



## Perbandingan Metode Campuran Beton menurut SNI 7656:2012 dengan Surat Edaran Menteri PUPR No. 07/SE/M/2016 dengan *Curing* Optimum

Alief Pratama<sup>a</sup>, Chatarina Niken<sup>b\*</sup>, Masdar Helmi<sup>b</sup>, Mohd. Isneini<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Mahasiswa S-1 Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

<sup>b</sup> Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

### HIGHLIGHTS

- Perbandingan metode rancang campuran beton menggunakan acuan SNI 7656:2012 dan SE Menteri PUPR No. 07/SE/M/2016.
- Beton dengan metode SNI 7656:2012 mencapai kuat tekan 28 hari sebesar 26,153 MPa, melampaui target rencana 25 MPa cocok untuk struktur yang segera dibebani penuh
- Penggunaan metode SE Men PUPR 2016 pada material uji menghasilkan kuat tekan 28 hari sebesar 22,12 MPa, dengan jumlah semen  $\pm 10\%$  lebih sedikit daripada SNI 7656:2012.
- Penggunaan metode SE Men PUPR 2016 mencapai 25Mpa pada umur 90 hari, cocok untuk struktur yang menerima beban pada umur tersebut lebih ekonomis dan ramah lingkungan

### INFO ARTIKEL

#### Kata kunci:

Beton, Kuat Tekan, Rancang Campur, SK PUPR 2016, SNI 7656:2012,.

### ABSTRAK

Surat Edaran Menteri PUPR Nomor 07/SE/M/2016 (SE) mendukung kebijakan rendah karbon. SNI 7656:2012 (SNI) masih sering dipakai. Kedua metode mengakomodasi semen OPC, PPC dan PCC. Penelitian ini bertujuan menemukan perbedaan kedua pedoman tersebut. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan target kuat tekan 25 MPa. Durasi *curing* perendaman 26 hari untuk sampel uji tekan 28 hari, dan perendaman 54 hari untuk sampel uji tekan 56 hari. Jumlah sampel setiap pengujian dari setiap metode, pada setiap umur berjumlah 3 buah, hasilnya dianalisis dengan kriteria Dixon. Hasil analisis menunjukkan metode SNI menghasilkan kadar semen 10% lebih tinggi daripada SE dengan kuat tekan rata-rata 26,15 MPa, SE mencapai kuat tekan 22,12 MPa. Target kuat tekan dengan metode SE tercapai pada umur 90 hari.

### ABSTRACT

The Circular Letter of the Minister of Public Works and Public Housing Number 07/SE/M/2016 (SE) supports low-carbon policies. SNI 7656:2012 (SNI) is still frequently used. Both methods accommodate OPC, PPC, and PCC cement. This study aims to find the differences between the two guidelines. The study was conducted experimentally with a target compressive strength of 25 MPa. The immersion curing duration was 26 days for the 28-day compression test sample, and 54 days for the 56-day compression test sample. The number of samples for each test from each method at each age was 3. The results were analyzed using the Dixon criteria. The analysis results showed that the SNI method produced a 10% higher cement content than SE, with an average compressive strength of 26.15 MPa; SE achieved a compressive strength of 22.12 MPa. The target compressive strength with the SE method was achieved at 90 days.

Diterbitkan oleh Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung

### 1. Pendahuluan

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan infrastruktur lainnya. Beton dibuat dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen, dan air, yang kemudian mengeras akibat reaksi kimia antara semen

dan air. Dalam campuran beton, dapat ditambahkan bahan aditif kimiawi maupun fisik dalam perbandingan tertentu untuk memperoleh sifat khusus [1]. Keunggulan beton sebagai material struktural terletak pada kuat tekan yang tinggi, kemudahan pembentukan, durabilitasnya yang tinggi terhadap pengaruh lingkungan dan dibuat dari bahan setempat.

\* Penulis koresponden.

Alamat E-mail: [chatarina.niken@eng.unila.ac.id](mailto:chatarina.niken@eng.unila.ac.id) (C.Niken).  
Peer review dibawah tanggung-jawab Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

Keunggulan tersebut sangat ditentukan oleh ketepatan pemilihan material penyusun, perancangan campuran (*mix design*), waktu pengecoran dan perlakuan yang dikenakan. Dalam 25 tahun terakhir, terdapat perkembangan peraturan untuk perancangan beton, yaitu SNI 03-2834-2000, SNI 7656:2012 dan Surat Edaran Menteri PUPR Nomor 07/SE/M/2016.

