

# HUBUNGAN ANTARA KUAT TEKAN DENGAN *MODULUS ELASTISITAS* TERHADAP USIA BETON UNTUK BERBAGAI VARIASI KADAR *SUPERPLASTICIZER*

Leonova<sup>1</sup>, Elvira<sup>2</sup>, Eka Priadi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>) Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura Pontianak

<sup>2,3</sup>) Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura Pontianak

Email: Leonovaleo6364@gmail.com

## ABSTRAK

Berbagai literatur yang kita jumpai memuat hubungan antara kuat tekan beton dengan modulus elastisitas. Namun hubungan antara kedua tersebut untuk usia beton 28 hari atau lebih. Kenyataan di lapangan sering kali mengharuskan beton terutama beton mutu tinggi sudah harus dibebani sebelum usia 28 hari bahkan pada sebagian kasus usia beton yang sangat muda yaitu pada usia 2 atau 3 hari, misalnya pada pekerjaan sambungan basah (*wet joint*) segmental *box girder*. Untuk itu perlu diketahui hubungan antara kuat tekan beton dengan modulus elastisitas pada usia beton yang kurang dari 28 hari. Untuk itu penelitian ini mencoba menggali perkembangan peningkatan modulus elastisitas tersebut terhadap usia beton. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang menggunakan benda uji berupa silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Variasi kuat tekan dicoba didekati dengan variasi penggunaan *Superplasticizer*. Hasil pengujian Kuat tekan beton menunjukkan bahwa variasi penggunaan *Superplasticizer* dengan kadar 0,60 %, 0,80 % dan 1,00 % terhadap berat semen tidak secara signifikan mempengaruhi kuat tekan beton. Hal ini terjadi karena variasi penggunaan *superplasticizer* yang digunakan tidak jauh berbeda. Fenomena yang sama terjadi pada pengujian modulus elastisitas. Variasi kadar *superplasticizer* yang digunakan tidak banyak mempengaruhi modulus elastisitas. Pada penelitian ini juga didapatkan bahwa modulus elastisitas beton meningkat sejalan dengan peningkatan usia beton. Modulus elastisitas beton pada usia 1, 3, 14 hari sekitar 60%, 75% dan 93% dari modulus elastisitas beton pada usia 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa modulus elastisitas beton diusia muda (1 dan 3 hari) cukup besar. Peningkatan nilai modulus elastisitas berbanding lurus dengan peningkatan kuat tekan beton.

**Kata Kunci:** kuat tekan beton, modulus elastisitas, beton usia muda, *superplasticizer*.

## ABSTRACT

Various literatures that we have encountered contain the relationship between the compressive strength of concrete and the modulus of elasticity. However, the relationship between the two is for concrete age of 28 days or more. The reality in the field often requires that concrete, especially high-strength concrete, must be loaded before the age of 28 days, even in some cases the age of the concrete is very young, namely at the age of 2 or 3 days, for example in segmental *box girder wet joints*. It is necessary to know the relationship between the compressive strength of concrete and the modulus of elasticity at the age of the concrete which is less than 28 days. For this reason, this study tries to explore the development of the increase in the modulus of elasticity with respect to the age of the concrete. This study uses an experimental method that uses the test object in the form of a cylinder with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm. Variations in compressive strength tried to be approached with variations in the use of *Superplasticizer*. The results of the compressive strength test of concrete showed that variations in the use of *Superplasticizer* with levels of 0.60%, 0.80% and 1.00% by weight of cement did not significantly affect the compressive strength of concrete. This happens because the variations in the use of the *superplasticizer* used are not much different. The same phenomenon occurs in the elastic modulus test. Variations in the levels of *superplasticizer* used did not significantly affect the modulus of elasticity. In this study also found that the modulus of elasticity of concrete increases with the increase in the age of the concrete. The modulus of elasticity of concrete at the age of 1, 3, 14 days is about 60%, 75% and 93% of the modulus of elasticity of concrete at the age of 28 days. This shows that the modulus of elasticity of the concrete at a young age (1 and 3 days) is quite large. The increase in the modulus of elasticity is directly proportional to the increase in the compressive strength of the concrete.

