

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Pendahuluan

Analisis dan pembahasan hasil analisis akan di bahas pada bab v ini. Meliputi analisis pembebanan, penentuan profil, cek ketidakberaturan horizontal torsional, cek ketidakberaturan vertikal, simpangan lantai, story drift, cek efek P-delta, dan momen lentur bangunan. Hasil analisis nantinya disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik.

5.2 Perhitungan Pembebanan Gravitasi

5.2.1. Beban Mati Bangunan

Beban mati yang juga termasuk pada perhitungan ini adalah beban tetap yang digunakan pada struktur bangunan, seperti pada pelat lantai, dan dinding. Perhitungan beban mati yang digunakan dapat dilihat pada uraian berikut ini.

1. Beban mati pelat lantai

Pelat beton	= 0,16 m x 24 kN/m ³	= 3,84 kN/m ²
Pasir	= 0,05 m x 18 kN/m ³	= 0,9 kN/m ²
Spesi	= 0,02 m x 0,21 kN/m ³	= 0,0042 kN/m ²
Keramik		= 0,15 kN/m ²
Plafon		= 0,18 kN/m ²
Ducting AC		= 0,15 kN/m ²
Total		= 5,2 kN/m ²

2. Beban mati pelat atap

Pelat beton	= 0,16 m x 24 kN/m ³	= 3,84 kN/m ²
Spesi	= 0,02 m x 0,21 kN/m ³	= 0,0042 kN/m ²
Plafon		= 0,18 kN/m ²
Ducting AC		= 0,15 kN/m ²
Total		= 4,3 kN/m ²

3. Beban mati dinding
 Beban total = $4 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 18 \text{ kN/m}^3 = 10,8 \text{ kN/m}$
4. Beban mati dinding jendela 1
 Beban total = $2,191 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 18 \text{ kN/m}^3 = 5,9 \text{ kN/m}$
5. Beban mati dinding jendela 2
 Beban total = $3 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 18 \text{ kN/m}^3 = 8,1 \text{ kN/m}$

5.2.2. Beban Hidup

Perhitungan beban hidup dalam analisis ini menggunakan SNI-1727/2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Penggunaan bangunan adalah bangunan apartemen, berdasarkan SNI 1727 tahun 2013 perlu dilakukan reduksi beban hidup apabila nilai perkalian antara faktor elemen beban hidup (K_{ll}) dengan luasan tributary (A_T) dalam lebih dari $37,16 \text{ m}^2$, maka dilakukan pengecekan perlu tidaknya reduksi beban hidup seperti berikut.

1. Beban hidup lantai

Fungsi lantai	= Ruang pribadi dan Koridor
A_T	= $6 \text{ m} \times 8 \text{ m} = 48 \text{ m}^2$
K_{ll}	= 1
$A_T \times K_{ll}$	= $48 \text{ m}^2 \times 1 = 48 \text{ m}^2$ (Perlu Reduksi)
L_o	= $1,92 \text{ kN/m}$
L	= $1,746 \text{ kN/m}$

Karena $L > 0,5L_o$ maka dipakai nilai L yaitu sebesar $1,746 \text{ kN/m}$

2. Beban hidup atap

Fungsi lantai	= Atap datar
A_T	= $6 \text{ m} \times 8 \text{ m} = 48 \text{ m}^2$
K_{ll}	= 1
$A_T \times K_{ll}$	= $48 \text{ m}^2 \times 1 = 48 \text{ m}^2$ (Perlu Reduksi)
L_o	= $0,96 \text{ kN/m}$
L	= $0,873 \text{ kN/m}$

Karena $L > 0,5L_o$ maka dipakai nilai L yaitu sebesar $0,873 \text{ kN/m}$

3. Beban hidup taman

Fungsi lantai = Atap datar

A_T = $6 \text{ m} \times 8 \text{ m} = 48 \text{ m}^2$

K_{ll} = 1

$A_T \times K_{ll}$ = $48 \text{ m}^2 \times 1 = 48 \text{ m}^2$ (Perlu Reduksi)

L_o = $3,49 \text{ kN/m}$

L = $3,175 \text{ kN/m}$

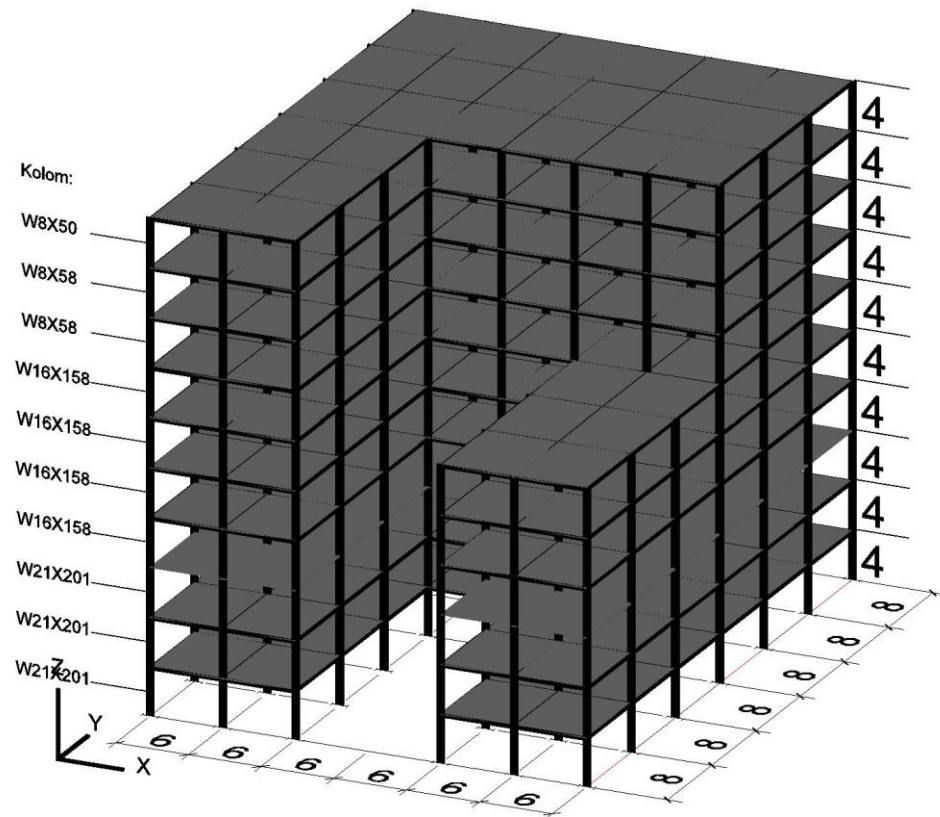
Karena $L > 0,5L_o$ maka dipakai nilai L yaitu sebesar $3,175 \text{ kN/m}$

5.3 Penentuan Dimensi Struktur

Sebelum melakukan analisis struktur bangunan yang dimodelkan pada penelitian ini, dilakukan penentuan profil struktur yang akan digunakan, dalam menentukan profil struktur, penelitian ini mengikuti peraturan SNI-1729/2015 tentang spesifikasi pada struktur gedung bangunan baja. Komponen struktur yang dihitung adalah komponen struktur balok dan kolom gedung, di mana kapasitas suatu profil harus lebih dari gaya ultimit suatu struktur, berikut merupakan perhitungan dalam penentuan profil-profil struktur yang digunakan.

1. Perhitungan profil kolom

Penggunaan profil kolom dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Profil Elemen Struktur Kolom

Berikut merupakan langkah-langkah dalam perhitungan profil kolom yang digunakan pada lantai 1.

- a. Cek profil kompak

Jenis profil = W21x201

$$\frac{B}{t} = 7,730$$

$$0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 16,166$$

Berdasarkan perhitungan tersebut didapat $7,730 < 16,166$, maka profil termasuk dalam profil kompak

- b. Menghitung rasio kelangsingan efektif

$$\frac{K.L}{r} = 52,046$$

Berdasarkan perhitungan tersebut didapat $52,046 < 200$, maka rasio kelangsingan efektif profil aman.

c. Menghitung tegangan kritis (F_{cr})

Karena nilai rasio kelangsingan efektif kurang dari syarat yang ditentukan maka nilai F_{cr} dihitung seperti berikut.

$$F_{cr} = (0,658 \frac{F_y}{F_e}) \times F_y$$

$$F_{cr} = 209,095 \text{ MPa}$$

d. Menghitung kekuatan tekan nominal (P_n)

$$\phi P_n = \frac{209,095 \times 38193,472 \times 0,9}{1000}$$

$$\phi P_n = 7187,466 \text{ kN}$$

$$P_u = 3499,79 \text{ kN}$$

$\phi P_n > P_u$ maka profil dapat digunakan (Aman)

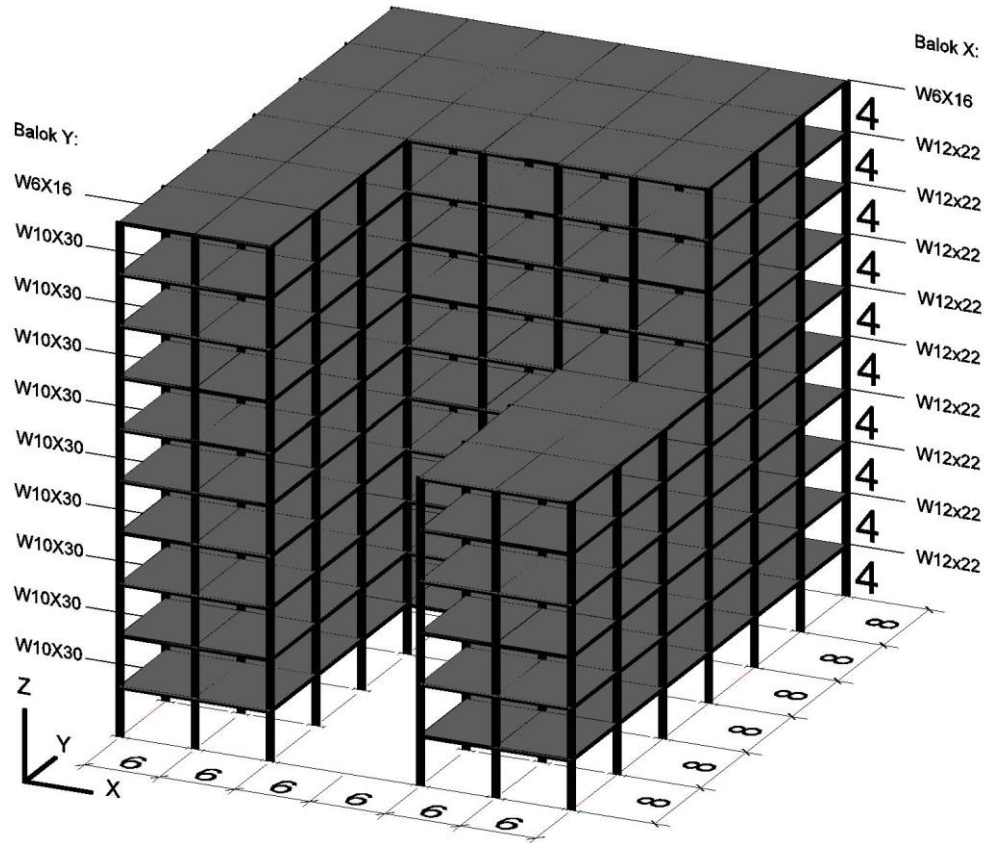
Rekapitulasi profil kolom yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Profil Kolom

STORY	JENIS	P (KN)	PROFIL PAKAI
STORY 1	DALAM	3499,79	W21x201
	LUAR	3249,46	W21x201
STORY 2	DALAM	3140,85	W21x201
	LUAR	2899,84	W21x201
STORY 3	DALAM	2784,49	W21x201
	LUAR	2558,38	W21x201
STORY 4	DALAM	2426,53	W18x158
	LUAR	2221,84	W18x158
STORY 5	DALAM	2071,92	W18x158
	LUAR	1893,02	W18x158
STORY 6	DALAM	1723,84	W16x100
	LUAR	1566,15	W16x100
STORY 7	DALAM	1378,28	W16x100
	LUAR	1246,34	W16x100
STORY 8	DALAM	1018,6	W8X58
	LUAR	916,9	W8X58
STORY 9	DALAM	656,18	W8X58
	LUAR	581,2	W8X58
STORY 10	DALAM	162,74	W8X40
	LUAR	245,3	W8X40

2. Perhitungan profil balok

Penggunaan profil balok dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut



Gambar 5.2 Profil Elemen Struktur Balok

Pada analisa kali ini digunakan asumsi bawah $L_b < L_p$, sehingga nilai momen nominal sama dengan momen plastis yang ada pada suatu komponen struktur, berikut merupakan langkah-langkah dalam perhitungan profil balok yang digunakan pada lantai 1.