SNI 03-2834-2000 (Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Beton Normal): Adalah tata cara pembuatan rencana campuran beton normal, dengan rumusan kuat tekan rata-rata  $f_{cr} = f_c' + M$  dan  $f_{cr} = f_c' + 1,64s_r$ , bila jumlah sampel 15 lebih, faktor pengali standar deviasi sudah tersedia, bila kurang dari 15 sampel, kuat tekan rata-rata  $f_{cr} = f_c' + 12$  MPa [2]. Semen yang dipakai adalah semen Portland Tipe I, II, III dan V. Sampel untuk uji kuat tekan berbentuk kubus dengan sisi 15 cm dan silinder. Terdapat perkiraan kuat tekan beton umur 3, 7, 28 dan 29 hari dengan kuat tekan mencapai 60 MPa. Perbandingan berat air terhadap semen (*w/c*) berkisar 0,45-0,60. Penyusun standar ini satu orang dari Puslitbang Teknologi Permukiman.

SNI 7656:2012 (Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat, dan Beton Massa) selanjutnya disebut SNI: Adalah tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa. Bahan pengikat hidrolis yang diacu adalah Semen Portland (OPC), Semen Portland Pozzolan (PPC), Semen Portland Komposit (PCC), semen Portland Campuran [3]. Standar ini tidak mencakup penggunaan serbuk silika padat sebagai bahan penyusun. *Slump* ditentukan berdasar jenis elemen strukturnya. Jumlah air ditentukan berdasar *slump* dan ukuran agregat. Semakin besar agregat, semakin sedikit air. Rasio berat air terhadap berat semen (*w/c*) atau rasio berat air terhadap berat semen dan bahan pozzolan (*w/(c+p)*) ditentukan berdasar kuat tekan yang ditargetkan. *w/c* maximum dibedakan untuk struktur tipis dan struktur lain. Volume agregat kasar ditentukan dengan ukuran agregat dan modulus kehalusan agregat halus. Perkiraan berat beton segar dipengaruhi ukuran agregat.

Surat Edaran Menteri PUPR Nomor 07/SE/M/2016 tentang Pedoman Tata- cara penentuan campuran beton normal dengan semen OPC, PPC dan PCC selanjutnya disebut SE: adalah pedoman membuat campuran beton yang ramah lingkungan [4]. SE ini mendukung tekad Asosiasi Semen Indonesia (ASI) untuk mendukung target *net zero emission* 2060 dengan mengurangi produksi OPC secara bertahap [5]. Saat ini, 70% semen di pasar Indonesia sudah berbentuk semen ramah lingkungan. Target produksi OPC harus di bawah 10% dari total produksi semen [6]. Hal ini bertujuan mengurangi pemanasan global yang berbahaya bagi semua makhluk hidup. Jenis semen (OPC, PPC dan PCC) mempengaruhi *w/c*, agregat direncanakan berdasar agregat gabungan, *slump* ditentukan berdasar elemen konstruksi, penentuan jumlah air berdasar ukuran agregat kasar dan *slump*, bahan tambah dianggap sebagai bagian dari air pencampur.

Perbandingan campuran SNI dan SE telah dilakukan oleh Negoro, 2025. Negoro, 2025 menyatakan terdapat perbedaan dalam persyaratan kedua standar yang mempengaruhi kualitas beton normal dengan PPC

seperti ketentuan jenis semen, kadar air, dan proporsi campuran yang digunakan [7].

