

ANALISIS PEMODELAN BENTUK GEDUNG T DAN L DENGAN INERSIA YANG SAMA TERHADAP RESPON SPEKTRUM

oleh :

Rizwan Komarudin

Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

Email : rizwankomarudin@gmail.com

Heri Khoeri

Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

Email : hkhoeri@hesa.co.id

Abstrak: Indonesia adalah Negara dengan tingkat kegempaan yang sangat tinggi karena diapit oleh lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia, hal ini menyebabkan tantangan sendiri bagi para ahli struktur dalam merancang suatu bangunan gedung yang tahan terhadap gempa. Pada proses perancangan beban gempa dapat dilakukan dengan berbagai analisis mulai dari statik ekuivalen dan analisis dinamik respon spektrum. Tulisan ini bertujuan untuk meninjau struktur gedung menggunakan analisis dinamik respon spektrum struktur yang mengacu pada SNI 03-1726-2012. Pembebanan yang di input yaitu beban mati, beban hidup dan beban gempa. Bangunan gedung yang ditinjau dalam tulisan ini yaitu gedung bentuk gedung L dan T dengan inersia yang sama terhadap sumbu arah x. Masing-masing struktur berlantai 3 dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Kedua bentuk gedung tersebut akan dianalisis menggunakan respon spektra desain kota Jakarta Pusat dan diasumsikan sebagai tanah lunak. Untuk mempercepat proses perhitungan analisis ini menggunakan bantuan *software* Etabs versi 9.6. Analisis respon struktur yang ditinjau adalah waktu getar, perpindahan (*displacement*), rasio simpangan antar lantai (*story drift*), momen lentur (*bending momen*) balok dan kolom serta torsi (*Torsion*) dari kedua bangunan gedung bentuk L dan T. Dari hasil analisis kedua bentuk gedung didapatkan data data sebagai berikut, gedung bentuk L mempunyai waktu getar lebih kecil daripada gedung bentuk T, perpindahan (*displacement*) gedung bentuk T lebih kecil daripada gedung bentuk L, simpangan antar lantai (*story drift*) gedung bentuk T lebih kecil dari pada gedung bentuk L, momen bentuk gedung T, momen maksimum gedung bentuk L lebih kecil daripada gedung bentuk T, serta torsi rata rata gedung bentuk T lebih kecil daripada gedung bentuk L

Kata kunci: respon spektrum, SNI 03-1726-2012, analisis dinamik respon spektrum

Abstract: Indonesia is a country with a very high level of seismicity which is flanked by the Indo-Australian plate and the Eurasian plate, causing its own challenges for experts in designing the structure of a building resistant to earthquakes. In the design process the seismic load can be done with a variety of analysis ranging from the equivalent static and dynamic analysis of the response spectrum. This paper aims to review the structure of the building using the response spectrum dynamic analysis of structures that refer to SNI 03-1726-2012. Loads at the input is dead loads, live loads and seismic loads. Shapes of buildings reviewed in this paper namely of buildings L shape and T shape with the same inertia about the axis x direction. Each of these structures by using a 3-story with Special Moment (SRPMK). Both forms of the building will be analyzed using the design response spectra Center Jakarta and assumed to be the soft ground. To speed up the calculation process analysis using statistical software ETABS version 9.6. Analyzing the response of structures to be reviewed is the time history, displacement, story drift, bending moment and Torsion. Data of building obtained the following data, building L-shape having a time history smaller than building a T shape, displacement building of T shape smaller than building of L shape, story drift building of T shape is smaller

than the building L shape, moments maximum L shape is smaller than T shape and torque L-shape building is smaller than building a T shape.

Keywords: spectral response, SNI 03-1726-2012, dynamic response spectrum analysis

