

MEMPREDIKSI KUAT LENTUR BERDASARKAN KUAT TEKAN BETON NORMAL

PREDICTING FLEXURAL STRENGTH BASED ON COMPRESSION STRENGTH OF NORMAL CONCRETE

Tri Handayani

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Gunadarma

t_handayani@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Kekuatan beton diketahui dari kuat tekan (f'_c) dan kuat lentur (f_s) yang dimiliki. Tujuan dari penelitian ini memprediksi kuat lentur beton normal pada umur 7 hari dan 21 hari. Metode penelitian ini adalah melakukan penelitian di laboratorium dan perencanaan campuran menggunakan metode ACI. Benda uji yang dibuat benda uji kubus K-200, K-300 dan K-350 dan benda uji beton silinder dengan mutu beton $f'_c = 16,6$ Mpa, $f'_c = 25$ Mpa dan $f'_c = 30$ Mpa. Nilai prediksi antara kuat tekan dan kuat lentur beton normal pada umur 7 hari yaitu $1\sqrt{f'_c}$ dan pada umur 21 hari $0,91\sqrt{f'_c}$. Nilai prediksi diperoleh dengan metode interpolasi. Hasil prediksi kuat lentur pada beton K-200 umur 7 hari diperoleh kuat lentur $f_s = 10$ Mpa dan 21 hari $f_s = 11,76$ Mpa. Beton K-300 umur 7 hari $f_s = 10,25$ Mpa dan 21 hari $f_s = 12,70$ Mpa. Beton K-350 umur 7 hari $f_s = 13,23$ Mpa dan 21 hari $f_s = 14,11$ Mpa. Hasil prediksi kuat lentur pada beton silinder $f'_c = 16,6$ Mpa umur 7 hari $f_s = 2,45$ Mpa dan 21 hari $f_s = 2,88$ Mpa. Beton Silinder $f'_c = 25$ MPa umur 7 hari $f_s = 2,83$ Mpa dan 21 hari $f_s = 3,86$ Mpa. Beton silinder $f'_c = 30$ Mpa pada umur 7 hari $f_s = 3$ Mpa dan 21 hari $f_s = 4,27$ Mpa. Hasil pengujian diperoleh bahwa kuat tekan berbanding lurus dengan kuat lentur beton.

Kata Kunci: Beton, Kuat Lentur, Kuat Tekan, Prediksi

Abstract

Concrete strength is known from compressive strength (f'_c) and flexural strength (f_s). The purpose of this research is to predict the flexural strength of normal concrete at 7 days and 21 days. This research method is conducting research in the laboratory and mixed planning using the ACI method. Test specimens made are K-200, K-300 and K-350 cube test specimens and cylindrical concrete specimens with concrete quality $f'_c = 16.6$ Mpa, $f'_c = 25$ Mpa and $f'_c = 30$ Mpa. The predicted value between compressive strength and flexural strength of normal concrete at 7 days is $1\sqrt{f'_c}$ and at 21 days $0.9\sqrt{f'_c}$. Prediction value is obtained by interpolation method. The result of flexural strength prediction on K-200 concrete age of 7 days obtained flexural strength $f_s = 10$ Mpa and 21 days $f_s = 11.76$ Mpa. concrete K-300 age 7 days $f_s = 10.25$ MPa and 21 days $f_s = 12.70$ MPa. K-350 concrete age 7 days $f_s = 13.23$ Mpa and 21 days $f_s = 14.11$ Mpa. The results of the predictions of flexural strength in concrete cylinders $f'_c = 16.6$ Mpa age of 7 days $f_s = 2.45$ Mpa and 21 days $f_s = 2.88$ MPa. Concrete Cylinder $f'_c = 25$ MPa age 7 days $f_s = 2.83$ MPa and 21 days $f_s = 3.86$ MPa. Cylinder concrete $f'_c = 30$ MPa at 7 days $f_s = 3$ MPa and 21 days $f_s = 4.27$ MPa. The test results obtained that the compressive strength is directly proportional to the flexural strength of concrete

Keywords: Concrete, Compressive Strength, Flexural Strength, Prediction

PENDAHULUAN

Menurut SNI-03-2847-2002, pengertian beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik lainnya, agregat

halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton disusun dari agregat kasar dan agregat halus, agregat halus yang digunakan

biasanya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu.

Kebutuhan beton di dalam konstruksi sangat besar, terutama beton yang memiliki kekuatan tekan dan kekuatan lentur yang tinggi. Beton digunakan karena memiliki kelebihan antara lain mudah dibentuk sesuai dengan yang direncanakan, bahan baku atau material penyusun beton mudah didapat, tahan lama, tahan terhadap api dan beton merupakan struktur yang memiliki kuat tekan yang besar.

Beton yang digunakan dalam konstruksi terlebih dahulu harus dipastikan bahwa beton memiliki mutu sesuai yang direncanakan dengan pembuatan sampel di laboratorium dengan diawali pembuatan perhitungan campuran (*Mix Design*). Terkadang ada kondisi yang mengakibatkan pengujian kuat lentur tidak dapat dilakukan karena kerusakan alat atau laboratorium belum memiliki alat uji lentur, sedangkan hasil uji kuat lentur beton tetap dibutuhkan dan ada kondisi diperlukannya nilai kuat lentur beton dalam waktu yang lebih cepat, oleh karena itu kondisi ini yang melatarbelakangi dilakukannya penelitian yaitu untuk memprediksi kekuatan lentur beton berdasarkan kekuatan mutu beton yang didapat.

Tujuan dari penelitian ini adalah memprediksi atau memperkirakan kuat lentur beton normal pada umur 7 hari dan 21 hari dengan menggunakan data kuat tekan beton. Dengan nilai kuat tekan beton yang diperoleh adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin kuat tekan (*Compression Machine Test*).