Perbandingan campuran SNI 7656:2012 dan SNI 03-2834-2000 telah dipelajari oleh beberapa peneliti. Pencapaian kekuatan optimum dipelajari dengan menggunakan desain campuran berdasar SNI 7656:2012 dan dibandingkan dengan SNI 03-2834-2000 [8-9]. Kebutuhan semen dengan desain SNI 03-2834-2000 lebih banyak dibanding SNI 7656:2012 [10]. Hal yang sama dinyatakan oleh Helena dkk, 2017 untuk *slump* 60-180 mm dan 75-100 mm, namun untuk nilai *slump* 30-60 mm dan 25-50 mm semen lebih banyak dengan metode SNI 7656:2012 [11]. Hasil beberapa penelitian tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Perbandingan material berdasar SNI 7656:2012 dan SNI 03-2834-2000

Material	SNI 2012 terhadap SNI 2000			
	15-20 MPa Elia et al, 2017	25 MPa Elia et al, 2017	30 MPa Helena et al, 2017	
			<i>slump</i> 30-60 mm dan 25-50 mm	<i>slump</i> 60-180 mm dan 75-100 mm
Semen	>	<	>	<
Agregat halus	<	<	<	>
Agregat kasar	>	<	>	>
Air	>	>	>	<
Kuat tekan	mencapai	mencapai	mencapai	mencapai

Perbedaan mendasar antara metode SNI dan SE terletak pada pendekatan penentuan proporsi agregat. SNI cenderung menggunakan pendekatan volume absolut dengan proporsi agregat halus dan kasar yang tetap berdasarkan nilai modulus kehalusan, sedangkan metode SE menitikberatkan pada kurva gradasi gabungan untuk mencapai kepadatan maksimum. Perbedaan ini memicu variasi pada kebutuhan kadar semen dan air, yang pada akhirnya mempengaruhi nilai kuat tekan (*compressive strength*) serta tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) beton segar.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk memberikan pandangan penggunaan yang tepat bagi kedua metode yaitu SNI 7656:2012 dan Surat Edaran Menteri PUPR NO.07/SE/M/2016 untuk semen OPC.

## 2. Material dan Metodologi

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan target kuat tekan 25 MPa menggunakan material lokal yang tersedia dengan semen OPC.

### 2.1. Material dan Alat

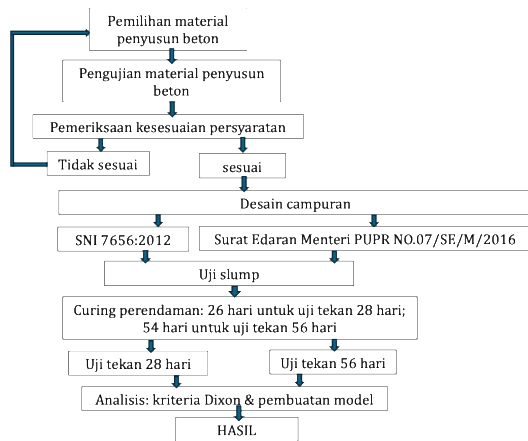
Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari semen Portland (*Ordinary Portland Cement* Tipe 1) merk Semen Padang, agregat halus (pasir alami) dari daerah Gunung Sugih, agregat kasar (batu pecah) dari Sinar Laut Lada, dan air dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Unila. Seluruh material diuji untuk memastikan kesesuaian dengan standar yang berlaku.

Material yang dipergunakan dalam keadaan bersih dan SSD (*saturated surface dry*).

Peralatan utama yang digunakan meliputi mesin uji tekan (*Compression Testing Machine*), alat uji *slump*, timbangan digital, dan alat pendukung laboratorium lainnya.

2.2. Metodologi

Tahapan utama penelitian meliputi pengujian karakteristik agregat, perancangan campuran beton (*mix design*) menggunakan dua metode yaitu SNI 7656:2012 dan Surat Edaran Menteri PUPR NO.07/SE/M/2016 untuk semen OPC, pembuatan benda uji, pengujian kuat tekan, dan analisis statistik untuk validasi data. Bagan alir penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.2.1. Benda Uji dan Pengujian

Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian dilakukan pada saat beton berumur 28 dan 56 hari. Jumlah sampel setiap pengujian dari setiap metode 3 buah. Pengujian nilai *slump* untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) dari masing-masing metode dilakukan setelah beton segar dikeluarkan dari mesin molen.

2.2.2. Teknik Analisis Data

Data hasil pengujian kuat tekan dianalisis secara komparatif untuk melihat perbedaan performa kedua metode. Untuk menjamin akurasi data, dilakukan identifikasi data pencilan (*outlier*) menggunakan kriteria Dixon berdasarkan standar ASTM E178-21 [12].