**Keywords:** compressive strength of concrete, modulus of elasticity, young concrete, *superplasticizer* and fly ash.

## I. PENDAHULUAN

### Latar belakang

Pemahaman tentang peningkatan *modulus elastisitas* terhadap usia beton sangat penting untuk memahami perilaku dari elemen struktur pada usia tertentu, terutama di usia muda. Pemahaman hubungan antara modulus elastisitas dan kuat tekan beton ini sudah banyak diteliti. Namun banyak penelitian dilakukan untuk beton yang berumur 28 hari atau lebih. Kenyataan di lapangan sering kali mengharuskan beton terutama beton mutu tinggi sudah harus dibebani sebelum usia 28 hari bahkan pada sebagian kasus usia beton yang sangat muda yaitu pada usia 2 atau 3 hari, misalnya pada pekerjaan sambungan basah (*wet joint*) segmental *box girder*. Untuk itu perlu diketahui hubungan antara kuat tekan beton dengan *modulus elastisitas* pada usia beton yang kurang dari 28 hari. Penelitian ini mencoba menggali perkembangan peningkatan *modulus elastisitas* tersebut terhadap usia beton. Selain itu penelitian ini juga mencoba mencari hubungan antara kuat tekan beton dan *modulus elastisitas* tersebut.

### Permasalahan

Permasalahan yang akan menjadi fokus pembahasan adalah :

1. Hubungan antar kuat beton dengan elastisitas untuk usia beton muda.
2. Hubungan antara usia beton dengan modulus elastisitas untuk berbagai variasi superplasticizer.
3. Pengaruh penggunaan superplasticizer terhadap hubungan antar usia beton dengan modulus elastisitas beton.

### Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah mencari hubungan antara usia beton dengan perkembangan modulus elastisitas. Selain itu penelitian ini juga mencoba mencari hubungan antara modulus elastisitas dengan kuat tekan beton terhadap variasi usia beton dan juga penggunaan superplasticizer.

### Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi pelaksanaan konstruksi yang mengharuskan pembebanan konstruksi di usia muda.

## II. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Campuran Beton.

Campuran beton yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Semen = 480 Kg
2. Fly Ash = 111 Kg
3. Agregat kasar = 946 Kg
4. Agregat halus = 707 Kg
5. Air = 155 Liter
6. Superplasticizer = 0,6 %; 0,8 % dan 1 %.

Fly ash yang digunakan berasal dari PLTU Paiton Jawa Timur. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Simpang Ampar, Kalimantan Barat. Agregat halus yang digunakan berasal dari Sungai Kapuas, Kalimantan Barat.

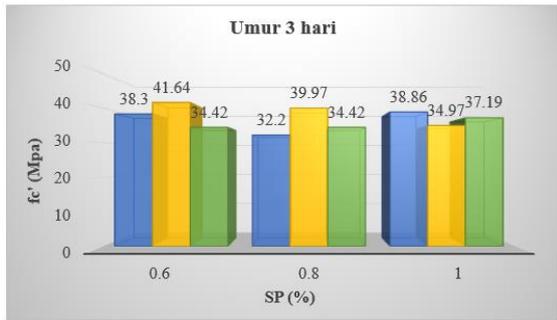
### Hasil pengujian

#### 1. Pengujian Kuat Tekan

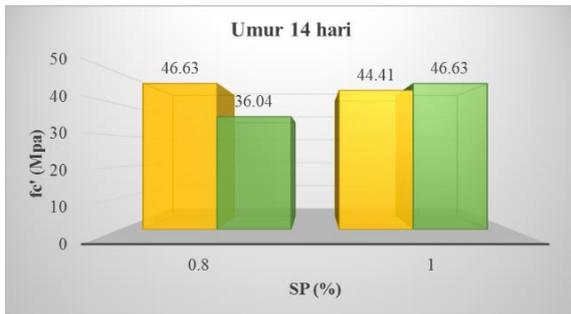
Hasil pengujian kuat tekan beton untuk berbagai variasi aditif sebagaimana terlihat pada Tabel 1. Tabel 1 menyajikan hasil pengujian kuat tekan dengan berbagai variasi superplasticizer. Variasi superplasticizer yang digunakan 0,6%, 0,8% dan 1,0% dari berat semen. Hasil pengujian menunjukkan variasi kadar superplasticizer yang digunakan tidak banyak berpengaruh terhadap variasi kuat tekan beton. Hal ini bisa jadi karena perbedaan kadar superplasticizer yang digunakan tidak terlalu besar. Tidak banyaknya perbedaan kuat tekan akibat variasi penggunaan superplasticizer ini diperjelas dalam Gambar 1-3.

