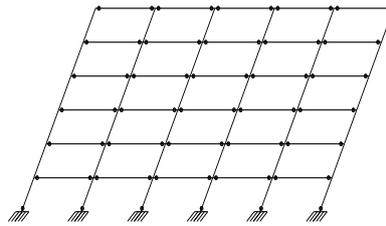


# 1. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Perencanaan struktur bangunan tahan gempa mengacu pada pola keruntuhan *Beam Side Sway Mechanism* (Gambar 1.1., Paulay, 1995) supaya memiliki pola keruntuhan yang aman. Dalam mekanisme tersebut, balok-balok direncanakan mengalami pelelehan terlebih dahulu dibandingkan kolom. Oleh sebab itu, kapasitas nominal kolom harus direncanakan lebih besar daripada kapasitas nominal balok. Konsep ini dikenal sebagai *Strong Column Weak Beam*.

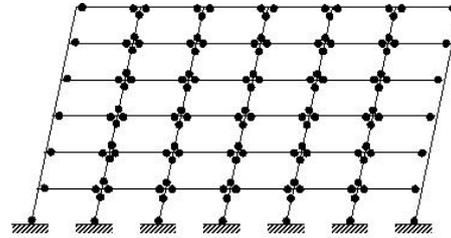


Gambar 1.1. *Beam Side Sway Mechanism*

Karena kolom harus cukup kuat untuk menjamin terbentuknya sendi plastis pada ujung balok, maka perencanaan kolom baru dapat dilakukan setelah perencanaan balok. Proses sekuensial ini menyebabkan waktu perencanaan menjadi relatif lama. Selain itu, untuk *gravity load dominated structure*, Paulay (1995) menemukan bahwa untuk memenuhi konsep *Strong Column Weak Beam*, dimensi kolom interior menjadi terlalu besar. Melihat kondisi tersebut, Paulay mengusulkan pola keruntuhan yang lain, yakni *Partial Side Sway Mechanism* (Gambar 1.2.).

Pola keruntuhan ini memperkenalkan terjadinya sendi plastis pada semua kolom interior dan balok. Dengan mempertahankan kolom eksterior tetap berperilaku elastis, semua kolom interior dapat direncanakan mengalami plastisifikasi pada kedua ujungnya sambil tetap memperhatikan stabilitas,

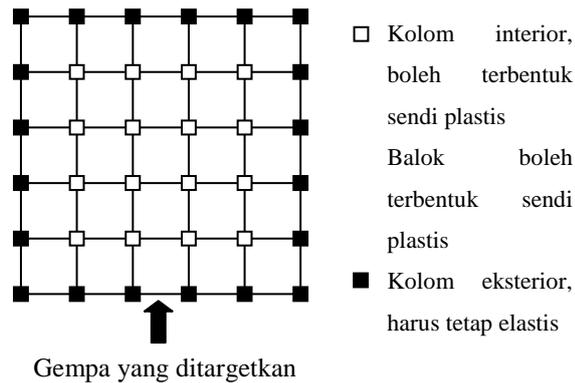
daktilitas, dan menghindari *Soft Story Mechanism*. Pola keruntuhan ini juga termasuk pola keruntuhan yang aman.



Gambar 1.2. *Partial Side Sway Mechanism*

Pola keruntuhan *Partial Side Sway Mechanism* memungkinkan perencanaan kolom dilakukan secara independen atau tidak berdasarkan pada kapasitas balok. Di lain pihak, kolom eksterior didesain harus tetap elastis setelah terkena gempa dengan periode ulang tertentu. Metode perencanaan untuk mencapai pola keruntuhan ini dinamakan dengan perencanaan *Pseudo Elastis*.

Dalam perencanaan *Pseudo Elastis*, gaya geser gempa yang terjadi diasumsikan akan dipikul oleh semua kolom hingga kolom interior mencapai plastis. Kemudian kelebihan gaya geser yang diterima oleh kolom interior akan didistribusikan ke kolom-kolom eksterior yang dipertahankan tetap elastis hingga level gempa mencapai target tertentu (Gambar 1.3.).