3. Hasil dan Pembahasan

*Curing* perendaman bertujuan mengoptimalkan pertumbuhan jembatan silica (CSH) yang memberikan kontribusi terbesar pada kuat tekan. Kekuatan tekan dan kekuatan tarik meningkat secara linier dan bertahap seiring dengan peningkatan periode perawatan. Selain itu, laju peningkatan kekuatan tarik lebih lambat untuk jangka pendek dibandingkan jangka panjang [13].

Durasi perendaman 26 hari untuk pengujian 28 hari dan 54 hari untuk pengujian 56 hari. Hal ini didasarkan pada pengoptimalan kuat tekan serta anggapan bahwa laju produk hidrasi tinggi telah tercapai pada 28 hari. Sedangkan 56 hari dipilih karena pada masa tersebut semua

pertumbuhan produk hidrasi telah menjadi sangat lamban bahkan stagnan [14]. Suhu air rendaman pada pagi hari adalah 27,7°C dan sore hari 29,7°C. Angka ini didapatkan setelah pengukuran dengan alat HTC-2, suhu ini dianggap stabil untuk daerah tropis seperti Indonesia.

Studi dari Okafor dan Ewa, 2016 pada beton dengan perendaman 56 hari, dan w/c 0,44-0,57 dengan analisis regresi non-linier menghasilkan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kekuatan karakteristik beton C20, C25, C30, dan C35 kurang dari 28 hari [15].

3.1. Hasil Pengujian Material Penyusun Beton

Tabel 2. Hasil pengujian material penyusun beton

No	Uji material	Hasil	Standar
1	Kadar air agregat halus	1,7%	ASTM C70-94, SNI 03-1971-1990
2	Kadar air agregat kasar	2,83%	ASTM C566-97, SNI 03-1971-1990
3	Berat jenis SSD agregat halus	2,63	ASTM C128-97, ASTM C128-01,
4	Penyerapan agregat halus	1,29%	ASTM C33-03, SNI 1970:2008
5	Berat jenis SSD agregat kasar	2,71	ASTM C 127-01, ASTM C33-03,
6	Penyerapan agregat kasar	2,26%	ASTM C136, SNI 1969:2008
7	Modulus kehalusan agregat halus	2,43	ASTM C33-03 (2,3 -3,1)
8	Modulus kehalusan agregat kasar	6,67	ASTM C33-03 (6-8)
9	Kadar lumpur agregat halus	2,01%	ASTM C117-03 (5%)
10	Keausan 100x dan 500x putaran mesin los angeles	4% dan 16,68%	STM C131-03, SNI 2417:2008 (40%)
11	Berat volume padat agregat halus	1553,75 kg/m <sup>3</sup>	ASTM C29/C29
12	Berat volume padat agregat kasar	1428 kg/m <sup>3</sup>	M-97
13	Berat jenis semen	3,15 gram/cm <sup>3</sup>	ASTM C188-95, SNI 15-2531-1991 (3,15-3,17 gram/cm <sup>3</sup> )

3.2. Perbandingan Campuran Beton

Berdasarkan hasil perancangan campuran (*mix design*) untuk target mutu beton 25 MPa, terdapat perbedaan signifikan pada komposisi material antara metode SNI dan SE yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Proporsi campuran per m<sup>3</sup>

Bahan	SNI	SE	Selisih SNI-SE
Semen OPC	434,1 kg	393,1 kg	9,4%
Agregat kasar	1027,1 kg	1136,2 kg	-10,6%
Agregat halus	687,4 kg	620,3 kg	9,7%
Air	196,4 kg	196,03 kg	0,17%
w/c	0,45	0,5	-10,2%

Perbedaan komposisi agregat pada metode SNI dan SE menunjukkan adanya perbedaan pendekatan desain campuran. Pada metode SNI, produk reaksi hidrasi menjadi andalan utama pencapaian kekuatan dengan jumlah semen 9,4% lebih tinggi. Sebaliknya, pada metode SE, proporsi agregat kasar lebih dominan, yaitu sebesar 64,69%, sedangkan dengan metode SNI sebesar 59,91%. Hal ini menunjukkan bahwa metode 2016 lebih menekankan peran agregat kasar sebagai komponen utama dalam pembentukan kekuatan beton (Tabel 3). Pemakaian agregat kasar yang banyak pada SE membuat rongga semakin banyak dan *workability* semakin rendah, hal ini diimbangi dengan w/c yang lebih tinggi dari pada w/c metode SNI (Tabel 3). Pasir berfungsi sebagai pengisi rongga, pada metode SE pasir lebih sedikit sehingga rongga yang terisi pasir lebih sedikit dibanding SNI.