Tabel 1. Pengujian Kuat Tekan terhadap variasi SP

No	Benda Uji	Umur Beton (hari)	SP : 0,6 %			SP : 0,8 %			SP : 1,0 %		
			Kuat Tekan, $f_c$ (MPa)	Benda Uji	Umur Beton (hari)	Kuat Tekan, $f_c$ (MPa)	Benda Uji	Umur Beton (hari)	Kuat Tekan, $f_c$ (MPa)	Benda Uji	Umur Beton (hari)
1	A1	3	39,07	B1	1	18,12	C3	1	16,99		
2	A2	3	42,46	B2	1	18,12	C6	1	15,85		
3	A3	3	35,10	B10	1	24,91	C7	1	18,68		
4	A4	3	35,10	B3	3	32,84	C1	3	39,63		
5	A5	3	43,03	B4	3	33,97	C5	3	35,67		
6	A6	3	35,10	B5	3	36,80	C10	3	35,73		
7	A7	3	36,80	B6	14	36,97	C2	14	35,73		
8	A8	3	45,29	B7	14	36,97	C9	14	36,80		
9	A9	3	36,80	B8	28	63,41	C4	28	59,45		
10	A10	3	36,80	B9	28	53,79	C8	28	63,98		



**Gambar 1.** Perbandingan Kuat Tekan Beton Umur 3 Hari



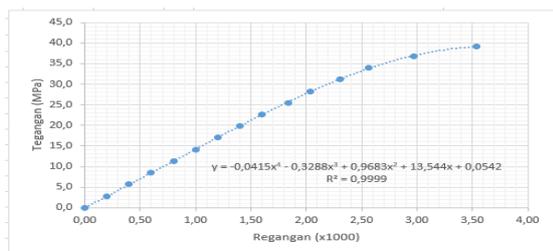
**Gambar 2.** Perbandingan Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari



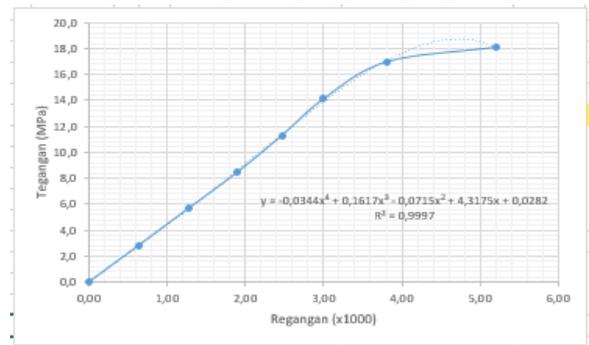
**Gambar 3.** Perbandingan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari.

## 2. Hubungan Tegangan-Regangan

Hasil pengujian hubungan tegangan-regangan beton untuk berbagai variasi aditif adalah sebagaimana terlihat seperti berikut ini :

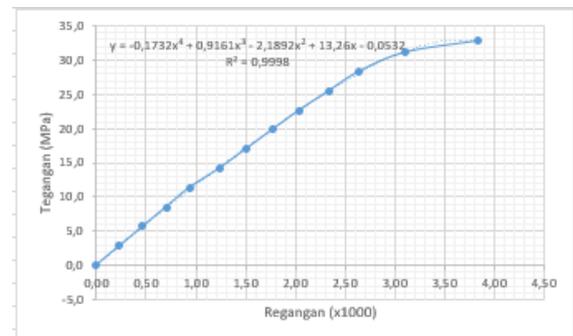


**Gambar 4.** Hubungan Tegangan-Regangan Benda

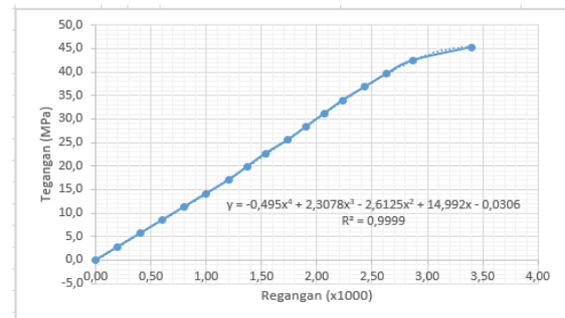


Uji A1, SP = 0,6%, Usia 1 Hari.

