



Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA)

Homepage: sinta.eng.unila.ac.id



Usaha Mempercepat Penyelesaian Proses Hidrasi dengan *Steam Curing* pada Beton Agregat Kasar Batu Putih

L. Irianti, M. Helmi, Suyadi, Y. Romdania, dan W. Yosep

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima 12/11/2025

Direvisi 13/12/2025

Kata kunci:

Steam curing

Batu putih

Kuat tekan awal

ABSTRAK

Kebutuhan agregat konstruksi yang terus meningkat mendorong pemanfaatan material alternatif seperti batu putih yang tersedia melimpah dan memiliki karakteristik fisik serta kimia yang mendukung penggunaannya sebagai agregat beton. Dalam industri beton pracetak, percepatan perkembangan kekuatan awal menjadi aspek penting untuk meningkatkan efisiensi produksi, sehingga diperlukan metode perawatan yang mampu mempercepat hidrasi semen, salah satunya steam curing. Steam curing merupakan proses perawatan beton menggunakan uap panas untuk mempercepat reaksi hidrasi sehingga beton dapat mencapai kekuatan awal lebih cepat dibanding metode konvensional. Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi durasi steam curing terhadap kuat tekan beton beragregat kasar batu putih pada umur 1, 2, dan 3 hari dengan perlakuan uap panas bersuhu 90°C selama 2, 4, dan 6 jam. Beton tanpa steam menghasilkan kuat tekan 4,31–7,65 MPa, sementara perlakuan steam 2 jam memberikan 5,23–7,68 MPa, durasi 4 jam menghasilkan 5,84–7,79 MPa, dan durasi 6 jam memberikan nilai tertinggi 7,74–8,12 MPa. Konversi kuat tekan ke umur 28 hari berada pada rentang 19,13–20,30 MPa, menunjukkan bahwa steam curing mempercepat perkembangan kekuatan awal tanpa menurunkan mutu jangka panjang

1. Pendahuluan

Beton merupakan campuran semen *portland*, agregat halus, agregat kasar, air, dan bahan tambahan yang membentuk massa padat, di mana agregat menempati sekitar 70% volume beton. Agregat berfungsi sebagai bahan pengisi dan sangat mempengaruhi sifat-sifat beton seperti kekuatan, keawetan, kelekatan, dan kemampuan pengerjaan (*workability*). Pemilihan agregat yang tepat menjadi aspek krusial dalam pembuatan beton, terutama dengan meningkatnya kebutuhan material untuk proyek sipil di kota-kota besar Indonesia. Keterbatasan cadangan agregat tradisional mendorong pencarian alternatif yang murah dan tersedia, seperti batu putih. Batu putih memiliki karakteristik warna terang, struktur berpori, berat jenis ringan, serta kandungan unsur kimia seperti CaO, MgO, Na₂O, SiO₂, dan Al₂O₃ yang mendukung penggunaannya sebagai material bangunan. Dengan nilai keausan 25,73%, batu putih memenuhi syarat

untuk agregat beton mutu minimal K-225 MPa (Tjokrodilmojo, 1996; Irianti, 2000).

Untuk produksi beton pracetak, percepatan kekuatan awal beton sangat penting agar siklus produksi lebih efisien. Metode curing yang sesuai dengan kondisi lingkungan dan spesifikasi proyek memastikan beton mencapai kekuatan dan ketahanan maksimal. Steam curing, yang menggunakan uap panas untuk mempercepat hidrasi semen, merupakan solusi efektif untuk mempercepat pengerasan beton dibandingkan metode curing konvensional. Proses ini melibatkan pemanasan beton pada suhu dan tekanan tertentu, sehingga kekuatan beton tercapai lebih cepat.

Penelitian ini meneliti penerapan steam curing pada beton dengan agregat kasar batu putih. Pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji berumur 10 jam, 1 hari, 2 hari, dan 3 hari, dengan lama penguapan 2 jam, 4 jam, dan 6 jam pada suhu 90°C. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh steam curing terhadap kuat tekan beton agregat batu putih serta laju pengerasannya.