Proporsi agregat halus cenderung lebih tinggi pada SNI, yaitu sebesar 40,09%, sedangkan dengan metode SE sebesar 35,31%. Hal ini mengindikasikan bahwa metode SNI lebih menitikberatkan pada peran agregat halus sebagai bahan pengisi (*filler*) dalam campuran beton. Keberadaan agregat halus yang lebih banyak berfungsi untuk mengisi rongga antar butiran agregat kasar sehingga campuran menjadi lebih rapat dan mudah dikerjakan (*workable*).

3.3. Pengujian Slump dan Kuat Tekan

3.3.1. Pengujian Slump

Kedua metode menghasilkan nilai *slump* yang berbeda. Hal ini karena tabel nilai *slump* yang digunakan berbeda. *Slump* dari SE adalah 11,5 cm dengan w/c 0,5. Hal ini membuat campuran lebih encer sehingga beresiko tidak homogen. Hal itu terlihat dari Tabel 4 dimana kuat tekan sampel ketiga dengan metode ini terpaut jauh dengan kedua sampel yang lain. *Slump* pada SNI adalah 10 cm dengan w/c 0,45. Nilai *slump* ini menunjukkan sampel tidak terlalu encer sehingga menghasilkan campuran yang lebih homogen.

Perbandingan air terhadap semen (w/c) menentukan kualitas C-S-H dan kualitas C-S-H menentukan kekuatan tekan. Bentuk *microscopis* C-S-H bergantung pada molar rasio atau Ca/Si [16]. Bila w/c diturunkan dari 0,3 ke 0,26 hanya terjadi sedikit perubahan komposisi C-S-H gel, namun bila dinaikkan menjadi 0,46 terjadi perubahan komposisi yang berarti [17]. Campuran dengan metode SE memiliki w/c 0,5, sehingga komposisi C-S-H gel mengalami perubahan yang signifikan yang membuat kuat tekan lebih rendah daripada SNI.

3.3.2. Pengujian Kuat Tekan

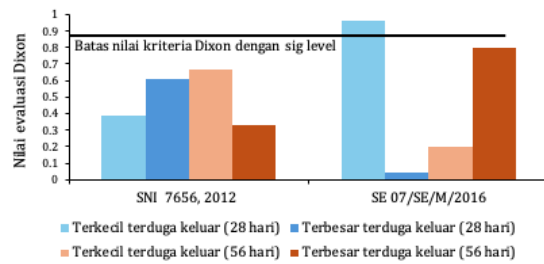
Hasil kuat tekan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Kekuatan Tekan 28 hari

Sampel	SNI 7656:2012		SE MenPUPR: 2016	
	28 hari	56 hari	28 hari	56 hari
1	26,13	27,6	22,05	23,29
2	26,32	28,25	22,19	22,79
3	26,01	26,28	18,73	25,28

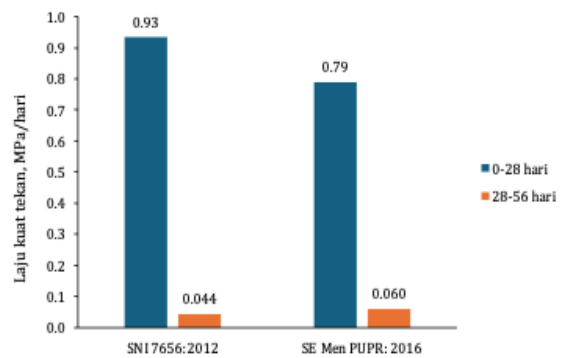
Data tersebut diolah dengan kriteria Dixon sesuai ASTM E178-21 (*Standard Practice for Dealing with Outlying*

*Observations*) dengan tingkat signifikansi 10%. Hasil pengolahan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengujian dengan kriteria Dixon untuk kuat tekan

Data yang diterima diambil rata-ratanya, dan diperoleh kuat tekan. Laju kenaikan kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Laju kuat tekan.

