

PERHITUNGAN *INTER STORY DRIFT* PADA BANGUNAN TANPA *SET-BACK* DAN DENGAN *SET-BACK* AKIBAT GEMPA

Berny Andreas Engelbert Rumimper

S. E. Wallah, R. S. Windah, S. O. Dapas

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

e-mail: bernyrumimper@yahoo.com

ABSTRAK

Pada bangunan dengan set-back terjadi perbedaan simpangan yang cukup signifikan antar lantai-lantai yang berbatasan dengan set-back tersebut. Perbedaan massa dan kekakuan yang signifikan itu menyebabkan terjadinya konsentrasi gaya-gaya yang ekstrim pada lantai tersebut. Besarnya simpangan lateral dan potensi kerusakan bangunan mempunyai hubungan yang sangat kuat yang akan mengakibatkan terjadinya kerusakan pada bagian set-back tersebut.

Simpangan dihitung menggunakan respon spektrum dengan menganggap struktur berada pada kondisi tanah keras wilayah gempa V Indonesia. Dalam analisa diambil 2 tipe/model struktur (dua dimensi) yaitu struktur bangunan dengan dan tanpa set-back. Struktur terbuat dari material beton yang dimodelkan sebagai bangunan penahan geser (shear building).

Dari hasil analisa yang dilakukan diperoleh bahwa simpangan struktur pada bangunan dengan set-back seperti pada contoh aplikasi adalah lebih kecil dari pada simpangan struktur pada bangunan tanpa set-back, sedangkan pada bangunan dengan set-back terjadi inter story drift (simpangan antar tingkat) yang cukup ekstrim antara lantai yang berbeda massa dan kekakuannya dan pada bangunan tanpa set-back tidak terjadi, karena massa dan kekakuan tiap lantai adalah sama.

Kata kunci: set-back, respon spektrum, inter story drift.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dengan berkembangnya zaman, pembangunan juga ikut berkembang. Berbagai model bangunan dapat dijumpai, mulai dari bangunan yang sederhana hingga bangunan dengan geometrik yang rumit. Dari berbagai macam geometrik bangunan tersebut kita dapat membagi kategori bangunan menjadi 2 kategori, yaitu: bangunan beraturan dan bangunan tidak beraturan.

Bangunan beraturan adalah bangunan yang pada umumnya simetris dalam denah dengan sistem struktur yang terbentuk oleh subsistem-subsistem penahan beban lateral yang arahnya saling tegak lurus dan sejajar dengan sumbu-sumbu utama ortogonal denah tersebut, dan arah utama pembebanan gempa adalah yang searah dengan sumbu-sumbu utama tersebut. Tetapi pada bangunan tidak beraturan, seringkali arah utama pembebanan gempa yang menentukan tidak dapat dipastikan sebelumnya. Untuk

itu arah utama pembebanan gempa harus dicari dengan cara coba-coba dengan meninjau beberapa kemungkinan.

Bangunan beraturan lebih disukai untuk perencanaan daripada bangunan tidak beraturan. Hal ini dikarenakan bangunan beraturan cenderung memiliki pusat massa dan pusat kekakuan yang berhimpit. Pada saat gempa terjadi, titik tangkap gaya gempa terhadap bangunan berada pada pusat massanya, sedangkan perlawanan yang dilakukan oleh bangunan berpusat pada pusat kekakuannya.

Banyak bangunan yang secara arsitektur memiliki nilai estetika tinggi yang pada umumnya menjadi pilihan para arsitek dalam mendisain suatu bangunan. Kebanyakan dari bangunan-bangunan seperti ini memiliki bentuk struktur yang tidak beraturan diantaranya juga termasuk bangunan-bangunan dengan *set-back* atau yang lebih akrab dikenal sebagai bangunan dengan tonjolan/loncatan bidang muka.

Pada bangunan dengan *set-back* pusat massa dan pusat kekakuan tidak berhimpit,

sehingga akan terjadi torsi pada bangunan dan juga dapat terjadi perbedaan konsentrasi tegangan pada titik-titik tertentu yang dapat menimbulkan pelelehan dini.