Gambar 1.3. Kondisi bangunan setelah terkena gempa

Gaya geser yang harus dipikul kolom eksterior agar tetap elastis dinyatakan dalam gaya geser gempa nominal yang dikalikan dengan sebuah faktor pengali (FP). Nilai FP ini sudah berkali-kali diteliti sebelumnya. Chandra dan Dhannyanto (2003) meneliti bangunan 5-bentang, masing-masing 4-, 6-, dan 10-

lantai di wilayah 2 peta gempa Indonesia dengan menggunakan metode *capacity design* dan *Pseudo Elastis*. Kinerja bangunan yang diteliti dengan metode *Pseudo Elastis* menunjukkan mekanisme keruntuhan yang aman untuk bangunan 4- dan 6-lantai sedangkan pada bangunan 10-lantai terdapat sendi plastis pada portal eksterior. Oleh sebab itu penelitian ini merekomendasikan untuk merencanakan kolom eksterior saja yang direncanakan elastis.

Penelitian tersebut dilanjutkan oleh Susanto dan Windy (2004) dengan kembali meneliti bangunan 6-lantai 5-bentang pada wilayah 2 peta gempa Indonesia. Sesuai dengan usulan Chandra dan Dhannyanto (2003), dalam penelitian ini hanya kolom eksterior saja yang direncanakan secara elastis terhadap beban gempa target. Penelitian ini diuji dengan menggunakan gempa berperiode ulang 100-, 200-, 500- dan 1000-tahun. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa kinerja bangunan kurang lebih sama untuk semua gempa target. Oleh sebab itu penelitian ini menyarankan agar memakai gempa target dengan periode ulang 100-tahun sebagai acuan dalam perencanaan *Pseudo Elastis*.

Penelitian selanjutnya oleh Harryanto dan Tangguh (2004) menurunkan rumusan FP dengan menggunakan asumsi yang sama seperti Chandra dan Dhannyanto (2003), agar dapat dipakai pada struktur dengan berbagai faktor daktilitas ( $\mu$ ). Sesuai usulan Susanto dan Windy (2004), penelitian ini menggunakan gempa target periode ulang 100 tahun. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa FP yang digunakan untuk perencanaan kolom portal eksterior pada struktur dengan daktilitas 5.3 dan 4 tetap menghasilkan struktur yang memenuhi pola keruntuhan *Partial Side Sway Mechanism* terhadap gempa berperiode ulang 100-, 200-, 500- dan 1000-tahun. Sedangkan untuk struktur dengan daktilitas 2 pada gempa periode ulang di atas 500-tahun, terjadi sendi plastis pada ujung atas kolom portal eksterior lantai 1 dan ujung bawah kolom portal eksterior lantai 2.

Penelitian selanjutnya oleh Sutedjo dan Tingkir (2005) mencoba memperhitungkan *overstrength* faktor yang terjadi pada kolom interior menggunakan gempa target berperiode ulang 500-tahun. Hasil dari penelitian ini adalah struktur dengan daktilitas 2 mengalami mekanisme *Partial Side Sway Mechanism*, sedangkan pada daktilitas 4 dan 5,3 pada kolom interior sebagian

besar belum mengalami sendi plastis. Hal ini disebabkan karena nilai FP yang digunakan pada daktilitas 4 dan 5,3 terlalu besar sehingga perencanaan struktur menjadi *overdesign*.

Penelitian berikutnya oleh Muljati et al (2006) meneliti kinerja bangunan pada wilayah 2 peta gempa Indonesia. Perencanaan *Pseudo* Elastis pada penelitian ini memodifikasi rumusan FP yang diusulkan oleh Sutedjo dan Tingkir (2005) dengan mengikutsertakan efek plasifikasi ketika pada struktur telah terjadi sendi plastis. Periode struktur ketika terjadi sendi plastis, disebut sebagai  $T_{plastis}$ . Dengan mengikutsertakan pengaruh  $T_{plastis}$  pada rumusan FP, maka Gempa Target dapat diprediksi lebih teliti. Struktur yang diteliti menunjukkan perilaku yang aman pada wilayah 2 peta gempa Indonesia.