- a. Cek profil kompak

Jenis profil = W10x30

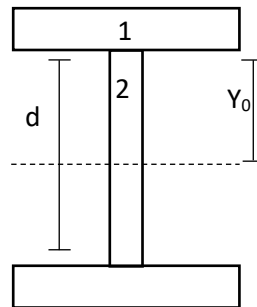
$$\frac{B}{t} = 11,382$$

$$0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 16,166$$

Berdasarkan perhitungan tersebut didapat $11,382 < 16,166$, maka profil termasuk dalam profil kompak

- b. Menghitung modulus penampang plastis

Penampang profil dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Penampang Profil

$$\begin{aligned}
 A_1 &= 148 \times 13 \\
 &= 1911,674 \text{ mm}^2 \\
 A_2 &= (0,5 \times 267 - 13) \times 8 \\
 &= 917,418 \text{ mm}^2 \\
 Y_1 &= (0,5 \times 267) - (0,5 \times 13) \\
 &= 126,873 \text{ mm} \\
 Y_2 &= (0,5 \times (0,5 \times 267 - 13)) \\
 &= 60,198 \text{ mm} \\
 Y_0 &= \frac{1911,674 \times 126,873 + 917,418 \times 60,198}{1911,674 + 917,418} \\
 &= 105,252 \text{ mm} \\
 d &= 105,252 \times 2 \\
 &= 210,503 \text{ mm} \\
 Z &= (1911,674 + 917,418) \times 210,503 \\
 &= 595532,928 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

c. Menghitung kapasitas momen plastis (M_p)

$$\begin{aligned}
 M_p &= 240 \times 595532,928 \\
 &= 142927902,7 \text{ Nmm} \\
 &= 142,928 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$M_u = 55,679 \text{ kNm}$$

$M_p > M_u$ maka profil dapat digunakan (Aman)

Rekapitulasi profil balok yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5.2

Tabel 5.2 Rekapitulasi Profil Balok

STORY	MOMEN (KNm)	JENIS	BALOK X	BALOK Y
STORY 1	55,679	INDUK	W12X22	W10X30
STORY 2	54,721	INDUK	W12X22	W10X30
STORY 3	55,19	INDUK	W12X22	W10X30
STORY 4	56,246	INDUK	W12X22	W10X30
STORY 5	57,703	INDUK	W12X22	W10X30
STORY 6	68,028	INDUK	W12X22	W10X30
STORY 7	58,5	INDUK	W12X22	W10X30
STORY 8	60,538	INDUK	W12X22	W10X30
STORY 9	60,841	INDUK	W12X22	W10X30
STORY 10	18,644	INDUK	W6X16	W6X16

3. Penentuan profil bresing

Profil yang digunakan untuk bresing/pengaku ditentukan dengan cara trial and error pada program analisis ETABS dan kuat rencana batang bresing minimal 1,5 kali beban terfaktor berdasarkan kombinasi pembebanan yang telah ditentukan. Dilakukan percobaan agar didapat profil yang aman. Semua bangunan yang menggunakan sistem bresing menggunakan profil bresing yang sama. Berikut rekapitulasi profil bresing pada tiap lantai dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Rekapitulasi Profil Bresing

STORY	JENIS	PROFIL	STORY	JENIS	PROFIL
STORY 1	BRESING	W8X48	STORY 6	BRESING	W8X40
STORY 2	BRESING	W8X48	STORY 7	BRESING	W8X40
STORY 3	BRESING	W8X48	STORY 8	BRESING	W8X40
STORY 4	BRESING	W8X40	STORY 9	BRESING	W8X40
STORY 5	BRESING	W8X40	STORY 10	BRESING	W8X40

5.4 Perhitungan Beban Gempa

Pada penelitian ini perhitungan besaran nilai beban gempa menggunakan peraturan SNI-1726:2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan struktur akibat gempa untuk jenis bangunan non gedung dan bangunan gedung, Langkah perhitungan dapat dilihat pada uraian berikut.

1. Penentuan faktor keutamaan dan kategori risiko bangunan

Bangunan yang digunakan pada analisis merupakan gedung dengan jenis pemanfaatan adalah gedung apartemen, berdasarkan SNI 1726:2012, maka bangunan memiliki kategori risiko I dengan faktor keutamaan gempa (I_e) sebesar 1,0. Bangunan tersebut berada di daerah dengan jenis tanah sedang (SD).

2. Penentuan nilai S_1 dan S_s

Nilai percepatan batuan dasar pada periode pendek (S_s), dan percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S_1) bergantung pada letak dari suatu bangunan, untuk menentukan besaran nilai S_s dan S_1 dapat dilihat pada gambar 9 dan gambar 10 dalam SNI 1726:2012. Pada bangunan yang berlokasi di daerah Yogyakarta ini didapatkan nilai S_s sebesar 1 g, dan untuk nilai S_1 adalah sebesar 0,4 g.

3. Penentuan nilai F_v dan F_a

Nilai faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a), dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v) berhubungan dengan besaran nilai S_s dan S_1 bangunan, nilai F_a dan F_v dapat dilihat pada tabel 4 dan tabel 5 dalam SNI 1726:2012. Pada bangunan yang di analisa ini didapatkan nilai F_a sebesar 1,1 dan untuk nilai F_v adalah sebesar 1,6.

4. Perhitungan nilai S_{MS} dan S_{M1}

Berdasarkan pasal 6.2 SNI 1726:2012, nilai respons spektrum percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan respons spektrum percepatan pada periode 1 detik (S_{M1}) dapat didapat dengan perumusan berikut ini.

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

$$\begin{aligned}
 &= 1 \text{ g} \\
 S_{M1} &= F_v \times S_1 \\
 &= 0,64 \text{ g}
 \end{aligned}$$

5. Perhitungan nilai S_{DS} dan S_{D1}

Nilai parameter percepatan respons spektral pada periode pendek (S_{DS}) dan parameter percepatan respons spektral pada periode 1 detik (S_{D1}) ditentukan dengan perumusan seperti berikut ini:

$$\begin{aligned}
 S_{DS} &= \frac{2}{3} \times S_{MS} \\
 &= 0,667 \text{ g} \\
 S_{D1} &= \frac{2}{3} \times S_{M1} \\
 &= 0,427 \text{ g}
 \end{aligned}$$

6. Penentuan nilai C_{RS} dan C_{R1}

Nilai terpetakan koefisien risiko spesifik situs untuk periode pendek (C_{RS}) dan nilai terpetakan koefisien risiko spesifik situs untuk periode 1 detik (C_{R1}) bergantung pada letak dari suatu bangunan. Kedua nilai tersebut di dapat dari mengamati gambar 12 dan 13 pada peraturan SNI-1726/2012. Pada analisis ini digunakan nilai C_{RS} adalah 1 dan untuk nilai C_{R1} adalah 1.

7. Perhitungan nilai S_{DSR} dan S_{D1R}

Nilai S_{DSR} dan S_{D1R} didapatkan dengan cara mengalikan nilai S_{DS} dan S_{D1} dengan nilai C_{RS} dan C_{R1} seperti uraian berikut.

$$\begin{aligned}
 S_{DSR} &= S_{DS} \times C_{RS} \\
 &= 0,667 \text{ g} \\
 S_{D1R} &= S_{D1} \times C_{R1} \\
 &= 0,427 \text{ g}
 \end{aligned}$$

8. Desain respons spektrum

Desain respons spektrum menggunakan peraturan SNI-1726/2012 sesuai pada pasal 6.4. desain respons spektrum nantinya digunakan sebagai input data gempa pada program ETABS. Uraian perhitungan seperti di bawah ini.

a. Perhitungan nilai T_0 dan T_s .

$$T_s = \frac{S_{D1R}}{S_{DSR}}$$

$$T_s = 0,64 \text{ detik}$$

$$T_0 = \frac{S_{D1R}}{S_{DSR}} \times 0,2$$

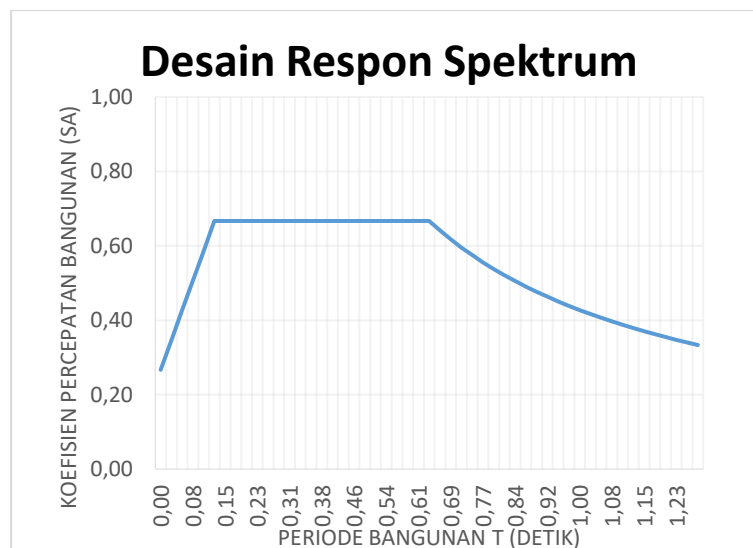
$$T_0 = 0,128 \text{ detik}$$

b. Perhitungan percepatan spektral (S_a)

Nilai percepatan spektral bergantung pada periode T_0 , nilai tersebut dapat di hitung dengan persamaan berikut.

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

Dari persamaan tersebut dibuat grafik hubungan antara T dan S_a , sehingga didapat hasil seperti pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5.4 Desain Respons Spektrum Bangunan

9. Penentuan nilai R , Ω_0 , dan C_d

Nilai koefisien modifikasi respons (R), faktor kuat lebih sistem (Ω_0), dan faktor pembesaran defleksi (C_d) bergantung pada sistem penahan gaya seismik bangunan, nilai tersebut dapat ditentukan dari tabel 9 SNI-1726/2012. Struktur bangunan yang di analisa mempunyai sistem penahan gaya seismik yaitu rangka baja pemikul momen khusus dan rangka baja dengan bresing konsentrik

husus, dan kategori desain seismik bangunan tergolong kategori D, sehingga didapat nilai sebagai berikut.

Bangunan sistem rangka baja pemikul momen khusus:

$$R = 7$$

$$\Omega_0 = 3$$

$$C_d = 5,5$$

Bangunan sistem rangka baja bresing konsentrik khusus:

$$R = 6$$

$$\Omega_0 = 2$$

$$C_d = 5$$

Selain dipengaruhi oleh sistem penahan gaya seismik, nilai tersebut juga dipengaruhi kategori desain seismik bangunan, dan tinggi total bangunan.

10. Penentuan nilai T_{pakai}

Pada analisa ini harus dilakukan perbandingan antara periode hasil analisis (T_c), Periode minimum (T_a), dan periode maksimum (T_{max}), penentuan T_{pakai} harus berdasarkan syarat berikut.

- Jika $T_c > T_{max}$, maka pakai T_{max}
- Jika $T_a < T_c < T_{max}$, maka pakai T_c
- Jika $T_c < T_a$, maka pakai T_a

Periode hasil analisis didapat dari hasil analisis program ETABS, periode minimum bergantung pada nilai parameter pendekatan C_t dan x . Nilai C_t dan x didapat pada tabel 3 SNI-1726/2012, Penentuan besaran C_t dan x berdasarkan tipe struktur. sedangkan nilai C_u didapat pada tabel 14 SNI-1726/2012 yang di sesuaikan dengan nilai S_{D1} . Periode minimum (T_a) dan periode maksimum (T_{max}) dapat dihitung dengan rumusan.

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

$$T_{max} = C_u \times T_a$$

Berdasarkan rumusan tersebut, maka diperoleh hasil rekapitulasi nilai periode bangunan seperti pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Periode Bangunan

Jenis Struktur	Tc (detik)	Ta (detik)	Tmax (detik)	Tpakai (detik)
Tanpa Bresing	3,915	1,385	1,939	1,939
Bresing 1 Story	1,761	1,163	1,628	1,628
Bresing 2 Story	1,796	1,163	1,628	1,628

Berdasarkan hasil di atas bangunan dengan sistem bresing memiliki periode getar yang lebih kecil daripada bangunan tanpa sistem bresing yang berarti penggunaan bresing juga meningkatkan kekakuan dari bangunan, berdasarkan analisa bangunan struktur tanpa bresing dapat memiliki nilai periode getar yang sama dengan sistem bresing namun harus dilakukan desain ulang untuk merubah profil struktur yang digunakan agar diperbesar dimensinya.

11. Perhitungan nilai koefisien respons seismik (C_s)

Nilai C_s dapat dihitung dengan perhitungan persamaan dibawah ini.

$$C_{S1} = \frac{S_{DSR}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$C_{S2} = \frac{S_{D1R}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$C_{S3} = 0,044 \times S_{DSR} \times I_e$$

Berdasarkan rumusan tersebut, maka rekapitulasi nilai koefisien respons seismik dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Rekapitulasi Koefisien Respons Seismik

Jenis Struktur	C_{S1}	C_{S2}	C_{S3}	C_{Spakai}
Tanpa Bresing	0,095	0,031	0,029	0,031
Bresing 1 Story	0,111	0,044	0,029	0,044
Bresing 2 Story	0,111	0,044	0,029	0,044

12. Berat total bangunan (W_{total})

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.7.2 tentang berat efektif bangunan. diambil sebesar 1 kali beban mati ditambah minimum 25% beban hidup. Nilai W_{total} pada analisis ini menggunakan hitungan dari program analisis ETABS yang telah disesuaikan dengan peraturan yang ada, sehingga didapatkan nilai seperti pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Berat Total Bangunan

Jenis Struktur	Berat Bangunan (kN)
Tanpa Bresing	53953,256
Bresing 1 Story	84322,517
Bresing 2 Story	83799,834

Peningkatan berat total bangunan sistem bresing diakibatkan adanya penambahan penampang profil bresing. Berat total bangunan dengan sistem bresing x 1-story memiliki nilai yang paling besar dibandingkan dengan bangunan tanpa sistem bresing dan bresing x 2-story.

13. Perhitungan gaya geser statik (V_{statik})

Nilai V_{statik} dapat dihitung dengan perkalian antara koefisien respons seismik dengan berat total bangunan. Rekapitulasi V_{statik} bangunan dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Gaya Geser Statik Bangunan

Jenis Struktur	V_{statik} (kN)
Tanpa Bresing	1969,50
Bresing 1 Story	4171,92
Bresing 2 Story	4150,40

Berdasarkan hasil tersebut berat total bangunan mempengaruhi besaran nilai dari gaya geser statik yang dialami oleh suatu struktur bangunan.

14. Penentuan skala gaya respon spektrum

Hasil gaya geser tidak dapat langsung digunakan untuk analisa struktur portal bangunan. Sesuai dengan pasal 7.9.4.1 peraturan SNI 1726 : 2012, bahwa

apabila nilai gaya geser dasar bangunan kurang dari 0,85 gaya geser statik maka perlu dilakukan skala ulang.

Bangunan tanpa bresing:

$$V_{statik} = 1969,50 \text{ kN}$$

$$0,85V_{statik} = 1674,076 \text{ kN}$$

$$V_x = 1842,61 \text{ kN}$$

$$V_y = 1713,84 \text{ kN}$$

Gaya geser dasar arah x dan arah y telah lebih dari $0,85V_{statik}$, maka tidak perlu skala ulang dalam analisa.

Bangunan bresing X 1-lantai:

$$V_{statik} = 4171,92 \text{ kN}$$

$$0,85V_{statik} = 3546,132 \text{ kN}$$

$$V_x = 3025,76 \text{ kN}$$

$$V_x \text{ skala} = 0,85 \times \frac{v_{statik}}{v_x}$$

$$= 1,172$$

$$V_y = 4112,58 \text{ kN}$$

Gaya geser dasar arah x kurang dari $0,85V_{statik}$, maka perlu skala ulang dalam analisa seperti perhitungan diatas.

