, 14, dan 28 hari, diperoleh beberapa kesimpulan penting sebagai berikut:

1. Perkembangan Kuat Tekan

Semua jenis semen menunjukkan tren peningkatan kuat tekan yang konsisten dari umur 7 hingga 28 hari. Semen A memberikan peningkatan paling signifikan dibandingkan Semen B dan C, menandakan proses hidrasi yang lebih cepat dan efisien. Hal ini diduga dipengaruhi oleh komposisi klinker yang lebih tinggi, kehalusan partikel yang baik, serta kandungan aditif mineral (*pozzolan*) yang optimal dalam mempercepat pembentukan senyawa ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) sebagai pengikat utama beton.

2. *Workability* Beton (Nilai Slump)

Nilai slump yang diperoleh masing-masing adalah Semen A = 55 mm, Semen B = 60 mm, dan Semen C = 70 mm. Nilai slump tertinggi pada Semen C menunjukkan kemudahan pengerjaan yang lebih baik, namun juga berpotensi menurunkan kepadatan beton akibat peningkatan kadar air. Semen A dengan slump 55 mm memberikan keseimbangan terbaik antara *workability* dan stabilitas campuran, sehingga cocok untuk pekerjaan yang menuntut kekuatan dan homogenitas tinggi.

3. Kepadatan Beton (Berat Jenis)

Berat jenis rata-rata yang diperoleh berturut-turut adalah Semen A = 3,047 gr/ml, Semen B = 3,0 gr/ml, dan Semen C = 2,9 gr/ml. Nilai tersebut menunjukkan bahwa Semen A menghasilkan beton paling padat dan kompak, menandakan rendahnya porositas serta ikatan antarpartikel yang lebih kuat. Kepadatan yang tinggi berkontribusi langsung terhadap peningkatan kekuatan tekan dan durabilitas beton terhadap beban mekanis maupun lingkungan eksternal.

4. Aplikasi Praktis

Kombinasi hasil uji menunjukkan bahwa Semen A memiliki performa paling unggul untuk aplikasi jalan

beton (*rigid pavement*) maupun struktur bangunan bertulang. Beton yang dihasilkan memiliki kekuatan awal tinggi, kepadatan optimal, serta ketahanan baik terhadap beban berulang dan kondisi lingkungan yang ekstrem.

Secara keseluruhan, jenis semen dengan karakteristik hidrasi cepat, tingkat kehalusan optimal, serta komposisi mineral seimbang akan menghasilkan beton berkinerja tinggi. Semen A direkomendasikan sebagai material utama untuk pekerjaan berbahan beton struktural dan perkerasan jalan karena kombinasi kekuatan, durabilitas, dan efisiensi pelaksanaan yang baik.

Daftar Rujukan

- [1] Ayu, D., Denny, M., Akbar, H., & (2024). Studi Eksperimen Kuat Tekan Beton Menggunakan Portland Composite Cement (PCC) dan Portland Pozzolan Cement (PPC) dengan Pasir Yang Ditambang Dari Sungai Wampu (Mix Design SNI 7656-2012). *Jurnal Selodang Mayang*, 676–682. <https://doi.org/10.47521/selodangmayang.v10i3.429>
- [2] Badan Standardisasi Nasional, SNI 7656:2012 – Tata Cara Pembuatan Rencana Beton Normal. Jakarta: BSN, 2012. www.bsn.go.id
- [3] BPS, Statistik Indonesia 2023. Badan Pusat Statistik, Jakarta, 2023.
- [4] Intara, I. W. (2014). “Perbedaan Umur Pencapaian Kuat Tekan Beton dari Perikat Semen OPC, PPC, dan PCC.” *Jurnal Teknik dan Bali*, 14(2), 44–52. <https://ojs.pnb.ac.id/index.php/LOGIC/article/view/283>
- [5] Jifenly, T.F., R Ellen J, Mielke R.T.A. Evaluasi Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton Dengan 3 Type Semen Yang Berbeda TEKNO – Volume 20 Nomor 80 – April 2022 [https://www.bing.com/ck/a?!&&p=8fb6f1e8f8f65b02470560333dc4347e7cdb4fc10bebb57505f59162d9199425JmltdHM9MTc2MTI2NDAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=35aabab5-02e1-6fd3-1a10-af7d031c6eeb&psq=Pengaruh+penggunaan+produk+semen+terhadap+nilai+kuat+tekan+beton+\(semen+padang+tiga+roda+holcim\)Fallih+Iqbari+jurnal+SIMTEK+2021&u=a1aHR0cHM6Ly9la m91cm5hbC51bnNyYXQuYWMuaWQvdjIvaW5kZXgucGhwL 3Rla25vL2FydGljbGUvZG93bmVvYWQvMzk4MjMvMzU4Mz c](https://www.bing.com/ck/a?!&&p=8fb6f1e8f8f65b02470560333dc4347e7cdb4fc10bebb57505f59162d9199425JmltdHM9MTc2MTI2NDAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=35aabab5-02e1-6fd3-1a10-af7d031c6eeb&psq=Pengaruh+penggunaan+produk+semen+terhadap+nilai+kuat+tekan+beton+(semen+padang+tiga+roda+holcim)Fallih+Iqbari+jurnal+SIMTEK+2021&u=a1aHR0cHM6Ly9la m91cm5hbC51bnNyYXQuYWMuaWQvdjIvaW5kZXgucGhwL 3Rla25vL2FydGljbGUvZG93bmVvYWQvMzk4MjMvMzU4Mz c)
- [6] SNI, "Semen Portland Komposit," Badan Standardisasi Nasional, 2014. *Direktorat Jenderal Bina Marga - Kementerian Pekerjaan Umum (NPP: 3273244A00000001) | Perpustakaan Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan*
- [7] Samsuardi, B. Wanapri, P (2023). Pengujian kuat tekan beton karakteristik menggunakan semen OPC Tipe I, PPC dan PCC. Medan: Indonesia. <http://dx.doi.org/10.18517/ijaseit.6.3.827>