



Analisis Struktur Gedung 7 Lantai Menggunakan Variasi Beton Mutu Normal Dan Beton Mutu Tinggi Pada Universitas “X” Di Surabaya

Ainur Ridho Pramesta¹, Muhammad Shofwan Donny Cahyono², Yoanita Eka Rahayu³, Reynaldo Pratama Intan⁴

¹Teknik Sipil, Universitas Widya Kartika, Surabaya, Indonesia, pmesta23@gmail.com

²Teknik Sipil, Universitas Widya Kartika, Surabaya, Indonesia, shofwandonny@widyakartika.ac.id

³Teknik Sipil, Universitas Widya Kartika, Surabaya, Indonesia, yoanitarahayu@widyakartika.ac.id

⁴Teknik Sipil, Universitas Widya Kartika, Surabaya, Indonesia, reynaldo@widyakartika.ac.id

STATUS ARTIKEL

Dikirim 14 Februari 2023
Direvisi 17 Maret 2023
Diterima 4 April 2023

Kata Kunci:

Beton mutu normal, Beton mutu tinggi, Efisiensi

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi di Indonesia terus mengalami peningkatan. Hal itu dikarenakan tuntutan dan kebutuhan masyarakat pada bangunan gedung bertingkat tinggi. Dalam suatu pembangunan sebuah gedung, material beton sangatlah penting untuk proses pembangunan. Karena beton adalah material utama untuk mendirikan gedung. Maka perencanaan dalam pemakaian mutu beton pun harus diperhatikan dan diperhitungkan. Untuk mengetahui efisiensi dan kekuatan dari mutu beton tersebut. Pada penelitian ini, penulis melakukan analisis perbandingan antara beton mutu normal dan beton mutu tinggi. Penulis disini menggunakan software SAP 2000 dan SP Column. Dari hasil penelitian ini, saat bangunan gedung Universitas “X” menggunakan beton mutu tinggi, ukuran kolom bisa lebih langsing menjadi 450 x 450 mm, jika menggunakan beton mutu normal 600 x 600 mm. Untuk ukuran baloknya juga lebih langsing yaitu 250 x 400 mm, jika menggunakan beton mutu normal sebesar 300 x 600 mm. Saat menggunakan beton mutu tinggi, efisiensi dimensi kolom sebesar 43.74 %, balok sebesar 44.44 %, plat atap sebesar 20.83 % dan plat lantai sebesar 20.85 %

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton bertulang dapat digunakan untuk berbagai jenis struktur bangunan dan komponen, termasuk pelat, dinding, balok, kolom, dan pondasi. Dalam teknologi konstruksi bangunan, beton mutu tinggi semakin banyak digunakan untuk memenuhi tuntutan dan kebutuhan masyarakat akan fasilitas infrastruktur yang semakin maju, seperti bangunan gedung bertingkat tinggi. Beton mutu tinggi dapat mencakup kekuatan, ketahanan, keawetan, dan efisiensi yang dibutuhkan dalam perencanaan bangunan bertingkat tinggi. Secara umum, beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik lainnya, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa material tambahan. Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi 2200-2500 kg/m³ menggunakan agregat alam yang dipecah. Sedangkan beton mutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan antara 40 – 80 MPa dan memerlukan optimasi pada pasta semen, agregat, dan lekatan semen agregat. Beton memiliki kelebihan utama yaitu mempunyai kuat tekan yang cukup tinggi sehingga dapat digunakan dalam kombinasi dengan baja untuk menjadi satu kesatuan struktur yang tahan tarik dan tahan tekan.

2. METODE

Tahapan untuk menganalisa perbandingan beton mutu normal dan beton mutu tinggi sebagai berikut:

1. Pengumpulan data

Tahap ini bertujuan untuk melakukan pengumpulan data sedetail dan selengkap mungkin. Data yang dikumpulkan terkait spesifikasi beton mutu normal dan desigannya.

2. Preliminary *design* beton mutu tinggi

Tahapan ini bertujuan untuk melakukan perkiraan awal dari design beton mutu tinggi.

3. Pembebanan beban mati, hidup dan gempa

Tahapan ini bertujuan untuk memasukkan kombinasi beban apa saja yang dipakai untuk melakukan analisis.

4. Analisa struktur menggunakan *SAP 2000* dan *SP Column*

Tahapan ini bertujuan untuk menganalisa struktur kekuatan bangunan dan beton.