Bangunan bresing X 2-lantai:

$$V_{statik} = 4150,40 \text{ kN}$$

$$0,85V_{statik} = 3527,834 \text{ kN}$$

$$V_x = 2984,35 \text{ kN}$$

$$V_x \text{ skala} = 0,85 \times \frac{v_{statik}}{v_x}$$

$$= 1,182$$

$$V_y = 4091,02 \text{ kN}$$

Gaya geser dasar arah x kurang dari $0,85V_{statik}$, maka perlu skala ulang dalam analisa seperti perhitungan diatas.

5.5 Distribusi Gaya Horizontal

Gaya horizontal dapat dihitung mengikuti rumusan yang sudah tercantum pada pasal 7.8.3 dalam SNI-1726/2012, nilai gaya ini bergantung pada berat tiap lantai dan besaran gaya geser statik bangunan yang telah didapatkan dari perhitungan pada Sub bab 5.3 sebelumnya, berikut merupakan uraian perhitungan dalam mencari nilai distribusi gaya gempa bangunan.

Distribusi gaya gempa bangunan tanpa bresing.

Diketahui:

$$W_i = 3648,185 \text{ kN}$$

$$H = 40 \text{ m}$$

$$V = 1969,50 \text{ kN}$$

$$k = 2$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} F_i &= \frac{W_i \times H_i^k}{\sum W_i \times H_i^k} \times V \\ &= \frac{3648,185 \times 40^2}{33249810,97} \times 1969,50 \\ &= 345,75 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tabel 5.8 berikut rekapitulasi perhitungan distribusi gaya horizontal pada bangunan tanpa bresing.

Tabel 5.8 Distribusi Gaya Horizontal Bangunan Tanpa Bresing

Lantai	W_i	H	H^k	$W_i \cdot H^k$	F_i
10	3648,18498	40	1600,00	5837095,97	345,75
9	5058,04483	36	1296,00	6555226,10	388,29
8	5077,85612	32	1024,00	5199724,67	308,00
7	5121,33503	28	784,00	4015126,66	237,83
6	9987,53059	24	576,00	5752817,62	340,76
5	6631,74247	20	400,00	2652696,99	157,13
4	6707,45801	16	256,00	1717109,25	101,71

Lanjutan Tabel 5.8

Lantai	Wi	H	Hk	Wi*Hk	Fi
3	6764,76214	12	144,00	974125,75	57,70
2	6823,59958	8	64,00	436710,37	25,87
1	6823,59958	4	16,00	109177,59	6,47

Distribusi gaya gempa bangunan bresing x 1-story.

Diketahui:

$$W_i = 6284,465 \text{ kN}$$

$$H = 40 \text{ m}$$

$$V = 4171,92 \text{ kN}$$

$$k = 2$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 F_i &= \frac{W_i \times H_i^k}{\sum W_i \times H_i^k} \times V \\
 &= \frac{6284,465 \times 40^2}{51219228,46} \times 4171,92 \\
 &= 819,01 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.9 berikut rekapitulasi perhitungan distribusi gaya horizontal pada bangunan bresing x 1-story.

Tabel 5.9 Distribusi Gaya Horizontal Bangunan Bresing X 1-Story

Lantai	Wi	H	H ^k	Wi*H ^k	Fi
10	6284,46454	40	1600,00	10055143,27	819,01
9	8320,37308	36	1296,00	10783203,51	878,32
8	8340,18438	32	1024,00	8540348,80	695,63
7	8383,66328	28	784,00	6572792,01	535,37
6	10061,3332	24	576,00	5795327,91	472,04
5	10702,8709	20	400,00	4281148,35	348,71
4	10778,5864	16	256,00	2759318,13	224,75
3	10835,8906	12	144,00	1560368,24	127,10
2	10894,728	8	64,00	697262,59	56,79
1	10894,728	4	16,00	174315,65	14,20

Distribusi gaya gempa bangunan bresing x 2-story.

Diketahui:

$$W_i = 6272,365 \text{ kN}$$

$$H = 40 \text{ m}$$

$$V = 4150,40 \text{ kN}$$

$$k = 2$$

Penyelesaian:

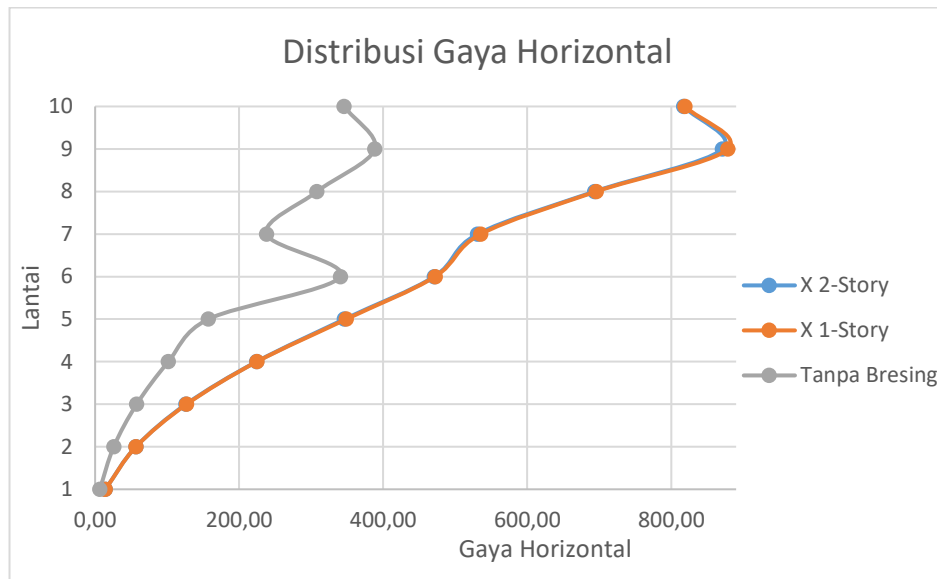
$$\begin{aligned} F_i &= \frac{W_i \times H_i^k}{\sum W_i \times H_i^k} \times V \\ &= \frac{6272,365 \times 40^2}{50964135,05} \times 4150,40 \\ &= 817,29 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tabel 5.10 berikut rekapitulasi perhitungan distribusi gaya horizontal pada bangunan bresing x 2-story.

Tabel 5.10 Distribusi Gaya Horizontal Bangunan Bresing X 2-Story

Lantai	W _i	H	H ^k	W _i *H ^k	F _i
10	6272,36489	40	1600,00	10035783,82	817,29
9	8251,759	36	1296,00	10694279,66	870,92
8	8315,98507	32	1024,00	8515568,71	693,49
7	8315,0492	28	784,00	6518998,57	530,89
6	10035,2268	24	576,00	5780290,64	470,73
5	10623,8798	20	400,00	4249551,91	346,07
4	10750,573	16	256,00	2752146,69	224,13
3	10756,8995	12	144,00	1548993,52	126,15
2	10866,7146	8	64,00	695469,73	56,64
1	10815,7369	4	16,00	173051,79	14,09

Grafik hubungan distribusi gaya horizontal pada tiap jenis bangunan dapat dilihat pada Gambar 5.5 Berikut.



Gambar 5.5 Hubungan Distribusi Gaya Horizontal

Berdasarkan grafik tersebut terdapat penurunan nilai gaya horizontal yang diterima oleh lantai ke-7, hal ini dikarenakan adanya perbedaan berat antar lantai, khususnya dari lantai ke-6 hingga lantai ke-10.

5.6 Kombinasi Pembebanan

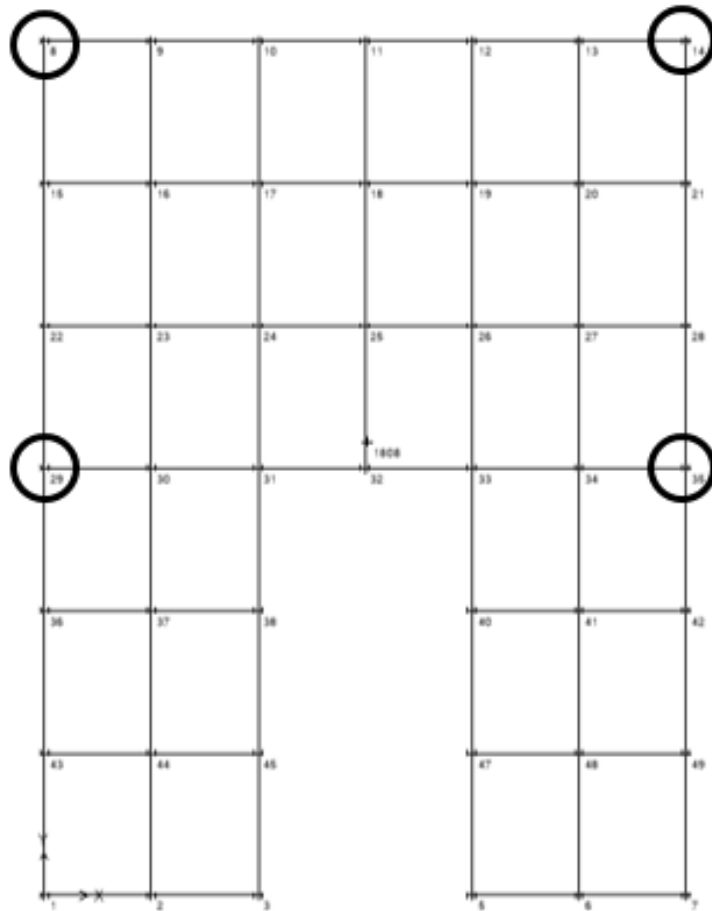
Pada tugas akhir ini tidak hanya menggunakan kombinasi dasar, namun juga memperhitungkan beban gempa pada kombinasi pembebanannya, sesuai dengan peraturan yang ada pada pasal 7.4.2.3 SNI-1726/2012, beban gempa tersebut dipengaruhi oleh faktor redundansi dan nilai S_{DS} . Bangunan yang di analisa memiliki kategori desain seismik D, sehingga dapat menggunakan nilai redundansi sebesar 1,3. Nilai S_{DS} bangunan adalah 0,667. Berikut merupakan kombinasi pembebanan yang digunakan.

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6L
3. 1,333D + 1,3Ex + 0,39Ey
4. 1,333D + 1,3Ex - 0,39Ey
5. 1,333D - 1,3Ex + 0,39Ey
6. 1,333D - 1,3Ex - 0,39Ey
7. 1,333D + 0,39Ex + 1,3Ey

8. $1,333D + 0,39Ex - 1,3Ey$
9. $1,333D - 0,39Ex + 1,3Ey$
10. $1,333D - 0,39Ex - 1,3Ey$
11. $0,767D + 1,3Ex + 0,39Ey$
12. $0,767D + 1,3Ex - 0,39Ey$
13. $0,767D - 1,3Ex + 0,39Ey$
14. $0,767D - 1,3Ex - 0,39Ey$
15. $0,767D + 0,39Ex + 1,3Ey$
16. $0,767D + 0,39Ex - 1,3Ey$
17. $0,767D - 0,39Ex + 1,3Ey$
18. $0,767D - 0,39Ex - 1,3Ey$

5.7 Ketidakberaturan Horizontal Torsional Bangunan

Bangunan yang di analisa pada tugas akhir ini memiliki bentuk denah yang tidak beraturan, maka dari itu diperlukan kontrol terkait dengan torsi yang terjadi akibat adanya perpindahan / *joint displacement* (S). Nilai perpindahan didapat dari hasil analisa struktur. Torsi yang terjadi pada bangunan tidak boleh melewati peraturan pada pasal 7.3.3 SNI 1726:2012. Bangunan yang termasuk dalam ketidakberaturan horizontal tipe 1b tidak boleh digunakan. Dalam mencari nilai torsi digunakan tinjauan pada tepi bangunan, pada tiap titiknya diambil nilai yang tertinggi, titik yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.6 Titik Tinjauan Bangunan Tampak Atas

Contoh perhitungan torsi bangunan dapat dilihat pada uraian perhitungan berikut ini.

$$S_{\text{rata-rata}} = 0,084 \text{ m}$$

$$1.2 \delta_{\text{rata-rata}} = 1,2 \times 0,084$$

$$= 0,1 \text{ m}$$

$$S_{\text{max}} = 0,090 \text{ m}$$

$$\text{Rasio Torsi} = \frac{\delta_{\text{max}}}{\delta_{\text{rata-rata}}}$$

$$= \frac{0,090}{0,084}$$

$$= 1,074$$

Dari perhitungan di atas didapat nilai $S_{\max} < 1.2 S_{\text{rata-rata}}$, maka ketidakberaturan horizontal bangunan diabaikan, dan rasio torsi adalah 1,074 yang artinya bangunan tersebut dapat digunakan, karena tidak termasuk dalam ketidakberaturan horizontal tipe 1b. Rekapitulasi hasil ketidakberaturan horizontal bangunan dapat dilihat pada Tabel 5.11, 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, dan 5.16 berikut.