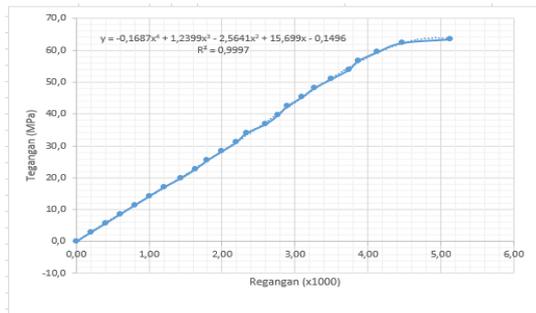
**Gambar 5.** Hubungan Tegangan-Regangan Benda Uji B1, SP = 0,8%, umur 1 hari.



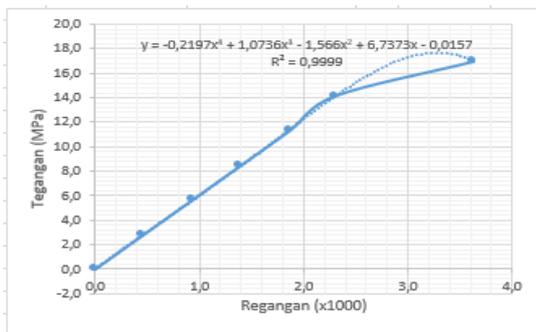
**Gambar 6.** Hubungan Tegangan-Regangan Benda Uji B3, SP = 0,8%, umur 3 hari



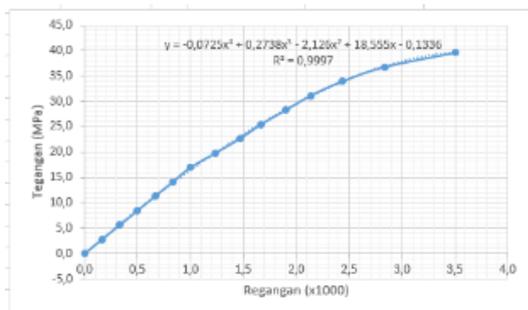
**Gambar 7.** Hubungan Tegangan-Regangan Benda Uji B6, SP = 0,8%, umur 14 hari



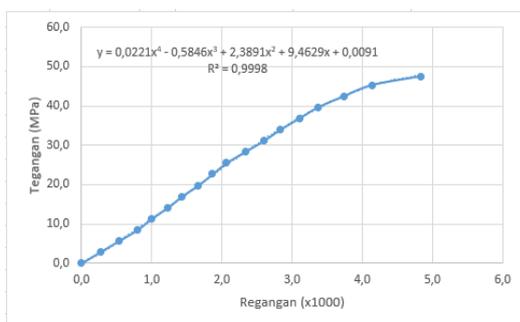
**Gambar 8.** Hubungan Tegangan-Regangan Benda Uji B8, SP=0,8%, umur 28 hari



**Gambar 9.** Hubungan Tegangan-Regangan Benda Uji C3, SP = 1,0%, usia 1 hari



**Gambar 10.** Hubungan Tegangan-Regangan Benda Uji C1, SP=1,0%, umur 3 hari.



**Gambar 11.** Hubungan Tegangan-Regangan Benda Uji C2, SP=1,0%, umur 28 hari

Dari Gambar 4 sd 11 terlihat bahwa hubungan tegangan-regangan beton untuk berbagai usia dan variasi kadar superplasticizer sangat mirip. Hanya sedikit terlihat indikasi bahwa hubungan tegangan-regangan untuk beton yang lebih muda lebih getas. Hal ini terlihat dari bagian tegangan yang melandah hanya sedikit saja pada Benton yang usianya lebih muda. Namun regangan runtuh yang terjadi tidak jauh beda antara beton usia muda dengan beton usia tua.

