

# JURNAL TEKNIK SIPIL

Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil

## Kerusakan Bangunan Hotel Bumi Minang Akibat Gempa Padang 30 September 2009

**Febrin Anas Ismail**

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, E-mail: febrin@ft.unand.ac.id

**Abdul Hakam**

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, E-mail: ahakam@ft.unand.ac.id

**Fauzan**

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, E-mail: fauzan@ft.unand.ac.id

### Abstrak

*Bangunan Hotel Bumi Minang merupakan bangunan bertingkat tertinggi di kota Padang yang mengalami kerusakan akibat Gempabumi 7,6 SR tanggal 30 September 2009 yang berpusat di laut 100 km dari kota Padang. Survey untuk mendata kerusakan yang terjadi pada bangunan dilakukan beberapa hari setelah terjadinya gempa. Makalah ini mengungkapkan penyebab kerusakan serta rekomendasi perbaikannya. Berdasarkan hasil observasi lapangan, diketahui beberapa bagian bangunan mengalami kerusakan. Untuk mengetahui penyebab kerusakan, analisis ulang terhadap perilaku struktur akibat gempa selanjutnya dilakukan dengan menggunakan simulasi numerik. Kompilasi terhadap hasil survey dan analisis struktur menunjukkan bahwa kerusakan pada bangunan terutama diakibatkan oleh bentuk denah bangunan yang tidak simetris. Selanjutnya simulasi numerik untuk menganalisis tindakan perbaikan juga dilakukan. Hasil studi menunjukkan bahwa bangunan ini secara umum dapat diperbaiki dengan beberapa opsi tindakan yaitu merubah bentuk denah bangunan, memperkuat dengan tambahan dinding geser pada beberapa bagian bangunan dan tindakan kombinasi.*

**Kata-kata Kunci:** Gempa, evaluasi kerusakan, simulasi numerik, perbaikan bangunan.

### Abstract

*Bumi Minang hotel is the tallest multi-stories building in Padang City experiencing structural damage due to the 7.6 magnitude earthquake on 30 September 2009 with epicenter 100 km offshore of Padang City. Survey has been conducted to assess the damage of the building a few days after the earthquake. The paper explains the cause of the damage and recommendation for retrofitting. Base on field observation, some parts of the building have been damage. To know the cause of the damage, re-analysis of structure was conducted using numerical simulation. Compilation between numerical simulation and field survey showed that the main factor causing the damage is unsymmetrical of building plan. Numerical simulation was also conducted to find out the retrofitting recommendation. The study showed that the building can be retrofitted using some methods, that is, changing the plan, strengthening by using additional shear wall in some parts of the building and combination.*

**Keywords:** Earthquake, damage assessment, numerical simulation, retrofitting.

## 1. Pendahuluan

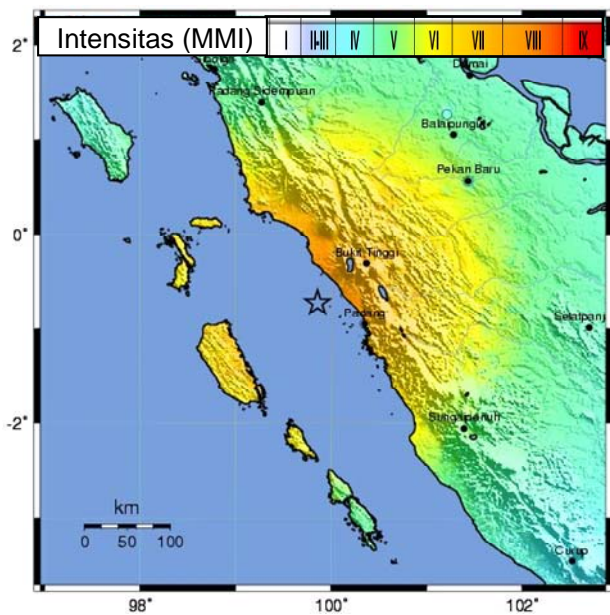
Pada sore hari tanggal 30 September 2009, gempa tektonik 7,6 SR telah menghantam propinsi Sumatera Barat. Gempa yang dikenal dengan nama G30'S 2009 ini berpusat pada koordinat 0° 50' 24'' Lintang Selatan dan 99° 39' 0'' Bujur Timur. Daerah yang mengalami kerusakan paling parah akibat gempa tersebut adalah daerah sepanjang pesisir pantai propinsi Sumatera Barat. Kota Padang sebagai Ibu Kota propinsi juga terletak di pantai barat dengan jarak kurang dari 100