Tabel 5.11 Ketidakberaturan Torsional Bangunan Tanpa Bresing Arah X

STORY	S_{RAT}	$1.2 S_{\text{RAT}}$	MAX	Torsi 1a	Max/rerta	Torsi 1b
10	0,084	0,100	0,090	Tanpa	1,074	Tanpa
9	0,076	0,091	0,082	Tanpa	1,079	Tanpa
8	0,065	0,078	0,070	Tanpa	1,082	Tanpa
7	0,051	0,061	0,055	Tanpa	1,080	Tanpa
6	0,043	0,052	0,047	Tanpa	1,079	Tanpa
5	0,035	0,043	0,038	Tanpa	1,072	Tanpa
4	0,028	0,033	0,030	Tanpa	1,069	Tanpa
3	0,019	0,023	0,020	Tanpa	1,068	Tanpa
2	0,011	0,013	0,012	Tanpa	1,073	Tanpa
1	0,004	0,004	0,004	Tanpa	1,081	Tanpa

Tabel 5.12 Ketidakberaturan Torsional Bangunan Tanpa Bresing Arah Y

STORY	S_{RAT}	$1.2 S_{\text{RAT}}$	MAX	Torsi 1a	Max/rerta	Torsi 1b
10	0,199	0,238	0,203	Tanpa	1,020	Tanpa
9	0,183	0,219	0,187	Tanpa	1,021	Tanpa
8	0,160	0,192	0,163	Tanpa	1,024	Tanpa
7	0,127	0,153	0,131	Tanpa	1,028	Tanpa
6	0,106	0,128	0,109	Tanpa	1,030	Tanpa
5	0,085	0,102	0,088	Tanpa	1,028	Tanpa
4	0,068	0,081	0,069	Tanpa	1,025	Tanpa
3	0,048	0,058	0,049	Tanpa	1,023	Tanpa
2	0,030	0,036	0,031	Tanpa	1,022	Tanpa
1	0,012	0,015	0,012	Tanpa	1,017	Tanpa

Tabel 5.13 Ketidakberaturan Torsional Bangunan Bresing X 1-Lantai Arah**X**

STORY	S_{RAT}	1.2_{RAT}	MAX	Torsi 1a	Max/rerta	Torsi 1b
10	0,068	0,082	0,081	Tanpa	1,184	Tanpa
9	0,061	0,073	0,072	Tanpa	1,180	Tanpa
8	0,053	0,064	0,062	Tanpa	1,175	Tanpa
7	0,044	0,053	0,051	Tanpa	1,163	Tanpa
6	0,037	0,045	0,043	Tanpa	1,159	Tanpa
5	0,030	0,037	0,035	Tanpa	1,163	Tanpa
4	0,024	0,029	0,028	Tanpa	1,166	Tanpa
3	0,017	0,020	0,019	Tanpa	1,165	Tanpa
2	0,010	0,012	0,012	Tanpa	1,168	Tanpa
1	0,004	0,004	0,004	Tanpa	1,155	Tanpa

Tabel 5.14 Ketidakberaturan Torsional Bangunan Bresing X 1-Lantai Arah**Y**

STORY	S_{RAT}	1.2_{RAT}	MAX	Torsi 1a	Max/rerta	Torsi 1b
10	0,056	0,068	0,059	Tanpa	1,045	Tanpa
9	0,050	0,060	0,053	Tanpa	1,052	Tanpa
8	0,043	0,052	0,046	Tanpa	1,061	Tanpa
7	0,036	0,044	0,039	Tanpa	1,073	Tanpa
6	0,030	0,036	0,032	Tanpa	1,084	Tanpa
5	0,024	0,029	0,026	Tanpa	1,081	Tanpa
4	0,019	0,023	0,020	Tanpa	1,077	Tanpa
3	0,013	0,016	0,014	Tanpa	1,071	Tanpa
2	0,008	0,010	0,009	Tanpa	1,065	Tanpa
1	0,004	0,005	0,004	Tanpa	1,067	Tanpa

Tabel 5.15 Ketidakberaturan Torsional Bangunan Bresing X 2-Lantai Arah**X**

STORY	S _{RAT}	1.2 _{RAT}	MAX	Torsi 1a	Max/rerta	Torsi 1b
10	0,071	0,085	0,083	Tanpa	1,164	Tanpa
9	0,064	0,077	0,074	Tanpa	1,158	Tanpa
8	0,056	0,067	0,065	Tanpa	1,152	Tanpa
7	0,047	0,056	0,053	Tanpa	1,141	Tanpa
6	0,040	0,048	0,045	Tanpa	1,137	Tanpa
5	0,033	0,039	0,037	Tanpa	1,138	Tanpa
4	0,026	0,031	0,029	Tanpa	1,139	Tanpa
3	0,018	0,022	0,020	Tanpa	1,136	Tanpa
2	0,011	0,013	0,012	Tanpa	1,136	Tanpa
1	0,004	0,005	0,004	Tanpa	1,132	Tanpa

Tabel 5.16 Ketidakberaturan Torsional Bangunan Bresing X 2-Lantai Arah**Y**

STORY	S _{RAT}	1.2 _{RAT}	MAX	Torsi 1a	Max/rerta	Torsi 1b
10	0,050	0,060	0,059	Tanpa	1,167	Tanpa
9	0,045	0,054	0,053	Tanpa	1,163	Tanpa
8	0,039	0,047	0,046	Tanpa	1,170	Tanpa
7	0,033	0,039	0,039	Tanpa	1,187	Tanpa
6	0,027	0,033	0,032	Tanpa	1,192	Tanpa
5	0,022	0,026	0,026	Tanpa	1,188	Tanpa
4	0,017	0,020	0,020	Tanpa	1,186	Tanpa
3	0,012	0,014	0,014	Tanpa	1,185	Tanpa
2	0,008	0,009	0,009	Tanpa	1,187	Tanpa
1	0,003	0,004	0,004	Tanpa	1,108	Tanpa

Berdasarkan hasil rekapitulasi di atas, ketiga jenis bangunan tidak termasuk dalam ketidakberaturan kondisi torsi 1b, yang berarti bangunan aman terhadap ketidakberaturan horizontal dan bangunan dapat digunakan.

5.7.1 Eksentrisitas Bangunan

Adanya gaya yang diterima oleh suatu struktur mengakibatkan perubahan titik berat bangunan akibat terjadi torsi tersebut, jarak antara

titik berat sebelum dan sesudah pembebanan tersebut biasa disebut eksentrisitas bawaan (e_o), dari nilai eksentrisitas tersebut didapat eksentrisitas total dari penjumlahan antara eksentrisitas bawaan (e_o) dan eksentrisitas akibat torsi tak terduga (e). Berikut perhitungan eksentrisitas titik berat bangunan.

$$e_{ox} = 0,680 \text{ m}$$

$$e_x = (0,05 \times a) \times Ax$$

$$= 1,8 \text{ m}$$

$$e_{total} = 0,680 + 1,8$$

$$= 2,480 \text{ m}$$

Berikut rekapitulasi perhitungan eksentrisitas bangunan.

Tabel 5.17 Eksentrisitas Bangunan Tanpa Bresing

Lt	a (m)	b (m)	e _{ox}	e _{oy}	Ex Tot	Ey Tot
10	36	48	0,680	0,345	2,480	2,745
9			0,976	0,692	2,776	3,092
8			1,477	1,201	3,277	3,601
7			2,679	2,415	4,479	4,815
6			0,656	0,643	2,456	3,043
5			0,059	0,684	1,859	3,084
4			0,000	0,561	1,800	2,961
3			0,057	0,430	1,857	2,830
2			0,000	0,196	1,800	2,596
1			0,057	0,110	1,857	2,510

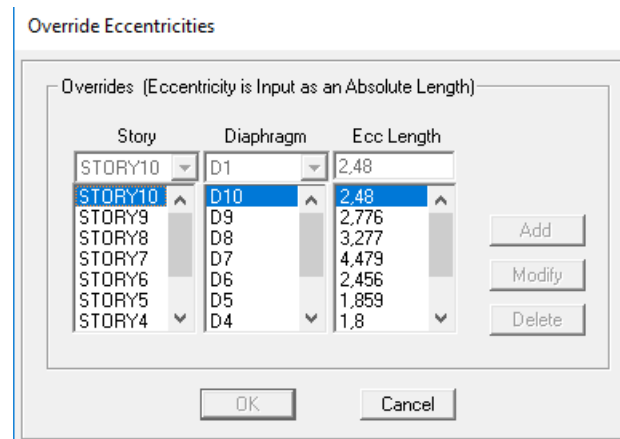
Tabel 5.18 Eksentrisitas Bangunan Bresing X 1-lantai

Lt	a (m)	b (m)	eox	eoy	Ex Tot	Ey Tot
10	36	48	1,018	9,949	1,816	11,928
9			1,451	9,479	2,270	11,435
8			1,966	9,076	2,808	11,012
7			2,559	8,303	3,429	10,200
6			0,54	10,918	1,434	12,806
5			0,104	11,891	1,001	13,775
4			0,034	11,675	0,932	13,548
3			0,022	10,926	0,921	12,762
2			0,005	9,18	0,905	10,928
1			0,037	5,549	0,937	7,116

Tabel 5.19 Eksentrisitas Bangunan Bresing X 2-Lantai

Lt	a (m)	b (m)	eox	eoy	Ex Tot	Ey Tot
10	36	48	1,101	9,563	1,902	11,963
9			1,512	9,035	2,333	10,967
8			2,003	8,425	2,846	10,328
7			2,581	7,501	3,451	9,356
6			0,535	9,952	1,428	11,790
5			0,097	10,809	0,994	12,637
4			0,034	10,5	0,932	12,314
3			0,025	9,629	0,924	11,398
2			0,004	7,874	0,903	9,556
1			0,036	4,459	0,936	5,969

Setelah mendapatkan nilai eksentrisitas tersebut maka input data tersebut pada program ETABS seperti pada Gambar 5.7 berikut.



Gambar 5.7 Input Data Eksentrisitas

5.8 Ketidakberaturan Vertikal Bangunan

5.8.1 Ketidakberaturan Tingkat Lunak (*Soft Story*)

Dalam memperhitungan ketidakberaturan tingkat lunak dipengaruhi oleh nilai kekakuan yang ada pada tiap lantainya, uraian perhitungan ketidakberaturan tingkat lunak dapat dilihat di bawah ini.

$$K_1 = 2350267,857 \text{ kN/m}$$

$$K_2 = 1224714,286 \text{ kN/m}$$

$$K_3 = 1024875,531 \text{ kN/m}$$

$$K_4 = 864279,254 \text{ kN/m}$$

$$K_{1-1a} = 0,7 \times 1224714,286$$

$$= 857300 \text{ kN/m}$$

$$K_{1-1a'} = 0,8 \times \left(\frac{1224714,286 + 1024875,531 + 864279,254}{3} \right)$$

$$= 830365,1 \text{ kN/m}$$

$$K_{1-1b} = 0,6 \times 1224714,286$$

$$= 734828,571 \text{ kN/m}$$

$$K_{1-1b'} = 0,7 \times \left(\frac{1224714,286 + 1024875,531 + 864279,254}{3} \right)$$

$$= 726569,450 \text{ kN/m}$$

Berdasarkan perhitungan diatas $K_1 > K_{1-1a}$ dan $K_1 > K_{1-1a'}$, maka pada lantai 1 tidak termasuk ketidakberaturan tingkat lunak, $K_1 > K_{1-1b}$ dan $K_1 > K_{1-1b'}$ maka pada lantai 1 juga tidak termasuk ketidakberaturan tingkat lunak berlebihan. Rekapitulasi ketidakberaturan tingkat lunak dari ketiga pemodelan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.20 Cek Tingkat Lunak Tanpa Bresing Arah X

Arah X							
Lt	Shear (kN)	story drift (m)	Kekakuan (kN/m)	1a	1a'	1b	1b'
10	442,96	0,00242	183041,322	-	-	-	-
9	736,51	0,002924	251884,405	TANPA	-	TANPA	-
8	937,25	0,003531	265434,721	TANPA	-	TANPA	-
7	1068,8	0,001653	646600,121	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
6	1210,6	0,001815	667008,264	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
5	1361,5	0,001668	816252,998	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
4	1528,9	0,001769	864279,254	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
3	1688	0,001647	1024875,53	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
2	1800,3	0,00147	1224714,29	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
1	1842,6	0,000784	2350267,86	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA

Tabel 5.21 Cek Tingkat Lunak Tanpa Bresing Arah Y

Arah Y							
Story	Shear (kN)	story drift (m)	Kekakuan (kN/m)	1a	1a'	1b	1b'
10	359,08	0,004056	88530,572	-	-	-	-
9	612,74	0,005003	122474,515	TANPA	-	TANPA	-
8	829,45	0,006827	121495,532	TANPA	-	TANPA	-
7	993,6	0,004163	238674,033	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
6	1166,6	0,004114	283570,734	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
5	1325,5	0,003426	386891,419	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
4	1462,2	0,003735	391475,234	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
3	1568,1	0,003354	467525,343	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
2	1662,2	0,003361	494543,291	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
1	1713,8	0,002241	764765,73	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA

Tabel 5.22 Cek Tingkat Lunak Bresing X 1-Story Arah X

Arah X							
Story	Shear (kN)	story drift (m)	Kekakuan (kN/m)	1a	1a`	1b	1b`
10	747,710	0,003	271007,611	-	-	-	-
9	1357,500	0,003	429181,157	TANPA	-	TANPA	-
8	1738,980	0,003	506105,937	TANPA	-	TANPA	-
7	1979,490	0,003	787073,559	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
6	2254,410	0,002	1015042,774	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
5	2545,060	0,002	1233071,705	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
4	2854,350	0,002	1337558,575	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
3	3162,950	0,002	1567368,682	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
2	3423,780	0,002	1837777,778	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
1	3546,160	0,001	3326604,128	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA

Tabel 5.23 Cek Tingkat Lunak Bresing X 1-Story Arah Y

Arah Y							
Story	Shear (kN)	story drift (m)	Kekakuan (kN/m)	1a	1a`	1b	1b`
10	770,650	0,002	460364,397	-	-	-	-
9	1505,610	0,002	812964,363	TANPA	-	TANPA	-
8	1980,790	0,002	1032737,226	TANPA	-	TANPA	-
7	2296,600	0,002	1339906,651	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
6	2606,180	0,002	1667421,625	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
5	2941,320	0,001	1991415,030	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
4	3286,520	0,001	2243358,362	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
3	3632,570	0,001	2669044,820	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
2	3937,190	0,001	3071131,045	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
1	4112,580	0,001	4133246,231	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA

Tabel 5.24 Cek Tingkat Lunak Bresing X 2-Story Arah X

Arah X							
Story	Shear (kN)	story drift (m)	Kekakuan (kN/m)	1a	1a`	1b	1b`
10	737,180	0,003	275375,420	-	-	-	-
9	1332,500	0,003	429284,794	TANPA	-	TANPA	-
8	1730,690	0,004	483163,037	TANPA	-	TANPA	-
7	1982,490	0,002	820567,053	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
6	2265,980	0,002	1008895,815	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
5	2548,010	0,002	1230922,705	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA

Lanjutan Tabel 5.24 Cek

Story	Shear (kN)	story drift (m)	Kekakuan (kN/m)	1a	1a`	1b	1b`
4	2843,760	0,002	1303878,955	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
3	3144,980	0,002	1535634,766	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
2	3406,240	0,002	1788991,597	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
1	3527,92	0,0010	3359923,81	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA

Tabel 5.25 Cek Tingkat Lunak Bresing X 2-Story Arah Y

Arah Y							
Story	Shear (kN)	story drift (m)	Kekakuan (kN/m)	1a	1a`	1b	1b`
10	770,250	0,001	934769,417	-	-	-	-
9	1500,760	0,001	1613720,430	TANPA	-	TANPA	-
8	1979,290	0,001	1886835,081	TANPA	-	TANPA	-
7	2284,390	0,001	3159598,893	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
6	2598,570	0,001	3961234,756	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
5	2930,490	0,001	5114293,194	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
4	3274,560	0,001	5448519,135	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
3	3617,450	0,001	6929980,843	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
2	3921,580	0,001	7659335,938	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA
1	4091,020	0,000	12626604,938	TANPA	TANPA	TANPA	TANPA

5.8.2 Ketidakberaturan Berat (Massa)

Dalam memperhitungkan ketidakberaturan berat ini dipengaruhi oleh nilai berat total lantai yang di tinjau dengan berat total lantai di atas ataupun di bawahnya, contoh uraian perhitungan ketidakberaturan berat dapat dilihat di bawah ini.

$$W_1 = 10815,7369 \text{ kN}$$

$$W_2 = 10866,7146 \text{ kN}$$

$$1,5W_1 = 1,5 \times 10815,7369$$

$$= 16223,605 \text{ kN}$$

$$1,5W_2 = 1,5 \times 10866,7146$$

$$= 16300,071 \text{ kN}$$

Berdasarkan perhitungan diatas $W_1 < 1,5W_2$ dan $W_2 < 1,5W_1$, maka pada lantai yang ditinjau tersebut tidak termasuk Ketidakberaturan berat (massa). Rekapitulasi ketidakberaturan berat dari ketiga pemodelan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.26 Cek Tingkat Massa Tanpa Bresing

Story	massa (kN)	Dibandingkan dengan 1.5 x massa lantai atas	dibandingkan dengan 1.5 x massa lantai bawah
10	3648,184	-	TANPA
9	5058,044	TANPA	TANPA
8	5077,856	TANPA	TANPA
7	5121,335	TANPA	KETIDAKBERATURAN
6	9987,530	KETIDAKBERATURAN	TANPA
5	6631,742	TANPA	TANPA
4	6707,458	TANPA	TANPA
3	6764,762	TANPA	TANPA
2	6823,599	TANPA	TANPA
1	6823,599	TANPA	-

Tabel 5.27 Cek Tingkat Massa Bresing X 1-Story

story	massa (kN)	Dibandingkan dengan 1.5 x massa lantai atas	dibandingkan dengan 1.5 x massa lantai bawah
10	6284,464	-	TANPA
9	8320,373	TANPA	TANPA
8	8340,184	TANPA	TANPA
7	8383,663	TANPA	TANPA
6	10061,333	TANPA	TANPA
5	10702,870	TANPA	TANPA
4	10778,586	TANPA	TANPA
3	10835,890	TANPA	TANPA
2	10894,728	TANPA	TANPA
1	10894,728	TANPA	-

Tabel 5.28 Cek Tingkat Massa Bresing X 2-Story

story	massa (kN)	Dibandingkan dengan 1.5 x massa lantai atas	dibandingkan dengan 1.5 x massa lantai bawah
10	6272,364	-	TANPA
9	8251,759	TANPA	TANPA
8	8315,985	TANPA	TANPA
7	8315,049	TANPA	TANPA

Lanjutan Tabel 5.28

story	massa (kN)	Dibandingkan dengan 1.5 x massa lantai atas	dibandingkan dengan 1.5 x massa lantai bawah
6	10035,226	TANPA	TANPA
5	10623,879	TANPA	TANPA
4	10750,573	TANPA	TANPA
3	10756,899	TANPA	TANPA
2	10866,714	TANPA	TANPA
1	10815,736	TANPA	-

Berdasarkan tabel diatas, bangunan tanpa bresing mengalami ketidakberaturan massa pada lantai 6 dan 7, hal tersebut dikarenakan adanya perubahan berat lantai yang cukup signifikan, namun untuk bangunan dengan bresing tidak terkategori ketidakberaturan massa.

5.8.3 Ketidakberaturan Geometri Vertikal

Bangunan yang dianalisa termasuk dalam kategori geometri vertikal, pada lantai 6 ke 7 memiliki perbedaan dimensi lebih dari 130% dari tingkat yang berada di dekatnya

$$d_6 = 48 \text{ m}$$

$$d_7 = 24 \text{ m}$$

$$\text{cek} = \frac{d_6}{d_7} \times 100\%$$

$$= \frac{48}{24} \times 100\%$$

$$= 200\% > 130\%$$

Namun, struktur masih dapat digunakan karena berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.3.3 bangunan yang termasuk dalam ketidakberaturan jenis ini dengan kategori desain seismik D masih dapat digunakan.

5.8.4 Ketidakberaturan Diskontinuitas dalam Bidang

Bangunan tidak memiliki nilai pergeseran (offset) elemen penahan yang lebih besar dari lebar elemen di sekitarnya, dan tidak terdapat reduksi kekakuan

elemen penahan pada tingkat dibawahnya, sehingga bangunan yang dianalisa tidak termasuk dalam ketidakberaturan diskontinuitas dalam bidang.

5.8.5 Ketidakberaturan Kekuatan Tingkat Lunak

Dalam memperhitungan ketidakberaturan tingkat lunak dipengaruhi oleh nilai gaya geser yang ada pada tiap lantainya, uraian perhitungan ketidakberaturan tingkat lunak dapat dilihat di bawah ini.

$$V_{1x} = 2612,08 \text{ kN}$$

$$V_{1y} = 2429,7 \text{ kN}$$

$$V_{2x} = 2552,09 \text{ kN}$$

$$V_{2y} = 2356,1 \text{ kN}$$

$$V_{1x-5a} = 0,8 \times 2552,09$$

$$= 2041,672 \text{ kN}$$

$$= V_{1x} > V_{1x-5a}, \text{ maka lantai tersebut tanpa ketidakberaturan vertikal}$$

$$V_{1y-5a} = 0,8 \times 2356,1$$

$$= 1884,88 \text{ kN}$$

$$= V_{1y} > V_{1y-5a}, \text{ maka lantai tersebut tanpa ketidakberaturan vertikal}$$

$$V_{1x-5b} = 0,65 \times 2552,09$$

$$= 1658,8585 \text{ kN}$$

$$= V_{1x} > V_{1x-5b}, \text{ maka lantai tersebut tanpa ketidakberaturan vertikal}$$

$$V_{1y-5b} = 0,65 \times 2356,1$$

$$= 1531,465 \text{ kN}$$

$$= V_{1y} > V_{1y-5b}, \text{ maka lantai tersebut tanpa ketidakberaturan vertikal}$$

Rekapitulasi ketidakberaturan tingkat lunak dari ketiga pemodelan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.29 Cek Kekuatan Tingkat Lunak Tanpa Bresing 5a

Vertikal 5a				
story	Vx (kN)	Vy (kN)	Cek 80% (X)	Cek 80% (Y)
10	628,64	510,31	-	-
9	1045	869,21	TANPA	TANPA
8	1329,16	1175,41	TANPA	TANPA
7	1515,08	1408,56	TANPA	TANPA
6	1715,82	1653,93	TANPA	TANPA
5	1929,64	1878,74	TANPA	TANPA
4	2167,01	2072,25	TANPA	TANPA
3	2392,66	2222,38	TANPA	TANPA
2	2552,09	2356,1	TANPA	TANPA
1	2612,08	2429,7	TANPA	TANPA

Tabel 5.30 Cek Kekuatan Tingkat Lunak Tanpa Bresing 5b

Vertikal 5b				
story	Vx (kN)	Vy (kN)	Cek 65% (X)	Cek 65% (Y)
10	628,64	510,31	-	-
9	1045	869,21	TANPA	TANPA
8	1329,16	1175,41	TANPA	TANPA
7	1515,08	1408,56	TANPA	TANPA
6	1715,82	1653,93	TANPA	TANPA
5	1929,64	1878,74	TANPA	TANPA
4	2167,01	2072,25	TANPA	TANPA
3	2392,66	2222,38	TANPA	TANPA
2	2552,09	2356,1	TANPA	TANPA
1	2612,08	2429,7	TANPA	TANPA

Tabel 5.31 Cek Kekuatan Tingkat Lunak Bresing X 1-Story 5a

Vertikal 5a				
story	Vx (kN)	Vy (kN)	Cek 80% (X)	Cek 80% (Y)
10	1054,25	1111,84	-	-
9	1909,69	2171,07	TANPA	TANPA
8	2448,66	2855,36	TANPA	TANPA
7	2789,74	3310,74	TANPA	TANPA
6	3174,49	3758,12	TANPA	TANPA
5	3581,85	4242,01	TANPA	TANPA
4	4015,44	4739,52	TANPA	TANPA
3	4447,73	5238,17	TANPA	TANPA
2	4814,68	5677,64	TANPA	TANPA
1	4987,58	5930,94	TANPA	TANPA

Tabel 5.32 Cek Kekuatan Tingkat Lunak Bresing X 1-Story 5b

Vertikal 5b				
story	Vx (kN)	Vy (kN)	Cek 65% (X)	Cek 65% (Y)
10	1054,25	1111,84	-	-
9	1909,69	2171,07	TANPA	TANPA
8	2448,66	2855,36	TANPA	TANPA
7	2789,74	3310,74	TANPA	TANPA
6	3174,49	3758,12	TANPA	TANPA
5	3581,85	4242,01	TANPA	TANPA
4	4015,44	4739,52	TANPA	TANPA
3	4447,73	5238,17	TANPA	TANPA
2	4814,68	5677,64	TANPA	TANPA
1	4987,58	5930,94	TANPA	TANPA

Tabel 5.33 Cek Kekuatan Tingkat Lunak Bresing X 2-Story 5a

Vertikal 5a				
story	Vx (kN)	Vy (kN)	Cek 80% (X)	Cek 80% (Y)
10	1034,82	1110,49	-	-
9	1871,16	2163,79	TANPA	TANPA
8	2431,7	2853,86	TANPA	TANPA
7	2787,36	3293,82	TANPA	TANPA
6	3185,48	3747,12	TANPA	TANPA
5	3579,76	4226,12	TANPA	TANPA
4	3993,45	4722,72	TANPA	TANPA
3	4415,93	5217,47	TANPA	TANPA
2	4782,94	5656,04	TANPA	TANPA
1	4953,96	5900,26	TANPA	TANPA

Tabel 5.34 Cek Kekuatan Tingkat Lunak Bresing X 2-Story 5b

Vertikal 5b				
story	Vx (kN)	Vy (kN)	Cek 65% (X)	Cek 65% (Y)
10	1034,82	1110,49	-	-
9	1871,16	2163,79	TANPA	TANPA
8	2431,7	2853,86	TANPA	TANPA
7	2787,36	3293,82	TANPA	TANPA
6	3185,48	3747,12	TANPA	TANPA
5	3579,76	4226,12	TANPA	TANPA
4	3993,45	4722,72	TANPA	TANPA
3	4415,93	5217,47	TANPA	TANPA
2	4782,94	5656,04	TANPA	TANPA
1	4953,96	5900,26	TANPA	TANPA

5.9 Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai bangunan diatur pada pasal 7.12 SNI 1726 tahun 2012. Berdasarkan pasal tersebut, simpangan antar lantai (Δ) pada struktur bangunan tersebut tidak boleh lebih dari nilai simpangan antar lantai yang diizinkan, penentuan simpangan ijin (Δ_a) bergantung pada kategori risiko, dan jenis strukturnya. Pada analisa struktur didapatkan nilai simpangan yang digunakan dalam perhitungan simpangan antar lantai. Titik yang ditinjau pada simpangan antar lantai ini sama seperti titik yang digunakan dalam peninjauan ketidakberaturan horizontal. Berikut perhitungan dalam mencari simpangan antar lantai.

Simpangan antar lantai tanpa bresing:

$$\begin{aligned}\delta_n &= 0,070 \text{ m} \\ \delta_{n-1} &= 0,0633 \text{ m} \\ \Delta &= \frac{\delta_n - \delta_{n-1} \times 1000 \times Cd}{Ie} \\ &= \frac{0,070 - 0,0633 \times 1000 \times 5,5}{1} \\ &= 34,65 \text{ mm} \\ \Delta_a &= \frac{0,025 \times h_{sx}}{\rho} \\ &= \frac{0,025 \times h_{sx}}{1,3} \\ &= 76,923 \text{ mm}\end{aligned}$$

Simpangan antar lantai bresing X 1-story:

$$\begin{aligned}\delta_n &= 0,041 \text{ m} \\ \delta_{n-1} &= 0,037 \text{ m} \\ \Delta &= \frac{\delta_n - \delta_{n-1} \times 1000 \times Cd}{Ie} \\ &= \frac{0,041 - 0,037 \times 1000 \times 5}{1}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 21 \text{ mm} \\
 \Delta_a &= \frac{0,025 \times h_{sx}}{\rho} \\
 &= \frac{0,025 \times 4000}{1,3} \\
 &= 61,538 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Simpangan antar lantai bresing X 2-story:

$$\begin{aligned}
 \delta_n &= 0,044 \text{ m} \\
 \delta_{n-1} &= 0,040 \text{ m} \\
 \Delta &= \frac{\delta_n - \delta_{n-1} \times 1000 \times Cd}{Ie} \\
 &= \frac{0,044 - 0,040 \times 1000 \times 5,5}{1} \\
 &= 20,5 \text{ mm} \\
 \Delta_a &= \frac{0,025 \times h_{sx}}{\rho} \\
 &= \frac{0,025 \times 4000}{1,3} \\
 &= 61,538 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan uraian perhitungan di atas didapat $\Delta < \Delta_a$ maka, pada titik tersebut simpangan antar lantai termasuk dalam kategori aman. Pengecekan simpangan dilakukan tiap lantainya pada titik defleksi terbesar. Rekapitulasi simpangan antar lantai dapat dilihat pada tabel 5.36, 5.37, 5.38, 5.39, 5.40 dan 5.41 berikut.