### 3. Hubungan Modulus Elastisitas dan kuat tekan beton

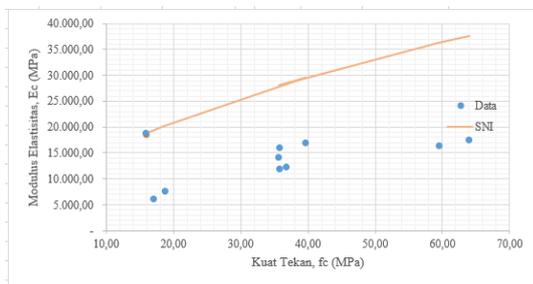
Berdasarkan kurva hubungan tegangan-regangan di atas, dapat ditentukan modulus elastisitas beton. Modulus elastisitas beton didapat dengan konsep sekan medulus untuk 0,4f<sub>c</sub>. Hubungan antara kuat tekan beton dan modulus elastisitas dapat dilihat pada Tabel 2, sedangkan hubungan antara modulus elastisitas dengan kuat tekan beton berdasarkan SNI 2847-2019 dapat dilihat pada Tabel 3. Perbandingan antara hubungan modulus elastisitas dan kuat tekan beton yang didapat dari hasil penelitian dengan yang ditentukan berdarakan SNI 2847-2019 dapat dilihat pada Gambar 12. Dari Gambar 12 terlihat bahwa modulus elastisitas yang didapat dari hasil penelitian untuk berbagai kuat tekan beton berada di bawah modulus elastisitas yang ditentukan berdasarakan SNI 2847-2019.

**Tabel 2.** Hubungan Kuat Tekan Beton dan Modulus Elastisitas.

No	Benda Uji	Umur Beton (hari)	ε <sub>2</sub> (x1000)	E(MPa)
1	C3	1	1,13	6.033,80
2	C6	1	0,34	18.816,37
3	C7	1	0,99	7.579,57
4	C1	3	0,94	16.882,64
5	C5	3	1,00	14.210,67
6	C10	3	0,95	16.039,52
7	C2	14	1,60	11.882,17
8	C9	14	1,19	12.359,74
9	C4	28	1,45	16.433,44
10	C8	28	1,46	17.576,20

**Tabel 3.** Hubungan antara Modulus Elastisitas dan Kuat Tekan Beton Berdasarkan SNI-2847-2019

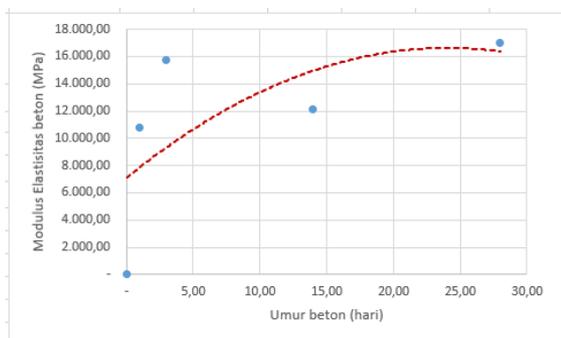
No	Kuat Tekan, $f_c$ (MPa)	Modulus Elastisitas, $E_c$ (MPa)	
		Data	SNI
1	16,99	6.033,80	19.370,12
2	15,85	18.816,37	18.713,32
3	18,68	7.579,57	20.315,56
4	39,63	16.882,64	29.588,35
5	35,67	14.210,67	28.069,98
6	35,73	16.039,52	28.092,25
7	35,73	11.882,17	28.092,25
8	36,80	12.359,74	28.512,05
9	59,45	16.433,44	36.238,18
10	63,98	17.576,20	37.593,35



**Gambar 12.** Hubungan Modulus Elastisitas dan Kuat Tekan Beton

#### 4. Hubungan Modulus Elastisitas dan Umur Beton untuk SP = 1,0%

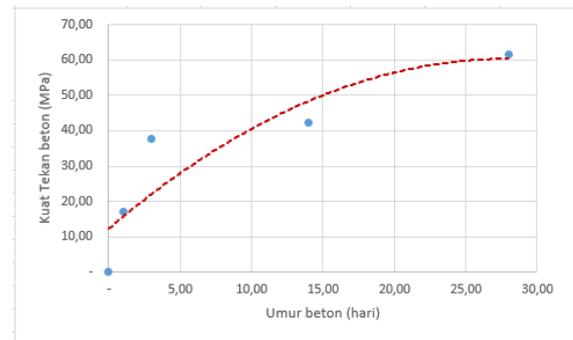
Hubungan antara modulus elastisitas beton dan umur beton dapat dilihat pada Gambar 13. Data peningkatan kuat tekan beton terhadap umur beton dapat dilihat pada Tabel 4. Hubungan antara kuat tekan beton dan umur beton dapat dilihat pada Gambar 14. Dari Gambar 13 dan 14 dapat disimpulkan bahwa peningkatan nilai modulus elastisitas beton terhadap umur sangat mirip dengan peningkatan kuat tekan beton terhadap umur.