5. Perbandingan Efisiensi dimensi dan kekuatan pada beton mutu normal dan beton mutu tinggi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Beban Struktur Beton Mutu Normal

Berdasarkan data yang penulis dapatkan dari kontraktor bangunan gedung Universitas X di Surabaya, dimensi kolom 600 x 600 mm dan dimensi balok 300 x 600 mm dengan $f_c' = 24.9$ Mpa atau K300. Perhitungan beban kolom Berdasarkan Tributary Area:

1. Beban Lantai 2

Perhitungan pembebanan berdasarkan PPIUG 1983 Bab 2 dan Bab 3

Tabel 3.1 Perhitungan Beban Lantai 2

No	Elemen struktur	Beban (kg)	
1	Pelat	$6 \times 5 \times 0.12 \times 2400$	= 7200 kg
2	Balok induk x	$6 \times 0.3 \times (0.5-0.12) \times 2400$	= 1440 kg
3	Balok induk y	$5 \times 0.25 \times (0.5-0.12) \times 2400$	= 1440 kg
4	Kolom	$0.6 \times 0.6 \times 3.96 \times 2400$	= 2376 kg
5	Spesi dan keramik	$6 \times 6 \times (21 \times 3 + 24 \times 1)$	= 1620 kg
6	Plafon + penggantung	$6 \times 5 \times (11+7)$	= 648 kg
7	Ducting	$6 \times 5 \times 25$ kg	= 900
8	Dinding	$3.75 \times (6+5) \times 250$	= 10312.5 kg
		Beban (kg)	
		Total beban per lantai	= 28944 kg

1. Beban mati total = 28944 kg

Beban hidup total = $6 \times 6 \times 250 = 9000$ kg (Berdasarkan: PPIUG 1983 hal 17)

Beban total lantai 2 = 28944 kg

Beban total lantai 2-7 = 115776 kg

2. Beban Atap

a. Menghitung beban mati atap :

$$\text{Berat} = 6 \times 6 \times 0.1 \times 2400 = 8640 \text{ kg}$$

b. Beban hidup :

Diambil beban hidup atap 100 kg/m²

$$\text{Beban} = 100 \times 6 \times 5 = 3000 \text{ kg}$$

3. Beban angin

Diabaikan karena pada perencanaan ini, beban angin tidak ditinjau.

4. Beban Total

$$\text{Beban total} = 115776 + 8640 + 3000 = 128016 \text{ Kg}$$

3.2 Preliminary Design Beton Mutu Tinggi

3.2.1 Preliminary Design Balok Beton Mutu Tinggi

Estimasi Sloof :

Sloof diasumsi hanya menerima berat dinding di atasnya. Selain itu, hanya merupakan tie beam bagi poer. Ukuran Sloof diasumsi berdimensi 250/400.

3.2.2 Design Kolom Beton Mutu Tinggi

Dimensi kolom 450 x 450 mm, $f_c' = 41.25 \text{ Mpa}$ atau K500. Pengecekan Estimasi Awal Kolom Berdasarkan Tributary Area:

1. Beban Lantai 2

Perhitungan pembebanan berdasarkan PPIUG 1983 Bab 2 dan Bab 3

Tabel 3.2 Perhitungan Beban Lantai 2

No	Elemen struktur	Beban (kg)		
1	Pelat	$6 \times 5 \times 0.095 \times 2400$	=	6840 kg
2	Balok induk x	$6 \times 0.25 \times (0.45 - 0.095) \times 2400$	=	1278 kg
3	Balok induk y	$5 \times 0.25 \times (0.45 - 0.085) \times 2400$	=	1095 kg
4	Kolom	$0.45 \times 0.45 \times 3.96 \times 2400$	=	1924.56 kg
5	Spesi dan keramik	$6 \times 6 \times (21 \times 3 + 24 \times 1)$	=	1620 kg
6	Plafon + penggantung	$6 \times 5 \times (11 + 7)$	=	648 kg
7	Ducting	$6 \times 5 \times 25 \text{kg}$	=	900
8	Dinding	$3.75 \times (6 + 5) \times 250$	=	10312.5 kg
		Beban (kg)		
		Total beban per lantai	=	24618 kg

Beban total lantai 2 = 24618 kg

Beban total lantai 2-7 = 147708 kg

2. Beban Atap

a. Beban mati :

$$\text{Berat} = 6 \times 6 \times 0.1 \times 2400 = 8640 \text{ kg}$$

b. Beban hidup :

Diambil beban hidup atap 100 kg/m²

$$\text{Beban} = 100 \times 6 \times 5 = 3000 \text{ kg}$$

3. Beban angin

Diabaikan karena pada perencanaan ini, beban angin tidak ditinjau.