Tabel 5.35 Cek Simpangan Antar Lantai Tanpa Bresing Arah X

Lantai	(δx_{ei}) (m)	le	Cd	Δi (mm)	Code Δa (mm)	Cek Simpangan Antar Lantai
				$(\delta x_i * Cd) / l$	(0.025hsx)	
10	0,070	1	5,5	34,650	76,923	OK
9	0,063	1	5,5	48,400	76,923	OK
8	0,055	1	5,5	68,200	76,923	OK
7	0,042	1	5,5	33,550	76,923	OK
6	0,036	1	5,5	37,950	76,923	OK
5	0,029	1	5,5	35,750	76,923	OK
4	0,023	1	5,5	38,500	76,923	OK
3	0,016	1	5,5	36,300	76,923	OK
2	0,009	1	5,5	32,450	76,923	OK
1	0,003	1	5,5	17,050	76,923	OK

Tabel 5.36 Cek Simpangan Antar Lantai Tanpa Bresing Arah Y

Lantai	(δx_{ei}) (m)	le	Cd	Δi (mm)	Code Δa (mm)	Cek Simpangan Antar Lantai
				$(\delta x_i * Cd) / l$	(0.025hsx)	
10	0,144	1	5,5	65,45	76,923	OK
9	0,132	1	5,5	95,15	76,923	NOT OK
8	0,115	1	5,5	134,2	76,923	NOT OK
7	0,090	1	5,5	83,6	76,923	NOT OK
6	0,075	1	5,5	80,85	76,923	NOT OK
5	0,060	1	5,5	68,2	76,923	OK
4	0,048	1	5,5	75,9	76,923	OK
3	0,034	1	5,5	69,85	76,923	OK
2	0,021	1	5,5	70,4	76,923	OK
1	0,009	1	5,5	47,3	76,923	OK

Tabel 5.37 Cek Simpangan Antar Lantai Bresing X 1-Story Arah X

Lantai	δx_{ei} (m)	le	Cd	Δi (mm)	Code Δa (mm)	Cek Simpangan Antar Lantai
				$(\delta x_i * Cd) / l$	(0.020hsx^c)	
10	0,041	1	5	21	61,538	OK
9	0,037	1	5	23,5	61,538	OK
8	0,032	1	5	25	61,538	OK
7	0,027	1	5	20,5	61,538	OK
6	0,023	1	5	21,5	61,538	OK
5	0,019	1	5	21	61,538	OK
4	0,015	1	5	22	61,538	OK
3	0,010	1	5	21	61,538	OK
2	0,006	1	5	19	61,538	OK
1	0,002	1	5	11	61,538	OK

Tabel 5.38 Cek Simpangan Antar Lantai Bresing X 1-Story Arah Y

Lantai	(δx_{ei}) (m)	le	Cd	Δi (mm)	Code Δa (mm)	Cek Simpangan Antar Lantai
				$(\delta x_i * Cd) / l$	(0.025hsx)	
10	0,056	1	5,0	32	61,538	OK
9	0,049	1	5,0	34,5	61,538	OK
8	0,042	1	5,0	36	61,538	OK
7	0,035	1	5,0	32	61,538	OK
6	0,029	1	5,0	26,5	61,538	OK
5	0,024	1	5,0	25,5	61,538	OK
4	0,018	1	5,0	26	61,538	OK
3	0,013	1	5,0	24,5	61,538	OK
2	0,008	1	5,0	23	61,538	OK
1	0,004	1	5,0	18,5	61,538	OK

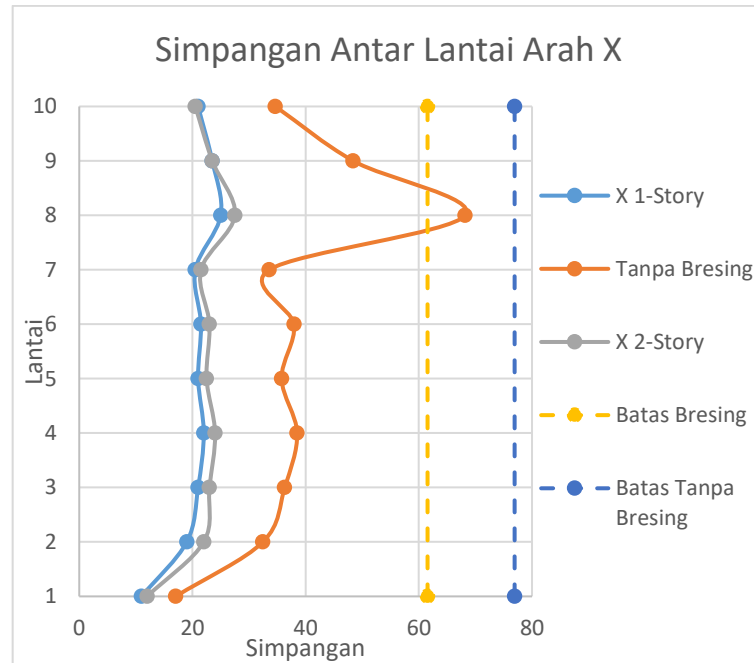
Tabel 5.39 Cek Simpangan Antar Lantai Bresing X 2-Story Arah X

Lantai	(δx_{ei}) (m)	le	Cd	Δi (mm)	Code Δa (mm)	Cek Simpangan Antar Lantai
				$(\delta x_i * Cd) / l$	(0.025hsx ^c)	
10	0,044	1	5	20,5	61,538	OK
9	0,040	1	5	23,5	61,538	OK
8	0,035	1	5	27,5	61,538	OK
7	0,030	1	5	21,5	61,538	OK
6	0,025	1	5	23	61,538	OK
5	0,021	1	5	22,5	61,538	OK
4	0,016	1	5	24	61,538	OK
3	0,011	1	5	23	61,538	OK
2	0,007	1	5	22	61,538	OK
1	0,002	1	5	12	61,538	OK

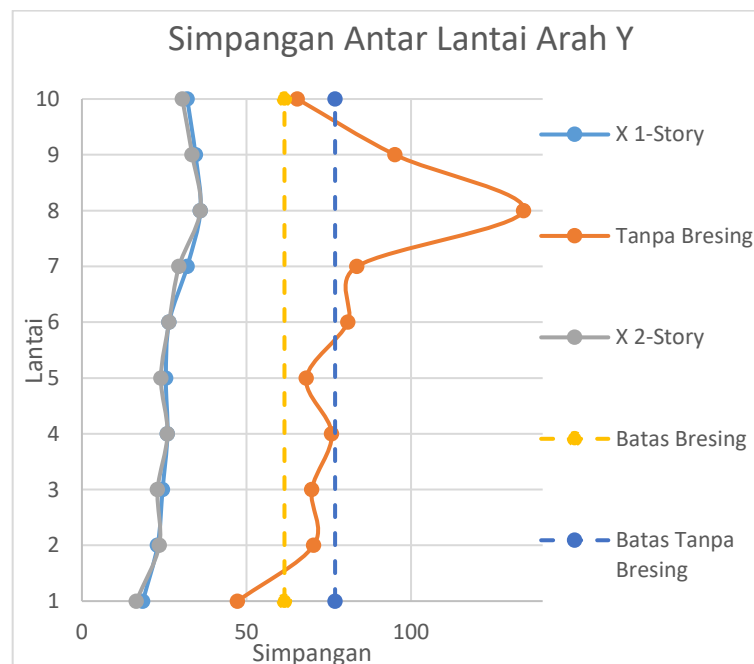
Tabel 5.40 Cek Simpangan Antar Lantai Bresing X 2-Story Arah Y

Lantai	(δx_{ei}) (m)	le	Cd	Δi (mm)	Code Δa (mm)	Cek Simpangan Antar Lantai
				$(\delta x_i * Cd) / l$	(0.025hsx)	
10	0,054	1	5,0	30,5	61,538	OK
9	0,048	1	5,0	33,5	61,538	OK
8	0,041	1	5,0	36	61,538	OK
7	0,034	1	5,0	29,5	61,538	OK
6	0,028	1	5,0	26,5	61,538	OK
5	0,023	1	5,0	24	61,538	OK
4	0,018	1	5,0	26	61,538	OK
3	0,013	1	5,0	23	61,538	OK
2	0,008	1	5,0	23,5	61,538	OK
1	0,003	1	5,0	16,5	61,538	OK

Gambar 5.8 berikut merupakan grafik perbandingan simpangan antar lantai pada tiap jenis bangunan.



Gambar 5.8 Grafik Simpangan Antar Lantai Arah X



Gambar 5.9 Grafik Simpangan Antar Lantai Arah Y

5.10 Rasio Simpangan Antar Lantai

Pada analisa tugas akhir ini dalam menentukan kinerja struktur menggunakan parameter yaitu rasio simpangan antar lantai (*Drift Ratio*), sesuai pada SNI 1726:2012. Rasio simpangan antar lantai didapat dari perbandingan antara besaran simpangan lantai tertentu terhadap tingginya.

Rasio simpangan antar lantai tanpa bresing:

$$\Delta_n = 34,650 \text{ mm}$$

$$L = 4000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Drift Ratio} &= \frac{\Delta_n}{L} \\ &= \frac{34,650}{4000} \\ &= 0,87\% \end{aligned}$$

Tabel 5.41, dan 5.42 berikut merupakan rekapitulasi rasio simpangan antar lantai pada bangunan tanpa bresing.

Tabel 5.41 Rasio Simpangan Antar Lantai Bangunan Tanpa Bresing Arah X

Lantai	<i>Drift Ratio</i>
10	0,87%
9	1,21%
8	1,71%
7	0,84%
6	0,95%
5	0,89%
4	0,96%
3	0,91%
2	0,81%
1	0,43%

Tabel 5.42 Rasio Simpangan Antar Lantai Bangunan Tanpa Bresing Arah Y

Lantai	<i>Drift Ratio</i>
10	1,64%
9	2,38%
8	3,36%
7	2,09%
6	2,02%
5	1,71%
4	1,90%
3	1,75%
2	1,76%
1	1,18%

Rasio simpangan antar lantai bresing X 1-story:

$$\Delta_n = 32 \text{ mm}$$

$$L = 4000 \text{ mm}$$

$$\text{Drift Ratio} = \frac{\Delta_n}{L}$$

$$= \frac{32}{4000}$$

$$= 0,80\%$$

$$= 0,80\% < 1,5\%$$

Tabel 5.43 dan 5.44 berikut merupakan rekapitulasi rasio simpangan antar lantai pada bangunan tanpa bresing.

**Tabel 5.43 Rasio Simpangan Antar Lantai Bangunan Bresing X 1-Story
Arah X**

Lantai	<i>Drift Ratio</i>
10	0,525%
9	0,588%
8	0,625%
7	0,513%

Lantai	Drift Ratio
6	0,538%
5	0,525%
4	0,550%
3	0,525%
2	0,475%
1	0,275%

**Tabel 5.44 Rasio Simpangan Antar Lantai Bangunan Bresing X 1-Story
Arah Y**

Lantai	<i>Drift Ratio</i>
10	0,80%
9	0,86%
8	0,90%
7	0,80%
6	0,66%
5	0,64%
4	0,65%
3	0,61%
2	0,58%
1	0,46%

Rasio simpangan antar lantai bresing X 2-Story:

$$\Delta_n = 30,5 \text{ mm}$$

$$L = 4000 \text{ mm}$$

$$\text{Drift Ratio} = \frac{\Delta_n}{L}$$

$$= \frac{30,5}{4000}$$

$$= 0,76\%$$

$$= 0,76\% < 1,5\%$$

Tabel 5.45 dan 5.46 berikut merupakan rekapitulasi rasio simpangan antar lantai pada bangunan tanpa bresing.

Tabel 5.45 Rasio Simpangan Antar Lantai Bangunan Bresing X 2-Story

Arah X

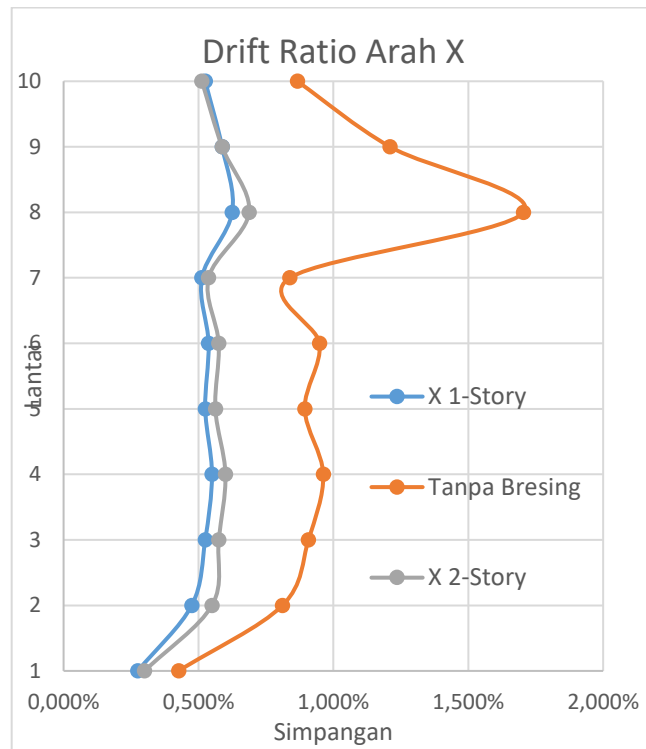
Lantai	<i>Drift Ratio</i>
10	0,513%
9	0,588%
8	0,688%
7	0,538%
6	0,575%
5	0,563%
4	0,600%
3	0,575%
2	0,550%
1	0,300%

Tabel 5.46 Rasio Simpangan Antar Lantai Bangunan Bresing X 2-Story

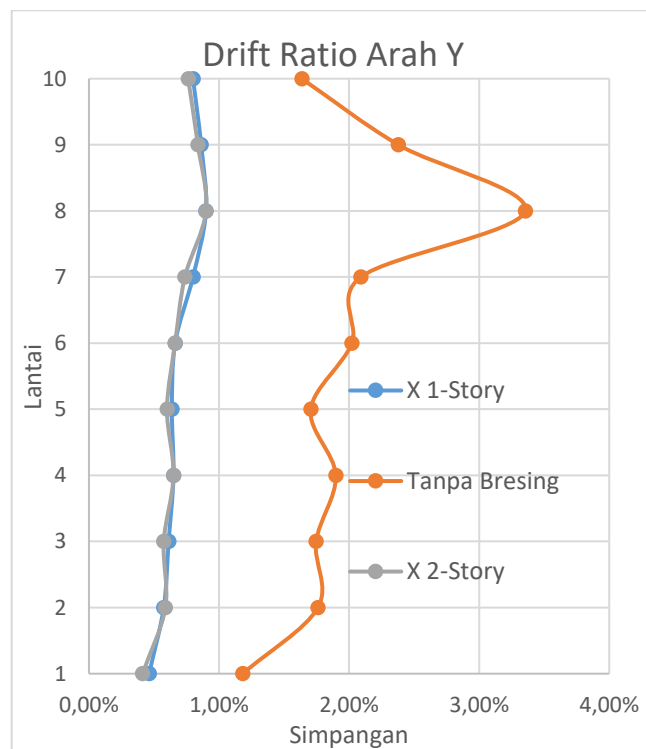
Arah Y

Lantai	<i>Drift Ratio</i>
10	0,76%
9	0,84%
8	0,90%
7	0,74%
6	0,66%
5	0,60%
4	0,65%
3	0,58%
2	0,59%
1	0,41%

Grafik hubungan *drift ratio* pada tiap jenis bangunan dapat dilihat pada Gambar 5.10 dan 5.11 berikut.