2. Metodologi

2.1. Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Oven: Digunakan untuk mengeringkan bahan, dengan suhu maksimum 110°C dan daya 2800 Watt.
- b) Satu set saringan: Berbagai ukuran (37,5 mm hingga 0,02 mm dan pan) untuk pemisahan agregat halus dan kasar berdasarkan gradasi.
- c) Timbangan digital: Kapasitas 30 kg, akurasi 0,1 gram, untuk mengukur berat bahan.
- d) Piknometer: Untuk pengujian kandungan zat organik dan densitas agregat halus.
- e) Gelas ukur 1000 cc: Untuk mengukur volume air dalam analisis kadar lumpur dan berat jenis agregat halus.
- f) Cetakan kerucut pasir: Untuk menilai kondisi pasir dalam keadaan SSD (saturated surface dry).
- g) Bejana silinder: Kapasitas 5 liter (agregat halus) dan 10 liter (agregat kasar) untuk pengujian berat jenis.
- h) Concrete mixer: Kapasitas 0,125 m³, kecepatan 20-30 rpm, untuk pencampuran homogen bahan beton.
- i) Satu set alat slump test: Kerucut Abrams (diameter atas 102 mm, bawah 203 mm, tinggi 305 mm) dengan base plate 900 x 900 mm, untuk pengujian workability beton.
- j) Meteran: Untuk mengukur tinggi slump dalam pengujian slump test.
- k) Cetakan benda uji: Silinder diameter 15 cm, tinggi 25 cm, untuk membentuk benda uji beton.
- l) Bak perendam: Untuk perawatan beton guna menjaga kelembaban.
- m) Compression testing machine (CTM): Kapasitas 3000 kN (merek CONTROLS), untuk pengujian kuat tekan beton.
- n) Peralatan Vicat: Untuk menentukan konsistensi, waktu pengikatan awal, dan akhir semen.
- o) Alat bantu lainnya: Stamper, kode warna, sekop, sendok semen, ember, kontainer, kereta dorong stopwatch, wadah pengukur, dan alat tulis.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Semen PCC: Merek Baturaja, dikemas dalam sak 50 kg, untuk campuran beton.
- b) Agregat halus: Dari Gunung Sugih, Lampung Tengah, memenuhi standar SNI (uji kadar air, berat jenis, absorpsi, kadar lumpur, gradasi, dan kandungan zat organik).
- c) Agregat kasar: Dari Kedaton, Bandarlampung dengan gradasi menerus, seragam, dan celah,

memenuhi standar SNI (uji kadar air, gradasi, berat jenis, absorpsi, dan berat volume).

2.2. Pembuatan agregat kasar batu putih

Setelah menyiapkan semua alat dan bahan penelitian, langkah selanjutnya membuat agregat kasar Batu Putih. Proses pembuatannya sebagai berikut:

- a) Menyiapkan bongkahan bongkahan batu putih yang berasal dari gunung
- b) Penghancuran batu putih dengan menggunakan hammer sedemikian rupa dan diayak sesuai dengan ukuran gradasi yang disyaratkan.
- c) Menguji kelayakan agregat batu putih untuk digunakan sebagai campuran beton .
- d) Menguji kekuatan agregat batu putih dengan cara *Los Angeles Test* untuk mengetahui keausan dari agregat ringan.

2.3. Pengujian material

Pengujian material dilakukan untuk mengetahui apakah material yang ada telah memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai penyusun beton. Adapun persyaratan yang harus dipenuhi mengacu pada *American Standard Testing and Material (ASTM)* . Pengujian yang dilakukan, antara lain Kadar Air Agregat Halus dan Kasar, Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus dan Kasar, Gradasi Agregat Halus dan Kasar, Kadar Lumpur Agregat Halus dan Kasar, Kandungan Zat Organik dalam Agregat Halus, *Los Angeles Test*, Berat Jenis Semen, serta Berat Volume Agregat Halus dan Kasar.

2.4. Pembuatan benda uji

Setelah pembuatan agregat kasar batu putih dan perancangan campuran beton, langkah selanjutnya adalah pembuatan benda uji. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Masing-masing jenis agregat dibuat 3 sampel per umur perawatan (1 hari, 2 hari, 3 hari).