Berdasarkan pada latar belakang di atas, dapat dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut:

1. Jenis beton dan jumlah sampel yang digunakan dalam pengujian ?
2. Nilai kuat tekan berapa yang direncanakan dalam pengujian?
3. Metode yang digunakan dalam penelitian ini?

Kebutuhan beton yang meningkat merupakan salah satu dasar banyak para penelitian yang membahas dan meneliti tentang kekuatan tekan dan kekuatan lentur beton seperti : Anggi suryani, dkk dengan penelitiannya yang berjudul “ Korelasi Kuat Lentur Beton dengan Kuat Tekan Beton” dengan uji sampelnya pada bentuk kubus dan silinder dengan uji kuat tekan pada umur 14 dan 28 hari dengan hasil korelasi kuat lentur beton dan kuat tekan beton pada usia 14 hari dan 28 hari memiliki nilai korelasi antara 0,8 sampai 1,0. pengujian ini dilakukan pada tahun 2018. Penelitian lainnya adalah Krisnamurti dengan penelitiannya yang berjudul “Pengaruh Prosentase Accelerator Terhadap Kuat Tekan Beton Normal” pada penelitian ini uji sampelnya berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, pada campuran benda uji ditambahkan accelerator pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 3,7,14 dan 28 hari dengan hasil penambahan persentase accelerator di dalam campuran beton memiliki hasil signifikan saat pengujian kuat tekan pada umur 28 hari. Untuk peneliti yang ketiga adalah Yohanes Trian Dady dengan penelitiannya yang berjudul “ Pengaruh Kuat Tekan Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang” penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur pada sampel umur 28 hari dengan hasil diperoleh perbandingan antara kuat tekan $(\sqrt{f'_c})$ dan kuat lentur (f'_r) yaitu nilai $f'_r / \sqrt{f'_c}$ berkisar 0,81 sampai 0,83 dan berdasarkan SNI adalah 0,7 dan berdasarkan ACI adalah 0,6. Sehingga diperoleh selisih yaitu 0,13 sampai 0,23. Berdasarkan pada beberapa penelitian tersebut maka akan dilakukan penelitian

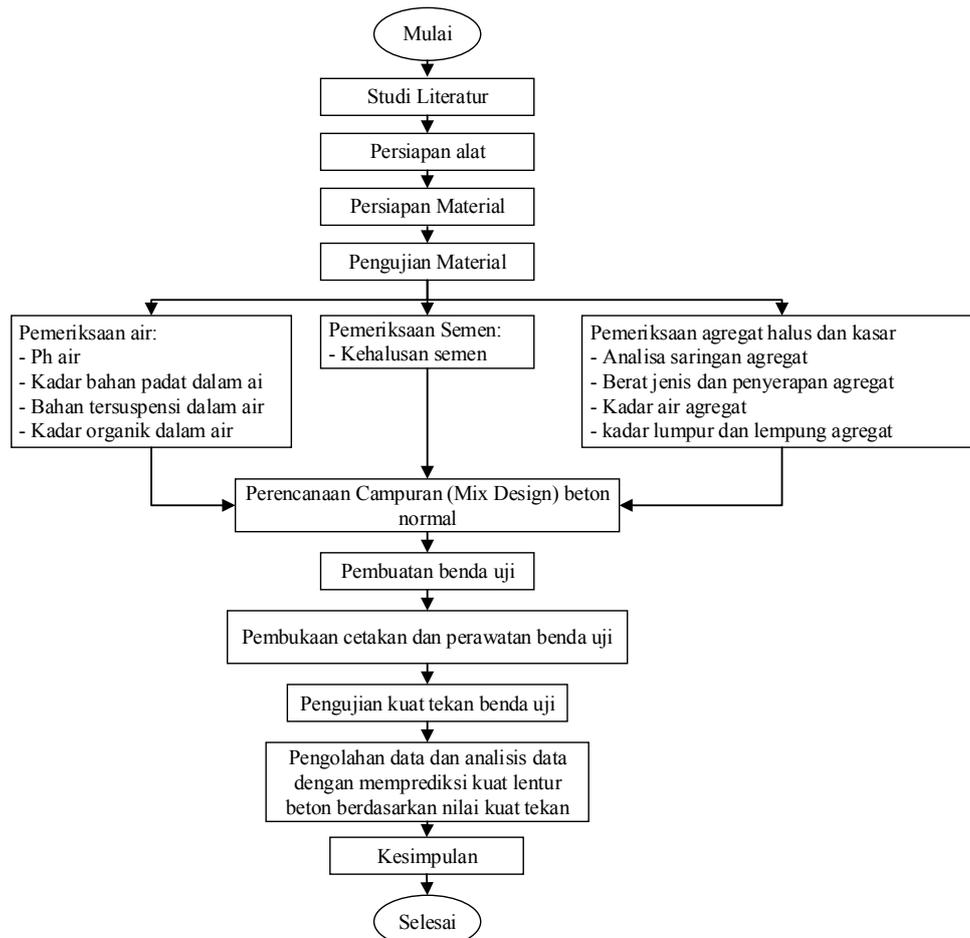
untuk memprediksi nilai kuat lentur beton normal berdasarkan nilai kuat tekan beton pada uji sampel Kubus (15 cm x 15 cm) dan Uji sampel silinder (diameter 15 cm dan tinggi 30 cm) dengan pengujian kuat tekan dilakukan pada usia 7 hari dan 21 hari.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dengan membuat benda uji bentuk silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan mutu beton $f'_c = 16,6$ Mpa, $f'_c = 25$ Mpa dan $f'_c = 30$ Mpa. Penelitian juga membuat benda uji bentuk kubus 15 cm x 15 cm x 15 cm dengan mutu beton K-200, K-300 dan K-350.