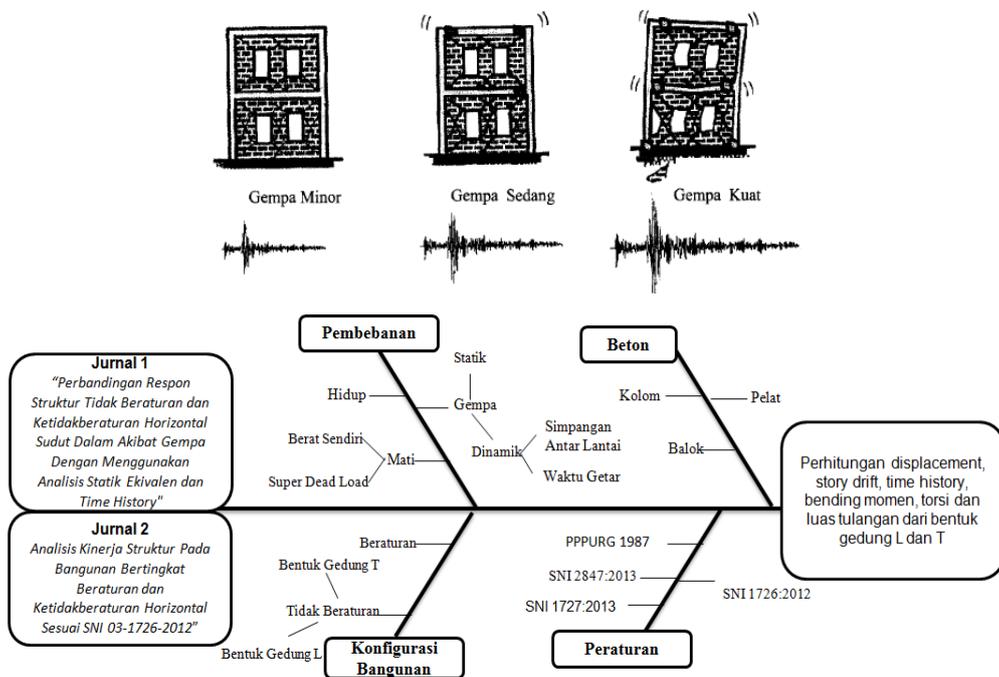
Pendahuluan

Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat pergerakan antar lempeng-lempeng di lapisan bumi, letusan gunung berapi dan ledakan yang dibuat oleh manusia. Dalam hubungannya dengan analisis struktur, maka yang umum ditinjau adalah gempa yang terjadi akibat pergeseran antar lempeng-lempeng tektonik yang mempunyai kekuatan dari yang sangat kecil hingga yang sangat besar. Gempa ini dikenal dengan istilah gempa tektonik. Dilihat dari banyaknya kerusakan dan kegagalan bangunan yang disebabkan bencana gempa bumi bahkan hingga menimbulkan korban jiwa, maka analisis bangunan dengan struktur tahan gempa sangat diperlukan dengan tujuan mengetahui resiko yang terjadi terhadap bangunan Gedung.

Pada gempa kecil yang sering terjadi, maka struktur utama bangunan harus tidak rusak dan berfungsi dengan baik. Kerusakan kecil yang masih dapat ditoleransi pada elemen non-struktur masih diperbolehkan.

Pada gempa menengah yang relatif jarang terjadi, maka struktur utama bangunan boleh rusak/retak ringan tetapi masih dapat/ekonomis untuk diperbaiki. Elemen non-struktur dapat saja rusak tetapi masih dapat diganti dengan yang baru.

Pada gempa kuat (strong earthquake) yang jarang terjadi, maka struktur bangunan boleh rusak tetapi tidak boleh runtuh total (totally collapse). Kondisi seperti ini juga diharapkan pada gempa besar (great earthquake), yang tujuannya adalah melindungi manusia/penghuni bangunan secara maksimum.



Gambar 1. Diagram Fishbone dan kondisi gempa pada struktur gedung

Batasan Masalah

1. Perbandingan respons spektrum kedua gedung tersebut dengan Inersia yang sama terhadap sumbu arah x
2. Mutu beton yang digunakan adalah f'_c 25 MPa dengan mutu baja tulangan utama $f_y = 410$ MPa, tulangan sengkang $f_{ys} = 240$ MPa dan $E = 200000$ MPa
3. Dimensi kolom ukuran 500mm x 500mm dan dimensi balok 300mm x 500mm.
4. Data tanah yang digunakan yaitu tanah lunak di wilayah DKI Jakarta
5. Perhitungan analisis struktur tidak menghitung detail tulangan.
6. Untuk beban gempa menggunakan analisis dinamik berdasarkan peraturan gempa SNI 1726 : 2012.

Maksud Dan Tujuan

Memberikan gambaran umum tentang kedua gedung tersebut dilihat dari perpindahan (*displacement*), simpangan antar lantai (*story drift*), waktu getar alami gedung (*time history*), torsi (*torsion*), dan momen (*bending momen*)

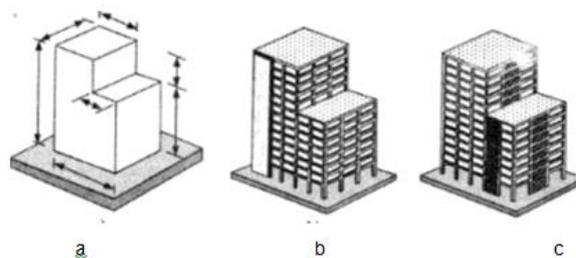
Hipotesa

1. Waktu getar gedung bentuk L lebih kecil daripada gedung bentuk T
2. Displacement gedung bentuk T lebih kecil daripada gedung bentuk L
3. Simpangan antar lantai gedung bentuk T lebih kecil daripada gedung bentuk L
4. Gedung bentuk L mempunyai momen lentur lebih besar daripada gedung bentuk T
5. Torsi gedung bentuk T lebih kecil daripada gedung bentuk L

