

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ringkasan Penelitian Terdahulu

Penulis membutuhkan beberapa rujukan sebagai dasar dan untuk menambah pemahaman terhadap penelitian yang diambil. Berikut ini adalah beberapa hasil penelitian yang terdahulu yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan.

2.1.1 Respon Dinamik 2 Arah

Penelitian ini dilakukan oleh LI Zhenbao (2013) sebagai paper dari Key Laboratory of Earthquake Engineering and Structural Retrofit, Beijing University of Technology, China. Peneliti menyatakan bahwa karakteristik gerakan tanah di gempa bumi adalah multi-dimensi, acak dan tidak pasti dalam arah, aksi seismik pada struktur adalah spasial. Tanpa mempertimbangkan aksi seismik vertikal, arah horizontal apa pun bisa menjadi arah seismik utama. Pada penelitian ini gempa horizontal dihitung secara terpisah pada arah X dan Y, tentunya metode desain tidak mempertimbangkan karakteristik arah gerakan tanah yang sebenarnya. Untuk memenuhi persyaratan aseismatik maka direkomendasikan bahwa struktur harus simetris dan teratur untuk mencegah eksentrisitas pusat massa dan kekakuan sehingga deformasi torsional dapat dikurangi. Pengujian dilakukan pada frame dengan dua kekakuan yang berbeda pada X dan Y, disimulasikan menggunakan software ABAQUS *finite element analysis* dengan input berbagai sudut yang berbeda.

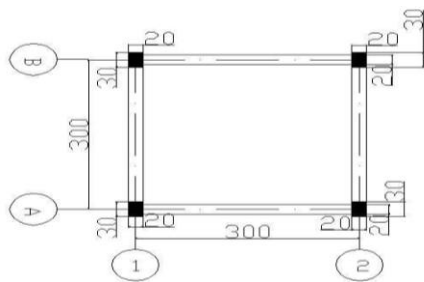


Fig. 1 The size of the frame



Fig. 2 The overview of the model

Gambar 2.1 Pemodelan Struktur pada Software ABAQUS

Sumber: LI Zhenbao (2013)

Tabel 2.1 Detail Komponen Frame

Type	Section of tube	Size (mm)	Area /cm ²	Moment of inertia /cm ⁴		Radius of gyration /cm		Section modulus /cm ³	
				I_x	I_y	r_x	r_y	W_x	W_y
Beam	Square	20×20×2×2	1.34	0.692	0.692	0.720	0.720	0.498	0.498
Beam	Rectangular	30×20×2×2	1.74	2.210	1.150	1.030	0.742	1.470	1.150
Column	Rectangular	30×20×1.5×1.5	1.35	1.590	0.840	1.080	0.788	1.060	0.840

Sumber: LI Zhenbao (2013)

Analisis simulasi struktur rangka baja dengan dua kekakuan dalam arah sumbu horizontal dilakukan di bawah aksi seismik dalam arah masukan yang berbeda. Sudut input adalah 0 °, 15 °, 30 °, 45 °, 60 °, 75 ° dan 90 °. Kesimpulannya:

1. Ketika sudut aksi input meningkat, kecuali 0 ° dan 90 ° input, respon dinamis dari frame dalam arah kekakuan lemah menurun secara bertahap, respon dalam arah kekakuan yang kuat meningkat; respons seluruh struktur menunjukkan kecenderungan menurun.
2. Ketika sudut input dari aksi seismik berubah, komponen dalam dua arah sumbu melakukan aksi bersama. Namun, karena perbedaan kekakuan dalam dua arah sumbu, respon pada arah kekakuan lemah menjadi besar yang membuat arah-X menjadi kelemahan dalam struktur. Komponen-komponen dalam arah kekakuan yang kuat tidak memiliki banyak kontribusi pada daya dukung struktur.
3. Karena perbedaan kekakuan dalam dua arah sumbu, respon struktur, seperti percepatan dan perpindahan, memiliki kecenderungan yang jelas berbeda dengan aksi input miring.

2.1.2 Respon Dinamik Bangunan *Set-Back*

Penelitian dilakukan oleh Aryani (2014) sebagai tugas akhir jurusan teknik sipil Universitas Islam Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai *mode shape*, simpangan, inter story drift, gaya horizontal tingkat, gaya geser dasar dan momen pada bangunan bertingkat *set-back* dan bangunan bertingkat regular, selain itu juga untuk mengetahui tipe bangunan bertingkat *set-back* seperti apa yang memiliki tingkat kritis paling tinggi. Struktur yang digunakan adalah struktur beton bertulang yang sesuai dengan SNI 1726-2012. Tinjauan struktur hanya pada portal bidang 2 dimensi. Peneliti

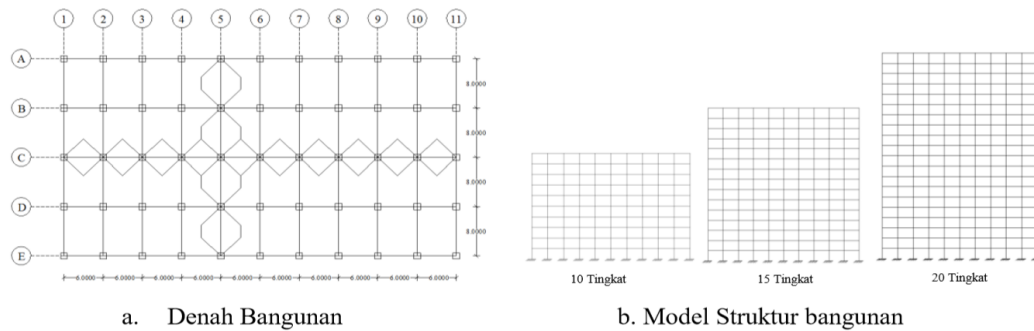
membandingkan struktur bangunan regular 15 lantai dan 10 variasi bangunan *set-back* 15 lantai. Perhitungan inersia menggunakan analisis balok tampang T. Perhitungan kekakuan struktur menggunakan kekakuan muto, dan menggunakan metode *central difference*. Peneliti juga membandingkan respon struktur bangunan terhadap frekuensi gempa, mulai dari frekuensi rendah, frekuensi sedang dan frekuensi tinggi.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai *mode shape*, simpangan horisontal, *drift ratio* dan gaya horizontal tingkat lebih besar pada bangunan *set-back* baik itu horisontal maupun vertikal dibanding bangunan regular, maka dapat dilihat bahwa bangunan *set-back* memiliki pola goyangan yang lebih besar.
2. Gaya geser dasar dan momen guling pada bangunan *set-back* justru lebih kecil dibanding dengan bangunan regular.

2.1.3 Pengaruh Kandungan Frekuensi

Penelitian dilakukan oleh Stiawan (2014) sebagai tugas akhir jurusan teknik sipil Universitas Islam Indonesia. Peneliti ini membandingkan respon struktur gedung bertingkat terhadap gempa dengan frekuensi rendah, frekuensi sedang dan frekuensi tinggi dengan beberapa variasi jumlah lantai, yaitu 10 tingkat, 15 tingkat dan 20 tingkat. Dimensi balok dan kolom yang digunakan didapatkan berdasarkan hasil *trial and error* pada program SAP 2000. Sistem massa yang digunakan dianggap *lumped mass* (massa yang menggumpal). Analisis menggunakan prinsip kekakuan muto dengan metode integrasi numerik *central difference*. Peneliti juga Membandingkan hasil simpangan struktur dengan metode analisis riwayat waktu (*time history analysis*), *inter story drift*, gaya horizontal tingkat, gaya geser dasar dan momen guling.



Gambar 2.2 Denah Bangunan dan Model Struktur Bangunan

Sumber: Yogi Agus Stiawan (2014)

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

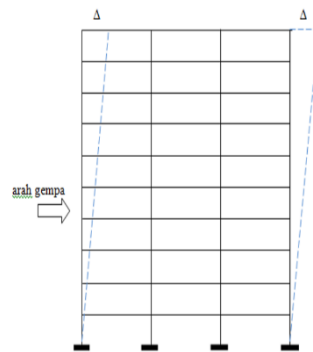
1. Gempa dengan frekuensi rendah memiliki dampak yang sangat besar terhadap respon struktur baik pada struktur 10 lantai, 15 lantai dan 20 lantai, sedangkan gempa frekuensi sedang lebih rendah dampaknya terhadap kerusakan struktur, dan gempa dengan frekuensi tinggi memiliki pengaruh yang sangat kecil terhadap respon struktur dari nilai simpangan, simpangan antar tingkat, gaya horisontal tingkat, gaya geser dan momen guling.
2. Nilai *mode shape* pada struktur dengan kekakuan muto pada mode terakhir nilainya menjadi besar.
3. Partisipasi mode dengan menggunakan analisis perhitungan kekakuan muto menyebabkan kontribusi mode terakhir menjadi lebih besar dibandingkan mode yang lainnya.
4. Nilai simpangan horisontal dan simpangan antar tingkat yang paling besar disebabkan oleh gempa frekuensi rendah sedangkan gempa frekuensi tinggi sangat fluktuatif.
5. Nilai drift terbesar ada pada tingkat kedua, karena kekakuan struktur lantai dasar lebih besar dibandingkan tingkat di atasnya jika menggunakan kekakuan muto.
6. Nilai gaya horisontal tingkat, gaya geser dan momen guling akan semakin besar pada bentang portal yang lebih besar.

2.1.4 Inter Story Drift Bangunan Tanpa Set-Back dan Dengan Set-Back

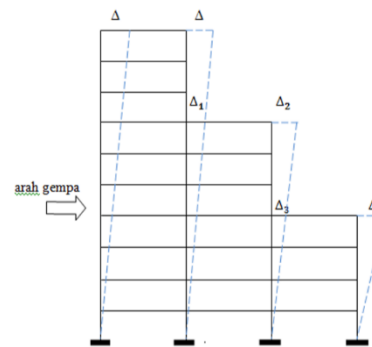
Penelitian ini dilakukan oleh Rumimper (2013), jurusan teknik sipil Universitas Sam Ratulangi. Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana *inter story drift* (simpangan antar tingkat) pada bangunan yang memiliki massa dan kekakuan yang sama tiap lantai dan bangunan yang memiliki perbedaan massa dan kekakuan tiap lantai.

Batasan-batasan masalah pada penelitian ini ada beberapa, yaitu:

1. Tinjauan struktur hanya pada portal bidang (2 dimensi),
2. Untuk analisa perhitungan struktur dimodelkan sebagai bangunan penahan geser, dimana:
 - a. Massa struktur terpusat pada lantai
 - b. Balok pada lantai kaku tak hingga bila dibandingkan dengan kolom
 - c. Deformasi struktur tidak dipengaruhi gaya axial pada kolom
3. Tinjauan *displacement* hanya pada arah horisontal saja.
4. Struktur yang dianalisa berupa struktur beton bertulang yang terletak pada tanah keras, bangunan terdiri dari 10 tingkat. Dimensi kolom 80x80, balok 60x80 dan tebal plat 15 cm Tinggi kolom 4 m dan jarak antara kolom 8 m



a. *Displacement* Pada Bangunan
Tanpa *Set-Back*



b. *Displacement* Pada Bangunan
Dengan *Set-Back*

Gambar 2.3 *Displacement* Akibat Gempa Pada Bangunan Bertingkat

Sumber: Berny Andreas Engelbert Rumimper, dkk (2013)

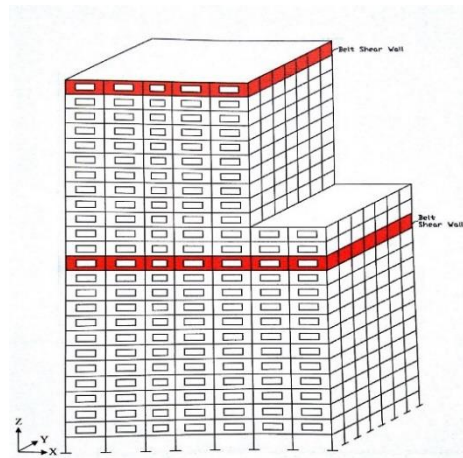
Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah bahwa simpangan struktur pada bangunan dengan *set-back* seperti pada contoh aplikasi adalah lebih kecil dari pada bangunan tanpa *set-back*, kemudian *inter story drift* pada bangunan dengan

set-back seperti pada contoh aplikasi, terjadi perbedaan 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.

2.1.5 Respon Struktur Dengan Variasi Setback Vertikal

Penelitian dilakukan oleh Krisnanto (2012) sebagai tugas akhir jurusan teknik sipil Universitas Islam Indonesia. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian terdahulu dengan penggunaan dinding geser berlubang serta geometri struktur yang lebih kompleks berupa struktur beton bertulang bertingkat banyak dengan dinding geser berlubang (*shear wall with opening*) serta *setback* vertikal. Metode analisis yang digunakan untuk mengetahui respon struktur yang terjadi digunakan *integrated finite element analysis* yang dikemas dalam software ETABS versi 9.5.0.

Bangunan didesain sebagai gedung perkantoran model bangunan adalah gedung 3D dengan 4 variasi *setback* vertikal, yaitu *setback* vertikal 5 lantai, 10 lantai, 15 lantai dan 20 lantai. Pembangunan direncanakan pada wilayah gempa 6 dengan jenis tanah lunak. Tinggi antar tingkat 3,5 meter. Dukungan terhadap struktur dianggap jepit. Beban dinamik yang diperhitungkan adalah beban gempa. Rekaman percepatan gempa yang digunakan adalah gempa El Centro 1940 NS, gempa San Fransisco, gempa Parkfield 1966 N65E dan Gempa Bucharest 1977 NS. Analisis beban gempa menggunakan metode dinamik riwayat waktu (*time history*). Pedoman yang digunakan untuk perencanaan beban mati dan beban hidup SKBI-1.3.53.198, perencanaan beban gempa menggunakan SNI 03-1726-2002, dan perencanaan struktur beton bertulang menggunakan peraturan SNI 03-2847-2002. Respon struktur yang ditinjau meliputi perpindahan (*displacement*) dan simpangan antar tingkat (*story drift*).



Gambar 2.4 Struktur Tiga Dimensi (3D)

Sumber: Bayu Krisnanto (2012)

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Apakah struktur *core shear wall*, *outrigger* dan *belt shear wall* efektif dalam mereduksi respon struktur beton bertulang bertingkat banyak dengan variasi *setback* vertikal akibat beban gempa dinamik dan bagaimana tingkat efektifitasnya?
2. Bagaimana kinerja struktur beton bertulang bertingkat banyak dengan variasi *setback* vertikal yang menggunakan struktur *core shear wall*, *outrigger* dan *belt shear wall* terhadap beban gempa dinamik?

Hasil dan kesimpulan dari penelitian ini didapatkan bahwa tidak semua sistem struktur *core shear wall*, *outrigger* dan *belt shear wall* efektif dalam mereduksi respon struktur beton bertulang bertingkat banyak dengan variasi *setback* vertikal akibat beban gempa dinamik.

2.2 Keaslian Penelitian

Bersumber pada penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian yang akan dilakukan merupakan karya asli, dan bukan merupakan plagiasi, berikut ini perbedaan terhadap penelitian pada tugas akhir ini.

1. Lokasi struktur bangunan didesain pada tanah sedang di daerah Padang, Sumatera Barat (SNI 1726-2012).
2. Struktur ditinjau 3 Dimensi pada perhitungan massa dan kekakuannya.

3. Menggunakan metode perhitungan kekakuan muto.
4. Menggunakan metode integrasi numerik *central difference*.
5. Menggunakan variasi beban gempa 2 arah, yaitu:
 - a. Dominan searah sumbu x, dimana sumbu x dengan beban 100% dan sumbu y dengan beban 30%,
 - b. Dominan searah sumbu y yaitu sumbu y dengan beban 100 dan sumbu x 30%.
6. Struktur bangunan yang dihitung adalah struktur portal bangunan langsing 15 lantai, struktur tidak beraturan dengan variasi 4 *set-back* vertikal.
7. Beban gempa yang digunakan adalah pasangan gempa frekuensi rendah, frekuensi sedang dan frekuensi tinggi.
8. Untuk analisis perhitungan respon strukturnya menggunakan Ms. Excel 2016 dan MATLAB R2015b.