Gambar 5.10 Hubungan Perbandingan *Drift Ratio* Arah X



Gambar 5.11 Hubungan Perbandingan *Drift Ratio* Arah Y

5.11 Koefisien Stabilitas Struktur

Koefisien stabilitas (θ) seperti dalam pasal 7.8.7 pada peraturan SNI-1726/2012, bahwa suatu struktur apabila memiliki nilai koefisien stabilitas melebihi dari batas yang diijinkan maka perlu adanya perhitungan efek P-delta atau koefisien stabilitas harus kurang dari 0,1. Suatu struktur juga tidak boleh memiliki nilai koefisien stabilitas pada suatu titik yang melebihi koefisien stabilitas maksimumnya, bila hal itu terjadi maka desain struktur tersebut tidak dapat digunakan karena termasuk dalam kategori tidak aman, dan perlu adanya usaha untuk meningkatkan kestabilan struktur, seperti dengan berubah profil komponen strukturnya / *redesign*. Pada tugas akhir ini digunakan titik tinjauan pada ujung denah bangunan, sama seperti titik yang ditinjau dalam memperhitungkan ketidakberaturan bangunan. Contoh perhitungan dalam mencari koefisien stabilitas dapat dilihat pada uraian berikut.

Perhitungan rasio stabilitas bangunan tanpa bresing.

Diketahui:

$$P : \text{Beban vertikal} = 6998,03\text{kN}$$

$$\Delta : \text{Simpangan antar lantai} = 34,7 \text{ mm}$$

$$I_e : \text{Keutamaan gempa} = 1$$

$$V : \text{Gaya geser antar lantai} = 442,96\text{kN}$$

$$h : \text{Tinggi lantai} = 4000 \text{ mm}$$

$$C_d : \text{Faktor perbesar defleksi} = 5,5$$

$$B : \text{Rasio geser} = 1$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{P \times \Delta \times I_e}{V \times h \times C_d} \\ &= \frac{6998,03 \times 34,7 \times 1}{442,96 \times 4000 \times 5,5} \end{aligned}$$

$$= 0,025$$

$$\theta_{\max} = \frac{0,5}{C_d \times \beta}$$

$$= \frac{0,5}{5,5 \times 1}$$

$$= 0,091$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapat nilai koefisien stabilitas 0,025. Maka efek P-delta pada titik tersebut diabaikan karena memiliki nilai kurang dari 0,1. Nilai koefisien stabilitas tersebut juga kurang dari koefisien stabilitas maksimum yang artinya pada titik tersebut struktur termasuk kategori aman / stabil. Rekapitulasi perhitungan koefisien stabilitas dapat dilihat pada Tabel 5.47 dan 5.48 berikut.

Tabel 5.47 Rekapitulasi Koefisien Stabilitas Tanpa Bresing Arah X

Lt	Ie	Cd	Δi (mm)	Pui (kN)	Vi (kN)	hsx	θ	Keterangan	Cek $\theta < \theta_{\max}$
10	1	5,5	34,7	6998,03	442,96	4000	0,025	P-Delta Diabaikan	AMAN
9	1	5,5	48,4	16680,04	736,51	4000	0,050	P-Delta Diabaikan	AMAN
8	1	5,5	68,2	26362,05	937,25	4000	0,087	P-Delta Diabaikan	AMAN
7	1	5,5	33,6	36136,48	1068,83	4000	0,052	P-Delta Diabaikan	AMAN
6	1	5,5	38,0	48204,96	1210,62	4000	0,069	P-Delta Diabaikan	AMAN
5	1	5,5	35,8	60672,04	1361,51	4000	0,072	P-Delta Diabaikan	AMAN
4	1	5,5	38,5	73139,12	1528,91	4000	0,084	P-Delta Diabaikan	AMAN
3	1	5,5	36,3	85723,83	1687,97	4000	0,084	P-Delta Diabaikan	AMAN
2	1	5,5	32,5	98308,54	1800,33	4000	0,081	P-Delta Diabaikan	AMAN
1	1	5,5	17,1	110893,26	1842,61	4000	0,047	P-Delta Diabaikan	AMAN

Tabel 5.48 Rekapitulasi Koefisien Stabilitas Tanpa Bresing Arah Y

Lt	Ie	Cd	Δi (mm)	Pui (kN)	Vi (kN)	hsx	θ	Keterangan	Cek $\theta < \theta_{\max}$
10	1	5,5	65,45	6998,030	359,08	4000	0,058	P-Delta Diabaikan	AMAN
9	1	5,5	95,15	16680,040	612,74	4000	0,118	P-Delta Dicari	TIDAK
8	1	5,5	134,2	26362,050	829,45	4000	0,194	P-Delta Dicari	TIDAK
7	1	5,5	83,6	36136,480	993,6	4000	0,138	P-Delta Dicari	TIDAK
6	1	5,5	80,85	48204,960	1166,61	4000	0,152	P-Delta Dicari	TIDAK
5	1	5,5	68,2	6998,030	1325,49	4000	0,058	P-Delta Dicari	TIDAK

Lanjutan Tabel 5.48

Lt	Ie	Cd	Δ_i (mm)	Pui (kN)	Vi (kN)	hsx	θ	Keterangan	Cek $\theta < \theta_{max}$
4	1	5,5	75,9	42232,15	1462,16	4000	0,100	P-Delta Dicari	TIDAK
3	1	5,5	69,85	48996,91	1568,08	4000	0,099	P-Delta Dicari	TIDAK
2	1	5,5	70,4	55820,51	1662,16	4000	0,107	P-Delta Dicari	TIDAK
1	1	5,5	47,3	62644,11	1713,84	4000	0,079	P-Delta Dicari	TIDAK

Perhitungan rasio stabilitas bangunan bresing X 1-Story.

Diketahui:

$$P : \text{Beban vertikal} = 7066,62 \text{ kN}$$

$$\Delta : \text{Simpangan antar lantai} = 21 \text{ mm}$$

$$I_e : \text{Keutamaan gempa} = 1$$

$$V : \text{Gaya geser antar lantai} = 747,71 \text{ kN}$$

$$h : \text{Tinggi lantai} = 4000 \text{ mm}$$

$$C_d : \text{Faktor perbesar defleksi} = 5$$

$$\beta : \text{Rasio geser} = 1$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{P \times \Delta \times I_e}{V \times h \times C_d} \\ &= \frac{7066,62 \times 21 \times 1}{747,71 \times 4000 \times 5} \\ &= 0,010 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta_{max} &= \frac{0,5}{C_d \times \beta} \\ &= \frac{0,5}{5 \times 1} \\ &= 0,1 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapat nilai koefisien stabilitas 0,010. Maka efek P-delta pada titik tersebut diabaikan karena memiliki nilai kurang dari 0,1. Nilai koefisien stabilitas tersebut juga kurang dari koefisien stabilitas maksimum yang artinya pada titik tersebut struktur termasuk kategori aman / stabil. Rekapitulasi perhitungan koefisien stabilitas seperti pada Tabel 5.49 dan 5.50 berikut.

Tabel 5.49 Rekapitulasi Koefisien Stabilitas Bresing X 1-Story Arah X

Lt	Ie	Cd	Pui (kN)	Vi (kN)	hsx	θ	Keterangan	Cek $\theta < \theta_{max}$
10	1	5	7066,62	747,71	4000	0,010	P-Delta Diabaikan	AMAN
9	1	5	16817,22	1357,5	4000	0,015	P-Delta Diabaikan	AMAN
8	1	5	26567,82	1738,98	4000	0,019	P-Delta Diabaikan	AMAN
7	1	5	36410,85	1979,49	4000	0,019	P-Delta Diabaikan	AMAN
6	1	5	48558,28	2254,41	4000	0,023	P-Delta Diabaikan	AMAN
5	1	5	61104,33	2545,06	4000	0,025	P-Delta Diabaikan	AMAN
4	1	5	73650,37	2854,35	4000	0,028	P-Delta Diabaikan	AMAN
3	1	5	86314,05	3162,95	4000	0,029	P-Delta Diabaikan	AMAN
2	1	5	98977,73	3423,78	4000	0,027	P-Delta Diabaikan	AMAN
1	1	5	111641,4	3546,16	4000	0,017	P-Delta Diabaikan	AMAN

Tabel 5.50 Rekapitulasi Koefisien Stabilitas Bresing X 1-Story Arah Y

Lt	Ie	Cd	Pui (kN)	Vi (kN)	hsx	θ	Keterangan	Cek $\theta < \theta_{max}$
10	1	5,0	7066,62	770,65	4000	0,015	P-Delta Diabaikan	AMAN
9	1	5,0	16817,22	1505,61	4000	0,019	P-Delta Diabaikan	AMAN
8	1	5,0	26567,82	1980,79	4000	0,024	P-Delta Diabaikan	AMAN
7	1	5,0	36410,85	2296,6	4000	0,025	P-Delta Diabaikan	AMAN
6	1	5,0	48558,28	2606,18	4000	0,025	P-Delta Diabaikan	AMAN
5	1	5,0	61104,33	2941,32	4000	0,026	P-Delta Diabaikan	AMAN
4	1	5,0	73650,37	3286,52	4000	0,029	P-Delta Diabaikan	AMAN
3	1	5,0	86314,05	3632,57	4000	0,029	P-Delta Diabaikan	AMAN
2	1	5,0	98977,73	3937,19	4000	0,029	P-Delta Diabaikan	AMAN
1	1	5,0	111641,4	4112,58	4000	0,025	P-Delta Diabaikan	AMAN

Perhitungan rasio stabilitas bangunan bresing X 2-Story.

Diketahui:

$$P : \text{Beban vertikal} = 7042,43 \text{ kN}$$

$$\Delta : \text{Simpangan antar lantai} = 20,5 \text{ mm}$$

$$I_e : \text{Keutamaan gempa} = 1$$

$$V : \text{Gaya geser antar lantai} = 737,18 \text{ kN}$$

$$h : \text{Tinggi lantai} = 4000 \text{ mm}$$

$$C_d : \text{Faktor perbesar defleksi} = 5$$

$$B : \text{Rasio geser} = 1$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{P \times \Delta \times I_e}{V \times h \times C_d} \\ &= \frac{7042,43 \times 20,5 \times 1}{737,18 \times 4000 \times 5} \\ &= 0,010 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta_{\max} &= \frac{0,5}{C_d \times \beta} \\ &= \frac{0,5}{5 \times 1} \\ &= 0,1 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapat nilai koefisien stabilitas 0,010. Maka efek P-delta pada titik tersebut diabaikan karena memiliki nilai kurang dari 0,1. Nilai koefisien stabilitas tersebut juga kurang dari koefisien stabilitas maksimum yang artinya pada titik tersebut struktur termasuk kategori aman / stabil. Tabel 5.51 dan 5.52 berikut merupakan rekapitulasi perhitungan koefisien stabilitas.

Tabel 5.51 Rekapitulasi Koefisien Stabilitas Bresing X 2-Story Arah X

Lt	Ie	Cd	Pui (kN)	Vi (kN)	hsx	θ	Keterangan	Cek $\theta < \theta_{max}$
10	1	5	7042,43	737,18	4000	0,010	P-Delta Diabaikan	AMAN
9	1	5	16768,84	1332,5	4000	0,015	P-Delta Diabaikan	AMAN
8	1	5	26495,25	1730,69	4000	0,021	P-Delta Diabaikan	AMAN
7	1	5	36314,08	1982,49	4000	0,020	P-Delta Diabaikan	AMAN
6	1	5	48433,52	2265,98	4000	0,025	P-Delta Diabaikan	AMAN
5	1	5	60951,56	2548,01	4000	0,027	P-Delta Diabaikan	AMAN
4	1	5	73469,59	2843,76	4000	0,031	P-Delta Diabaikan	AMAN
3	1	5	86105,27	3144,98	4000	0,031	P-Delta Diabaikan	AMAN
2	1	5	98740,94	3406,24	4000	0,032	P-Delta Diabaikan	AMAN
1	1	5	111376,6	3527,92	4000	0,019	P-Delta Diabaikan	AMAN

Tabel 5.52 Rekapitulasi Koefisien Stabilitas Bresing X 2-Story Arah Y

Lt	Ie	Cd	Pui (kN)	Vi (kN)	hsx	θ	Keterangan	Cek $\theta < \theta_{max}$
10	1	5,0	7042,43	770,25	4000	0,014	P-Delta Diabaikan	AMAN
9	1	5,0	16768,84	1500,76	4000	0,019	P-Delta Diabaikan	AMAN
8	1	5,0	26495,25	1979,29	4000	0,024	P-Delta Diabaikan	AMAN
7	1	5,0	36314,08	2284,39	4000	0,023	P-Delta Diabaikan	AMAN
6	1	5,0	48433,52	2598,57	4000	0,025	P-Delta Diabaikan	AMAN
5	1	5,0	60951,56	2930,49	4000	0,025	P-Delta Diabaikan	AMAN
4	1	5,0	73469,59	3274,56	4000	0,029	P-Delta Diabaikan	AMAN
3	1	5,0	86105,27	3617,45	4000	0,027	P-Delta Diabaikan	AMAN
2	1	5,0	98740,94	3921,58	4000	0,030	P-Delta Diabaikan	AMAN
1	1	5,0	111376,6	4091,02	4000	0,022	P-Delta Diabaikan	AMAN

Penggunaan bresing memperkecil simpangan yang terjadi pada suatu bangunan. Berdasarkan analisis simpangan bangunan tanpa sistem bresing tidak stabil, karena nilai koefisien stabilitas melebihi dari batasan yang telah ditentukan SNI 1726:2012, sedangkan bangunan dengan sistem bresing termasuk dalam kategori bangunan stabil, karena di bawah batasan yang telah ditentukan.