Landasan Teori

Konfigurasi bangunan pada hakekatnya adalah sesuatu yang berhubungan dengan

bentuk, ukuran, macam dan penempatan struktur utama bangunan, serta macam dan penempatan bagian pengisi atau nonstructural element, (Arnold dan Reitherman, 1982). Gambar a adalah konfigurasi bangunan yang menyangkut bentuk, ukuran dan proporsi bangunan. Gambar b adalah konfigurasi bangunan yang berhubungan dengan jenis, kombinasi, letak dan orientasi struktur utama bangunan. Selanjutnya Gambar c adalah konfigurasi bangunan yang berhubungan dengan letak dan orientasi elemen non-struktur. Konfigurasi bangunan dapat dilihat pada Gambar di bawah ini



Gambar 2. Konfigurasi Bangunan

Konfigurasi struktur sangat berpengaruh dalam menentukan suatu perencanaan. Konfigurasi struktur tersebut adalah struktur bangunan beraturan atau tidak beraturan. Struktur bangunan gedung diklasifikasikan sebagai bangunan beraturan dan tidak beraturan berdasarkan SNI 1726:2012. Klasifikasi tersebut didasarkan pada konfigurasi horizontal dan vertikal dari struktur bangunan gedung. Pada struktur bangunan beraturan, pengaruh gempa rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa yang berperilaku statik, yaitu suatu representasi dari beban gempa setelah disederhanakan dan dimodifikasi. Sedangkan pada bangunan tidak beraturan harus ditinjau sebagai pengaruh beban dinamik. Beban gempa ekuivalen statik merupakan penyederhanaan dari beban gempa dinamik, yaitu berupa

gaya horizontal F yang bekerja pada pusat massa bangunan dan bersifat statik. Perhitungan dalam metode ini hanya memperhatikan kontribusi dari mode ke-1 saja, sehingga hanya cocok untuk bangunan yang cenderung kaku. Sebagai konsekuensinya, semakin tinggi bangunan akan semakin fleksibel dan kontribusi higher mode menjadi lebih besar, sehingga perancangan bangunan harus didasarkan pada analisis dinamik. (Widodo, 2001). Periode fundamental struktur (T) / Waktu Getar. Periode fundamental struktur (T), tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (Cu) dan periode fundamental pendekatan, dan periode fundamental struktur memiliki batasan minimum dan maksimum, dan besarnya nilai tersebut adalah:

$$T_{a \min} = C_r h_n^x$$

$$T_{a \max} = C_u T_{a \min}$$

Keterangan:

$T_{a \min}$ = Nilai batas bawah periode bangunan

$T_{a \max}$ = Nilai batas atas periode bangunan

C_u = dapat dilihat pada tabel

C_r = dapat dilihat pada tabel

x = dapat dilihat pada tabel

h_n = Ketinggian struktur

Tabel 1. Respons spektral

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Tabel 2. Koefisien tipe struktur

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilindungi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan menvegah rangka dari defleksi jika dikenai beban gempa :		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Simpangan (*drift*) adalah perpindahan lateral relatif antara dua tingkat bangunan yang berdekatan atau simpangan mendatar tiap tiap tingkat bangunan (*horizontal story to story deflection*). Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau.

Bagi struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik C,D, E atau F yang memiliki ketidakberaturan horizontal Tipe 1a atau 1b, simpangan antar lantai desain, Δ , harus dihitung sebagai selisih terbesar dari defleksi titik-titik di atas dan di bawah tingkat yang diperhatikan yang letaknya segaris secara vertikal, di sepanjang salah satu bagian tepi struktur. Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$$

Keterangan:

C_d = Faktor amplifikasi defleksi

δ_{xe} = Defleksi yang ditentukan oleh analisis elastis

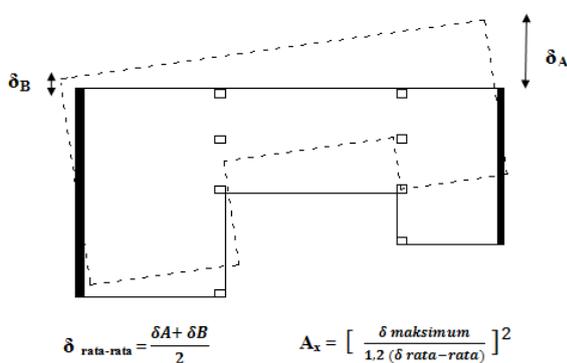
I_e = Faktor keutamaan gempa

Simpangan antar lantai tingkat desain tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat izin, seperti diperlihatkan dalam Tabel di bawah ini.