4. . Beban Total

$$\text{Beban total} = 147708 + 8640 + 3000 = 159348 \text{ kg}$$

Desain dimensi kolom dengan sisi 450 mm dan 450 mm

$$A_{\text{gross}} = \text{beban total} / (f_c' / 3) = 159348 / (41.25 / 3) = 11588.94 \text{ mm}^2 < 202500 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

∴ Kolom dengan dimensi 450 x 450 mm² dapat digunakan

3.5 Pembebanan

Pembebanan dalam analisis ini menggunakan pedoman SNI 1727-2013, dengan kombinasi pembebanan :

$$\text{Comb1} = 1.4 D$$

$$\text{Comb2} = 1.2D + 1.6L$$

$$\text{Comb3} = 1.321D + 1L + 1Ex + 0.3Ey$$

$$\text{Comb4} = 1.321D + 1L + 1Ex - 0.3Ey$$

$$\text{Comb5} = 1.321D + 1L - 1Ex + 0.3Ey$$

$$\text{Comb6} = 1.321D + 1L - 1Ex - 0.3Ey$$

$$\text{Comb7} = 1.321D + 1L + 0.3Ex + 1Ey$$

$$\text{Comb8} = 1.321D + 1L + 0.3Ex - 1Ey$$

$$\text{Comb9} = 1.321D + 1L - 0.3Ex + 1Ey$$

$$\text{Comb10} = 1.321D + 1L - 0.3Ex - 1Ey$$

$$\text{Comb11} = 0.7784D + 1Ex + 0.3Ey$$

$$\text{Comb12} = 0.7784D + 1Ex - 0.3Ey$$

$$\text{Comb13} = 0.7784D - 1Ex + 0.3Ey$$

$$\text{Comb14} = 0.7784D - 1Ex - 0.3Ey$$

$$\text{Comb15} = 0.7784D + 0.3Ex + 1Ey$$

$$\text{Comb16} = 0.7784D + 0.3Ex - 1Ey$$

$$\text{Comb17} = 0.7784D - 0.3Ex + 1Ey$$

$$\text{Comb18} = 0.7784D - 0.3Ex - 1Ey$$

3.5.2 Mendesain Gaya Gempa

Dalam mendesain gaya gempa menggunakan respon spektrum sehingga besarnya gaya tidak ditampilkan dalam nominal tertentu.

a. Kategori Desain Gempa

Berdasarkan Nilai S_{DS} , S_{D1} , dan Kategori Resiko IV

→ Tergolong kategori desain gempa D (SNI 1726 2019 Tabel 8).

b. Pemilihan Sistem Struktur

Sistem struktur dari bangunan ini yaitu “**Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus**” untuk arah x dan y:

$$R^n = 8; \Omega_0^g = 3; C_d = 5.5 \text{ (SNI 1726-2012 Tabel 12 hlmn 50)}$$

$h_{n \text{ max}}$ = Tinggi maksimum tidak dibatasi

$$h_n = 20 \text{ m}$$

c. Waktu Getar Alami Fundamental

Periode yang terjadi dalam arah x dan y didapatkan dari program SAP2000:

$$T_x = 0.844 \text{ detik}$$

$$T_y = 0.898 \text{ detik}$$

d. Approximate Fundamental Period T_a

$$T_a = C_t \cdot (h_n)^x = 0.69 \text{ detik (SNI 1726 2019 Tabel 18 hlmn 72)}$$

$$C_t = 0.0466 \text{ (Rangka Beton Pemikul Momen)}$$

$$x = 0.9 \text{ (Rangka Beton Pemikul Momen)}$$

e. Upper Limit of Fundamental Period (T_{max})

$$T_{max} = C_u \cdot T_a = 1.4 \times 0.69 = 0.966 \text{ detik (SNI 1726 2019 Tabel 17 hlmn 72)}$$