Tabel 1. Kebutuhan benda uji

Umur benda uji (hari)	Durasi steam			Jumlah benda uji (buah)
	2 jam (buah)	4 jam (buah)	6 jam (buah)	
1	3	3	3	9
2	3	3	3	9
3	3	3	3	9
Jumlah total benda uji				27

Proses pembuatan benda uji diawali dengan menyiapkan seluruh peralatan dan material sesuai hasil *mix design*. Agregat halus dan kasar dimasukkan ke

dalam *concrete mixer*, diikuti dengan penambahan semen dan air sedikit demi sedikit hingga campuran menjadi plastis. Setelah itu dilakukan uji *slump* menggunakan kerucut Abrams. Cetakan silinder diolesi oli agar beton tidak menempel, kemudian adukan beton dituang secara bertahap dan dipadatkan menggunakan palu atau vibrator sebelum didiamkan selama 24 jam. Benda uji yang telah dikeluarkan dari cetakan dijaga kelembabannya hingga dimasukkan ke ruang *steam curing*. Setelah perawatan uap sesuai durasi yang ditentukan selesai, benda uji dikeluarkan untuk dilakukan pengujian kuat tekan beton.

2.5. Pengujian *workability*

Sebelum beton segar dicetak, dilakukan pengujian *workability* menggunakan *slump test*. Kerucut Abrams dibersihkan terlebih dahulu, kemudian diletakkan di atas pelat baja berukuran 900 x 900 mm dan dipegang kuat agar tidak bergeser. Adukan beton segar dimasukkan ke dalam kerucut dalam tiga lapisan, masing-masing setinggi sepertiga dari tinggi kerucut, dan setiap lapisan dipadatkan dengan 25 tusukan menggunakan tongkat penumbuk. Setelah penuh, permukaan adukan diratakan dengan sendok semen untuk mendapatkan hasil pengujian *slump* yang akurat.

2.6. Perawatan benda uji (*steam curing*)

Benda uji yang telah dicetak dimasukkan ke dalam alat *steam* pada suhu 90°C selama 2, 4, dan 6 jam. Setelah 24 jam, benda uji dikeluarkan dari cetakan; sampel umur 1 hari langsung diuji kuat tekannya, sedangkan sampel umur 2 dan 3 hari direndam dalam air hingga waktu pengujian tiba. Perlakuan ini bertujuan memastikan proses hidrasi berlangsung sempurna, mencegah retak akibat pengeringan, serta menjaga mutu beton sesuai perencanaan.

2.7. Pengujian kuat tekan beton

Sampel beton yang telah selesai menjalani proses *curing*, kemudian akan dilakukan pengujian kuat tekan dengan menggunakan benda uji berbentuk kubus. Kuat tekan beton mengacu pada kemampuan beton untuk menahan tekanan tertentu (yang diterapkan oleh mesin pengujian) per satuan area hingga mencapai titik kegagalan (SNI 03-1974, 1990). Pengujian kuat tekan dalam penelitian ini menggunakan mesin uji tekan (*compression testing machine/CTM*) yang memiliki kapasitas maksimal sebesar 3000 KN dan kecepatan pembebanan berkisar antara 0,14 hingga 0,34 MPa per detik. Rumus yang digunakan untuk menghitung kuat tekan beton adalah:

$$f'c = \frac{P}{A} \tag{1}$$

Keterangan:

$f'c$ = Kuat tekan beton (Mpa)

P = Gaya tekan maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

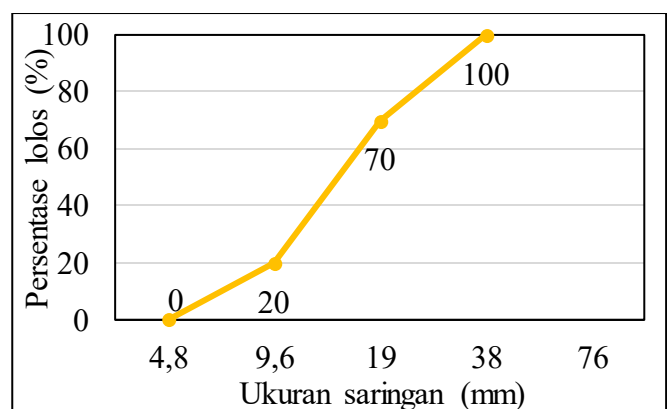
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil pengujian sifat-sifat fisik material