Tabel 3. Batas simpangan antar lantai

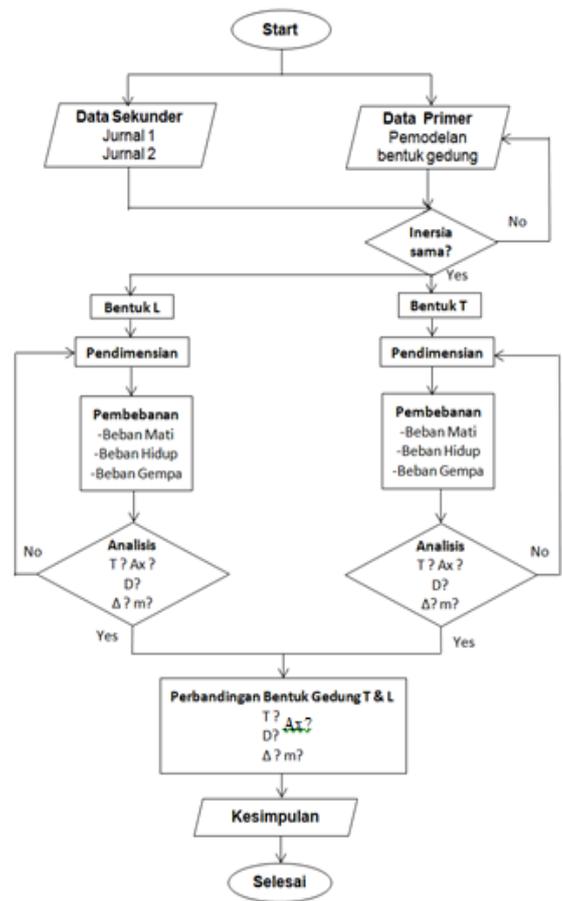
Struktur	Kategori Resiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025h _{gr}	0,020h _{gr}	0,015h _{gr}
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010h _{gr}	0,010h _{gr}	0,010h _{gr}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007h _{gr}	0,007h _{gr}	0,007h _{gr}
Semua struktur lainnya	0,020h _{gr}	0,015h _{gr}	0,010h _{gr}

Torsi merupakan puntiran yang terjadi pada penampang tegak lurus terhadap sumbu utama dari elemen. Beban lateral dapat mengakibatkan torsi pada bangunan ketika beban lateral tersebut cenderung memutar bangunan tersebut dengan arah vertikal. Hal ini terjadi ketika pusat beban tidak tepat dengan pusat kekakuan elemen vertikal beban lateral – sistem ketahanan struktur tersebut. Eksentrisitas diantara pusat kekakuan dan massa bangunan dapat menyebabkan gerakan torsi selama terjadinya gempa. Torsi ini dapat meningkatkan displacement pada titik ekstrim bangunan dan menimbulkan masalah pada elemen penahan lateral yang berlokasi pada tepi gedung. Berdasarkan SNI 1726:2012 terdapat dua jenis torsi yang terjadi, yaitu:



Gambar 3. Faktor pembesaran torsi (Ax)

Metodologi



Gambar 4. Flow chart

- “Start” Mulai
- “Data primer” dan “Data sekunder”, data primer yaitu pemodelan desain struktur menurut penulis dan data sekunder adalah jurnal jurnal yang dijadikan referensi dalam pembuatan tugas akhir
- “Inersia sama?” yaitu pengolahan data pemodelan bentuk gedung T dan L terhadap Momen Inersia, sedemikian rupa diolah sampai menemukan perhitungan Inersia yang sama.
- “Bentuk T” & “Bentuk L” Bentuk T adalah pemodelan tampak atas dari gedung (terlihat seperti huruf T) dan Bentuk L adalah pemodelan tampak atas (terlihat seperti huruf L)

- **“Pendimensian”** adalah data data asumsi awal terhadap dimensi Kolom, Balok dan Pelat Lantai berdasarkan SNI 2847:2013
- **“Pembebanan”** adalah proses input beban beban berdasarkan peraturan, untuk beban mati mengacu PPPURG 1987, untuk beban hidup mengacu pada “SNI 1727:2013 *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain* “ dan untuk beban gempa mengacu pada SNI 1726:2012 “*Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung & Non Gedung*” kemudian beban beban yang didapat dari hasil perhitungan di input ke *software* Etabs 9.6
- **“Analisis”** yaitu analisa perhitungan terhadap *displacement (D)*, simpangan antar lantai (Δ), waktu getar gedung (T), Torsi (Ax), Momen lentur (M)
- **“Perbandingan bentuk gedung T dan L”** yaitu perbandingan hasil “Analisis” dari kedua bentuk gedung tersebut
- **“Kesimpulan”** adalah simpulan dari perbandingan bentuk gedung T dan L, dalam hal ini akan memberikan gambaran terhadap kondisi gedung berdasarkan data hasil analisis kedua gedung tersebut
- **“Selesai”**