Tahapan penelitian ini dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

- a. Penelitian diawali studi literatur dengan menggunakan beberapa jenis pustaka yaitu buku peraturan dan jurnal-jurnal yang dihasilkan oleh peneliti sebelumnya.
- b. Melakukan persiapan alat dan persiapan material, kegiatan persiapan ini dilakukan di laboratorium teknologi bahan jurusan teknik sipil Universitas Gundarma.
- c. Pemeriksaan air, agregat halus, agregat kasar dilakukan di laboratorium berdasarkan peraturan SNI dan standar ASTM.
- d. Perencanaan campuran (*Mix Design*) direncanakan dengan metode *ACI*.
- e. Pembuatan benda uji dilakukan dengan benda uji kubus dan benda uji silinder.
- f. Benda uji dilakukan perawatan dengan merendam beton dalam air setelah cetakan dibuka pada usia 3 hari.
- g. Pengujian benda uji dilakukan pada umur 7 hari dan 21 hari, dengan menggunakan alat kuat tekan (*Compression Machine Test*), hasil uji kuat tekan dicatat untuk dijadikan dasar bahan pengolahan data.
- h. Pengolahan data dan analisis data untuk memprediksi nilai kuat lentur yang dimiliki beton normal, dengan menggunakan nilai korelasi yang diperoleh dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh peneliti terdahulu.
- i. Prediksi kuat lentur untuk yang nilai korelasinya tidak ada, maka nilai dicari dengan cara interpolasi.
- j. Penelitian ini bertujuan memprediksi nilai kuat lentur sehingga tidak dilakukan uji kuat lentur secara langsung karena keterbatasan alat yang ada dan penelitian ini bersifat membantu dalam mencari data secara cepat dan bersifat sebagai referensi, sehingga penelitian ini dilakukan hanya menggunakan data kuat tekan yang ada untuk memperoleh nilai kuat lentur beton.
- k. Untuk memverifikasi nilai kuat lentur yang akurat dapat digunakan alat uji kuat lentur secara langsung sesuai dengan SNI 03-4154-1996” Metode Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Balok Uji Sederhana yang dibebani Terpusat Langsung”



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian
Sumber: Penelitian, 2020

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan sampel uji pada beton normal, pengertian dari beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara 2.200 kg/m³ – 2.400 kg/m³ dengan kuat tekan sekitar 15 – 40 Mpa.

Nilai kuat tekan beton yang diperoleh adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Sedangkan nilai kuat lentur adalah nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang balok uji(SNI 03-4154-1996). Pengujian air dilakukan

dengan mengikuti acuan pada SNI 03-6817-2002 (Metode pengujian mutu air untuk digunakan dalam beton), yaitu pengujian PH air dengan nilai 6,5 dan masih layak untuk digunakan dalam campuran pasta beton karena standar air yang bisa digunakan adalah air dengan kadar PH 4,5 – 8,5 dan pengujian menentukan konsentrasi bahan padat atau garam mineral dalam air dan menentukan konsentrasi bahan organik dalam air.

Pengujian air untuk menentukan konsentrasi bahan yang tersuspensi dalam air mengacu pada SNI 06-6989.3-2004, pengujian *total suspended* dalam air secara *gravimetric*, nilai konsentrasi bahan yang tersuspensi diizinkan adalah dibawah 2000 ppm. Pengujian material semen dilakukan dengan mengacu pada SNI 03-2530-1991 (Metode pengujian kehalusan semen

portland) dengan tujuan untuk mengetahui kehalusan semen yang dapat mempengaruhi kecepatan reaksi antara semen dan air menggunakan saringan nomor 100, saringan nomor 200 dan sieve shaker dengan nilai presentase yang lolos adalah $\leq 22\%$. Pengujian material agregat halus dan agregat kasar mengacu pada SNI 03-1968-1990 yaitu untuk mengetahui ukuran butiran dan gradasi agregat halus dan kasar dengan tingkat kehalusan agregat yang dinyatakan sebagai modulus kehalusan yang akan digunakan dari yang kasar hingga yang halus serta untuk

keperluan perencanaan campuran beton serta tingkat kehalusannya yang dinyatakan dalam modulus kehalusan.

Hasil dari percobaan analisa saringan agregat kasar ditampilkan pada Tabel 1 dan analisa saringan agregat halus ditampilkan pada Tabel 2. Pengujian berat jenis dan penyerapan material pada agregat halus dan agregat kasar mengacu pada SNI 1969:2008 (Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar), hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat terdapat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 1. Analisa Saringan Agregat Kasar

Nomor Ayakan	Batas Bawah	Batas Atas	Persentase Lolos (%)
38	100	100	100
19	100	100	66,340
9,6	50	85	2,979
4,8	0	10	0,159

Sumber: Hasil pengujian di laboratorium, 2020

Tabel 2. Analisa Saringan Agregat Halus

Nomor Ayakan	Batas Bawah	Batas Atas	Persentase Lolos (%)
9,6	100	100	100
4,8	90	100	99,670
2,4	75	100	91,264
1,2	55	90	78,281
0,6	35	59	52,564
0,3	8	30	20,480
0,15	0	10	3,888

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2020

Tabel 3. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Keterangan	Sampel 2			Sampel 3
		Sampel 1		
Berat contoh jenuh kering permukaan	(gram)	4.981,5	4.957	4.893
Berat contoh dalam air	(gram)	2.941,5	2.947	2.783,5
Berat contoh kering	(gram)	4.723,5	4.747	4.655
<i>Bulk specific gravity</i>		2,315	2,362	2,209
<i>Bulk specific gravity (SSD)</i>		2,442	2,466	2,322
<i>Apparent specific gravity</i>		2,651	2,639	2,492
<i>Absorption/ penyerapan</i>	(%)	5,463	4,426	5,111

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2020

Tabel 4. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Keterangan		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Berat contoh jenuh kering permukaan	(gram)	100	100	100
Berat contoh dalam air	(gram)	99,555	99,320	99,480
Berat contoh kering	(gram)	681,505	655,385	669,180
<i>Bulk specific gravity</i>		743,195	717,300	731,110
<i>Bulk specific gravity (SSD)</i>		2,599	2,608	2,613
<i>Apparent specific gravity</i>		2,611	2,626	2,627
<i>Absorption/ penyerapan</i>	(%)	2,629	2,655	2,649