km terhadap pusat gempa. Gempa dengan kedalaman 70 km ini tercatat sebagai gempa terkuat yang pernah menghantam kota Padang sejak berdirinya kota ini. Berdasarkan analisis yang dikeluarkan oleh USGS (2009) kerusakan yang terjadi di kota Padang berada sekitar skala MMI di tingkat 7 hingga 8 (**Gambar 1**).

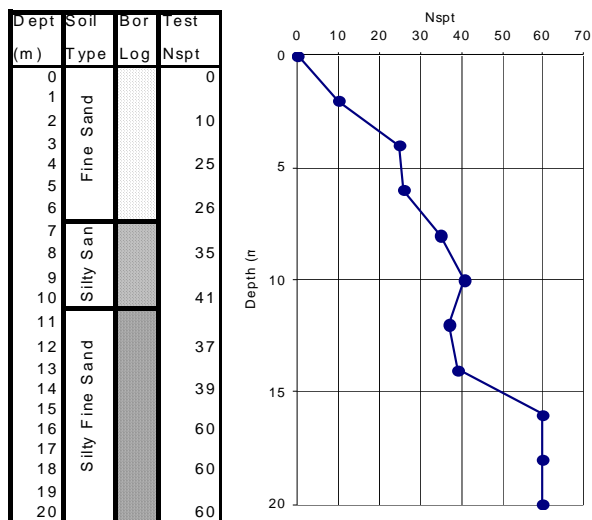
Bangunan Hotel Bumi Minang mempunyai 7 lantai untuk struktur utama ditambah dengan beberapa lantai (presidential suite, mezanin, ruang mesin dan lantai atap ruang mesin) dengan ketinggian 36 m. Bangunan

Hotel ini berada pada koordinat 0° 57' 19" Lintang Selatan dan 100° 21' 31" Bujur Timur dengan jarak sekitar 80 km dari pusat gempa G30'S 2009. Bangunan Bumi Minang merupakan bangunan dengan struktur penyokong utama terbuat dari beton bertulang. Hingga saat ini bangunan ini merupakan bangunan yang mempunyai lantai terbanyak dan tertinggi di Sumatera Barat.

Bangunan ini didirikan pada tahun 1992. Hotel ini berdiri di atas tanah dengan kondisi lapisan tanah seperti pada Gambar 2. Berdasarkan dari analisis penggolongan lapisan tanah di bawah bangunan menurut SNI 03 - 1726 - 2002, maka kondisi tanah di bawah bangunan tergolong sebagai Tanah Sedang (Tabel 1).



Gambar 1. Peta Intensitas Modified Mercalli (MMI) untuk gempa G30'S 2009



Gambar 2. Jenis Lapisan tanah dan nilai N<sub>spt</sub>

Tabel 1. Perhitungan kondisi tanah

D (m)	N <sub>spt</sub>	t <sub>i</sub> (m)	t <sub>i</sub> /N <sub>i</sub>	N = Σti/Σ (ti/Ni)	Jenis Tanah
0	0	-	-		
2	10	2	0,200		Keras: N <sub>rata2</sub> ≥ 50
4	25	2	0,080		
6	26	2	0,077		Sedang 15 ≤ N <sub>rata2</sub> < 50
8	35	2	0,057		
10	41	2	0,049	29,93	
12	37	2	0,054		Lunak N <sub>rata2</sub> < 15
14	39	2	0,051		
16	60	2	0,033		
18	60	2	0,033		
20	60	2	0,033		
Σ		20	0,668	N <sub>rata2</sub> ≈ 30	

Selain Bangunan Hotel Bumi Minang, masih terdapat puluhan bangunan bertingkat banyak (3 lantai atau lebih) yang juga mengalami kerusakan akibat gempa G30'S 2009. Bangunan-bangunan tersebut umumnya berdiri dengan struktur terbuat dari material beton bertulang dengan dinding dari bahan batu bata. Kerusakan akibat gempa pada bangunan dengan struktur beton bertulang telah banyak dilaporkan. Gempa 921 Chi-Chi di Taiwan, telah dilaporkan merusak lebih dari 25 bangunan modern yang terbuat dari beton bertulang (Tsai et. al., 2000). Kerusakan bangunan di Taiwan tersebut antara lain diakibatkan oleh terlalu beratnya beban mati yang diberikan oleh dinding bangunan yang terbuat dari batu bata.

Penelitian khusus tentang kapasitas dari bangunan beton bertulang akibat gempa bumi Hyogoken-Nambu pada tahun 1995 di Jepang juga telah dilaporkan (Lee et. al., 1995). Pada laporan tersebut Lee et. al. telah mengusulkan tata cara perhitungan untuk mengklasifikasikan tingkat kerusakan dari bangunan beton bertulang. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa bangunan yang dibuat 25 tahun sebelum terjadinya gempa tersebut lebih banyak mengalami kerusakan dibanding dengan gedung beton bertulang baru. Selain itu usulan perhitungan level kerusakan yang diusulkannya ternyata masih memerlukan penyempurnaan untuk diterapkan lebih jauh.

## 2. Investigasi Kerusakan

Pendefinisian kerusakan pada bangunan merupakan hal yang memerlukan penelitian mendalam dan

kesepakatan. Sejumlah negara telah mendefinisikan kerusakan dalam beberapa tingkat tergantung dari kesepakatan yang mereka ambil. Definisi kerusakan yang disampaikan dalam penelitian kerusakan akibat gempa Hyogoken-nambu 1995 adalah seperti dalam **Tabel 2**.

Di Indian, kerusakan lebih banyak ditentukan dengan menggunakan pandangan mata dan tidak mempunyai ukuran secara matematis. Pendefinisian kerusakan ini terasa lebih simpel dan investigasi kerusakan dapat dilakukan oleh orang awam.

Berdasarkan kompilasi dari beberapa referensi dan kesepakatan ahli di Indonesia, maka dalam melakukan investigasi kerusakan bangunan akibat gempa di kota Padang telah dibentuk rumusan klasifikasi kerusakan (**Tabel 4**). Tingkatan yang disepakati ini juga didasarkan pertimbangan untuk dapat digunakan dalam berbagai kepentingan seperti pendanaan rehabilitasi dan rekonstruksi. Selanjutnya rumusan tersebut digunakan sebagai pegangan dalam melakukan penilaian kerusakan untuk seluruh jenis bangunan akibat gempabumi di kota Padang dan sekitarnya.

Investigasi lapangan yang dilakukan terhadap bangunan Hotel Bumi Minang, menunjukkan sebagian besar dinding batu bata pada bangunan mengalami kerusakan dan sejumlah struktur utama bangunan mengalami kerusakan. Hampir pada semua bagian non-struktural bangunan, terutama pada bagian dalam gedung mengalami kerusakan berupa retakan besar dan roboh. Kerusakan ini meliputi elemen bangunan pada dinding luar dan dalam, plafond, pintu dan jendela. Bagian non-struktural bangunan yang mengalami kerusakan mencapai lebih dari 80%.

Inspeksi visual lapangan tidak mendapati adanya penurunan pada pondasi bangunan. Bagian struktur utama berupa kolom, balok dan pelat lantai mengalami kerusakan. Kerusakan elemen struktural ini terutama terjadi pada lantai 1 dan 2. Kerusakan bagian ini mengakibatkan terjadinya penurunan pelat lantai di bagian tengah bangunan hingga lebih dari 25 cm. Khusus untuk daerah lift di tengah bangunan (**Gambar 3**), beton pada bagian ini telah hancur hingga terlihat adanya besi tulangan sepanjang 40 cm. Kerusakan ini mengakibatkan bagian bangunan di atasnya (dari lantai 2 s.d lantai 7) mengalami penurunan lebih dari 40 cm. Tingkat kerusakan struktur yang terjadi pada bagian tengah bangunan ini diperkirakan mencapai 90 %. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa bangunan Hotel Bumi Minang ini dapat dikategorikan mengalami kerusakan berat.