$$C_u = 1.4 \text{ (} S_{D1} > 0.5 \text{)}$$

$$T_a < T_x < T_{max} \rightarrow \text{sehingga untuk arah x diambil } T_x \text{ terpakai} = 0.844 \text{ detik}$$

$$T_a < T_y < T_{max} \rightarrow \text{sehingga untuk arah y diambil } T_y \text{ terpakai} = 0.898 \text{ detik}$$

f. Perencanaan V_{drift}

1. Koefisien respons gempa C_s

- Untuk arah x

$$C_{sx} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0.607}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0.0759g$$

$$C_{smax\ x} = \frac{S_{D1}}{T_x \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad \text{(SNI 1726 2019 ps.32 hlmn 70)}$$

$$= 0.074 \text{ g}$$

$$C_{smin\ x} = 0.044 \times S_{DS} \times I_e \quad \text{(SNI 1726 2019 ps.34 hlmn 70)}$$

$$= 0.044 \times 0.607 \times 1 = 0.02671g$$

$$C_{sx} \text{ terpakai} = 0.074g$$

- Untuk arah y

$$C_{sy} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0.607}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0.0759g$$

$$C_{smax\ y} = \frac{S_{D1}}{T_y \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad \text{(SNI 1726 2019 ps.32 hlmn 70)}$$

$$= \frac{0.5}{0.898 \left(\frac{8}{1}\right)}$$

$$= 0.0912g$$

$$C_{smin y} = 0.044 \times S_{DS} \times I_e \quad (\text{SNI 1726 2019 ps.34 hlmm 70})$$

$$= 0.044 \times 0.607 \times 1 = 0.02671g$$

$$C_{sy} \text{ terpakai} = 0.0759$$

3.5.3 Berat Struktur Bangunan Beton Mutu Tinggi

Dari perhitungan *SAP 2000* didapatkan data berat total bangunan seperti terlihat pada tabel 3.7

Tabel 3.7 Berat struktur

Tingkat	Tinggi Lantai(m)	Ketinggian(m)	Berat Lant(kN)
Atap	4	30	5568.8437
6	4	26	5440.33
5	4	22	5210.314
4	4	18	5233.031
3	4	14	5472.319
2	4	10	5532.712
1	4	6	5216.1572
3.7069kN atau 3841648.19 Kg			

3.6 Perencanaan Balok Induk

3.6.1 Data Balok Induk dengan Beton Mutu Normal

Berdasarkan design yang telah dilakukan sebelumnya, data dari balok induk sebagai berikut :

1. Tulangan Lentur D19 ($f_y = 400$ Mpa)
2. Tulangan Sengkang D10 mm ($f_y = 400$ Mpa)
3. Mutu beton normal = $f_c' = 24,9$ Mpa
4. Tebal selimut beton = 40 mm

3.6.1.2 Tulangan Lentur Balok Induk Bentang Ukuran 300 x 600

Dari hasil penggunaan *SAP2000*, didapatkan :

Momen lapangan $M_{u+} = 137.72$ kNm

Momen tumpuan $M_{u-} = -317.60$ kNm

Perhitungan tulangan lapangan tumpuan balok induk :

$$= 0.9, f_c' = 24.9 \text{ Mpa}$$

$$C = T$$

$$0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b = f_y \cdot A_s$$

$$0.85 \times 24.9 \times 0.85 \times 300 \times c = 400 A_s$$

$$5418.75 \times C = 400 \times A_s$$

$$C = 0.073 A_s$$

$$M_u \leq M_n$$

$$317.50 \leq 0.9(f_y \cdot A_s)(d - 1/2a)$$

$$317.50 \leq 0.9(400 \times A_s)(440.5 - 1/2 \times 0.85 \times 0.073 A_s)$$

$$A_s = 1627.25 \text{ mm}^2$$

$$N = 6 \text{ buah}$$

Keterangan :

As = luasan tulangan

n = jumlah tulangan yang dibutuhkan

Tulangan lapangan diambil 0.5 dari As tumpuan :