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2020

Tabel 5. Pengujian Kadar Air agregat Kasar dan Agregat Halus

Keterangan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Kadar air agregat halus (%)	0,288	0,715	2,659
Kadar air agregat kasar (%)	4,677	4,300	5,267

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2020

Tabel 6. Pengujian Kadar Lumpur dan Lempung pada Agregat Kasar dan Agregat Halus

Keterangan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Kadar air agregat halus (%)	4,992	1,011	2,757
Kadar air agregat kasar (%)	4,200	0,394	2,693

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2020

Tabel 7. Kekuatan Mutu Beton Rencana Berdasarkan Jenis Semen dan Jenis Agregat yang Digunakan

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan tekan (N/mm ²)				Bentuk Benda Uji
		3	7	28	91	
Semen Portland Tipe I atau Semen tahan Sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Sumber: SNI 03-2834-2000, 2000

Pengujian kadar air pada agregat halus dan agregat kasar mengacu pada SNI 03-1971-1990 (Metode pengujian kadar air agregat) untuk menentukan kadar air pada agregat, hasil pengujian kadar air agregat terdapat pada Tabel 5.

Pengujian kadar lumpur dan lempung agregat pada agregat halus dan agregat kasar mengacu pada SNI 03-4142-1996

(Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No.200 (0,0075 mm)), hasil pengujian kadar lumpur dan lempung agregat terdapat pada Tabel 6. Perencanaan campuran beton pada penelitian ini menggunakan metode *ACI*, dengan menggunakan data hasil uji material di laboratorium, dengan tetap mengacu pada peraturan bahwa uji beton yang dibuat

diharapkan sesuai dengan perencanaan dan kekuatan mutu beton yang direncanakan dapat tercapai sesuai dengan standar pada Tabel 7.

Berdasarkan data material yang telah diperoleh dari hasil uji material dan menggunakan data-data pada Tabel 7, Tabel 8

dan Tabel 9, diperoleh rekapitulasi hasil pengujian yang terdapat pada Tabel 10 dan data pada tabel tersebut untuk digunakan sebagai langkah selanjutnya yaitu perencanaan campuran (*mix Design*). Dengan data yang ada pada Tabel 10 dibuat perencanaan campuran beton normal seperti pada Tabel 11

Tabel 8. Tabel Nilai Faktor Air Semen

Uraian	Jumlah Semen Minimum Per m ³ Beton (Kg)	Nilai Faktor Air Semen
Beton dalam ruangan bangunan :		
- Keadaan keliling non- korosif	275	0,60
- Keadaan keliling korosit disebabkan oleh kondensasi atau uap-uap korosif	325	0,52
Beton diluar ruangan bangunan :		
- Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
- Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung		
Beton yang masuk kedalam tanah :		
- Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	275	0,60
- Mendapat pengaruh sulfat, alkali dari tanah atau air tanah	325	0,55
Beton yang kontinu berhubungan dengan air:		
- Air tawar		
- Air Laut	375	0,52
	275	0,57
	375	0,52

Sumber: Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI), 1971

Tabel 9. Nilai Slump Campuran Beton

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
V.B (detik)		12	6-12	3-6	0-3
Ukuran Maksimum dari Agregat (mm)	Jenis Agregat	Kadar Air-bebas (Kg/m ³)			
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	190
	Batu Pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu Pecah	155	175	190	205

Sumber: SNI 03-2834-2000, 2000

Tabel 10. Data Hasil Pengujian Material Beton

No	Keterangan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
1	Beton Silinder (<i>f_c</i>)	16,6	25	30
	Beton Kubus (K)	200	300	350
2	<i>Propotion defective</i>	5	5	5
3	<i>Slump</i> (mm)	120±20	120±20	120±20
4	Ukuran agregat maksimum (mm)	20	20	20
5	<i>Grading zone</i>	III	II	III
6	Tipe semen	type 1	type 1	type 1

7	Berat jenis semen	3,15	3,15	3,15
8	Berat jenis air (gram/ mm ³)	1	1	1
9	Jenis ag. halus (<i>crusherd/uncrushed</i>)	<i>Crushed</i>	<i>Crushed</i>	<i>Crushed</i>
10	Jenis ag. kasar (<i>crusherd/uncrushed</i>)	<i>Crushed</i>	<i>Crushed</i>	<i>Crushed</i>
11	Berat jenis agregat halus	2,611	2,626	2,627
12	Berat jenis agregat kasar	2,422	2,466	2,322
13	<i>Absorpsi</i> agregat halus %	0,447	0,685	0,523
14	<i>Absorpsi</i> agregat kasar %	5,463	4,426	5,111
15	Kadar air agregat halus %	0,288	0,715	2,659
16	Kadar air agregat kasar %	4,677	4,300	5,267
17	Faktor air semen maksimum	0,6	0,6	0,6