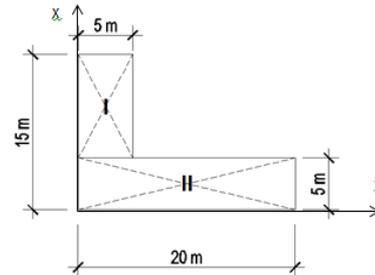
Hasil Dan Analisa

Berikut adalah data-data dari bangunan yang dianalisis

- Jenis bangunan : Gedung perkantoran
- Denah gedung : 20 x 15 m²
- Tinggi lantai 1 : 3,5 m
- Tinggi lantai 2-3 : 3 m
- Jenis struktur : Beton
- Jenis tanah : Tanah lunak
- Mutu beton : f'_c 25 MPa
- Mutu tulangan : f_y 410 MPa
- Sistem rangka : SRPMK

- Dimensi kolom : 500 x 500 mm
- Dimensi balok : 300 x 500 mm

Pengecekan Inersia gedung bentuk L.

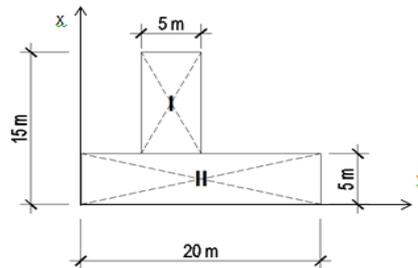


Gambar 5. Gedung bentuk L

Tabel 4. Inersia gedung bentuk L

	b	h	A	x	y	Axi	Ayi	x'	y'	Ix	Iy
Bang I	5	10	50	2.5	10	125	500			1666.67	1354.17
Bang II	20	5	100	10	2.5	1000	250	7.5	5	833.333	3958.33
Total			150			1125	750			2500	5312.5

Pengecekan Inersia gedung bentuk T.



Gambar 6. Gedung bentuk T

Tabel 5. Inersia gedung bentuk L

	b	h	A	x	y	Axi	Ayi	x'	y'	Ix	Iy
Bang I	5	10	50	7.5	10	375	500	9.167	5	1666.67	243.056
Bang II	20	5	100	10	2.5	1000	250			833.333	3402.78
Total			150			1375	750			2500	3645.83

Berdasarkan hasil pengecekan bentuk gedung L dan T terhadap koordinat sumbu x didapatkan Inersia yang sama sebesar 2500 m⁴.

Waktu Getar

Gedung bentuk L

Mode 1 (T_{c_y}) = 0,4679 detik (Arah Y)

Mode 2 (T_{c_x}) = 0,4577 detik (Arah X)

Perioda fundamental pendekatan (T_a) dapat digunakan untuk menentukan fundamental alami (T), adalah sebagai berikut:

$$T_{a \min} = 0,0466 \times (9,5)^{0,9} = 0,353 \text{ detik}$$

$$T_{a \max} = 1,4 \times 0,3534 = 0,495 \text{ detik}$$

Sehingga perioda fundamental alami struktur untuk masing-masing arah adalah:

$$T_{cy} = 0,4679 \text{ detik (Arah Y)}$$

$$T_{cx} = 0,4577 \text{ detik (Arah X)}$$

Gedung bentuk T

$$\text{Mode 1 (} T_{cy} \text{)} = 0,4670 \text{ (Arah Y)}$$

$$\text{Mode 2 (} T_{cx} \text{)} = 0,4582 \text{ (Arah X)}$$

Perioda fundamental pendekatan (T_a) dapat digunakan untuk menentukan fundamental alami (T), adalah sebagai berikut:

$$T_{a \min} = 0,0466 \times (9,5)^{0,9} = 0,353 \text{ detik}$$

$$T_{a \max} = 1,4 \times 0,3534 = 0,495 \text{ detik}$$

Sehingga perioda fundamental alami struktur untuk masing-masing arah adalah:

$$T_{cy} = 0,4670 \text{ (Arah Y)}$$

$$T_{cx} = 0,4582 \text{ (Arah X)}$$

Simpangan Antar Lantai

Gedung Bentuk L

Tabel 6. Simpangan gedung bentuk L Arah x

Lantai	Simpangan Total (mm)	Perpindahan (mm)	Simp. Antarlantai (mm)	Simp. Antarlantai izin (mm)	Status
Lantai 3 / Atap	7.33	2.03	11.19	30	Yes
Lantai 2	5.30	2.84	15.63	30	Yes
Lantai 1	2.46	2.46	13.51	35	Yes
Dasar	0.00	0	0.00	0	Yes

Tabel 7. Simpangan gedung bentuk L arah y

Lantai	Simpangan Total (mm)	Perpindahan (mm)	Simp. Antarlantai (mm)	Simp. Antarlantai izin (mm)	Status
Lantai 3 / Atap	8.05	2.29	12.57	30	Yes
Lantai 2	5.77	3.13	17.21	30	Yes
Lantai 1	2.64	2.64	14.51	35	Yes
Dasar	0.00	0	0.00	0	Yes