Tabel 2. Hasil pengujian material penyusun beton

Jenis pengujian	Material yang dipakai	Nilai hasil pengujian	Standar SNI
Berat jenis	Agregat halus	2,59	2,0 – 2,7
	Agregat kasar	2,51	2,5 – 2,7
	Semen	2,92	≤ 2,9
Penyerapan	Agregat halus	1,01 %	1 – 3 %
	Agregat kasar	7,85 %	1 – 3 %
Modulus kehalusan	Agregat halus	2,76	2,3 – 3,1
	Agregat kasar	7,55	6 – 8
Berat volume	Agregat halus	1417,8 kg/m ³	-
	Agregat kasar	1642,5 kg/m ³	-
Keausan	Agregat kasar	50,72 %	< 35 %

Dapat dilihat pada uji penyerapan dan uji keausan yang melebihi batas yang ditetapkan pada SNI 1970:2008 dan SNI 03-2834-2000, tetapi akan tetap dicoba sebagai komponen campuran beton.



Gambar 1. Gradasi menerus agregat kasar ukuran maksimum 40 mm.

3.2. Kebutuhan material campuran

Tabel 3. Kebutuhan material untuk 1 m³ beton normal

Material	Kebutuhan material (kg)
Agregat kasar	1172,25
Agregat halus	560,69
Air	181,00
Semen	355,75

3.3. Kelecatan adukan beton (*workability*)

Dalam penelitian ini, nilai *slump* yang direncanakan untuk campuran beton normal adalah 75 - 100 cm.

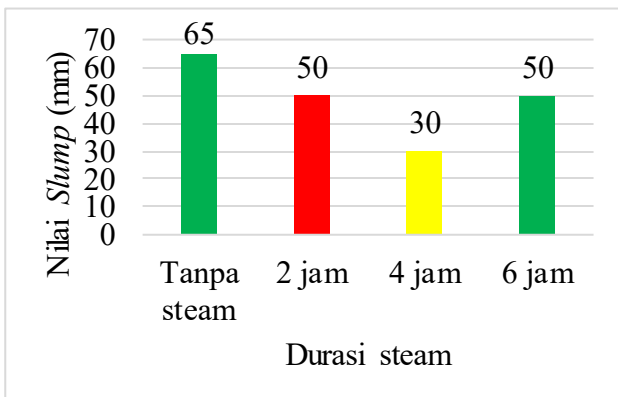
Karena keterbatasan kapasitas alat steam yang ada di Laboratorium Bahan Konstruksi Universitas Lampung, pencampuran material beton dilakukan empat kali yang dibedakan berdasarkan lama durasi steam. Berikut hasil pengujian nilai slump untuk masing-masing campuran.

Tabel 4. Hasil pengujian nilai *slump*

Campuran	Durasi <i>steam</i> (jam)	Nilai <i>slump</i> (mm)
1	0	65
2	2	50
3	4	30

Gambar 2. Nilai *slump* setiap campuran

Hasil pengujian *slump* menunjukkan nilai 65 mm untuk beton tanpa steam, 50 mm pada durasi steam 2 jam, 30 mm pada 4 jam, dan 50 mm pada 6 jam. Perbedaan ini dipengaruhi oleh kadar air dan kelembapan agregat yang memengaruhi jumlah air bebas dalam campuran. Semakin banyak air bebas, adukan lebih encer dan nilai *slump* meningkat; sebaliknya, semakin sedikit air, adukan menjadi kental dan *slump* menurun. Nilai tertinggi pada beton tanpa steam menandakan kelecakan terbaik, sedangkan nilai



terendah pada durasi 4 jam diduga akibat pencampuran dan kelembapan agregat yang tidak seragam. Variasi ini lebih disebabkan oleh kondisi pencampuran daripada pengaruh langsung steam curing, sehingga pada penelitian selanjutnya diperlukan pengendalian pencampuran yang lebih baik.

3.4. Kuat tekan beton

Berikut hasil pengujian kuat tekan beton campuran pertama untuk setiap durasi steam pada umur 1, 2, dan 3 hari.