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2020

Tabel 11. Data Perencanaan Campuran Beton Normal

No	Keterangan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
1	Beton Silinder (<i>f'c</i>)	16,6	25	30
	Beton Kubus (K)	200	300	250
2	<i>Deviasi standar</i> (<i>N/mm²</i>)	12	12	12
3	<i>Margin</i> (<i>N/mm²</i>)	12	12	12
4	<i>Target mean Strength</i> (<i>cylinder</i>) (<i>N/mm²</i>)	28,600	37,000	41,050
	<i>Target mean Strength</i> (<i>cube</i>) (<i>kg/cm²</i>)	344,578	445,783	494,578
5	Tipe semen (<i>kg/cm²</i>)	Tipe 1	Tipe 1	Tipe 1
6	Agregat halus	<i>crushed</i>	<i>crushed</i>	<i>crushed</i>
	Agregat kasar	<i>crushed</i>	<i>crushed</i>	<i>crushed</i>
7	Faktor Air Semen (<i>free water cement ratio</i>)			
	<i>F.A.S</i> (<i>cylinder</i>) (<i>N/mm²</i>)	0,585	0,500	0,500
	<i>F.A.S</i> (<i>cube</i>) (<i>kg/cm²</i>)	0,595	0,510	0,510
	<i>F.A.S</i>	0,590	0,505	0,465
8	<i>F.A.S</i> maksimum	0,600	0,600	0,600
9	<i>Slump</i> (mm)	120±20	120±20	120±20
10	Ukuran agregat maksimum (mm)	20	20	20
11	Kadar air bebas			
	<i>Slump</i> (mm)	120±20	120±20	120±20
	<i>Maximum site of aggregates</i> (mm)	20	20	20
	<i>W_f</i> (<i>kg/cm³</i>)	225	225	225
	<i>W_c</i> (<i>kg/cm³</i>)	225	225	225
	<i>Free water content</i> (<i>kg/cm³</i>)	225	225	225
12	Kadar semen (<i>cement content</i>) (<i>kg/cm³</i>)	381,356	445,545	483,871
14	Kadar Semen Minimum (<i>kg/cm³</i>)	325,000	325,000	275,000
15	FAS yang disesuaikan (<i>kg/cm³</i>)	0,590	0,505	0,465
16	Zona Gradasi	III	II	III

17	<i>Persentase proporsi agregat</i>			
	<i>Proportion of fine agregat (%)</i>	35	42	34
	<i>Proportion of coarse agregat (%)</i>	65	58	66
18	Berat jenis relatif agregat gabungan			
	<i>Spesific gravity of fine aggregate</i>	2,611	2,626	2,627
	<i>Spesific gravity of coarse aggregate</i>	2,422	2,466	2,322
	<i>Gs (kg/cm³)</i>	2,501	2,533	2,426
19	Berat jenis beton (kg/cm ³)	2.255	2.275	2.224
20	<i>Total agregat content (kg/cm³)</i>	1.648,644	1.604,455	1.515,129
21	Kadar agregat halus (kg/cm ³)	577,025	673,871	515,144
22	Kadar agregat kasar (kg/cm ³)	1.071,619	930,584	999,985
23	Penyesuaian terhadap terhadap kadar air agregat			
	Air (kg/cm ³)	234,685	225,975	212,433
	Ag. Halus (kg/cm ³)	575,630	674,075	526,150
	Ag. Kasar (kg/cm ³)	1.063,960	929,406	1.001,547
24	Jumlah campuran			
	Volume <i>cylinder mold</i> (cm ³)	5.301,438	5.301,438	5.301,438
	Volume <i>cube mold</i> (cm ³)	3.375,000	3.375,000	3.375,000
	Volume pengecoran (m ³)	0,010	0,010	0,010
	Semen (kg)	3,971	4,639	5,038
	Air (liter)	2,443	2,353	2,212
	Agregat halus (kg)	5,995	7,018	5,478
	Agregat kasar (kg)	11,070	9,677	10,428

Sumber: Hasil Pengujian di Laboratorium, 2020

Tabel 12. Proporsi Kebutuhan Material (m³) untuk Beton Normal Kubus

No	Keterangan	Sampel 1 Berat tiap 1m ³	Sampel 1 Berat tiap 0,00135 m ³	Sampel 2 Berat tiap 1m ³	Sampel 2 Berat tiap 0,00135 m ³	Sampel 3 Berat tiap 1m ³	Sampel 3 Berat tiap 0,00135 m ³	Total Kebutu- han Material (m ³)
1	Semen (kg)	3,9710	0,0536	4,6389	0,0626	5,0380	0,0680	0,1842
2	Air (liter)	2,4430	0,0330	2,3528	0,0318	2,2120	0,0299	0,0946
3	Agregat halus (kg)	5,9950	0,0809	7,0183	0,0947	5,4780	0,0740	0,2469
4	Agregat kasar (kg)	11,0700	0,1494	9,6767	0,1306	10,4280	0,1408	0,4209
	Total	23,4790	0,3170	23,6867	0,3198	23,1560	0,3126	0,9493

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

Berdasarkan data pada Tabel 11 diperoleh komposisi campuran material penyusun beton yaitu semen, air, agregat halus dan agregat kasar untuk volume pengecoran tiap 1 m³.

Pembuatan Benda uji

Pembuatan benda uji pada penelitian ini mengacu pada SNI 2493:2011 (Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium). Cetakan yang digunakan berbentuk persegi dengan syarat cetakan

harus halus dan bebas dari tonjolan, sisi, dasar dan ujung harus tegak lurus dan bebas dari lekukan. Cetakan yang digunakan adalah bentuk kubus ukuran 15 cm x 15 cm, dan bentuk silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Catatan :

Jumlah benda uji = 4 buah kubus/sampel

Kubus = 15 cm x 15 cm x 15 cm

Volume kubus = $0,003375 \text{ m}^3$

Total volume 4 kubus = $0,003375 \times 4 = 0,0135 \text{ m}^3$

Tabel 13. Proporsi Kebutuhan Material (m^3) untuk Beton Normal Silinder

No	Keterangan	Sampel 1 Berat tiap 1m^3	Sampel	Sampel	Sampel	Total Kebutuhan Material (m^3)		
			1 Berat tiap $0,00135$ m^3	2 Berat tiap 1m^3	2 Berat tiap $0,00135$ m^3		3 Berat tiap 1m^3	3 Berat tiap $0,00135$ m^3
1	Semen (kg)	3,9710	0,0842	4,6389	0,0984	5,0380	0,1069	0,2895
2	Air (liter)	2,4430	0,0518	2,3528	0,0499	2,2120	0,0469	0,1487
3	Agregat halus (kg)	5,9950	0,1272	7,0183	0,1489	5,4780	0,1162	0,3923
4	Agregat kasar (kg)	11,0700	0,2348	9,6767	0,2053	10,4280	0,2212	0,6613
	Total	23,4790	0,4981	23,6867	0,5025	23,1560	0,4912	1,4918