Perhitungan luasan tulangan yang dibutuhkan harus dicek kembali dengan syarat As min dan As max berdasarkan SNI 2847-2019 :

$$As_{\min 1} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4f_y} \times b_w \times d = \frac{\sqrt{25}}{4 \times 400} \times 300 \times 440.5 = 412 \text{ mm}^2$$

$$As_{\min 2} = \frac{1.4}{f_y} \times b_w \times d = \frac{1.4}{400} \times 300 \times 440.5 = 462.525 \text{ mm}^2$$

$$As_{\min} = 462.525 \text{ mm}^2$$

(SNI 2847 : 2019 ps 9.6.1.2 hlmn 189)

$$As_{\max} = 0.025 \times b_w \times d = 0.025 \times 300 \times 440.5 = 3303.75$$

Karena $As_{\min} < As_{\text{hitung}} < As_{\max}$ maka:

$$As_{\text{terpasang}} = As_{\text{hitung}} = 1529.725 \text{ mm}^2 \text{ (6D19)}$$

$$\frac{1}{2} As = \frac{1}{2} \times 1529.725 = 764.8625 \text{ mm}^2$$

$$n = 3 \text{ buah (3D19)}$$

Cek syarat minimal jarak antar tulangan :

$$\text{Jarak antar tulangan} = (300 - 80 - 20 - 6 \times 19) / 4 = 21.5 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

3.6.2 Balok Induk dengan Beton Mutu Tinggi

Berdasarkan preliminary design yang telah dilakukan sebelumnya, perancangan balok induk sebagai berikut :

1. Tulangan Lentur D19 ($f_y = 400 \text{ Mpa}$)
2. Tulangan Sengkang D10 mm ($f_y = 400 \text{ Mpa}$)
3. Mutu beton normal = $f_c' = 41.25 \text{ Mpa}$ atau K500
4. Tebal selimut beton = 40 mm

3.6.2.2 Tulangan Lentur Balok Induk Bentang Ukuran 250 x 400 mm

Dari hasil penggunaan SAP2000, didapatkan :

Momen lapangan $M_u+ = 129.69 \text{ kNm}$

Momen tumpuan $M_u- = -337.60 \text{ kNm}$

Perhitungan tulangan lapangan tumpuan balok induk :

$$= 0.9, f_c' = 41.25 \text{ MPa}$$

$$C = T$$

$$0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b = f_y \cdot As$$

$$0.85 \times 41.25 \times 0.85 \times 250 \times c = 400 As$$

$$7450.781 \times C = 400 \times As$$

$$C = 0.0536 A_s$$

$$M_u \leq M_n$$

$$337.60 \leq 0.9(f_y A_s)(d-1/2a)$$

$$337.60 \leq 0.9(400 A_s)(390.5-1/2 \times 0.85 \times 0.0536 A_s)$$

$$A_s = 1427.25 \text{ mm}^2$$

Keterangan :

A_s = luasan tulangan

n = jumlah tulangan yang dibutuhkan

Tulangan lapangan diambil 0.5 dari A_s tumpuan :

Perhitungan luasan tulangan yang dibutuhkan harus dicek kembali dengan syarat

$A_{s \text{ min}}$ dan $A_{s \text{ max}}$ berdasarkan SNI 2847-2019 :

$$A_{s \text{ min1}} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4f_y} \times b_w \times d = \frac{\sqrt{41.25}}{4 \times 400} \times 250 \times 390.5 = 412 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min2}} = \frac{1.4}{f_y} \times b_w \times d = \frac{1.4}{400} \times 250 \times 390.5 = 462.525 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = 462.525 \text{ mm}^2$$

(SNI 2847:2019 ps 9.6.1.2 hlmn 189)

$$A_{s \text{ max}} = 0.025 \times b_w \times d = 0.025 \times 300 \times 440.5 = 3303.75$$

Karena $A_{s \text{ min}} < A_{s \text{ hitung}} < A_{s \text{ max}}$ maka:

$$A_{s \text{ terpasang}} = A_{s \text{ hitung}} = 1529.725 \text{ mm}^2 \text{ (6D19)}$$

$$\frac{1}{2} A_s = \frac{1}{2} \times 1529.725 = 764.8625 \text{ mm}^2$$

$$n = 3 \text{ buah (3D19)}$$

Cek syarat minimal jarak antar tulangan :

$$\text{Jarak antar tulangan} = (300 - 80 - 20 - 6 \times 19) / 4 = 21.5 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

3.7 Perencanaan Kolom

3.7.1 Data Kolom Bangunan dengan Beton Normal

Ukuran Kolom : 600 x 600 mm

Tulangan lentur : $f_y = 400 \text{ Mpa}$, D19 , $f_c' = 24,9 \text{ Mpa}$ atau K500