**Gambar 13.** Hubungan Antara Modulus Elastisitas dan umur beton.

**Tabel 4.** Kuat Tekan Beton beton pada umur 1, 3, 14 dan 28 hari

Kuat tekan pada umur 1, 3, 14 dan 28 hari									
SP : 1,0 %									
No	Benda Uji	Umur Beton (hari)	Kuat Tekan, $f_c$ (MPa)	$\sigma_2$	$\epsilon_2(\times 1000)$	E(MPa)	Umur Beton (hari)	Kuat Tekan, $f_c$ (MPa) rerata	Perbandingan terhadap Umur 28 hari (%)
1	C3	1	16,99	6,79	1,13	6.033,80	-	-	-
2	C6	1	15,85	6,34	0,34	18.816,37	1	17,17	27,83
3	C7	1	18,68	7,47	0,99	7.579,57	-	-	-
4	C1	3	39,63	15,85	0,94	16.882,64	3	37,74	61,16
5	C5	3	35,67	14,27	1,00	14.210,67	-	-	-
6	C10	3	37,93	15,17	0,95	16.039,52	-	-	-
7	C2	14	47,56	19,02	1,60	11.882,17	14	42,18	68,35
8	C9	14	36,80	14,72	1,19	12.359,74	-	-	-
9	C4	28	59,45	23,78	1,45	16.433,44	28	61,71	-
10	C8	28	63,98	25,59	1,46	17.576,20	-	-	-



**Gambar 14.** Hubungan Antara Kuat Tekan Beton dengan umur beton.

## KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Untuk variasi superplasticizer yang kecil pengaruhnya terhadap peningkatan kuat tekan dan peningkatan modulus elastisitas tidak signifikan.
2. Bentuk grafik hubungan tegangan-regangan untuk beton muda mirip dengan grafik hubungan tegangan-regangan untuk beton usia 28 hari. Hanya saja beton usia muda terlihat sedikit lebih getas, yang ditandai dengan pendeknya kurva melandai.
3. Peningkatan nilai modulus elastisitas terhadap umur beton mirip dengan peningkatan kuat tekan terhadap umur beton.
4. Modulus elastisitas yang didapat pada penelitian ini lebih kecil dari modulus elastisitas yang didapat dengan menggunakan rumus yang direkomendasikan oleh SNI 2847-2019. Namun gap tersebut semakin mengecil bila usia beton semakin meningkat.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Bapak Ir. Elvira, M.T., Ph.D., A-Utama dan Bapak Dr. Ing. Ir. Eka Priadi, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan, arahan dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Serta kepada Bapak Dr.rer.nat. Ir. R. M. Rustamaji, M.T., IPU selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan bagi penulis demi kesempurnaan penulisan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2000, *Tata cara perencanaan campuran tinggi dengan semen Portland dan Abu Terbang*, SNI 03-6468-2000, Badan Standar Nasional Jakarta, Indonesia
- Anonymous, 2002, *Berat satuan*, SNI 03-2847-2002, Badan Standar Nasional Jakarta, Indonesia
- Anonymous, 2008, *Keausan Agregat dengan mesin Los Angeles*, SNI 2417 : 2008, Badan Standar Nasional Jakarta, Indonesia
- Anonymous, 2008, *Kekekalan bentuk Agregat terhadap larutan Natrium Sulfat atau Magnesium Sulfat*, SNI 3407 : 2008, Badan Standar Nasional Jakarta, Indonesia
- Anonymous, 1996, *Gumpalan lempung dan partikel yang mudah pecah*, SNI 03-4141-1996, Badan Standar Nasional Jakarta, Indonesia
- Anonymous, 2014, *Kotoran organik*, SNI 2816 :2014, Badan Standar Nasional Jakarta, Indonesia
- Anonymous, 1991, *Spesifikasi bahan tambahan beton*, SNI 03-2495-1991, Badan Standar Nasional Jakarta, Indonesia
- Anonymous, 2019, *Persyaratan beton structural untuk bangunan Gedung dan pejelasan*, SNI 2847:2019, Badan Standar Nasional Jakarta, Indonesia
- ACI 318-19, *Buiding code requirements for structural concrete*
- ASTM C-33, *Agrgat kasar dan agregat halus*
- ASTM C494-82, *Tujuh jenis bahan tambah*
- Tjokrodimulyo, K, 2007, *Teknologi beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada
- Tjokrodimulyo, K, 2007, *Penggunaan air pada beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada
- Irawan R.R. *Beton Kinerja Tinggi, Teknologi dan Aplikasi di Indonesia*