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

Tabel 14. Hasil Uji Kuat Beton dengan *Compression Machine Test*

No	Benda Uji	Umur (Hari)	Faktor Konversi	Kuat Tekan	
				Beton Normal	
				Kuat Tekan Minimal	Kuat Tekan Hasil Uji Tekan
1	Kubus (K-200)	7	0,65	105	100
		21	0,95	154	167
	Silinder ($f'_c = 16,6 \text{ MPA}$)	7	0,65	10	6
		21	0,95	14	10
2	Kubus (K-300)	7	0,65	133	105
		21	0,95	194	195
	Silinder ($f'_c = 25 \text{ MPA}$)	7	0,65	12	8
		21	0,95	18	18
3	Kubus (K-350)	7	0,65	181	175
		21	0,95	264	240
	Silinder ($f'_c = 30 \text{ MPA}$)	7	0,65	15	9
		21	0,95	22	22

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

Pengujian Kuat Tekan Benda Uji*

Pengujian benda uji beton kubus dan beton silinder menggunakan alat kuat tekan beton dilakukan pada beton usia 7 hari dan 21 hari dan hasil kuat uji tekannya tercantum pada Tabel 14. Setelah diperoleh data kuat tekan pada Tabel 14 berdasarkan hasil dari pengujian langsung menggunakan alat kuat tekan (*Compression Machine Test*) di laboratorium, maka tahap berikutnya adalah dengan melakukan prediksi nilai kuat lentur pada beton normal dengan menggunakan data hasil penelitian terdahulu. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti terdahulu pada tahun 2018 dihasilkan bahwa korelasi antara kuat tekan dan kuat lentur adalah 0,8 sampai 1, penelitian tersebut menggunakan uji pada umur beton 14 hari dan 28 hari, maka penelitian ini dilakukan

prediksi kuat lentur beton pada beton normal umur 7 hari dan 21 hari dengan cara interpolasi data. Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya yaitu analisis korelasi pada beton kubus dan silinder pada beton usia 14 dan 28 hari seperti pada tabel 15, diperoleh nilai korelasi yaitu beton pada umur 14 hari untuk beton normal kuat lentur $(f_s) = 0,96\sqrt{f'_c}$ sedangkan beton pada umur 28 hari untuk beton normal $(f_s) = 0,86\sqrt{f'_c}$ maka pada penelitian ini melakukan prediksi kuat lentur beton pada umur 7 hari dan 21 hari dengan bantuan data dari hasil penelitian terdahulu, dengan cara interpolasi maka penelitian ini menghasilkan prediksinya seperti pada Tabel 16.

Tabel 15. Hasil Komparasi

No	Umur Beton	Kuat Lentur Beton $(f_s) = \alpha\sqrt{f'_c}$	Keterangan
1	7 hari	$1\sqrt{f'_c}$	Hasil Interpolasi
2	14 hari	$0,96\sqrt{f'_c}$	Hasil Korelasi Peneliti terdahulu
3	21 hari	$0,91\sqrt{f'_c}$	Hasil Interpolasi
4	28 hari	$0,86\sqrt{f'_c}$	Hasil Korelasi Peneliti terdahulu

Sumber: Hasil Penelitian Sebelumnya, 2018 dan Peneliti, 2020

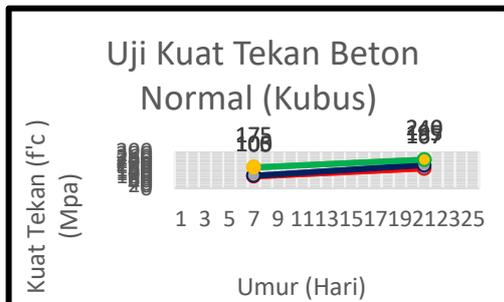
Tabel 16. Tabel Prediksi Kuat Tekan (f'_c) dengan Kuat Lentur (f_s) pada Beton Normal Kubus (Dengan Interpolasi Data)

No	Beton Kubus	Umur (Hari)	Beton Normal			
			Nilai Korelasi (α)	Kuat tekan (f'_c) (Mpa)	$\sqrt{f'_c}$	Kuat lentur ($f_s) = \alpha\sqrt{f'_c}$
1	Kubus (K-200)	7	1,00	100	10	10,00
		21	0,91	167	12,92	11,76
2	Kubus (K-300)	7	1,00	105	10,25	10,25
		21	0,91	195	13,96	12,70
3	Kubus (K-350)	7	1,00	175	13,23	13,23
		21	0,91	240	15,5	14,11

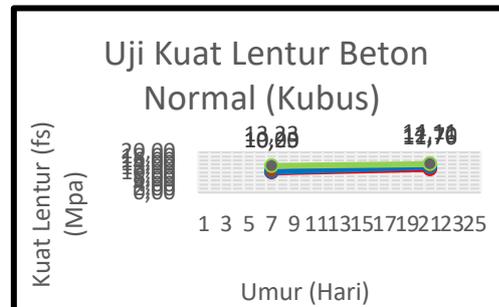
Sumber: Hasil Penelitian, 2020

Pada Gambar 2 dan Gambar 3 , terlihat grafik kuat tekan beton kubus: Beton K-200 = garis merah, beton K- 300 = garis biru dan beton K-350 = garis hijau Berdasarkan pada Gambar 2 grafik kuat tekan (f'_c) dan Gambar

3 grafik Kuat lentur (f_s) dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan beton normal kubus berbanding lurus dengan kuat lentur beton normal kubus.