Kusuma dan Wibowo (2008) melanjutkan penelitian tersebut dengan struktur bangunan pada wilayah 6 peta gempa Indonesia. Metode *Pseudo* Elastis dan *capacity design* menurut SNI 03-2847-2002 dibandingkan untuk mengetahui kinerja struktur. Faktor  $T_{plastis}$  dalam rumusan FP didapatkan dengan mencari hubungan empiris antara periode plastis ( $T_{plastis}$ ) dan elastis ( $T_{elastis}$ ) dari beberapa bangunan yang diteliti sebelumnya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa  $T_{plastis}$  yang dicari dengan cara empiris tidak jauh berbeda dengan  $T_{plastis}$  aktual. Akan tetapi kinerja bangunan yang didesain dengan metode *Pseudo* Elastis dan *capacity design* tidak sesuai dengan harapan.

Penelitian terakhir dilakukan oleh Susanto (2009). Dalam penelitian ini ditemukan adanya *error* pada program ESDAP yang menjadi penyebab buruknya kinerja bangunan pada penelitian sebelumnya. Setelah dilakukan revisi, ternyata didapatkan hasil yang memuaskan. Bahkan Susanto (2009) merekomendasikan agar rumusan empiris antara  $T_{plastis}$  dan  $T_{elastis}$  tetap digunakan pada penelitian selanjutnya. Dengan demikian penelitian tentang perencanaan *Pseudo* Elastis perlu dilanjutkan pada tahap verifikasi dan uji coba pada berbagai macam struktur yang berbeda.

## 1.2. Perumusan Masalah

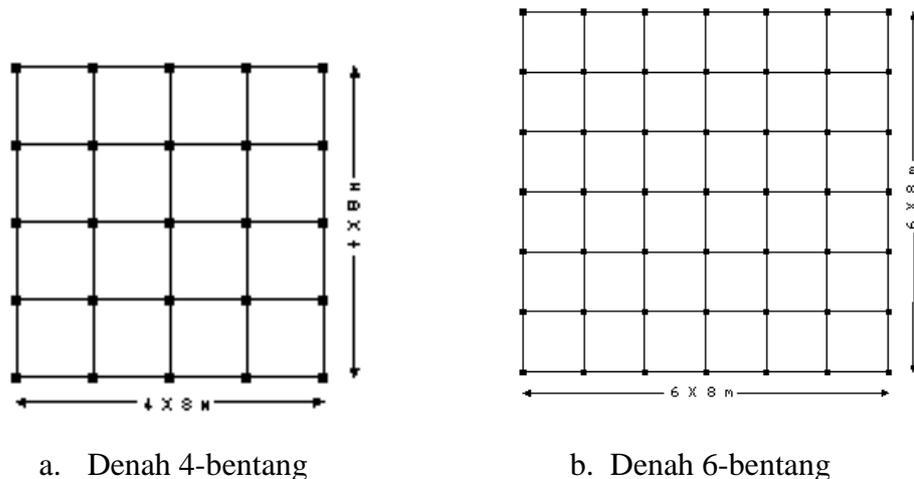
Bagaimana menguji rumusan Faktor Pengali yang ditentukan dari rumusan empiris  $T_{plastis}$  yang baru dalam perencanaan *Pseudo* Elastis pada struktur dengan bentang yang berbeda di wilayah 2 peta gempa Indonesia, jika diuji dengan analisis statik *pushover* dan analisis dinamik *time history* terhadap gempa dengan periode ulang 500 tahun?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Menguji rumusan Faktor Pengali yang digunakan dalam perencanaan *Pseudo* Elastis pada bangunan wilayah 2 peta gempa Indonesia.