Gedung Bentuk T

Tabel 8. Simpangan gedung bentuk T Arah x

Lantai	Simpangan Total (mm)	Perpindahan (mm)	Simp. Antarlantai (mm)	Simp. Antarlantai izin (mm)	Status
Lantai 3 / Atap	7.19	2.00	10.98	30	Yes
Lantai 2	5.20	2.79	15.35	30	Yes
Lantai 1	2.41	2.41	13.24	35	Yes
Dasar	0.00	0	0.00	0	Yes

Tabel 9. Simpangan gedung bentuk T Arah y

Lantai	Simpangan Total (mm)	Perpindahan (mm)	Simp. Antarlantai (mm)	Simp. Antarlantai izin (mm)	Status
Lantai 3 / Atap	7.46	2.08	11.46	30	Yes
Lantai 2	5.38	2.89	15.92	30	Yes
Lantai 1	2.49	2.49	13.68	35	Yes
Dasar	0	0	0	0	Yes

Displacement

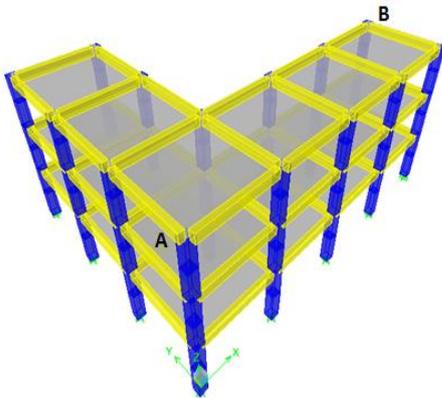
Tabel 10. Displacement gedung bentuk L

Story	Point	Load	UX (mm)	UY (mm)	UX Max (mm)	UY Max (mm)				
Lantai 3	1	Envelope	6.52	6.47	7.33	8.05				
	2		6.56	6.47						
	3		6.92	6.47						
	4		7.33	6.47						
	5		6.52	6.67						
	6		6.56	6.67						
	7		6.92	6.67						
	8		7.33	6.67						
	9		6.52	7.01						
	10		6.56	7.01						
	13		6.52	7.51						
	14		6.56	7.51						
	17		6.52	8.05						
	18		6.56	8.05						
	Lantai 2		1	Envelope			4.78	4.73	5.30	5.77
			2				4.79	4.73		
			3				5.02	4.73		
			4				5.30	4.73		
5		4.78	4.85							
6		4.79	4.85							
7		5.02	4.85							
8		5.30	4.85							
9		4.78	5.07							
10		4.79	5.07							
13		4.78	5.40							
14		4.79	5.40							
17		4.78	5.77							
18		4.79	5.77							

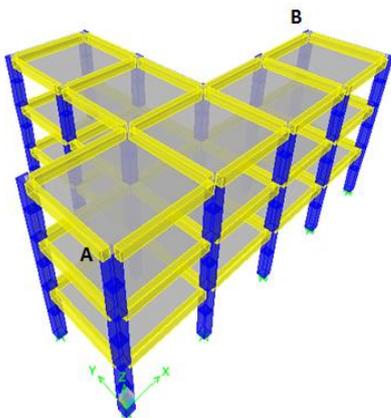
Tabel 11. Displacement gedung bentuk T

Story	Point	Load	UX (mm)	UY (mm)	UX Max (mm)	UY Max (mm)
Lantai 3	1	Envelope	6.34	6.89	7.19	7.46
	2		6.52	6.89		
	5		6.34	6.88		
	6		6.52	6.88		
	7		6.84	6.88		
	8		7.19	6.88		
	9		6.34	6.91		
	10		6.52	6.91		
	13		6.34	7.18		
	14		6.52	7.18		
	17		6.34	7.46		
	18		6.52	7.46		
	141		6.84	6.91		
	142		7.19	6.91		
Lantai 2	1	Envelope	4.66	5.00	5.20	5.38
	2		4.77	5.00		
	5		4.66	4.99		
	6		4.77	4.99		
	7		4.97	4.99		
	8		5.20	4.99		
	9		4.66	5.01		
	10		4.77	5.01		
	13		4.66	5.19		
	14		4.77	5.19		
	17		4.66	5.38		
	18		4.77	5.38		
	141		4.97	5.01		
	142		5.20	5.01		

Pemodelan Gedung



Gambar 7. Gedung bentuk L



Gambar 8. Gedung bentuk T

Torsi

Gedung bentuk L

Tabel 12. Torsi gedung bentuk L arah x

Lantai	δ_{max} (mm)	δ_{avg} (mm)	$1,2\delta_{avg}$ (mm)	$1,4\delta_{avg}$ (mm)	$\delta_{max} < 1,2\delta_{avg}$	$1,2\delta_{avg} < \delta_{max} < 1,4\delta_{avg}$
Lantai 3	7.33	6.52	7.82	9.13	Yes	No
Lantai 2	5.30	4.78	5.74	6.69	Yes	No
Lantai 1	2.46	2.26	2.71	3.16	Yes	No