Tulangan sengkang : $f_y = 240 \text{ Mpa}$, D10

Tabel 3.13 Rekapitulasi beban aksial terfaktor

STORY	STATION (m)	D (kN)	L (kN)	EX (kN)	EY (kN)	Nu Max (kN)	Nu Min (kN)
Story 7	3.4	- 307.6446	-48.8553	4.9482	4.9482	-233.038	-547.737
Story 7	0	-	-48.8553	4.9482	4.9482	-256.106	-595.776

		337.2798					
Story 6	3.4	- 637.7111	-96.3573	16.5823	16.5823	- 474.8373	-1130.35
Story 6	0	- 667.3463	-96.3573	16.5823	16.5823	-497.905	- 1178.387
Story 5	3.4	- 307.6446	-48.8553	4.9482	4.9482	-233.038	-547.737
Story 5	0	- 337.2798	-48.8553	4.9482	4.9482	-256.106	-595.776
Story 4	3.4	- 637.7111	-96.3573	16.5823	16.5823	- 474.8373	-1130.35
Story 4	0	- 667.3463	-96.3573	16.5823	16.5823	-497.905	- 1178.387
Story 3		- 970.5395	- 144.3847	34.777	34.777	-710.732	-1718.8
Story 3	0	- 1000.175	- 144.3847	34.777	34.777	-733.325	- 1766.834
Story 2	3.4	- 1304.928	- 192.7255	59.9043	59.9043	- 978.8799	-2310.46
Story 2	0	- 1334.563	- 192.7255	59.9043	59.9043	-960.948	- 2358.496
Story 1	5.4	- 1643.886	- 241.9664	95.2409	95.2409	- 1155.788	-2912.98
Story 1	0	- 1673.521	- 241.9664	95.2409	95.2409	-1178.86	- 2961.023

3.7.3 Perhitungan Kolom Bangunan dengan Mutu Beton Tinggi
 Ukuran Kolom : 450 x 450 mm
 Tulangan lentur : $f_y = 400 \text{ Mpa}$, D19 , $f_c' = 41.25 \text{ MPa}$
 Tulangan sengkang : $f_y = 240 \text{ Mpa}$, D10

Tabel 3.17 Rekapitulasi Beban Aksial Terfaktor

STORY	STATIONm(m)	D (kN)	L (kN)	EX (kN)	EY (kN)	Nu Max (kN)	Nu Min (kN)
Story 7	3.4	- 307.6446	-48.8553	4.9482	4.9482	-233.038	-547.737
Story 7	0	- 337.2798	-48.8553	4.9482	4.9482	-256.106	-595.776
Story 6	3.4	- 637.7111	-96.3573	16.5823	16.5823	- 474.8373	-1130.35
Story 6	0	- 667.3463	-96.3573	16.5823	16.5823	-497.905	- 1178.387
Story 5	3.4	- 315.6446	-68.355	4.9482	4.9482	-233.038	-547.737
Story 5	0	-	-68.355	4.9482	4.9482	-256.106	-595.776

		337.2798					
Story 4	3.4	- 837.7111	-106.73	16.5823	16.5823	- 474.8373	-1130.35
Story 4	0	- 910.3463	-106.73	16.5823	16.5823	-497.905	- 1178.387
Story 3		- 970.5395	- 144.3847	34.777	34.777	-710.732	-1718.8
Story 3	0	- 1315.175	- 144.3847	34.777	34.777	-733.325	- 1766.834
Story 2	3.4	- 1312.928	- 192.7255	59.9043	59.9043	- 978.8799	-2910.46
Story 2	0	- 1341.563	- 192.7255	59.9043	59.9043	-960.948	- 3058.496
Story 1	5.4	- 1978.886	- 241.9664	95.2409	95.2409	- 1155.788	-2912.98
Story 1	0	- 1884.521	- 241.9664	95.2409	95.2409	-1178.86	- 2961.023

3.8 Analisa Perbandingan Beton Mutu Normal dan Beton Mutu Tinggi

3.8.1 Kekuatan Sambungan

Karena itu, penambahan mutu beton dan penggunaan beton mutu tinggi juga akan berakibat pada penambahan pada kapasitas joint sesuai dengan persamaan pada SNI 2847-2019. Dalam penelitian ini peneliti meninjau salah satu bagian joint yang mengalami gaya geser terbesar dan membandingkan kekuatan kapasitas joint yang tersedia :

1. Sambungan Balok dan Kolom Mutu Beton Normal

$$V_{ex} = 114.34 \text{ kN}$$

$$V_{jx} \text{ (atas)} = V_1 + V_2 - V_{ex}$$

$$= 236.311 + 554.369 - 114.34 = 356.72 \text{ kN}$$

$$b_j = \min [(b+h) \text{ atau } (b+2x)] \text{ (sesuai dengan SNI 2847-2019)}$$

$$= \min (300+500) \text{ atau } 300 + 2 \times (600-300)/2$$

$$= \min (800 \text{ atau } 300)$$

$$= 600 \text{ mm}$$

$$h_j = 600 \text{ mm}$$

$$A_j = b_j \times h_j = 600 \times 600 = 360000 \text{ mm}^2$$

$$\phi V_n = 0.75 \times 1 \times 25 \times A_j \quad \text{(Kolom dengan 2 balok merangka)}$$

$$= 0.75 \times 1 \times 25^{0.5} \times 360000$$

$$= 1350 \text{ Kn}$$

Check

$$V_{jx} \leq \phi V_n$$

356.72 kN ≤ 1350 kN(OK → kekuatan joint sudah cukup, dengan efesiensi 26%, hanya 26% kapasitas yang terpakai untuk menahan gaya geser)

2. Sambungan Balok dan Kolom Beton Mutu Tinggi

$$V_{ex} = 214.34 \text{ kN}$$

$$V_{jx} \text{ (atas)} = V_1 + V_2 - V_{ex}$$

$$\begin{aligned}
 &= 136.311 + 374.369 - 214.34 = 296.34 \text{ kN} \\
 b_j &= \min [(b+h) \text{ atau } (b+2x)] \text{ (sesuai dengan SNI 2847-2019)} \\
 &= \min (300+450) \text{ atau } 300 + 2 \times (450-300)/2 \\
 &= \min (800 \text{ atau } 300) \\
 &= 600 \text{ mm} \\
 H_j &= 500 \text{ mm} \\
 A_j &= b_j \times h_j = 450 \times 450 = 202500 \text{ mm}^2 \\
 \phi V_n &= 0.75 \times 1 \times 25 \times A_j \quad \text{(Kolom dengan 2 balok merangka)} \\
 &= 0.75 \times 1 \times 25^{0.5} \times 202500 \\
 &= 975.434 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Check

$$V_{jx} \leq \phi V_{nx}$$

296.34 kN \leq 975.434 kN.....(OK \rightarrow kekuatan joint sudah cukup, dengan efisiensi 30%, hanya 30% kapasitas yang terpakai untuk menahan gaya geser.

4. KESIMPULAN

Kekuatan bangunan gedung Universitas X menggunakan beton mutu tinggi lebih baik, terutama pada bagian balok dan kolom, namun lebih rendah pada bagian sambungan (joint) balok dan kolom karena dimensi pada beton mutu rendah yang lebih kecil. Dimensi yang digunakan pada beton mutu tinggi lebih kecil daripada beton mutu normal, dengan dimensi balok dan kolom yang lebih kecil. Beton mutu tinggi memiliki efisiensi yang lebih baik, daripada beton mutu normal dengan dimensi yang lebih kecil secara keseluruhan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Dosen Pembimbing, Bapak dan Ibu Dosen lainnya, keluarga dan teman-teman.

6. DAFTAR PUSTAKA

Almufid. (2012). PERENCANAAN BETON MUTU TINGGI (KUAT TEKAN BESAR) DENGAN BAHAN TAMBAHAN. Jurnal Teknik Vol. 1. No. 2.

Antoni dan Paul Nugraha., 2007. Teknologi Beton. Penerbit C.V Andi Offset, Yogyakarta.

Badan Standardisasi Nasional. (2020). Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung Persyaratan dan Struktur Lain. SNI 1727-2020.

Bingly, Y., Wibowo, L. S. B., & Cahyono, M. S. D. (2021, November). Analisis Perbandingan Desain Struktur Bangunan Bertingkat Beton Bertulang Menggunakan Material Mutu Normal Dan Mutu Tinggi. In Seminar Nasional Ilmu Terapan (Vol. 5, No. 1, pp. C05-C05).