Gambar 2. Grafik Kuat Tekan (f'_c) Beton Normal Kubus
Sumber: Hasil Penelitian ,2020

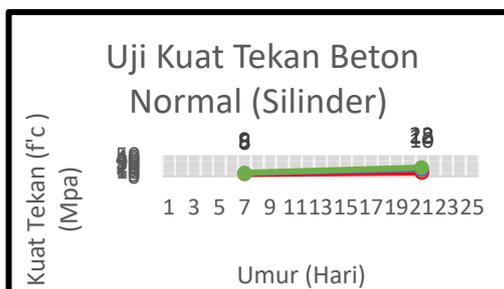


Gambar 3. Grafik Kuat lentur (f_s) Beton Normal Kubus
Sumber: Hasil Penelitian ,2020

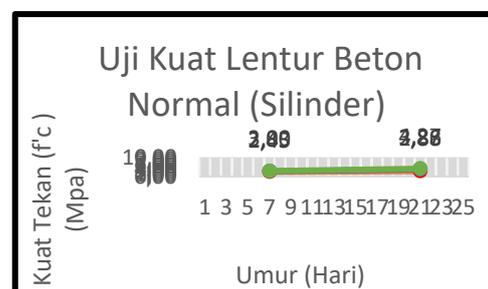
Tabel 17. Tabel Hasil Prediksi Kuat Tekan (f'_c) Dengan Kuat Lentur (f_s) pada Beton Normal Silinder

No	Beton Silinder	Umur (Hari)	Nilai Korelasi (ϕ)	Beton Normal		
				Kuat Tekan (f'_c) (Mpa)	$\sqrt{f'_c}$	Kuat Lentur (f_s) = $\phi \sqrt{f'_c}$
1	Silinder ($f'_c = 16,6 \text{ MPA}$)	7	1,00	6	2,45	2,45
		21	0,91	10	3,16	2,88
2	Silinder ($f'_c = 25 \text{ MPA}$)	7	1,00	8	2,83	2,83
		21	0,91	18	4,24	3,86
3	Silinder ($f'_c = 30 \text{ MPA}$)	7	1,00	9	3	3,00
		21	0,91	22	4,69	4,27

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020



Gambar 4. Grafik Kuat Tekan (f'_c) Beton Normal Silinder
Sumber: Hasil Penelitian, 2020



Gambar 5. Grafik Kuat Lentur (f_s) Beton Normal Silinder
Sumber: Hasil Penelitian, 2020

Keterangan: beton $f'_c = 16,6 \text{ Mpa}$ = garis merah, beton $f'_c = 25 \text{ Mpa}$ = garis biru dan beton $f'_c = 30 \text{ Mpa}$ = garis hijau

Berdasarkan Tabel 16 dan Tabel 17 dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan beton normal silinder berbanding lurus nilainya.

Berdasarkan pada Gambar 4 grafik kuat tekan (f'_c) dan Gambar 5 Grafik Kuat lentur (f'_s) dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan beton normal silinder berbanding lurus dengan kuat lentur beton normal silinder.

Berdasarkan pada Tabel 16 dan Tabel 17 diperoleh hasil yaitu, hasil pengujian kuat tekan beton dan prediksi kuat lentur pada beton kubus K-200 pada umur 7 hari $f'_c = 100$ Mpa dan $f'_s = 10$ Mpa dan pada umur 21 hari $f'_c = 167$ Mpa dan $f'_s = 11,76$ Mpa. Beton kubus K-300 pada umur 7 hari $f'_c = 105$ Mpa dan $f'_s = 10,25$ Mpa dan pada umur 21 hari $f'_c = 195$ Mpa dan $f'_s = 12,70$ Mpa. Beton kubus K-350 pada umur 7 hari $f'_c = 175$ Mpa dan $f'_s = 13,23$ Mpa dan pada umur 21 hari $f'_c = 240$ Mpa dan $f'_s = 14,11$ Mpa.

Hasil pengujian kuat tekan beton dan prediksi kuat lentur pada beton silinder $f'_c = 16,6$ Mpa pada umur 7 hari $f'_c = 6$ Mpa dan $f'_s = 2,45$ Mpa dan pada umur 21 hari $f'_c = 10$ Mpa dan $f'_s = 2,88$ Mpa. Beton Silinder $f'_c = 25$ MPa pada umur 7 hari $f'_c = 8$ Mpa dan $f'_s = 2,83$ Mpa dan pada umur 21 hari $f'_c = 18$ Mpa dan $f'_s = 3,86$ Mpa. Beton silinder $f'_c = 30$ Mpa pada umur 7 hari $f'_c = 9$ Mpa dan $f'_s = 3$ Mpa dan pada umur 21 hari $f'_c = 22$ Mpa dan $f'_s = 4,27$ Mpa.

SIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi nilai kuat lentur beton dengan menggunakan data yang dihasilkan dari uji kuat tekan beton pada umur 7 hari dan 21 hari, yaitu dengan melakukan prediksi nilai kuat lentur beton berdasarkan data kuat tekan yang diperoleh dengan cara interpolasi dengan bantuan data dari penelitian sebelumnya yang dilakukan pengujian pada beton umur 14 dan 28 hari.

Jenis beton yang digunakan penelitian ini adalah jenis beton normal dengan benda uji yang dibuat adalah sebanyak 4 buah kubus

tiap sampel, dengan masing-masing nilai kuat tekan yaitu sampel 1 untuk mutu beton K-200, sampel 2 untuk mutu beton K-300 dan sampel 3 untuk mutu beton K-350 sehingga total sampel kubus berjumlah 12 buah. Sama halnya dengan benda uji silinder berjumlah 4 buah tiap sampel, dengan masing-masing sampel memiliki mutu beton $f'_c = 16,6$ Mpa, sampel 2 mutu beton $f'_c = 25$ Mpa dan sampel 3 mutu beton $f'_c = 30$ Mpa. Sehingga total sampel silinder berjumlah 12 buah.

Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh nilai prediksi antara kuat tekan dan kuat lentur beton pada umur 7 hari untuk beton normal adalah $1 \sqrt{f'_c}$ dan Untuk beton pada umur 14 hari untuk beton normal adalah $0,91 \sqrt{f'_c}$. Nilai prediksi tersebut diperoleh dengan metode interpolasi menggunakan bantuan data yang diperoleh dari hasil penelitian terdahulu.