Bangunan dengan *set-back* juga memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dari bangunan ini adalah memiliki massa (lantai atas) yang relative lebih kecil dibandingkan dengan lantai dibawahnya, sehingga letak titik beratnya berada dibagian bawah bangunan sehingga menyebabkan bangunan menjadi lebih stabil. Bangunan ini juga memiliki beberapa kekurangan yaitu perubahan yang mendadak pada elevasi bangunan dapat menimbulkan konsentrasi aksi struktural dilantai tempat terjadinya perubahan ukuran denah. Besarnya aksi bangunan akan terus bertambah selama bertambahnya respon dinamik pada bangunan tersebut

Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diambil dari uraian diatas adalah bagaimana *inter story drift* (simpangan antar tingkat) pada bangunan yang memiliki massa dan kekakuan yang sama tiap lantai dan bangunan yang memiliki perbedaan massa dan kekakuan tiap lantai.

Pembatasan Masalah

Adapun pembatasan masalah yang dilakukan dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Tinjauan struktur hanya pada portal bidang (2 dimensi).
2. Untuk analisa perhitungan struktur dimodelkan sebagai bangunan penahan geser, dimana:
 - Massa struktur terpusat pada lantai.
 - Balok pada lantai, kaku tak hingga dibandingkan dengan kolom.
 - Deformasi struktur tidak dipengaruhi gaya axial pada kolom.
3. Tinjauan perpindahan (*displacement*) struktur yang terjadi hanya pada lenturan struktur dalam arah horisontal (simpangan lateral).
4. Struktur yang dianalisa ini adalah: bangunan 10 tingkat (2 dimensi) yang terdiri material beton bertulang, terletak pada wilayah gempa V, tanah keras (SNI 03-1726-2002).

Dimensi kolom 80x80, balok 60x80 dan tebal plat 15 cm

Tinggi kolom 4 m dan jarak antara kolom 8 m.

Tujuan Penulisan

1. Menghitung *inter story drift* (simpangan antar tingkat) pada bangunan tanpa *set-back* dan dengan *set-back*.
2. Membandingkan *inter story drift* (simpangan antar tingkat) antara bangunan bertingkat tanpa *set-back* dan dengan *set-back*.

Metode Penulisan

Penulisan ini bersifat studi literatur dan metode yang digunakan adalah metode pendekatan yang merupakan pengembangan atau modifikasi dari beberapa teori yang ada diberbagai referensi atau buku-buku yang membahas dan mempelajari mengenai deformasi struktur.

Untuk membatasi ruang lingkup masalah, maka dibuat model-model matematis yang dapat memudahkan perhitungan.

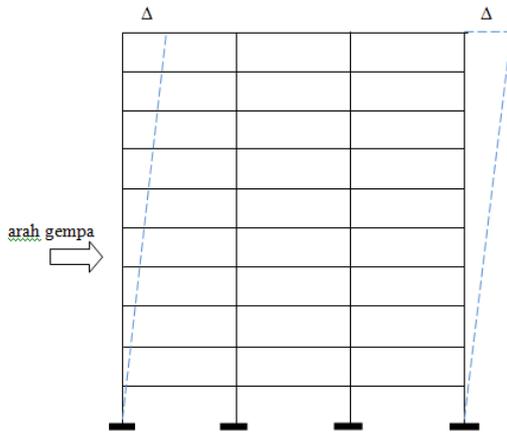
Agar teori-teori yang dikemukakan dapat dipahami dengan jelas, maka penulis membuat suatu contoh penyelesaian struktur sebagai aplikasi struktur dari rumus-rumus yang diterapkan. Selanjutnya analisa perhitungan digunakan program komputer, dalam hal ini program MatLab v.7,7.

GAMBARAN UMUM BANGUNAN DENGAN SET-BACK

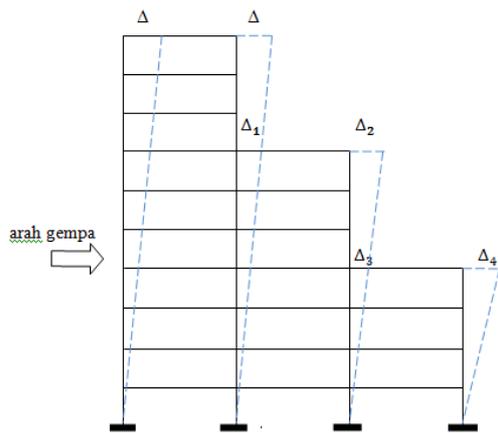
Dalam proses perencanaan suatu bangunan. banyak hal yang menjadi pertimbangan terutama dari sisi arsitektural. Bentuk bangunan yang adapun sudah sangat bervariasi, salah satunya adalah bangunan yang memiliki tonjolan/loncatan bidang muka atau yang lebih dikenal dengan nama bangunan dengan *set-back*.

Selain memiliki kelebihan seperti yang telah disebutkan diatas, bangunan dengan *set-back* juga memiliki permasalahan tersendiri. Pada saat terjadi gempa, muncul masalah yang berbahaya bagi bangunan tersebut. Permasalahannya yaitu timbulnya konsentrasi tegangan pada lantai dimana terdapat loncatan bidang muka/tonjolan atau lantai dimana bangunan *set-back* itu berada.

Hal ini terjadi akibat adanya perbedaan kekakuan serta perbedaan massa antara bangunan atas dan bawahnya. Masalah ini dapat dijelaskan melalui Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Perpindahan pada Bangunan tanpa *Set-Back*



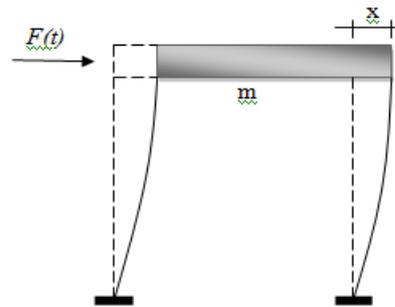
Gambar 2. Perpindahan Pada Bangunan dengan *Set-Back*

Gambar 1 dan 2 menunjukkan displacement bangunan tanpa *set-back* dan bangunan dengan *set-back*. Ketika terjadi gempa, bangunan tanpa *set-back* akan menghasilkan displacement (Δ) sepanjang tingkat dengan perbandingan yang proporsional terhadap tinggi bangunan (Gambar 1). Hal ini dapat terjadi karena kekakuan dan massa tiap lantai yang relatif sama, sedangkan pada bangunan dengan *set-back* menghasilkan kemiringan pola displacement bangunan bagian atas dan bagian bawah tidak sama (Gambar 2), $\Delta_1 \neq \Delta_2$ begitu juga dengan $\Delta_3 \neq \Delta_4$, sehingga terjadi konsentrasi tegangan sebagai akibat dari perubahan nilai

drift pada lantai yang berbatasan tersebut, yang pada akhirnya dapat menyebabkan kerusakan pada bagian *set-back* tersebut (pada bagian Δ_1 dan Δ_3).

PEMODELAN SEBAGAI BANGUNAN PENAHAN GESER

Salah satu bentuk struktur yang praktis dengan sistem berderajat kebebasan banyak yaitu bangunan penahan geser. Bangunan penahan geser dapat didefinisikan sebagai struktur dimana tidak terjadi rotasi pada penampang horisontal bidang lantai. Kondisi lenturannya mirip dengan balok kantilever yang melentur akibat gaya geser.



Gambar 3. Model Bangunan Penahan Geser

Untuk memenuhi kondisi tersebut pada bangunan, maka kita harus mengasumsi beberapa hal sebagai berikut:

1. Massa total dari struktur terpusat pada bidang lantai. Anggapan ini mentransformasikan struktur dengan derajat kebebasan tak hingga (akibat massa yang terbagi pada struktur) menjadi struktur dengan hanya beberapa derajat kebebasan sesuai massa yang terkumpul pada bidang lantai.
2. Balok pada lantai, kaku tak hingga dibandingkan dengan kolom. Anggapan ini menyatakan bahwa hubungan antara balok dan kolom kaku terhadap rotasi.
3. Deformasi dari struktur tidak dipengaruhi gaya aksial yang terjadi pada kolom. Anggapan ini memungkinkan terjadi kondisi dimana balok kaku terhadap horisontal selama bergerak.

Disamping 3 asumsi diatas, diambil juga asumsi-asumsi sebagai berikut:

1. Deformasi dianggap kecil. Asumsi ini mendukung anggapan bahwa tidak terjadi rotasi pada penampang horisontal bidang lantai dan juga mendukung anggapan bahwa balok tetap horisontal selama terjadi simpangan.
2. Elemen struktur bersifat Elastis-Linier. Sifat elemen struktur yang elastis-linier mengartikan bahwa material elemen belum mengalami tegangan leleh (masih dalam keadaan elastis), dimana pertambahan tegangan selaras dengan pertambahan regangan (bentuk kurva tegangan regangan linier). Dengan asumsi ini, maka dalam menganalisa struktur dapat diterapkan prinsip superposisi.

KONSEP DASAR ANALISA BANGUNAN GESER

Umumnya struktur tak selalu dapat digolongkan sebagai model berderajat kebebasan tunggal (*single degree of freedom, SDOF*). Kenyataannya suatu struktur bertingkat banyak adalah sistem berkesinambungan (*continuous*), jadi merupakan sistem berderajat kebebasan banyak (*multi degree of freedom MDOF*).

Dalam pemodelan struktur penahan geser, ada tiga properti struktur yang sangat spesifik terkandung dalam persamaan diferensial untuk masalah dinamik. Ketiga properti ini umumnya disebut karakteristik dinamik struktur yaitu massa, kekakuan dan redaman.

$$\text{Massa,} \quad m = \frac{W}{g} \quad (1)$$

$$\text{Kekakuan} \quad k = \frac{12EI}{h^3} \quad (2)$$

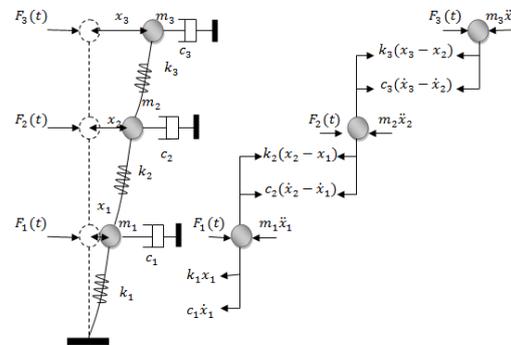
$$\text{Redaman,} \quad c = 2\xi m\omega \quad (3)$$

Persamaan gerak dinamis sistim berderajat kebebasan banyak (MDOF)

Untuk menyatakan persamaan diferensial gerakan pada struktur dengan derajat kebebasan banyak (*MDOF*) maka dipakai anggapan dan pendekatan seperti pada struktur derajat kebebasan tunggal (*SDOF*) bangunan penahan geser (*shear building*).

Agar persamaan diferensial dapat diperoleh, maka tetap dipakai prinsip

keseimbangan dinamik (*dynamic equilibrium*) pada suatu massa yang ditinjau. Diambil model struktur MDOF berderajat kebebasan tiga seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Freebody Keseimbangan Dinamis Struktur MDOF akibat Gaya Gempa

Berdasarkan pada keseimbangan dinamik pada diagram freebody Gambar 4, maka akan diperoleh:

$$\begin{aligned} m_1\ddot{x}_1 + c_1\dot{x}_1 + k_1x_1 - c_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) - k_2(x_2 - x_1) &= F_1(t) \\ m_2\ddot{x}_2 + c_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + k_2(x_2 - x_1) - c_3(\dot{x}_3 - \dot{x}_2) - k_3(x_3 - x_2) &= F_2(t) \\ m_3\ddot{x}_3 + c_3(\dot{x}_3 - \dot{x}_2) + k_3(x_3 - x_2) &= F_3(t) \\ m_1\ddot{x}_1 + (c_1 + c_2)\dot{x}_1 - c_2\dot{x}_2 + (k_1 + k_2)x_1 - k_2x_2 &= F_1(t) \\ m_2\ddot{x}_2 - c_2\dot{x}_1 + (c_2 + c_3)\dot{x}_2 - c_3\dot{x}_3 - k_2x_1 + (k_2 + k_3)x_2 - k_3x_3 &= F_2(t) \\ m_3\ddot{x}_3 - c_3\dot{x}_2 + c_3\dot{x}_3 - k_3x_2 + k_3x_3 &= F_3(t) \end{aligned}$$

Persamaan-persamaan diatas dapat ditulis dalam bentuk matriks sebagai berikut,

$$\begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \\ \ddot{x}_3 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1 + c_2 & -c_2 & 0 \\ -c_2 & c_2 + c_3 & -c_3 \\ 0 & -c_3 & c_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 \\ 0 & -k_3 & k_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} F_1(t) \\ F_2(t) \\ F_3(t) \end{Bmatrix}$$

Dapat juga ditulis dalam bentuk persamaan matriks berikut,

$$[M]\{\ddot{X}\} + [C]\{\dot{X}\} + [K]\{X\} = \{F(t)\} \quad (4)$$

Dimana $[M]$ = matriks massa.

$[C]$ = matriks redaman.

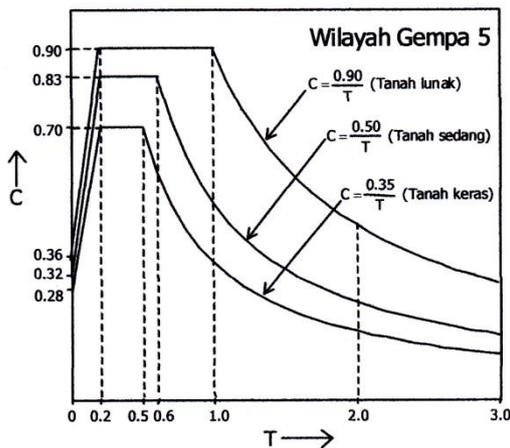
$[K]$ = matriks kekakuan.

$\{F(t)\}$ = vektor gaya gempa.

ANALISA SPEKTRUM RESPON

Spektrum respon adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara periode getar struktur T , lawan respon-respon maksimum berdasarkan rasio

redaman dan gempa tertentu. Respon-respon maksimum dapat berupa simpangan maksimum (*spectrum displacement, SD*), kecepatan maksimum (*spectrum velocity, SV*), dan percepatan maksimum (*spectrum acceleration, SA*) massa struktur *single degree of freedom (SDOF)*, dan untuk spektrum respon wilayah-wilayah gempa di Indonesia dan jenis tanah yang berbeda telah tersedia dalam buku SNI 03-1726-2002.



Gambar 5. Respons Spektrum Gempa Rencana Indonesia wilayah gempa V

Kinerja batas layan

Menurut Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI – 1726 – 2002) maka, kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar-tingkat akibat pengaruh Gempa Rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya pelepasan baja dan peretakan beton yang berlebihan, di samping untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar-tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak boleh melampaui 0,03/R kali tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm, bergantung yang mana yang nilainya terkecil.

PROSEDUR PERHITUNGAN

1. Melakukan pemodelan struktur.
2. Mencari data-data yang mendukung perancangan struktur seperti: denah

struktur, geometri, model struktur, dan beban yang akan digunakan.

3. Hitung berat bangunan (W)
4. Hitung massa (m).

$$m = \frac{W}{g} \tag{5}$$

5. Hitung kekakuan (k).

$$k = \frac{12Ei}{L^3} \tag{6}$$

6. Menyusun massa dan kekakuan dalam bentuk matriks

$$[M] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & m_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & m_n \end{bmatrix} \tag{7}$$

$$[K] = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & \dots & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & -k_n \\ 0 & 0 & -k_n & k_n \end{bmatrix} \tag{8}$$

7. Hitung nilai Eigen(ω^2) dan frekuensi getaran (ω)

$$|[K] - \omega^2[M]| = 0 \tag{9}$$

8. Hitung ragam getaran

$$|[K] - \omega^2[M]|\{\phi\} = 0 \tag{10}$$

9. Hitung periode getar struktur (T)

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \tag{11}$$

10. Hitung koefisien gempa dasar (C)
Nilai periode getar yang ada, diplot pada grafik respon spektrum wilayah gempa V Indonesia untuk mendapatkan nilai koefisien gempa dasar.

11. Hitung modal partisipasi ragam getaran (Γ)

$$\Gamma = \frac{\{\phi^T\}[M]\{1\}}{\{\phi\}^T[M]\{\phi\}} \tag{12}$$

12. Hitung modal amplitude (Z)

$$Z = \Gamma \frac{C \cdot g}{\omega^2} \tag{13}$$

13. Hitung modal simpangan (x)

$$x = \{\phi\} \cdot \Gamma \cdot \frac{C \cdot g}{\omega^2} \tag{14}$$

14. Hitung simpangan horizontal (X)

$$X_i = \sqrt{\sum_{j=0}^n (x_{ij})^2} \tag{15}$$

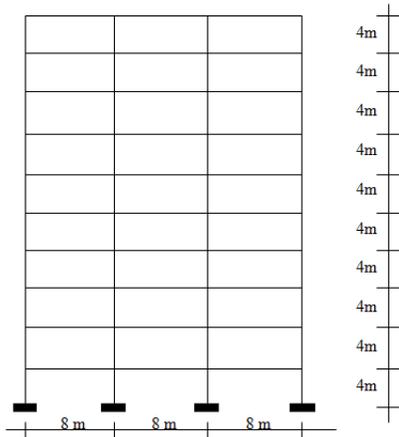
15. Hitung simpangan antar tingkat (δ)

$$\delta_n = X_n - X_{n-1} \tag{16}$$

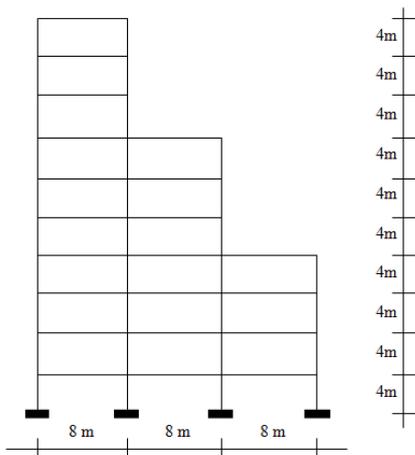
STUDY KASUS

Struktur yang dianalisa adalah bangunan 10 tingkat (2 dimensi) yang terdiri dari material beton bertulang dengan perincian sebagai berikut:

- Bangunan terletak pada wilayah gempa V (lima) Indonesia (SNI 03-1726- 2002), tanah keras
- B.J. beton bertulang (ρ) = 2400 kg/m³
- Modulus Elastisitas (E) =249800 kg/cm²
- Percepatan grafitasi (g) = 9,81 m/det²
- Tebal plat lantai (t) = 15 cm = 0,15 m
- Beban hidup = 250 kg/m²
- Koefisien reduksi beban hidup = 0,3
- Dinding ½ batu bata = 250 kg/m²
- Spesi = 21 kg/m²
- Tegel = 24 kg/m²
- Plafon = 50 kg/m²
- Dimensi kolom = 80/80 cm
- Dimensi balok = 60/80 cm



Gambar 6 Portal Struktur Bangunan tanpa Set-Back



Gambar 7 Portal Struktur Bangunan dengan Set-Back

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 Simpangan dan Simpangan Antar Tingkat Struktur

Lantai	Bangunan tanpa Set-back		Bangunan dengan Set-back	
	Simpangan	Simpangan Antar Tingkat	Simpangan	Simpangan Antar Tingkat
1	1,3467	1,3467	1,2014	1,2014
2	2,6547	1,3079	2,3517	1,1503
3	3,8918	1,2371	3,4080	1,0564
4	5,0336	1,1419	4,3373	0,9293
5	6,0600	1,0264	5,3691	1,0318
6	6,9522	0,8922	6,2324	0,8633
7	7,6943	0,7421	6,8990	0,6666
8	8,2701	0,5757	7,5689	0,6669
9	8,6639	0,3938	8,0340	0,4651
10	8,8622	0,1983	8,2720	0,2380

Kontrol simpangan antar tingkat.

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar-tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak boleh melampaui 0,03/R kali tinggi tingkat yang bersangkutan.

$$\delta < \frac{0,03}{R} \cdot h \text{ atau } \delta < 3\text{cm}$$

Dari kedua nilai tersebut diambil nilai yang terkecil sebagai nilai batas simpangan antar tingkat

Dimana, δ = simpangan antar tingkat

h = tinggi tingkat

R = faktor reduksi gempa = 1,6

(lihat SNI 03-1726-2002 hal 15).

$$\delta < \frac{0,03}{1,6} * 400$$

$$\delta < 7,5 \text{ cm atau } 3 \text{ cm}$$

Jadi nilai batas simpangan antar tingkat adalah 3 cm.

Pada Tabel 1 diatas, didapat nilai simpangan antar tingkat pada lantai 1 pada bangunan tanpa set-back adalah 1,3467 cm, sedangkan pada bangunan dengan set-back adalah 1,2014 cm.

Kontrol hanya dilakukan pada tingkat pertama, karena pada tingkat pertama terjadi *inter story drift* (simpangan antar tingkat) yang paling besar.

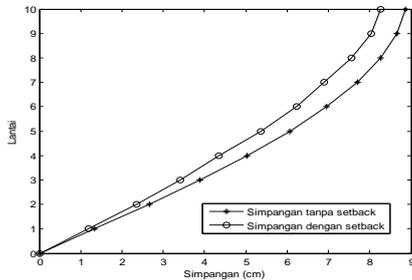
Untuk bangunan tanpa set-back.

Simpangan antar tingkat = 1,3467 < 3cm ok

Untuk bangunan dengan set-back.

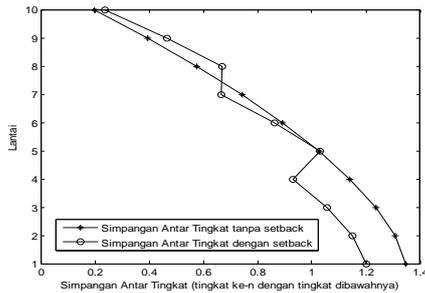
Simpangan antar tingkat = 1,2014 < 3cm .ok

Dan untuk membandingkan simpangan dan simpangan antar tingkat yang terjadi pada bangunan tanpa *set-back* dan dengan *set-back* dapat dilihat pada grafik berikut ini,



Gambar 8. Grafik Perbandingan Simpangan Tanpa Set-Back dan dengan Set-Back

Pada Tabel 1 dan Gambar 8 terlihat bahwa simpangan pada bangunan tanpa *set-back* lebih besar dari pada bangunan dengan *set-back*, ini terjadi karena massa dan kekakuan pada bangunan tanpa *set-back* lebih besar dari pada bangunan dengan *set-back*.



Gambar 9. Grafik perbandingan simpangan antar tingkat tanpa set-back dan dengan set-back

Pada Tabel 1 dan Gambar 9 terlihat bahwa simpangan antar tingkat pada bangunan tanpa *set-back* tidak terjadi perbedaan simpangan antar tingkat yang cukup ekstrim sedangkan pada bangunan dengan *set-back* terjadi perbedaan simpangan antar tingkat yang cukup ekstrim pada lantai 4 – 5 dan lantai 7 -8, ini terjadi karena pada bangunan dengan *set-back* terdapat perbedaan massa dan kekakuan antara lantai 4 – 5 dan lantai 7 – 8.

KESIMPULAN

1. Simpangan struktur pada bangunan dengan *set-back* seperti pada contoh aplikasi adalah lebih kecil dari pada bangunan tanpa *set-back*.
2. Simpangan antar tingkat (*inter story drift*) pada bangunan dengan *set-back* seperti pada contoh aplikasi, terjadi perbedaan simpangan antar tingkat yang cukup ekstrim antara lantai yang massa dan kekakuannya berbeda, sedangkan pada bangunan tanpa *set-back* tidak terjadi karena massa dan kekakuannya sama tiap lantai.

SARAN

Dalam mendisain suatu struktur bangunan dengan *set-back*, tonjolan-tonjolan bidang muka harus diminimalisasi dan kekakuannya diperbesar, sehingga tidak terjadi *inter story drift* yang cukup ekstrim antar lantai yang berbatasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chopra. Anil K, 1995. *Dynamics Of Structure. Theory and Application To Earthquake Engineering*, Prentice Hall Inc, New Jersey USA.
- Clough R.W & Penzien J, 1988. *Dinamika struktur*, Erlangga.
- Mengko A, 2006. *Efek Soft Story Pada Bangunan Bertingkat Tinggi Akibat Beban Gempa*, Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Paz Mario, 1993. *Dinamika Struktur (Teori dan Perhitungan)*, Erlangga.
- Standar Nasional Indonesia (SNI), 2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- The MathWorks Inc. *Getting Started with MATLAB.The MathWorks*.
- Widodo, 2000. *Respons Dinamik Struktur Elastik*, UII press, Yogyakarta.