5.12. Gaya Dalam Komponen Struktur

Komponen struktur pada suatu gedung menghasilkan reaksi apabila diberi beban berupa gaya – gaya dalam. Gaya dalam pada komponen struktur terdiri dari momen lentur, gaya geser, gaya puntir dan gaya aksial. Nilai gaya dalam dapat berbeda tergantung pada perilaku yang timbul dari komponen struktur akibat diberikan gaya. Dalam tugas akhir ini hanya menampilkan nilai momen lentur, dan dipilih tinjauan komponen struktur yang sama pada setiap pemodelan bangunan, yaitu kolom jenis C35 dan balok jenis B35, nilai momen lentur yang muncul ada 2 jenis, yaitu momen akibat tarik dan momen akibat tekan pada daerah tepi (tumpuan) dan tengah (lapangan) bentang. nilai gaya dalam nantinya akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik seperti berikut ini.

5.12.1. Gaya dalam bangunan tanpa bresing

Pada tugas akhir ini meninjau gaya dalam yaitu momen lentur yang ada pada kolom dan baloknya,

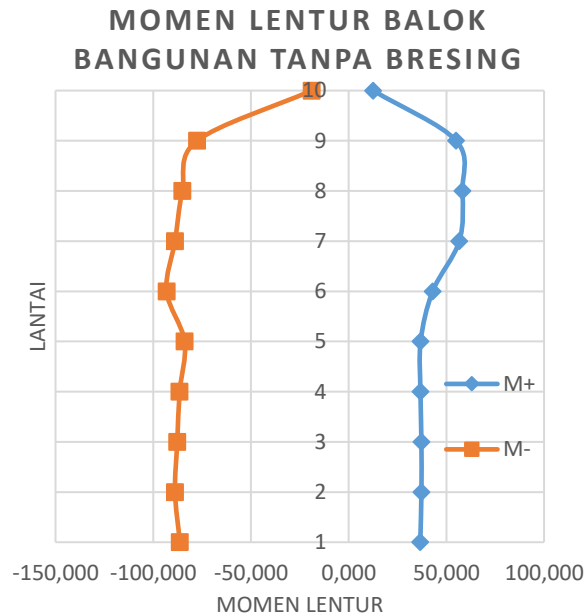
1. Momen lentur balok

Nilai momen yang diambil adalah nilai momen lentur negatif maupun momen lentur positif yang terbesar dari komponen struktur yang ditinjau, Rekapitulasi nilai momen lentur balok bangunan tanpa bresing dapat dilihat pada tabel 5.53 berikut ini.

Tabel 5.53 Momen Lentur Balok Bangunan Tanpa Bresing

Story	M+ (kN.m)	M- (kN.m)
10	12,612	-18,957
9	55,028	-77,550
8	58,214	-85,108
7	56,613	-88,863
6	42,970	-93,173
5	36,831	-83,921
4	36,748	-86,486
3	37,230	-87,684
2	37,245	-88,855
1	36,661	-86,349

Grafik nilai momen negatif dan momen positif dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut ini.



Gambar 5.12 Momen Lentur Balok Bangunan Tanpa B्रेसing

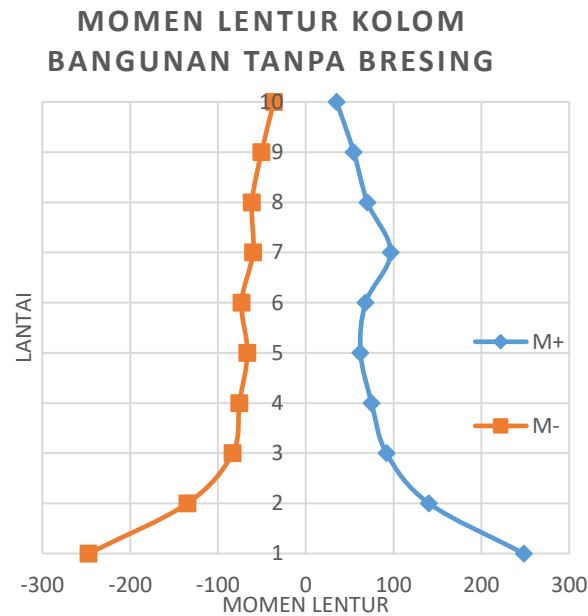
2. Momen lentur kolom

Nilai momen yang diambil adalah nilai momen lentur negatif maupun momen lentur positif yang terbesar dari komponen struktur yang ditinjau, Rekapitulasi nilai momen lentur kolom bangunan tanpa b्रेसing dapat dilihat pada tabel 5.54 berikut ini.

Tabel 5.54 Momen Lentur Kolom Bangunan Tanpa B्रेसing

Story	M+ (kN.m)	M- (kN.m)
10	35,263	-36,228
9	54,691	-50,285
8	70,236	-61,219
7	96,711	-60,003
6	68,158	-73,107
5	62,362	-66,383
4	75,055	-75,484
3	91,929	-83,266
2	140,319	-134,78
1	248,456	-247,19

Grafik nilai momen negatif dan momen positif dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut ini.



Gambar 5.13 Momen Lentur Kolom Bangunan Tanpa B्रेसing

5.12.2. Gaya dalam bangunan bresing X 1-Story

Pada tugas akhir ini meninjau gaya dalam yaitu momen lentur yang ada pada kolom dan baloknya,

1. Momen lentur balok

Nilai momen yang diambil adalah nilai momen lentur negatif maupun momen lentur positif yang terbesar dari komponen struktur yang ditinjau, Rekapitulasi nilai momen lentur balok bangunan bresing X 1-Story dapat dilihat pada tabel 5.55 berikut ini.

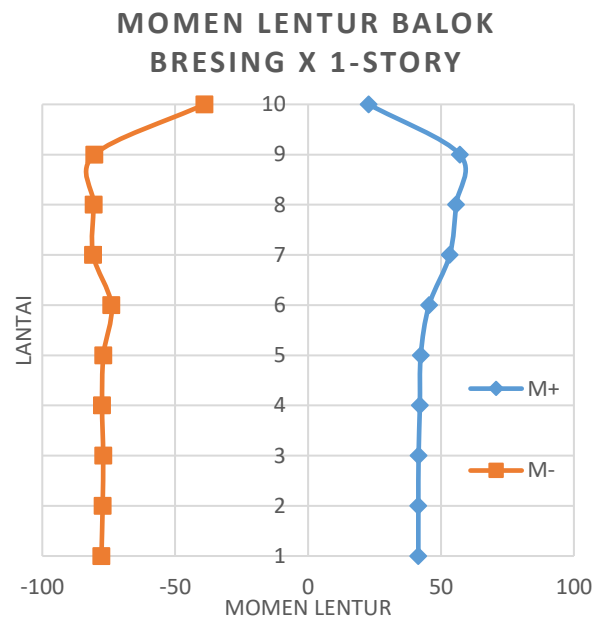
Tabel 5.55 Momen Lentur Balok Bangunan B्रेसing X 1-Story

Story	M+ (kN.m)	M- (kN.m)
10	22,833	-38,984
9	57,069	-80,377
8	55,662	-80,671
7	53,29	-80,855
6	45,516	-73,974

Lanjutan Tabel 5.55

Story	M+ (kN.m)	M- (kN.m)
5	42,381	-77,022
4	42,054	-77,514
3	41,562	-77,082
2	41,482	-77,285
1	41,471	-77,745

Grafik nilai momen negatif dan momen positif dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut ini.



Gambar 5.14 Momen Lentur Balok Bangunan Bresing X 1-Story

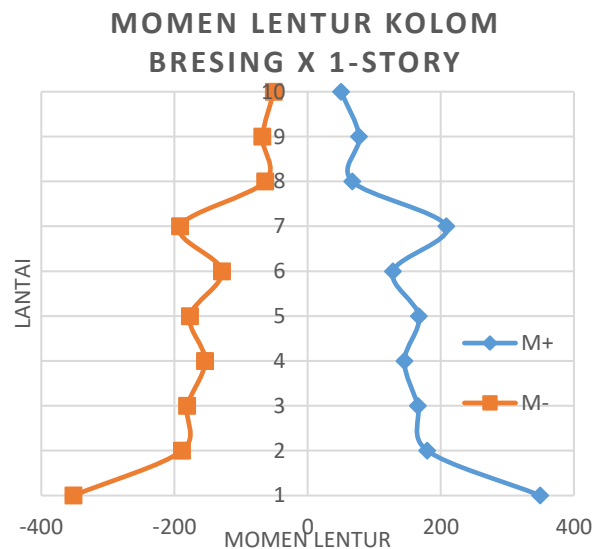
2. Momen lentur kolom

Nilai momen yang diambil adalah nilai momen lentur negatif maupun momen lentur positif yang terbesar dari komponen struktur yang ditinjau, Rekapitulasi nilai momen lentur kolom bangunan bresing X 1-Story dapat dilihat pada tabel 5.56 berikut ini.

Tabel 5.56 Momen Lentur Kolom Bangunan Bresing X 1-Story

Story	M+ (kN.m)	M- (kN.m)
10	50,438	-50,738
9	77,355	-67,802
8	67,091	-63,706
7	208,533	-191,67
6	128,15	-128,57
5	167,116	-176,74
4	145,408	-153,87
3	165,507	-180,69
2	179,854	-188,82
1	349,52	-351,41

Grafik nilai momen negatif dan momen positif dapat dilihat pada Gambar 5.15 berikut ini.

**Gambar 5.15 Momen Lentur Kolom Bangunan Bresing X 1-Story**

5.12.3. Gaya dalam bangunan bresing X 2-Story

Pada tugas akhir ini meninjau gaya dalam yaitu momen lentur yang ada pada kolom dan baloknya,

1. Momen lentur balok

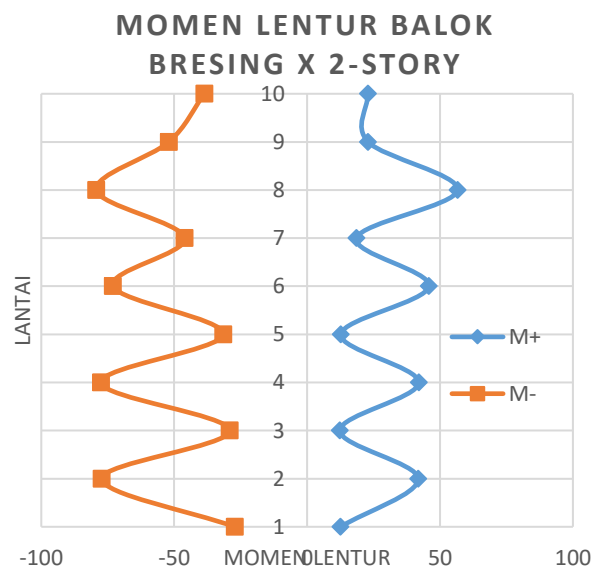
Nilai momen yang diambil adalah nilai momen lentur negatif maupun momen lentur positif yang terbesar dari komponen struktur yang ditinjau,

Rekapitulasi nilai momen lentur balok bangunan bresing X 2-Story dapat dilihat pada tabel 5.57 berikut ini.

Tabel 5.57 Momen Lentur Balok Bangunan Bresing X 2-Story

Story	M+ (kN.m)	M- (kN.m)
10	22,871	-38,656
9	22,978	-51,996
8	56,651	-79,302
7	18,56	-46,057
6	45,853	-73,018
5	12,672	-31,515
4	42,015	-77,52
3	12,299	-29,08
2	41,809	-77,25
1	12,616	-27,232

Grafik nilai momen negatif dan momen positif dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut ini.



Gambar 5.16 Momen Lentur Balok Bangunan Bresing X 2-Story

Perilaku pada bresing X 2-Lantai terlihat pada grafik terjadi akibat gaya-gaya tidak seimbang pada balok didistribusikan melalui batang Tarik bresing yang berada di lantai atasnya (Hewitt, Sabelli, dan Bray, 2009).

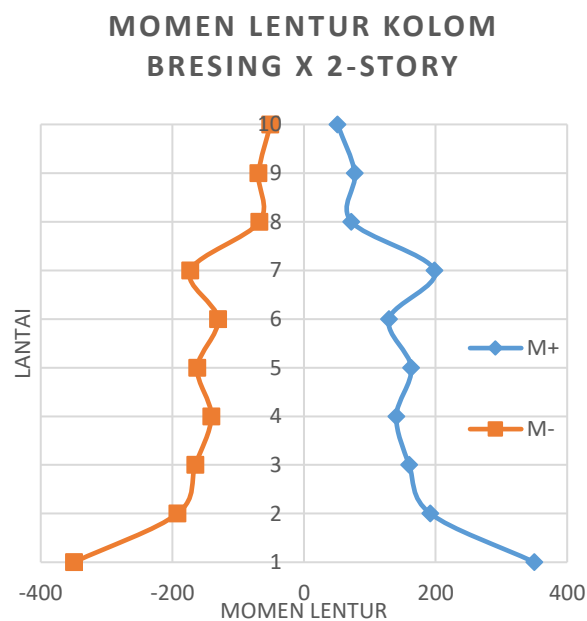
2. Momen lentur kolom

Nilai momen yang diambil adalah nilai momen lentur negatif maupun momen lentur positif yang terbesar dari komponen struktur yang ditinjau, Rekapitulasi nilai momen lentur kolom bangunan bresing X 2-Story dapat dilihat pada tabel 5.54 berikut ini.

Tabel 5.54 Momen Lentur Kolom Bangunan Bresing X 2-Story

Story	M+ (kN.m)	M- (kN.m)
10	51,072	-50,954
9	77,109	-68,961
8	72,149	-67,601
7	198,484	-172,57
6	129,236	-130,65
5	163,056	-162,04
4	140,329	-140,82
3	159,819	-165,11
2	192,25	-192,25
1	350,325	-349,53

Grafik nilai momen negatif dan momen positif dapat dilihat pada Gambar 5.17 berikut ini.



Gambar 5.17 Momen Lentur Kolom Bangunan Bresing X 2-Story