Tabel 13. Torsi gedung bentuk L Arah y

Lantai	δ_{max} (mm)	δ_{avg} (mm)	$1,2\delta_{avg}$ (mm)	$1,4\delta_{avg}$ (mm)	$\delta_{max} < 1,2\delta_{avg}$	$1,2\delta_{avg} < \delta_{max} < 1,4\delta_{avg}$
Lantai 3	8.05	7.26	8.71	10.16	Yes	No
Lantai 2	5.77	5.24	6.29	7.34	Yes	No
Lantai 1	2.64	2.44	2.92	3.41	Yes	No

Gedung bentuk T

Tabel 14. Torsi gedung bentuk T Arah x

Lantai	δ_{max} (mm)	δ_{avg} (mm)	$1,2\delta_{avg}$ (mm)	$1,4\delta_{avg}$ (mm)	$\delta_{max} < 1,2\delta_{avg}$	$1,2\delta_{avg} < \delta_{max} < 1,4\delta_{avg}$
Lantai 3	7.19	6.35	7.62	8.89	Yes	No
Lantai 2	5.20	4.66	5.59	6.52	Yes	No
Lantai 1	2.41	2.21	2.65	3.09	Yes	No

Tabel 15. Torsi gedung bentuk T Arah y

Lantai	δ_{max} (mm)	δ_{avg} (mm)	$1,2\delta_{avg}$ (mm)	$1,4\delta_{avg}$ (mm)	$\delta_{max} < 1,2\delta_{avg}$	$1,2\delta_{avg} < \delta_{max} < 1,4\delta_{avg}$
Lantai 3	7.46	7.17	8.60	10.04	Yes	No
Lantai 2	5.38	5.19	6.23	7.27	Yes	No
Lantai 1	2.49	2.43	2.91	3.40	Yes	No

Momen

Tabel 16. Gedung Bentuk L

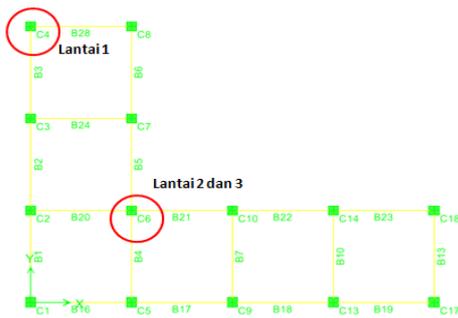
Lantai	Letak Momen	Kombinasi Beban	Momen (kNm)	Momen Maksimum (kNm)
Lantai 1	Kolom	Envelope	62.27	62.27
Lantai 2			36.296	
Lantai 3			23.655	
Lantai 1	Balok	Envelope	37.022	
Lantai 2			34.038	
Lantai 3			20.795	

Tabel 17. Gedung Bentuk T

Lantai	Letak Momen	Kombinasi Beban	Momen (kNm)	Momen Maksimum (kNm)
Lantai 1	Kolom	Envelope	63.404	63.40
Lantai 2			40.641	
Lantai 3			25.271	
Lantai 1	Balok	Envelope	44.756	
Lantai 2			41.572	
Lantai 3			19.713	

Detail Momen

Gedung bentuk L

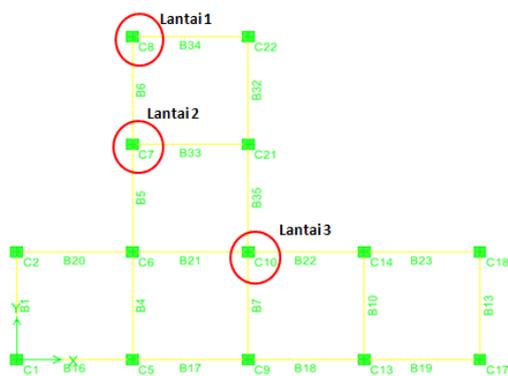


Gambar 9. Gedung bentuk L

Tabel 18. Momen untuk gedung L

Lantai	Kolom	Load Comb	Momen (kNm)	Lantai	Kolom	Load Comb	Momen (kNm)	Lantai	Kolom	Load Comb	Momen (kNm)
3	C1	Enve	9.23	2	C17	Enve	10.82	1	C18	Enve	52.85
3	C2	Enve	11.69	2	C18	Enve	11.33	1	C17	Enve	53.19
3	C4	Enve	12.19	2	C8	Enve	15.01	1	C7	Enve	56.72
3	C3	Enve	13.56	2	C7	Enve	18.37	1	C8	Enve	57.46
3	C17	Enve	19.65	2	C1	Enve	26.14	1	C1	Enve	58.02
3	C18	Enve	19.89	2	C4	Enve	30.00	1	C2	Enve	59.09
3	C9	Enve	20.98	2	C2	Enve	30.72	1	C10	Enve	59.49
3	C5	Enve	21.25	2	C9	Enve	31.39	1	C14	Enve	59.92
3	C8	Enve	21.72	2	C10	Enve	31.45	1	C9	Enve	59.99
3	C13	Enve	21.95	2	C13	Enve	32.01	1	C5	Enve	60.28
3	C10	Enve	21.98	2	C5	Enve	32.24	1	C13	Enve	60.28
3	C14	Enve	22.20	2	C14	Enve	32.44	1	C6	Enve	60.95
3	C7	Enve	22.94	2	C3	Enve	32.79	1	C3	Enve	61.32
3	C6	Enve	23.66	2	C6	Enve	35.87	1	C4	Enve	62.27