## 1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Bangunan yang ditinjau dalam penelitian ini adalah bangunan perkantoran yang berada di wilayah gempa 2 dan didirikan di atas tanah lunak. Bangunan direncanakan sebagai sistem rangka pemikul momen 6- dan 10-lantai, 4- dan 6-bentang dengan denah seperti terlihat dalam Gambar 1.4. Tinggi antar lantai adalah 3.5 m. Mutu beton  $f_c' = 30$  MPa, mutu tulangan longitudinal  $f_y = 400$  MPa dan mutu tulangan sengkang  $f_y = 240$  MPa, dan tulangan yang terpasang adalah tulangan teoritis dari hasil perhitungan. Dimensi balok induk  $350 \times 700$  mm<sup>2</sup> dan balok anak  $250 \times 550$  mm<sup>2</sup> sedangkan untuk dimensi kolom dapat dilihat pada Tabel 1.1.



Gambar 1.4. Denah bangunan

Tabel 1.1. Dimensi Kolom Struktur Bangunan

Lantai	4-bentang		6-bentang	
	Dimensi Kolom		Dimensi Kolom	
	6 Lantai (mm <sup>2</sup> )	10 Lantai (mm <sup>2</sup> )	6 Lantai (mm <sup>2</sup> )	10 Lantai (mm <sup>2</sup> )
10	-	500 x 500	-	450 x 450
9		550 x 550		500 x 500
8				
7		500 x 500		550 x 550
6	500 x 500	600 x 600	450 x 450	550 x 550
5	550 x 550	650 x 650	500 x 500	600 x 600
4				
3				
2	600 x 600	700 x 700	550 x 550	650 x 650
1				

Adapun beban-beban yang digunakan dalam bangunan perkantoran ini adalah:

1. Beban mati yang merupakan berat sendiri bangunan.
2. Beban hidup sebesar:
  - o 400 kg/m<sup>2</sup> untuk atap.
  - o 200 kg/m<sup>2</sup> untuk lantai lainnya.
3. Beban gempa yang merupakan hasil dari perhitungan statik ekuivalen berdasarkan SNI 03-1726-2002.

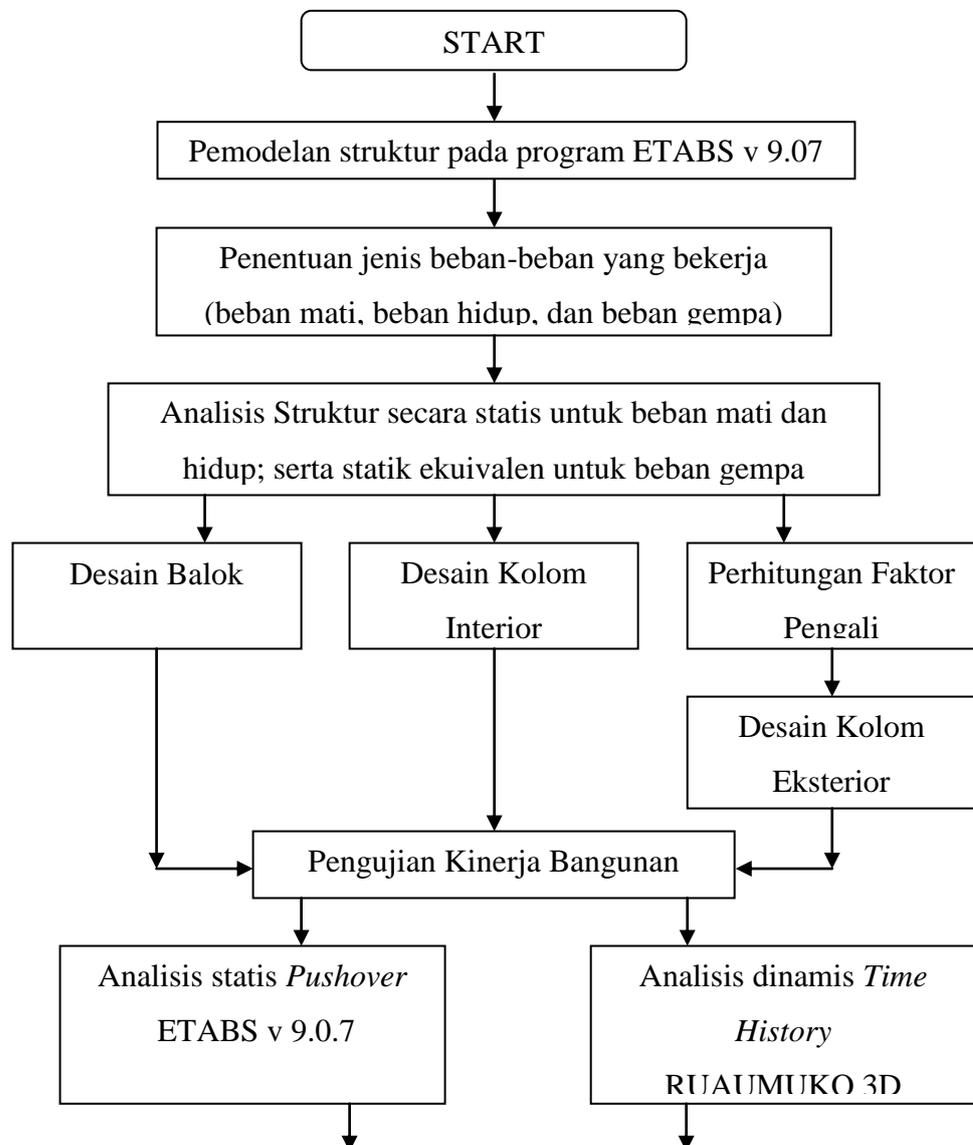
Perencanaan dan pengujian struktur dilakukan secara 3 dimensi tanpa memperhitungkan pengaruh interaksi tanah-struktur. Seluruh kaki portal dianggap terjepit pada pondasi.

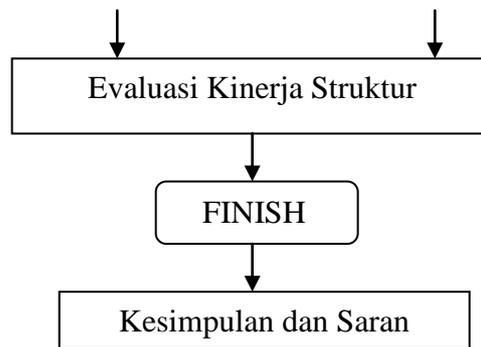
Perilaku struktur akan dianalisis dengan Analisis Statis *Non Linear Pushover* menggunakan program ETABS *Non Linear Version 9.0.7* dan analisis dinamis *non linear time history* menggunakan program RUAUMOKO 3D. Gempa El-Centro 15 Mei 1940 N-S dimodifikasi sesuai wilayah 2 peta gempa Indonesia dengan periode ulang 500 tahun.

Adapun peraturan-peraturan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung, PPIUG 1983
2. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung, SNI 03-1726-2002
3. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2002

### 1.5. Metodologi Penelitian





### 1.6. Sistematika Penulisan

Laporan dari hasil penelitian ini terbagi dalam lima bab, dimana isi dari masing-masing bab saling berkaitan sebagai berikut :

Bab 1 : Pendahuluan

Bagian ini menerangkan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup pembahasan, metodologi yang digunakan, dan sistematika penulisan.

Bab 2 : Landasan Teori

Bagian ini menguraikan secara mendetail mengenai latar belakang dan landasan teori yang dipergunakan di dalam penelitian ini.

Bab 3 : Metodologi Penelitian

Bagian ini menjelaskan mengenai langkah demi langkah yang dilakukan pada penelitian ini.

Bab 4 : Analisis dan Diskusi

Bagian ini menampilkan sekaligus mendiskusikan hasil *pushover analysis* dan *time history analysis*.

Bab 5 : Kesimpulan dan Saran

Bagian ini membahas kesimpulan yang didapat melalui penelitian ini, sekaligus memberikan saran untuk penelitian-penelitian mendatang.