**Tabel 2. Klasifikasi Kerusakan di Jepang (Lee et. al., 1995)**

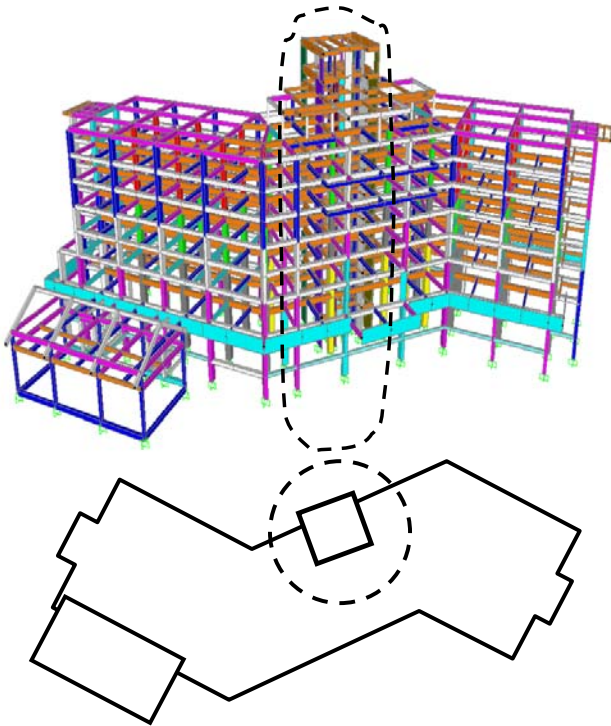
Tingkat	Deskripsi kerusakan
I	Retak kecil pada permukaan beton (< 0,2 mm)
II	Retak agak jelas di permukaan beton (0,2 – 1,0 mm)
III	Retak jelas pada permukaan beton (1,0 – 2,0 mm) Hancur setempat pada penutup beton
IV	Retak sangat jelas pada beton (> 2,0 mm) Hancur pada beton dan tulangan dapat terlihat
V	Retak besar pada bagian dalam beton Bengkokan pada besi tulangan

**Tabel 3. Klasifikasi kerusakan di India (Great, 2001)**

Tingkat	Sebutan	Deskripsi kerusakan
I	Ringan	Retak kecil dan sebagian plesteran jatuh
II	Sedang	Plesteran jatuh banyak dan retakan dinding
III	Berat	Retak besar dinding dan menara roboh
IV	Hancur	Sebagian dinding terpisah dan/atau roboh
V	Roboh	Bangunan roboh total

**Tabel 4. Klasifikasi kerusakan di Indonesia- Padang**

Tingkat	Deskripsi kerusakan
Ringan	Adanya retak kecil (0,075 cm s/d 0,6 cm) pada dinding. Kerusakan dinding mencakup luasan yang besar. Terjadi kerusakan bagian-bagian nonstruktur. Struktur utama pemikul beban tidak rusak < 30 % Bangunan rusak
Sedang	Adanya retak besar (> 0,6 cm ). Retakan terjadi juga pada kolom dan balok. Struktur pemikul beban sudah rusak sebagian. Roboh pada sebagian dinding 30 - 70 % Bangunan rusak
Berat	Dinding pemikul beban terbelah dan runtuh Bangunan terpisah akibat kegagalan unsur pengikat > 50% struktur utama mengalami kerusakan Roboh pada sebagian besar dinding > 70 % Bangunan rusak



Gambar 3. Bagian lift yang rusak berat

### 3. Simulasi Numerik

Simulasi numerik terhadap perilaku dinamis struktur bangunan Hotel Bumi Minang dengan menggunakan program elemen hingga telah dilakukan. Data geometri elemen struktur diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan. Demikian pula halnya dengan data mekanik dari material bangunan yang diperoleh dengan melakukan kombinasi pengujian langsung di lapangan dan di laboratorium. Mutu beton yang digunakan untuk elemen struktur adalah  $f_c' = 30$  MPa dengan baja berupa tulangan ulir dengan  $f_y = 390$  MPa dan  $f_y = 240$  MPa (polos). Simulasi numerik dilakukan dengan menggunakan beban statis ekuivalen dan beban dinamis domain frekwensi (wilayah gempa 6, SNI-1726-2002).

Simulasi numerik tiga dimensi dilakukan dengan memodelkan bangunan menjadi 5 tipe. Tipe pertama adalah bangunan dengan model struktur seperti yang ada di lapangan (Gambar 4.a). Model kedua dengan membuat penambahan dinding geser pada bagian bawah lift (Gambar 4.b). Model ketiga dengan penambahan dinding geser pada seluruh bagian lift (Gambar 4.c) dan model keempat dengan tambahan dinding geser pada bagian sayap kiri dan kanan bangunan (Gambar 4.d).

Gambar 5 menunjukkan kapasitas penampang kolom dan momen-aksial yang bekerja. Sedangkan perbandingan gaya geser maksimum dengan kapasitas geser pada kolom ditampilkan pada Tabel 5. Hasil simulasi numerik menunjukkan bahwa bangunan

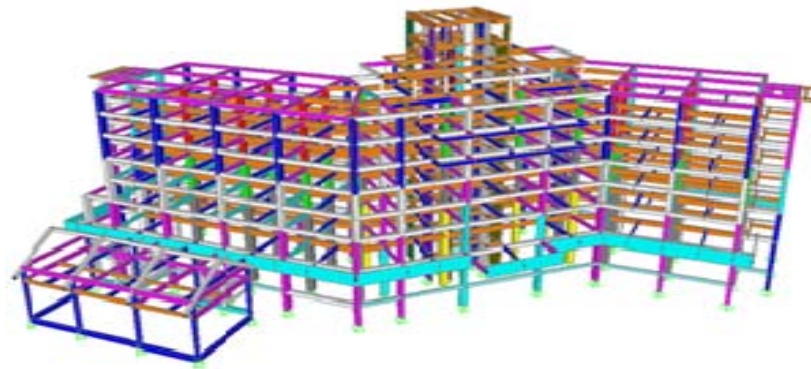
mengalami pembebanan yang sangat besar pada model pertama (model asli). Kapasitas penampang dari elemen kolom bangunan ternyata tidak mencukupi untuk menahan gaya-gaya dalam (baik momen gaya aksial maupun gaya geser) yang bekerja pada bangunan akibat beban gempa. Sedangkan pada model struktur ke-3 dan ke-4, menunjukkan gaya-gaya dalam maksimum yang bekerja masih dapat ditahan oleh struktur bangunan.

### 4. Kesimpulan

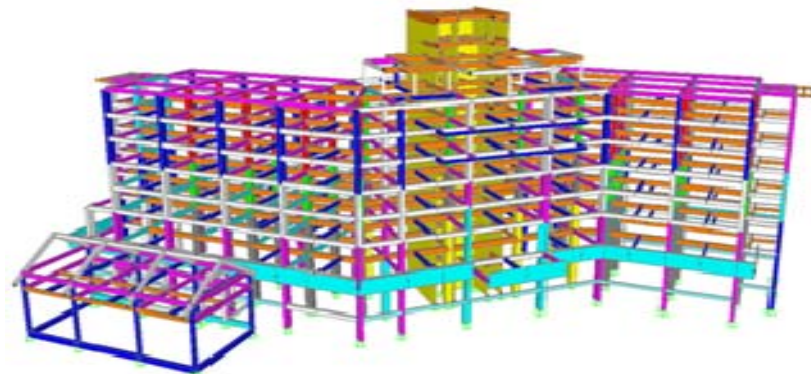
1. Investigasi lapangan terhadap bangunan Hotel Bumi Minang menunjukkan bahwa bangunan ini mengalami kerusakan berat baik pada bagian struktur maupun non struktur. Kerusakan ini terutama terjadi pada bagian tengah bangunan.
2. Bentuk denah bangunan yang tidak simetris merupakan satu hal yang dapat menimbulkan konsentrasi tegangan akibat beban dinamis yang bekerja pada bagian tengah bangunan.
3. Hasil simulasi menunjukkan bahwa elemen bangunan (terutama kolom) mempunyai kapasitas lebih kecil dibanding beban yang bekerja.
4. Dengan penambahan dinding geser pada sebagian bangunan tengah, maka beban kerja pada bagian ini berkurang sehingga kapasitas penampang yang ada dapat menahan gaya-gaya dalam yang bekerja. Sedangkan penambahan lebih dinding geser pada bagian tengah-atas maupun di samping kiri dan kanan bangunan, memberikan respon berupa gaya dalam yang lebih kecil pada model bangunan. Studi ini menunjukkan pentingnya dinding geser dalam meminimalkan respon bangunan terhadap beban dinamik.