Gedung bentuk T



Gambar 10. Gedung bentuk T

Tabel 19. Momen untuk gedung T

Lantai	Kolom	Load Comb	Momen (kNm)	Lantai	Kolom	Load Comb	Momen (kNm)	Lantai	Kolom	Load Comb	Momen (kNm)
3	C2	Enve	8.87	2	C17	Enve	5.91	1	C17	Enve	50.78
3	C1	Enve	8.92	2	C18	Enve	6.94	1	C18	Enve	51.42
3	C8	Enve	12.27	2	C22	Enve	10.14	1	C21	Enve	54.83
3	C7	Enve	13.92	2	C21	Enve	13.67	1	C22	Enve	55.02
3	C17	Enve	19.20	2	C9	Enve	30.43	1	C9	Enve	58.65
3	C18	Enve	19.73	2	C5	Enve	31.10	1	C5	Enve	58.90
3	C5	Enve	20.51	2	C13	Enve	31.19	1	C13	Enve	58.98
3	C9	Enve	20.57	2	C14	Enve	32.04	1	C1	Enve	59.03
3	C22	Enve	21.05	2	C1	Enve	33.55	1	C14	Enve	59.56
3	C13	Enve	21.86	2	C2	Enve	34.85	1	C2	Enve	59.75
3	C21	Enve	22.53	2	C10	Enve	34.88	1	C10	Enve	60.39
3	C6	Enve	22.64	2	C6	Enve	36.72	1	C6	Enve	60.98
3	C14	Enve	23.51	2	C8	Enve	37.99	1	C7	Enve	62.95
3	C10	Enve	24.05	2	C7	Enve	40.64	1	C8	Enve	63.40

Kesimpulan

Tabel 20. Rekapitulasi

No	Indikator	Bentuk Gedung				Keterangan
		L (Nilai Maksimum)		T (Nilai Maksimum)		
		Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	
1	Waktu Getar	0,4577 detik	0,4679 detik	0,4582 detik	0,4670 detik	L < T
2	Displacement	7,33 mm	8,05 mm	7,19 mm	7,46 mm	L > T
3	Simpangan Antar Lantai	15,63 mm	17,21 mm	15,35 mm	15,92 mm	L > T
4	Momen	62,27 kNm		63,40 kNm		L < T
5	Torsi	Tanpa Ketidakberaturan Torsi		Tanpa Ketidakberaturan Torsi		L > T

1. Gedung bentuk L mempunyai waktu getar lebih kecil daripada bentuk T
2. Gedung bentuk T mempunyai displacement lebih kecil daripada gedung bentuk L
3. Gedung bentuk T mempunyai simpangan antar lantai lebih kecil daripada bentuk gedung L
4. Gedung bentuk L mempunyai momen maksimum lebih kecil daripada gedung bentuk T
5. Gedung bentuk L mempunyai Torsi lebih besar daripada gedung bentuk T, dan pengaruh torsi kedua bentuk gedung diabaikan.

Daftar Pustaka

BSN. SNI 1726-2012 "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung". Jakarta

BSN. SNI 1727-2013 "Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain". Jakarta.

- BSN. SNI 2847-2013 "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung". Jakarta.
- Budiono, B and Supriatna L. "Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan RSNI 03-1726-201X" Bandung: ITB, 2011
- Jack C and Cormac Mc. "Desain Beton Bertulang Edisi Kelima Jilid 2". Jakarta: Erlangga, 2004.
- Pawirodikromo, Widodo. "Respon Dinamik Struktur Elastik". Yogyakarta: UII Press, 2001.
- "Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983". Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, 1981.
- Sudarmoko. "Kolom Beton Bertulang". Yogyakarta: Penerbit Biro, 1994.
- Tarigan M dan Teruna DR. "Perbandingan Respon Struktur Beraturan dan Ketidakberaturan Horizontal Sudut Dalam Akibat Gempa dengan Menggunakan Analisis Statik Ekuivalen dan Time History".Jurnal. Medan, 2016
- Purba HL, "Analisis Kinerja Struktur Pada Bangunan Bertingkat Beraturan dan Ketidakberaturan Horizontal Sesuai SNI 03-1726-2012" Jurnal Palembang, 2016