Hasil pengujian kuat tekan beton dan prediksi kuat lentur pada beton kubus K-200 pada umur 7 hari $f'_c = 100$ Mpa dan $f'_s = 10$ Mpa dan pada umur 21 hari $f'_c = 167$ Mpa dan $f'_s = 11,76$ Mpa. Beton kubus K-300 pada umur 7 hari $f'_c = 105$ Mpa dan $f'_s = 10,25$ Mpa dan pada umur 21 hari $f'_c = 195$ Mpa dan $f'_s = 12,70$ Mpa. Beton kubus K-350 pada umur 7 hari $f'_c = 175$ Mpa dan $f'_s = 13,23$ Mpa dan pada umur 21 hari $f'_c = 240$ Mpa dan $f'_s = 14,11$ Mpa.

Hasil pengujian kuat tekan beton dan prediksi kuat lentur pada beton silinder $f'_c = 16,6$ Mpa pada umur 7 hari $f'_c = 6$ Mpa dan $f'_s = 2,45$ Mpa dan pada umur 21 hari $f'_c = 10$ Mpa dan $f'_s = 2,88$ Mpa. Beton Silinder $f'_c = 25$ MPa pada umur 7 hari $f'_c = 8$ Mpa dan $f'_s = 2,83$ Mpa dan pada umur 21 hari $f'_c = 18$ Mpa dan $f'_s = 3,86$ Mpa. Beton silinder $f'_c = 30$ Mpa pada umur 7 hari $f'_c = 9$ Mpa dan $f'_s = 3$ Mpa dan pada umur 21 hari $f'_c = 22$ Mpa dan $f'_s = 4,27$ Mpa. Hasil pengujian kuat tekan beton dan prediksi kuat lentur beton mendapatkan hasil bahwa kuat tekan beton berbanding lurus dengan kuat lentur beton.

Penelitian ini memprediksi nilai kuat lentur beton dengan menggunakan data yang dihasilkan dari uji kuat tekan beton pada umur 7 hari dan 21 hari dan bersifat sebagai bantuan untuk mengetahui nilai kuat lentur beton dalam waktu yang lebih cepat. Penelitian ini masih diperlukan penelitian lanjutan dengan menggunakan jumlah sampel lebih banyak dan nilai kuat mutu beton yang lebih bervariasi misalnya pengujian pada mutu beton tinggi, dan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat bisa dilakukan pengujian kuat lentur beton secara langsung dengan berdasarkan pada SNI SNI 03-4154-1996” Metode Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Balok Uji Sederhana yang dibebani Terpusat Langsung” Badan Standarisasi Nasional (BSN).

DAFTAR PUSTAKA

- Suryani, A (2018), Korelasi Kuat Lentur Beton dengan Kuat Tekan Beton, *Jurnal Saintis*, Vol.18, No.2
- Arusmalen,G (2011), Perbandingan Peningkatan Kuat Tekan Beton dengan Kuat Lentur pada Berbagai Umur, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 7, No. 2, pp. 98-192
- ASTM C 150-92, *Standard Specification for Portland Cement*.
- Badan Standarisasi Nasional (1990), Standarisasi Nasional Indonesia: Metode Pengujian Kuat Tekan Beton (SNI 03-1974-1990)
- Badan Standarisasi Nasional (1995), Standarisasi Nasional Indonesia: Tata Cara Pengadukan Pengecoran Beton (SNI 03-3976-1995)
- Badan Standarisasi Nasional (1996), Standarisasi Nasional Indonesia: Metode Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Balok Uji Sederhana yang Dibebani Terpusat Langsung (SNI 03-4154-1996)
- Badan Standarisasi Nasional (1996), Standarisasi Nasional Indonesia: Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No.200 (0,0075 mm (SNI 03-4142-1996)
- Badan Standarisasi Nasional (2000), Standarisasi Nasional Indonesia: Tata Cara Pembuatan Rencana Campura Beton Normal (SNI 03-2834-2000)
- Badan Standarisasi Nasional (2002), Standarisasi Nasional Indonesia: Metode pengujian Mutu Air untuk Digunakan Dalam Beton (SNI 03-6817-2002)
- Badan Standarisasi Nasional (2002), Standarisasi Nasional Indonesia: Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung . (SNI 03-2874-2002)
- Badan Standarisasi Nasional (2004), Standarisasi Nasional Indonesia: Semen Portland (SNI 15-2049-2004)
- Badan Standarisasi Nasional (2008), Standarisasi Nasional Indonesia: Cara Uji *Bliding* dari Beton Segar (SNI 4156:2008)
- Badan Standarisasi Nasional (2008), Standarisasi Nasional Indonesia: Cara Uji Slump (SNI 4156:2008)
- Badan Standarisasi Nasional (2011), Standarisasi Nasional Indonesia: Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium (SNI 2493:2011)
- Badan Standarisasi Nasional (2013), Standarisasi Nasional Indonesia: Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)
- Departemen Pekerjaan Umum, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, SK -SNI T-15-1990-03, Yayasan LPMB, Bandung, 1990
- Edo, P dan Endang, S (2016), Kajian Kuat Tekan dan Kuat Belah Beton

- kertas (*Papercrete*) Dengan Bahan Tambah Serat Nylon, *Jurnal Fropil*, Vol. 4, No.1.
- Fanto, P dan Tanudjaja, H (2015), Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton dengan Variasi Kuat Tekan Beton, *Jurnal Sipil Statik*, Vol.3, No.13, pp.313-321.
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI), 1971.
- Krisnamurti (2008), Pengaruh Prosentase Penambahan Accelerator Terhadap Kuat Tekan Beton Normal , *Jurnal Rekayasa*, Vol. 5, No. 1.
- Yohanes, T (2015), Pengaruh Kuat Tekan Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Bertulang, *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 3, No. 5, pp. 315-350.