Tabel 5. Hasil pengujian kuat tekan beton tanpa *steam*

Kode benda uji	Umur pengujian (hari)	Berat volume (kg)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
S0-1	1	10,99	4,22	4,31
S0-2		11,04	3,97	
S0-3		11,12	4,75	
S0-4	2	11,12	7,08	5,77
S0-5		10,89	4,46	
S0-6		10,94	5,77	
S0-7	3	11,22	8,05	7,65
S0-8		11,17	7,70	
S0-9		11,05	7,19	

Tabel 6. Hasil pengujian kuat tekan beton durasi *steam* 2 jam

Kode benda uji	Umur pengujian (hari)	Berat volume (kg)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
S2-1	1	10,42	4,87	5,23
S2-2		10,80	4,64	
S2-3		11,01	6,19	
S2-4	2	11,49	7,62	7,68
S2-5		11,07	7,66	
S2-6		10,85	7,75	
S2-7	3	11,25	7,89	7,68
S2-8		11,12	7,61	
S2-9		11,31	7,51	

Tabel 7. Hasil pengujian kuat tekan beton durasi *steam* 4 jam

Kode benda uji	Umur pengujian (hari)	Berat volume (kg)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
S4-1	1	11,16	5,77	5,84
S4-2		10,46	4,68	
S4-3		11,20	7,08	
S4-4	2	11,48	6,47	7,17
S4-5		11,57	7,37	
S4-6		11,35	7,67	
S4-7	3	11,25	7,93	7,79
S4-8		11,25	7,91	
S4-9		11,50	7,52	

Tabel 8. Hasil pengujian kuat tekan beton durasi steam 6 Jam

Kode benda uji	Umur pengujian (hari)	Berat volume (kg)	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
S6-1	1	11,16	8,50	7,74
S6-2		11,12	6,99	
S6-3		11,13	7,72	
S6-4	2	11,09	7,96	7,52
S6-5		11,00	7,44	
S6-6		11,02	7,17	
S6-7	3	11,22	7,96	8,12
S6-8		11,27	7,92	
S6-9		11,34	8,49	

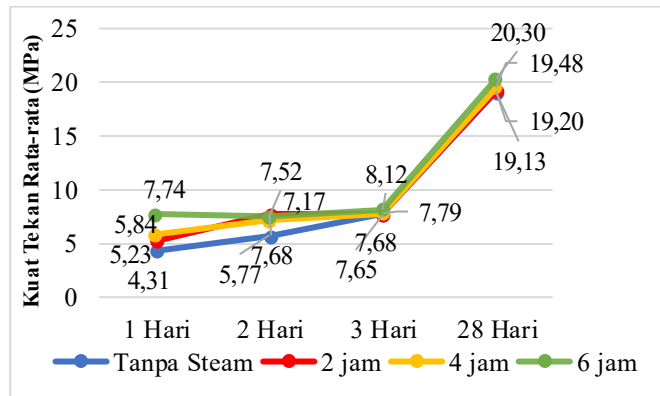
Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan umur 3 hari kemudian akan dihitung nilai kuat tekan untuk setiap durasi steam pada umur 28 hari menggunakan faktor konversi seperti pada Tabel 9 yaitu sebesar 0,40. Faktor konversi sebesar 0,40 yang digunakan dalam perhitungan menunjukkan bahwa nilai kuat tekan yang diuji pada umur singkat (3 hari) dapat dikonversi untuk estimasi kuat tekan pada umur 28 hari dengan tingkat akurasi yang cukup baik.

Tabel 9. Faktor konversi umur benda uji

Umur benda uji	Faktor konversi
3 hari	0,40
7 hari	0,65
14 hari	0,88
21 hari	0,95
28 hari	1,00

Tabel 10. Hasil konversi kuat tekan beton umur 28 hari

Durasi steam (jam)	Kuat tekan umur 3 hari (MPa)	Faktor konversi	Kuat tekan konversi umur 28 hari (MPa)
0	7,65	0,40	19,13
2	7,68	0,40	19,20
4	7,79	0,40	19,48
6	8,12	0,40	20,30