Tabel 5. Kapasitas dan beban geser kolom

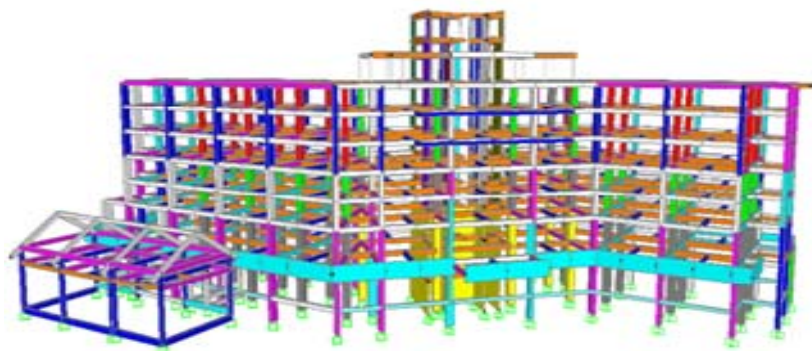
Model Struktur	Tinjauan	Kapasitas	Beban	Keterangan
		(kN)	(kN)	
ke- 1	Tumpuan	567,98	1189,1	tidak memenuhi
	Lapangan	432,26	1189,1	
ke- 2	Tumpuan	567,98	377,72	memenuhi
	Lapangan	432,26	377,72	
ke- 3	Tumpuan	567,98	341,95	memenuhi
	Lapangan	432,26	341,95	
ke- 4	Tumpuan	567,98	121,94	memenuhi
	Lapangan	432,26	121,94	



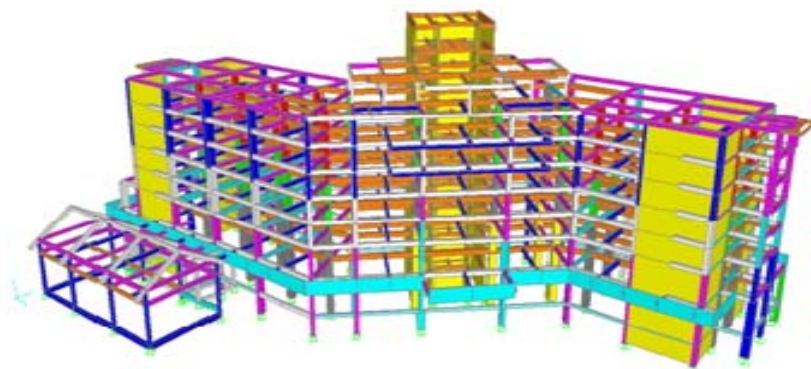
(a)



(b)

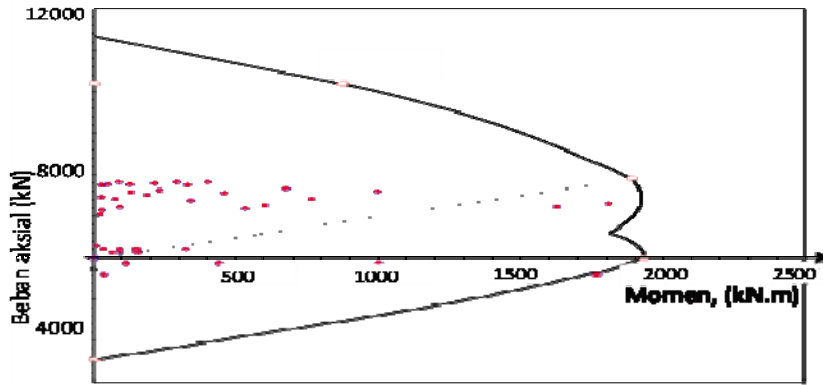


(c)

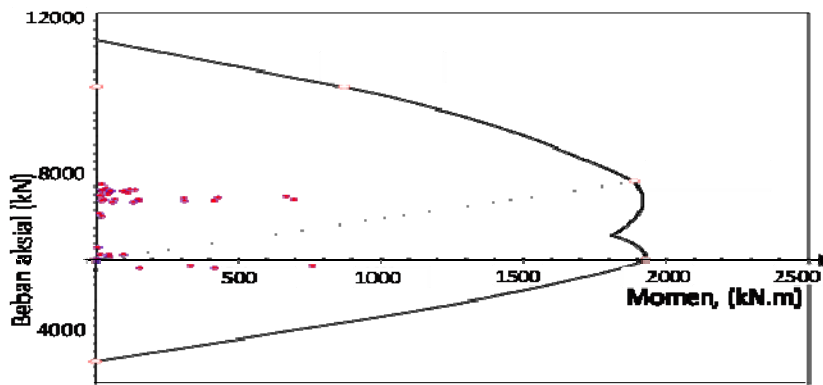


(d)

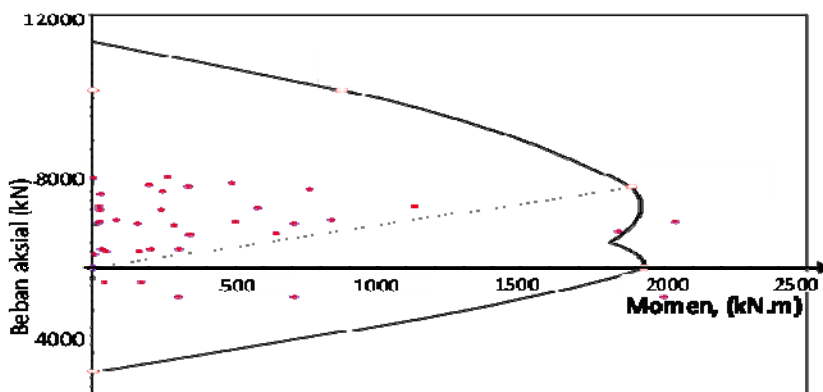
**Gambar 4. Permodelan tiga dimensi struktur bangunan**



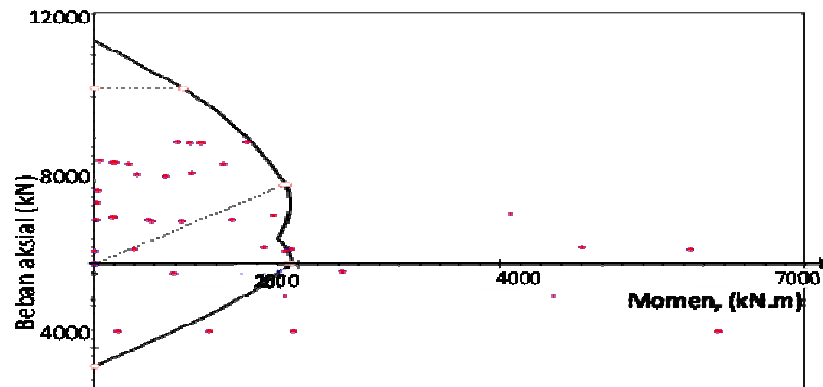
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 5. Kapasitas dan beban kolom (a) model ke-1, (b) model ke-2, (c) model ke-3, (d) model ke-4

## **Daftar Pustaka**

- Gujarat Relief Engineering Advice Team - GREAT, 2001, *Repair and Strengthening Guide for Earthquake Damaged Lowrise Domestic Buildings in Gujarat, India*: GREAT Publication, June.
- Lee, K.S., Nakano, Y., Kumazawa, F., and Okada, T., 1995, *Seismic Capacity of Reinforced Concrete Building Damage by 1995 Hyogoken-Nambu Earthquake*, Report on the January 17, 1995, Kobe Earthquake, Japan, pp. 175-184
- SNI -1726-2002, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung*
- Tsai, K.C., Hsiao, C.P. and Bruneau, M., 2000, Overview of Building Damages in 921 Chi-Chi Earthquake, *Journal of Earthquake Engineering and Engineering Seismology* Vol 2, No. 1, pp 93-108
- USGS, 2009, <http://rovicky.files.wordpress.com/2009/10/intensitypadang30sept2009.jpg>