Laju kenaikan kuat tekan dengan metode SE kira-kira 1,5 kali lebih cepat dibanding metode SNI pada rentang umur 28-56 hari (Gambar 3). Karena jumlah agregat kasar pada SE lebih banyak, maka usaha perlekatan matrix pada agregat lebih banyak terjadi pada SE pada umur awal, hal ini dapat menjadi penyebab kekuatan pada umur 28 hari lebih rendah disamping produk hidrasi yang lebih sedikit karena semen yang 9,4% lebih sedikit.

Kuat tekan dimodelkan berdasarkan Niken C, et al, 2021 [18]. Untuk kuat tekan dengan kedua metode *mix design* diperoleh kesesuaian dengan Persamaan 1.

$$f'_c = \frac{\sigma_0}{E} (1 - e^{-kt^\alpha}) t^\beta C \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

- $f'_c$  : laju kuat tekan, MPa
- $\sigma_0$  : tegangan saat elastis, MPa
- $E$  : modulus elastisitas, MPa
- $t$  : umur beton, hari
- $e$  : bilangan natural (2,71828183)
- $k, \alpha, \beta, C$  : konstanta

Nilai konstanta disajikan pada Tabel 5.

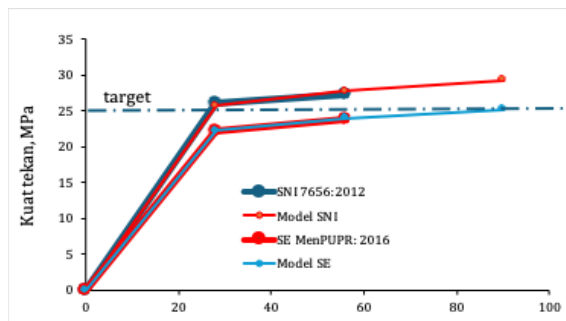
Tabel 5. Nilai konstanta

Metode	k	$\alpha$	$\beta$	C
SNI 7656:2012	7,17	-0,003	0,13	-12,4
SE MenPUPR: 2016	7,17	-0,003	0,13	-10,7

Nilai  $\frac{\sigma_0}{E}$  untuk kedua metode didekati dengan hasil bagi kuat tekan metode SNI dan modulus elastisitasnya,

hasilnya adalah 0,00111312. Hasil uji kuat tekan 28 dan 56 hari serta prediksinya untuk umur 90 hari disajikan dari kedua metode disajikan pada Gambar 4. Error dari model SNI adalah 1,6% dan 1,4% sedangkan model SE adalah 0,42% dan 0,7%; dengan demikian model ini sangat baik.

Nilai  $k$ ,  $\alpha$  dan  $\beta$  sama untuk kedua metode sedangkan nilai  $C$  metode SE lebih kecil dari pada SNI (Tabel 5). Hal ini menunjukkan reaksi hidrasi kedua metode sama namun laju kuat tekan SE lebih rendah dibanding SNI (Gambar 4).



**Gambar 4.** Pertumbuhan kuat tekan dengan metode SNI 7656: 2012 dan SE PUPR No. 07/SE/M/2016 serta prediksi kuat tekannya

Dengan jumlah semen lebih sedikit ( $\pm 9\%$ ) dari SNI, berarti pada SE terjadi penghematan biaya dan lebih ramah lingkungan, SE mampu mencapai target kuat tekan 25 MPa pada umur 90 hari. Memang lebih lambat dibanding SNI, namun metode ini cocok dipakai untuk bangunan yang dibebani penuh pada umur 90 hari. Sedang untuk bangunan yang segera dibebani, metode ini kurang sesuai.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan mengenai perbandingan metode perancangan campuran beton menggunakan SNI 7656:2012 (Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat, dan Beton Massa) dan SE Menteri PUPR No. 07/SE/M/2016 (SE MenPUPR), maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Proporsi campuran: Metode SNI 7656:2012 menghasilkan kebutuhan kadar semen yang lebih tinggi  $\pm 9,4\%$  ( $434,10 \text{ kg/m}^3$ ) dibandingkan metode SE MenPUPR 2016 ( $393,02 \text{ kg/m}^3$ ).
2. Kuat tekan beton rata-rata yang dirancang dengan metode SNI 7656:2012 umur 28 hari mencapai 26,153 MPa, sehingga memenuhi target mutu rencana 25 MPa; sesuai untuk struktur yang segera dibebani.
3. Kuat tekan dengan metode SE PUPR 2016 menghasilkan kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari sebesar 22,120 MPa namun dapat mencapai target 25 MPa pada umur 90 hari, sehingga cocok untuk struktur yang dibebani penuh pada umur 90 hari atau lebih.
4. Kelecekan untuk metode SE PUPR 2016 lebih tinggi dibanding SNI 7656:2012.

#### Daftar Pustaka

- [1] Septiani V., Suryan V., Amalia D.: Faktor-faktor yang memengaruhi campuran beton: Rancangan beton,

- [2] BSN: SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal, 2000, <https://repository.unikom.ac.id/64987/1/sni-03-2834-2000.pdf>, 27.04.2026
- [3] BSN: SNI 7656:2012: Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat, dan beton massa. Badan Standar Nasional, Jakarta, 2012.
- [4] Kementerian PUPR: Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 07/SE/M/2016 tentang Pedoman Tata Cara Penentuan Campuran Beton Normal dengan Semen Portland yang Menggunakan Abu Terbang. Kementerian PUPR, Jakarta, 2016.
- [5] Ircham M.: Ministry of PUPR Encourages the Use of Environmentally Friendly Cement Materials, 2023, <https://asi.or.id/id/cdkementerian-pupr-dorong-penggunaan-material-semen-ramah-lingkungan/>, 27.04.2026
- [6] Arief A.M.: Produksi Semen OPC Bakal Dikurangi, 2019, <https://ekonomi.bisnis.com/read/20190730/257/1130304/produksi-semen-opc-bakal-dikurangi>, 27.04.2026
- [7] Negoro S., Mangku S.A.: Perbandingan Beton Normal menggunakan Semen Portland Pozzolan Cement (PPC) berdasarkan Ketentuan SNI 7656:2012 dan Surat Edaran Menteri PUPR NO.07/SE/M/2016. Skripsi, Universitas Wiraraja, Sumenep, 2025.
- [8] Foulhudan J., Nurtanto D., Krisnamurti.: Perbandingan Mix Design SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656: 2012 ditinjau dari Proses Pengecoran Beton Normal. Jurnal Riset Rekayasa Sipil Universitas Sebelas Maret, 5, 2, 2022.
- [9] Alkhaly Y.R.: Perbandingan Rancangan Campuran Beton Berdasarkan SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656:2012 pada Mutu Beton 20 MPa. Teras Jurnal, 6, 1, 2016.
- [10] Hunggurami E., Bolla M.E., Messakh P.: Perbandingan Desain Campuran Beton Normal menggunakan SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656: 2012. Jurnal Teknik Sipil, VI, 2, 2017.
- [11] Kuntari H.D., Lingga A.A., Supriyadi A.: Analisis Perbandingan Desain Campuran Beton Normal menggunakan SNI 03-2834-2000 dan SNI 7656: 2012 dengan Kuat Tekan 30 MPa. Universitas Tanjung Pura, Pontianak, 2017.
- [12] ASTM International: ASTM E178-21: Standard Practice for Dealing with Outlying Observations. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2021.
- [13] Rahman M.A., Rasid M.A., Khatun R.: Effect of Curing Period on the Properties of Concrete. IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN), 13, 8, 2023, 52-57.
- [14] Kurtis.: Portland cement hydration. School of civil engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia, 2015.
- [15] Okafor F.O., Ewa D.E.: Estimating Formwork Striking Time for Concrete Mixes. Building, Civil & Geotechnical Engineering, 35, 1, 2016, DOI:10.4314/njt.351.1040
- [16] Thomas J., Jennings H.: The science of concrete. American Concrete Association, Center for Advanced Concrete Based Materials Research, 2008.
- [17] Termkhajornkit P., Nawa T.: A Study of composition of C-S-H gel in cement paste. Recent Development of Concrete Technology and Structure, 2nd ACF International Conference, November, 2006.

- [18] Niken C., Tjahjono E., Supartono F. X.: Rheological model of concrete shrinkage. *International Journal of Technology*, 12, 1, 2021, 217-227, DOI:10.14716/ijtech.v12i1.2818