Gambar 3. Grafik kuat tekan beton

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan beton meningkat seiring bertambahnya umur dan durasi steam curing. Beton tanpa steam memiliki kuat tekan 4,31 MPa (1 hari), 5,77 MPa (2 hari), dan 7,65 MPa (3 hari), sedangkan beton dengan steam 6 jam mencapai nilai tertinggi, yaitu 8,12 MPa pada umur 3 hari. Steam curing terbukti mempercepat hidrasi semen dan meningkatkan kekuatan awal beton, meskipun perbedaan antar durasi (2–6 jam) tidak terlalu signifikan pada umur 28 hari, yang berkisar antara 19,13–20,30 MPa. Hasil ini sejalan dengan penelitian Rommel (2011) bahwa steam curing mempercepat pembentukan senyawa C–S–H yang memperkuat beton. Namun, durasi yang terlalu lama dapat menyebabkan penguapan air berlebihan dan menurunkan kekuatan jangka panjang. Perbedaan kuat tekan juga dipengaruhi oleh nilai slump yang mencerminkan workability adukan; slump terlalu rendah menyebabkan rongga udara, sedangkan slump terlalu tinggi meningkatkan rasio air-semen dan menurunkan kekuatan. Oleh karena itu, konsistensi pencampuran sangat penting agar pengaruh steam curing dapat diamati secara optimal.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

- Nilai slump beton berkisar antara 30–65 mm, dipengaruhi oleh kondisi pencampuran dan kelembapan agregat, bukan semata oleh perlakuan steam curing.
- Steam curing meningkatkan kuat tekan awal beton (1–3 hari) melalui percepatan hidrasi semen, sehingga kekuatan beton berkembang lebih cepat.
- Peningkatan kuat tekan tidak linier terhadap durasi steam; durasi 6 jam memberi hasil tertinggi, namun tidak jauh berbeda dari 4 jam karena efek panas berlebihan mulai menurun.
- Kelecekan adukan berpengaruh besar terhadap mutu beton; slump terlalu rendah menimbulkan rongga udara, sedangkan slump terlalu tinggi

meningkatkan rasio air-semen dan menurunkan kekuatan beton.

4.2. Saran

- a) Perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap batu putih dari berbagai sumber agregat untuk membandingkan kualitasnya.
- b) Pengendalian kondisi pencampuran, terutama kelembapan agregat dan takaran air, perlu diperketat agar hasil slump dan kuat tekan lebih mewakili pengaruh steam curing.
- c) Disarankan melakukan pengujian kuat tekan jangka panjang (umur 7, 14, dan 28 hari) untuk menilai perkembangan kekuatan beton lebih menyeluruh.
- d) Pemantauan suhu dan kelembapan selama steam curing perlu dilakukan agar peningkatan kekuatan optimal tanpa kehilangan air berlebih.
- e) Gunakan peralatan pencampur dan cetakan yang seragam untuk mengurangi variasi kondisi adukan dan meningkatkan konsistensi hasil.
- f) Tambahkan pengujian lain, seperti modulus elastisitas dan kuat tarik belah, guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif terhadap performa beton batu putih.

Daftar Pustaka

- Irianti, L. (2000). Faktor Air Semen Beton dengan Agregat Kasar Batu Putih. *Jurnal Penelitian Rekayasa Sipil dan Perencanaan*, 4, 11-16
- Irianti, L. (2010). Kapasitas Ultimit dan Geser Balok Beton Bertulang Mutu Tinggi Beragregat Batu Putih. *Jurnal Rekayasa Vol 14*
- Irianti, L., Sebayang, S., & Wibowo, R. A. (2015). Pengaruh Agregat Kasar Bergradasi Celah terhadap Kuat Tekan Beton (Skripsi). Bandar Lampung : Universitas Lampung
- Mulyono, T. (2021). *Bahan Bangunan dan Konstruksi. Stiletto Book*
- Rommel, E. (2011). Pengaruh Pemberian Perawatan Steam Curing Terhadap Kekuatan dan Durabilitas Beton dengan Semen Pozzolan. 9.
- SNI 03-1972-2008: Cara Uji Slump beton. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional Indonesia
- SNI 03-1974-1990: Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional Indonesia
- SNI 03-2834-2000: Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- SNI 1974-2011: Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- SNI 7656:2012: Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat, dan Beton Massa. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional