

EVALUASI KINERJA BANGUNAN GEDUNG BERDASARKAN SNI-1726-2002 DAN FEMA 356 DI DAERAH RAWAN GEMPA

Oleh:

Fajar Nugroho

Dosen Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Padang

Abstrak

Bentuk denah bangunan yang baik pada daerah rawan gempa adalah yang berbentuk beraturan. Apabila bentuk denah bangunan tidak beraturan, maka bagian yang menonjol konstruksinya sebaiknya dipisahkan dari bangunan utama atau dengan memberikan dilatasi pada bangunan tersebut. Secara keseluruhan pada penelitian ini akan ditinjau kinerja bangunan rencana gedung hotel ANS yang telah didesain dengan layout menyerupai L tanpa dilatasi dan melakukan evaluasi jika bangunan tersebut didesain dengan memberikan dilatasi. Pada tahap kedua penelitian ini akan ditinjau kinerja bangunan rencana gedung hotel ANS dengan memberikan dilatasi (model B3). Hal yang akan dievaluasi adalah perpindahan ultimit pada struktur gedung dan membatasi kinerja struktur gedung dalam kondisi Life Safety (LS). Analisis struktur portal tiga dimensi yang dilakukan adalah analisis gempa dinamis respon spektrum dengan wilayah gempa berdasarkan peta hazard gempa Indonesia 2010 dengan level periode ulang gempa 2% dalam 50 tahun dan analisis pushover untuk mengetahui gaya maksimum serta deformasi yang bertujuan untuk mengetahui taraf kinerja gedung berdasarkan perpindahan ultimit yang terjadi. Perpindahan ultimit dihitung berdasarkan SNI-1726-2002 dan FEMA 356. Dari hasil penelitian pada model B3 diperoleh kinerja struktur tidak melewati kondisi Life Safety sehingga kinerja struktur dapat dikatakan baik. Untuk mengetahui jarak dilatasi yang diperlukan dihitung berdasarkan nilai perpindahan maksimum yang terjadi pada struktur.

Kata-kata kunci : kinerja, dilatasi, pushover

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang.

Pada perencanaan struktur khususnya struktur bangunan gedung beton bertulang yang umum digunakan di Indonesia, harus didesain dengan mempertimbangkan pengaruh gempa terhadap struktur. Besarnya gaya gempa yang diterima struktur dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah karakteristik struktur bangunan antara lain beban yang bekerja, bentuk bangunan, massa bangunan dan kekakuan. Bentuk denah bangunan yang baik pada daerah rawan gempa adalah yang berbentuk beraturan, sederhana, simetris, persegi dan tidak terlalu panjang. Apabila bentuk denah bangunan tidak beraturan, maka bagian yang menonjol konstruksinya sebaiknya dipisahkan dari bangunan utama atau dengan memberikan dilatasi pada bangunan tersebut, agar pada waktu terjadi gempa bangunan tidak mengalami kerusakan yang fatal.

Berdasarkan gambar rencana bangunan gedung yang dibahas pada penelitian ini,

bangunan gedung tersebut termasuk kategori bangunan tidak beraturan dengan *layout* menyerupai L. Berdasarkan teori, bangunan dengan *layout* berbentuk L kurang baik dibangun pada daerah rawan gempa karena apabila terjadi gempa, bangunan dikhawatirkan akan mengalami kerusakan yang cukup fatal pada bagian tertentu.

1.2. Rumusan Masalah.

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah meninjau kinerja bangunan rencana gedung hotel ANS yang telah didesain dengan *layout* menyerupai L tanpa dilatasi dan melakukan evaluasi jika bangunan tersebut didesain dengan memberikan dilatasi, mengingat lokasi bangunan terletak di daerah rawan gempa.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah mengevaluasi kinerja bangunan rencana gedung hotel ANS dengan dan tanpa dilatasi di daerah rawan gempa. Hal yang akan dievaluasi adalah

perpindahan ultimit pada struktur gedung dan membatasi kinerja struktur gedung dalam kondisi *Life Safety* (LS).

1.4. Batasan Masalah.

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data yang diperlukan untuk analisis sesuai dengan gambar rencana bangunan gedung hotel ANS.
2. Analisis dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak komputer (*software*) berbasis elemen hingga.
3. Analisis pertama dilakukan dengan memberikan dilatasi pada bangunan, sehingga bangunan tersebut terbagi atas empat blok bangunan. Keempat blok bangunan tersebut dilakukan analisis (*running*) secara terpisah. Pada tahap kedua penelitian ini blok bangunan yang ditinjau adalah model B3.
4. Analisis struktur portal tiga dimensi yang dilakukan adalah analisis gempa dinamis respon spektrum dan analisis *pushover*.
5. Beban-beban yang diperhitungkan meliputi beban mati, beban hidup dan beban gempa.
6. Penyusunan tulisan ini berpedoman pada peraturan-peraturan sebagai berikut :
 - a. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2874-2002)
 - b. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI-1726-2002) dengan wilayah gempa berdasarkan Peta Hazard Gempa Indonesia 2010.
 - c. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983.
 - d. Peraturan-peraturan lain yang relevan.

1.5. Manfaat Penelitian.

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui kinerja bangunan rencana gedung hotel ANS dengan dan tanpa dilatasi dengan *layout* menyerupai L di daerah rawan gempa.
2. Sebagai bahan masukan dan bahan pertimbangan bagi pemilik bangunan, apakah bangunan yang sudah direncanakan dapat dilanjutkan pembangunannya atau melakukan desain ulang agar bangunan tersebut dapat

nyaman dan aman terhadap gempa saat digunakan mengingat bangunan terletak di daerah rawan gempa.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Teori Gempa Bumi

Gempa bumi yang terjadi pada umumnya disebabkan oleh pelepasan energi yang dihasilkan oleh tekanan yang dilakukan oleh lempengan bumi yang bergerak. Semakin lama tekanan itu semakin membesar dan akhirnya mencapai pada keadaan dimana tekanan tersebut tidak dapat ditahan lagi oleh pinggiran lempeng. Energi yang dilepaskan tersebut merambat melalui tanah dalam bentuk gelombang getaran. Gelombang getaran yang sampai ke permukaan bumi disebut gempa bumi.



Gambar 2.1. Peta Tektonik dan Sesar Aktif di Indonesia. (Peta *Hazard Gempa* Indonesia 2010).

Khusus di daerah sepanjang pantai barat Sumatera, proses tektonik gempa bumi terjadi akibat tumbukan antara lempeng Hindia dengan busur kepulauan Sumatera. Besar kecilnya kerusakan yang ditimbulkan oleh gempa bumi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kekuatan gempa, letak hiposentrum, struktur tanah dan struktur bangunan.

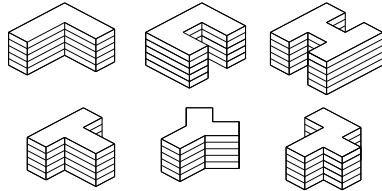
2.2. Struktur Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan

Menurut SNI-1726-2002, struktur gedung dibedakan atas dua kategori, yaitu:

1. Struktur gedung beraturan
2. Struktur gedung tidak beraturan

Sesuai Pasal 4.2.1 SNI-1726-2002 struktur gedung ditetapkan sebagai struktur gedung beraturan, apabila memenuhi ketentuan yang ada dalam pasal tersebut. Perilaku bangunan selama terjadinya gempa bumi tergantung pada beberapa

faktor, salah satunya adalah bentuk bangunan. Bangunan dengan bentuk denah yang sederhana dan simetris akan berperilaku lebih baik sewaktu ada gempa dibandingkan dengan denah yang tidak simetris yang mempunyai bagian-bagian yang menonjol seperti bentuk L, U, H, T, Y dan bentuk lainnya.

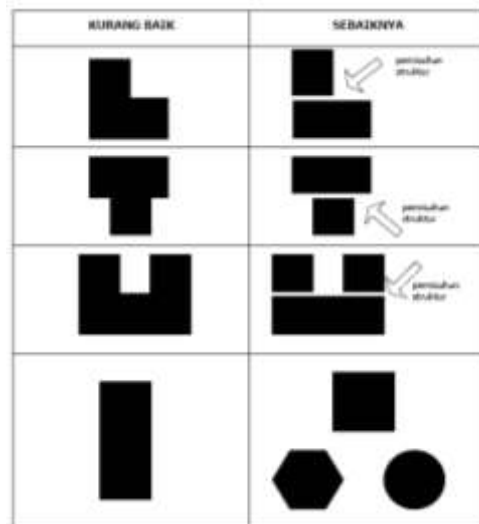


Gambar 2.2. Denah Bangunan yang tidak Simetris.

Bentuk bangunan yang tidak teratur dalam arah vertikal juga memberikan pengaruh yang buruk pada perilaku bangunan ketika terjadi gempa. Bangunan dengan sedikit jumlah kolom atau dinding pada lantai tertentu atau dengan ketinggian lantai yang tidak sama menunjukkan adanya tingkat lemah (*soft story*) dan cenderung menimbulkan kerusakan atau keruntuhan yang berawal dari tingkat yang tidak beraturan tersebut.

2.3. Dilatasi pada Bangunan Gedung

Dilatasi merupakan sambungan/garis pada sebuah bangunan yang memiliki struktur yang berbeda. Dilatasi pada bangunan gedung juga dapat diartikan sebagai pembagian denah bangunan gedung yang tidak simetris menjadi beberapa blok/bagian denah bangunan yang simetris. Dilatasi pada bangunan gedung biasanya diterapkan pada pertemuan bangunan yang rendah dengan yang tinggi, antara bangunan induk dengan bangunan sayap dan bangunan dengan denah yang tidak simetris.



Gambar 2.3. Denah Bangunan Gedung yang Baik dan Kurang Baik. (Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung, 2006).

Pemberian sela dilatasi atau sela pemisah harus ditentukan paling sedikit sama dengan jumlah simpangan maksimum masing-masing struktur gedung. Dalam segala hal, lebar sela pemisah tidak boleh ditetapkan kurang dari 75 mm (SNI-1726-2002).

2.4. Prinsip Bangunan Tahan Gempa

Menurut Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa (2006), bahwa taraf keamanan minimum untuk bangunan gedung dan rumah tinggal yang masuk dalam kategori bangunan tahan gempa, yaitu yang memenuhi berikut ini :

- Bila terkena gempa bumi yang lemah, bangunan tersebut tidak mengalami kerusakan sama sekali.
- Bila terkena gempa bumi sedang, bangunan tersebut boleh rusak pada elemen-elemen non struktural, tetapi tidak boleh rusak pada elemen-elemen struktural.
- Bila terkena gempa bumi yang sangat kuat, bangunan tersebut tidak boleh runtuh baik sebagian maupun seluruhnya, bangunan tersebut tidak boleh mengalami kerusakan yang tidak dapat diperbaiki, bangunan tersebut boleh mengalami kerusakan tetapi kerusakan yang terjadi harus dapat diperbaiki dengan cepat sehingga dapat berfungsi kembali.

Dalam hal perencanaan bangunan tahan gempa, mekanisme pembentukan sendi plastis harus dapat ditentukan, sehingga

bangunan dapat diketahui tingkat performanya. Tingkat performa bangunan terhadap gempa dikenal sebagai *seismic performance level*. Prosedur untuk mendapatkan *seismic performance level* ini ditentukan dengan prosedur *pushover*, dimana penambahan beban diberikan secara berulang hingga komponen struktur mengalami sendi plastis atau keruntuhan pada elemen struktur.

2.5. Analisis Gempa Dinamis Respons Spektrum dengan Wilayah Gempa Berdasarkan Peta Hazard Gempa Indonesia 2010.

Berdasarkan Peta Hazard Gempa Indonesia 2010, penentuan wilayah gempa didasarkan pada :

1. Level periode ulang gempa (level hazard gempa)
 - a. 10% dalam 50 tahun (periode ulang 500 tahun)
 - b. 10% dalam 100 tahun (periode ulang 1000 tahun)
 - c. 2% dalam 50 tahun (periode ulang 2500 tahun)
2. Periode gelombang gempa
 - a. Periode pendek 0,2 detik (S_s)
 - b. Periode 1,0 detik (S_1)

Untuk penentuan parameter respon spektra percepatan di permukaan tanah, diperlukan faktor amplifikasi terkait spektra percepatan untuk periode pendek (F_a) dan periode 1,0 detik (F_v). Selanjutnya parameter respon spektra percepatan di permukaan tanah dapat diperoleh dengan cara mengalikan koefisien F_a dan F_v dengan spektra percepatan untuk periode pendek (S_s) dan periode 1,0 detik (S_1) di batuan dasar yang diperoleh dari peta gempa 2010 sesuai rumus berikut :

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \quad (2.1)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \quad (2.2)$$

Tabel 2.1. Koefisien Periode Pendek, F_a

Klasifikasi Site	S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
Batuan keras (S_A)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (S_B)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah sangat	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0

padat dan batuan lunak (S_C)					
Tanah sedang (S_D)	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
Tanah lunak (S_E)	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
Tanah khusus (S_F)	SS	SS	SS	SS	SS

Tabel 2.2. Koefisien Periode 1,0 detik, F_v

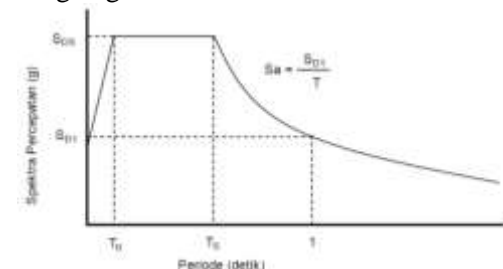
Klasifikasi Site	S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
Batuan keras (S_A)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (S_B)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah sangat padat dan batuan lunak (S_C)	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
Tanah sedang (S_D)	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
Tanah lunak (S_E)	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
Tanah khusus (S_F)	SS	SS	SS	SS	SS

Selanjutnya, untuk mendapatkan parameter respon spektra desain, spektra percepatan desain untuk periode pendek dan periode 1,0 detik dapat diperoleh melalui perumusan berikut ini :

$$S_{DS} = \mu \cdot F_a \cdot S_s \quad (2.3)$$

$$S_{D1} = \mu \cdot F_v \cdot S_1 \quad (2.4)$$

Selanjutnya respon spektra desain di permukaan tanah dapat ditetapkan sesuai dengan gambar berikut ini :



Gambar 2.4. Bentuk Tipikal Respon Spektra Desain di Permukaan Tanah

Dimana :

1. Untuk periode lebih kecil dari T_0 , respon spektra percepatan, S_a didapatkan dari persamaan berikut :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.5)$$

2. Untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , respon spektra percepatan, S_a adalah sama dengan S_{DS}

3. Untuk periode lebih besar dari T_s , respon spektra percepatan, S_a didapatkan dari persamaan berikut :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.6)$$

Keterangan :

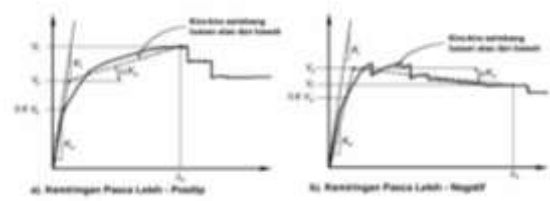
$$T_0 = 0,2 T_s \quad (2.7)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.8)$$

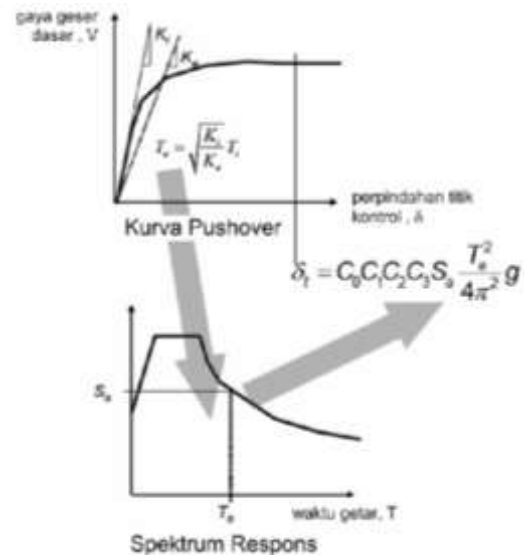
2.6. Analisis Pushover

Analisis beban dorong statik (*static pushover analysis*) pada struktur gedung adalah suatu cara analisis statik 2 dimensi atau 3 dimensi linier dan non-linier, dimana pengaruh gempa rencana terhadap struktur gedung dianggap sebagai beban-beban statik yang menangkap pada pusat massa masing-masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelepasan (sendi plastis) pertama di dalam struktur gedung, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk elasto-plastis yang besar sampai mencapai kondisi di ambang keruntuhan (SNI-1726-2002).

Tujuan analisis *pushover* adalah untuk memperkirakan gaya maksimum dan deformasi yang terjadi serta untuk memperoleh informasi bagian mana saja pada struktur bangunan yang terlihat kritis, yang kemudian bagian-bagian tersebut perlu perhatian khusus untuk menjaga kestabilannya. Salah satu prosedur evaluasi metode analisis beban dorong adalah dengan *Displacement Coefficient Method* (DCM) dimana prosedur ini menggunakan koefisien-koefisien tertentu untuk memperkirakan peralihan maksimum dari struktur yang sedang dianalisis.



Gambar 2.5. Idealisasi Kurva *Force-Displacement* (FEMA 356).



Gambar 2.6. Skematik Prosedur Metode Koefisien Perpindahan (FEMA 356).

Nilai target perpindahan (δ_t) berdasarkan FEMA 356, ditentukan dari rumus berikut :

$$\delta_t = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot S_a \cdot \frac{T_e^2}{4\pi^2} \cdot g \quad (2.9)$$

Dimana :

C_0 : Faktor modifikasi yang menghubungkan perpindahan spektral dengan peralihan lantai atap pada bangunan (Tabel. 2.3)

C_1 : Faktor modifikasi yang menghubungkan perpindahan inelastik maksimum dengan

perpindahan yang dihitung dari respon elastik linier

$$C_1 = 1 \quad \text{bila } T_e \geq T_s$$

$$C_1 = \frac{1 + \frac{(R-1) \cdot T_s}{T_e}}{R} \quad \text{bila } T_e < T_s$$

$$R = \frac{S_a}{V_y/W} \cdot C_m \quad (2.10)$$

Dimana :

T_e : Periode alami efektif bangunan

T_s : Periode karakteristik dari respon spektrum

R : rasio dari permintaan kekuatan elastis untuk menghitung koefisien kuat leleh

S_a : respon spectrum acceleration pada

periode alami efektif

V_y : gaya geser dasar pada saat leleh, dari idealisasi kurva pushover menjadi bilinear

W : beban gempa efektif

C_m : faktor massa efektif (Tabel 2.4)

C_2 : Faktor modifikasi yang memperlihatkan pengaruh dari efek *pinching* pada respon peralihan maksimum (Tabel 2.5)

C_3 : Faktor modifikasi untuk menggambarkan kenaikan peralihan akibat pengaruh $P-\Delta$ (Gambar 2.5)

$C_3 = 1$, untuk kemiringan pasca leleh positif

$C_3 = 1 + \frac{|\alpha|(R-1)^2}{T_e}$, untuk kemiringan pasca leleh negatif (2.11)

Dimana :

α : rasio kekakuan pasca leleh terhadap kekakuan elastik efektif

g : Percepatan gravitasi $9,81 \text{ m/s}^2$

Tabel 2.3. Faktor Modifikasi C_0
Berdasarkan FEMA 356.

Number of Stories	Other Buildings ¹		Any Local Patterns
	Strategic Load Pattern (S, E, S, E)	Uniform Load Pattern	
1	1.0	1.0	1.0
2	1.2	1.05	1.2
3	1.2	1.0	1.2
4	1.2	1.0	1.2
5	1.2	1.0	1.2
6 or more	1.2	1.0	1.2

Tabel 2.4. Faktor Modifikasi C_m
Berdasarkan FEMA 356.

No. of Stories	Concrete Moment-Resistant Frame	Concrete Shear Wall	Concrete Plan-Symmetric	Steel Moment-Resistant Frame	Steel Composite Steel-Plate Frame	Steel Braced Frame	Other
1-2	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3 or more	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0

Tabel 2.5. Faktor Modifikasi C_2
Berdasarkan FEMA 356.

Structural Performance Level	$T \leq 1.5 \text{ second}^1$		$T > 1.5 \text{ second}^2$	
	Fracture Type I ³	Fracture Type II ³	Fracture Type I ³	Fracture Type II ³
Immediate Occupancy	1.0	1.0	1.0	1.0
Life Safety	1.2	1.2	1.1	1.2
Collapse Prevention	1.5	1.5	1.2	1.5

Taraf kinerja menunjukkan keadaan atau tingkat kerusakan yang terjadi pada suatu bangunan bila beban gempa rencana terjadi. Taraf kinerja dinyatakan sesuai kriteria tingkat kerusakan fisik yang terjadi, ancaman terhadap kerusakan jiwa manusia dan kemampuan layan struktur pasca gempa. Berikut ini beberapa macam klasifikasi taraf kinerja, yaitu:

1. *Immediate Occupancy* (IO) / taraf penghunian segera.

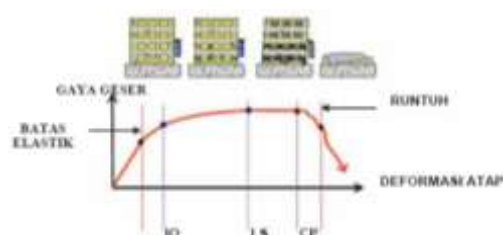
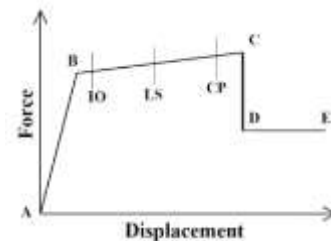
Pada taraf ini struktur bangunan aman. Gedung tidak mengalami kerusakan yang berarti dan dapat segera difungsikan kembali setelah mengalami gempa. Contoh bangunan yang seharusnya berada dalam kategori ini adalah rumah sakit, gedung bahan bakar/bahan berbahaya dan kantor pemadam kebakaran.

2. *Life Safety* (LS) / taraf keselamatan jiwa
Terjadi kerusakan komponen struktur tetapi keruntuhan struktural parsial maupun total tidak terjadi. Komponen non struktur masih ada tetapi tidak berfungsi. Dapat dipakai lagi jika sudah dilakukan perbaikan. Contoh bangunan yang berada dalam kategori ini adalah gedung perkantoran, perumahan, gudang, bangunan niaga dan lainnya.

3. *Collapse Prevention* (CP) / taraf pencegahan keruntuhan

Pada taraf ini terjadi kerusakan yang berarti pada komponen struktur dan non struktur. Kekuatan struktur dan kekakuannya berkurang banyak, hampir runtuh. Kecelakaan akibat kejatuhan material bangunan yang rusak sangat mungkin terjadi.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka bangunan yang dibahas pada penelitian ini hendaknya berada pada taraf kinerja maksimal dengan kondisi *Life Safety* (LS). Artinya bangunan dapat dikatakan mempunyai kinerja baik apabila tidak melewati kondisi LS. Taraf kinerja pada suatu bangunan dapat diketahui setelah dilakukan analisis pushover berdasarkan perpindahan ultimit yang terjadi.



Gambar 2.7. Ilustrasi Hubungan Antara Gaya dan Perpindahan Untuk Menentukan Tingkat Kinerja Bangunan Gedung (FEMA273).

3. Metodologi Penelitian

3.1. Prosedur Penelitian.

Dalam penelitian ini dilakukan analisis evaluasi kinerja bangunan rencana gedung Hotel ANS dengan dan tanpa dilatasi dengan *layout* menyerupai L di daerah rawan gempa. Analisis dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak komputer. Untuk bangunan tanpa dilatasi, analisis dilakukan sesuai dengan model bangunan yang menyerupai L sesuai dengan gambar rencana yang ada. Sedangkan untuk bangunan dengan dilatasi, model bangunan yang menyerupai L tersebut dibagi atas empat blok bangunan, keempat blok bangunan tersebut dilakukan analisis (*running*) secara terpisah. Pada tahap kedua penelitian ini blok bangunan yang ditinjau adalah model B3. Untuk tahap analisis, dilakukan analisis dinamik 3 dimensi dimana masing-masing model akan diberikan beban-beban rencana yang sama, meliputi beban mati, beban hidup dan beban gempa dinamik respon spektrum. Setelah itu dilakukan analisis *pushover* pada masing-masing bangunan. Selanjutnya pada tahap akhir akan dilihat respon struktur masing-masing bangunan dan jarak dilatasi yang diperlukan hingga diperoleh kesimpulan akhir. Prosedur penelitian secara singkat dapat dilihat pada diagram alir berikut :

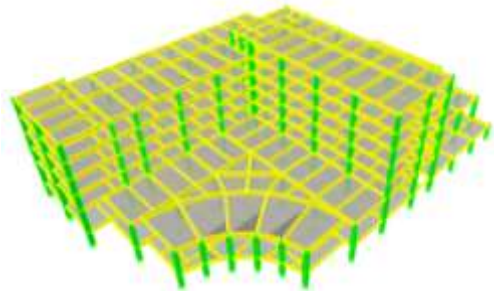


Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

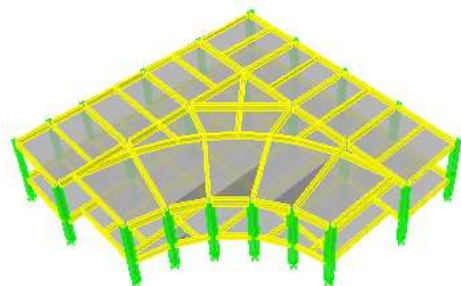
3.2. Deskripsi Bangunan

- Jumlah lantai dan luas lantai :
 - Semi basement = 3.000 m²
 - Lantai dasar = 3.050 m²
 - Lantai dua = 1.153 m²
 - Lantai tiga = 1.153 m²
 - Lantai empat = 1.153 m²
 - Lantai lima = 1.153 m²
 - Lantai enam = 556 m²
 - Jumlah total luas = 11.218 m²
- Tinggi lantai :
 - Semi basement = 3,00 m
 - Lantai dasar = 5,00 m
 - Lantai dua = 3,20 m
 - Lantai tiga = 3,20 m
 - Lantai empat = 3,20 m
 - Lantai lima = 3,20 m
 - Lantai enam = 3,20 m
 - Tinggi total = 24,00 m
- Jenis konstruksi beton bertulang
- Mutu beton, $f_c' = 30$ MPa
- Mutu baja tulangan, $f_y = 400$ Mpa

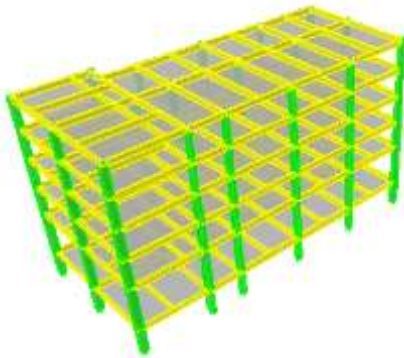
3.3. Pemodelan Struktur Gedung



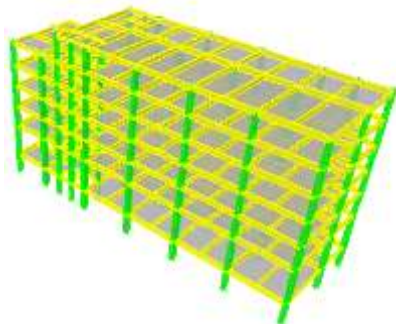
Gambar 3.2. Pemodelan Struktur Bangunan Tanpa Dilatasi (Model A).



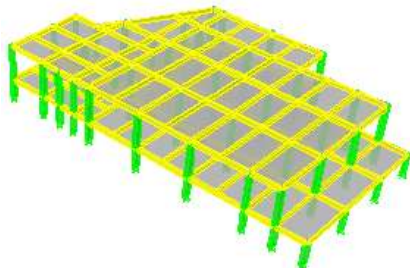
Gambar 3.3. Pemodelan Struktur Bangunan Dengan Dilatasi (Model B1).



Gambar 3.4. Pemodelan Struktur Bangunan Dengan Dilatasi (Model B2).



Gambar 3.5. Pemodelan Struktur Bangunan Dengan Dilatasi (Model B3).



Gambar 3.6. Pemodelan Struktur Bangunan Dengan Dilatasi (Model B4).

Pada tahap kedua penelitian ini blok bangunan yang ditinjau adalah model B3.

3.4. Pembebanan Pada Model Struktur Gedung.

1. Pembebanan Gravitasi
 - a. Beban mati / *Dead Load* (DL)
 - b. Beban mati tambahan / *Super Impose Dead Load* (SIDL)
 - c. Beban hidup / *Live Load* (LL)
2. Pembebanan Gempa
 Sesuai Peta Hazard Gempa Indonesia 2010, penentuan wilayah gempa diambil pada level periode ulang gempa 2% dalam 50 tahun (periode ulang 2500 tahun).

3.5. Kombinasi Pembebanan

1. Ketahanan struktur terhadap pembebanan vertikal :
 - a. $U = 1,4 D$

- b. $U = 1,2 D + 1,6 L$
2. Ketahanan struktur terhadap pembebanan gempa :
 - a. $U = 1,2 D + 0,5 L \pm E$
 - b. $U = 0,9 D + 0,5 L \pm E$

4. Analisis dan Pembahasan

4.1. Analisis Struktur Model B3

Tabel 4.1. Perpindahan Ultimit Model B3

Kriteria	Perpindahan Ultimit (cm)	
	Arah X	Arah Y
Kinerja batas ultimit SNI-1726-2002	20,33	12,58
Koefisien perpindahan FEMA 356	55,26	50,64

Sesuai dengan kriteria kinerja batas ultimit SNI-1726-2002, dengan perpindahan ultimit (δ_t) arah X = 20,33 cm, kinerja yang diperlihatkan oleh struktur tidak ada yang melewati kondisi LS. Sedangkan sesuai dengan kriteria koefisien perpindahan FEMA 356, dengan perpindahan ultimit (δ_t) arah X = 55,26 m, analisis sudah berhenti dan belum mencapai perpindahan ultimit serta kinerja struktur sudah ada yang mengalami *collapse*. Sesuai dengan kriteria kinerja batas ultimit SNI-1726-2002, dengan perpindahan ultimit (δ_t) arah Y = 12,58, kinerja yang diperlihatkan oleh struktur tidak ada yang melewati kondisi LS. Sedangkan sesuai dengan kriteria koefisien perpindahan FEMA 356, dengan perpindahan ultimit (δ_t) arah Y = 50,64 m analisis sudah berhenti dan belum mencapai perpindahan ultimit serta kinerja struktur sudah ada yang mengalami *collapse*.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

1. Pada bangunan model B3, berdasarkan kriteria SNI-1726-2002 kinerja struktur tidak ada yang melewati kondisi LS sehingga kinerja struktur dapat dikatakan baik, sedangkan berdasarkan kriteria FEMA 356 kinerja struktur sudah melewati kondisi LS bahkan mengalami *collapse* sehingga kinerja struktur dapat dikatakan tidak baik.
2. Nilai perpindahan ultimit yang diperoleh berdasarkan FEMA 356 lebih besar daripada nilai perpindahan ultimit yang diperoleh berdasarkan SNI-1726-2002, hal ini disebabkan karena pada rumus untuk perhitungan pada FEMA 356 terdapat beberapa faktor modifikasi

(faktor pengali) sehingga nilai perpindahan ultimit yang diperoleh lebih besar.

3. Pada tahap ketiga penelitian ini blok bangunan yang ditinjau adalah model B1 dan B4.

5.2. Saran

1. Evaluasi kinerja struktur diperlukan terutama untuk bangunan yang terletak di daerah rawan gempa dengan intensitas tinggi.
2. Pada daerah rawan gempa sebaiknya bangunan dirancang dengan bentuk struktur gedung beraturan untuk meminimalisir kerusakan akibat terjadinya gempa.

Tim Revisi Peta Gempa Indonesia. 2010. *Peta Hazard Gempa Indonesia 2010 Sebagai Acuan Dasar Perencanaan dan Perancangan Infrastruktur Tahan Gempa*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.

DaftarPustaka.

- ASCE.2000. *FEMA 356 – Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings*. Virginia: ASCE.
- Badan Standarisasi Nasional.2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002*. Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Menteri Pekerjaan Umum. 2006. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 29/PRT/M/2006 Tentang Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung*. Jakarta: Menteri Pekerjaan Umum.
- Panitia Teknik Bangunan dan Konstruksi.2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI-1726-2002*. Bandung: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Permukiman.
- Panitia Teknik Standarisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan.2006. *Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa*. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya.(Malang).Malang: Universitas MuhammadiyahMalang.