

PENGARUH PENGGUNAAN *SEISMIC BASE ISOLATION SYSTEM* TERHADAP RESPONS STRUKTUR GEDUNG HOTEL IBIS PADANG

Febrin Anas Ismail¹

ABSTRAK

Sumatera Barat merupakan daerah rawan gempa. Hal ini dikarenakan daerah Sumatera Barat terletak di zona subduksi dan zona transformasi yang akan sering menimbulkan gempa bumi. Terjadinya gempa bumi dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan pada gedung. Kerusakan tersebut dapat berupa kerusakan elemen non-struktural seperti kerusakan dinding maupun kerusakan elemen struktural seperti balok dan kolom, hingga terjadinya kegagalan struktur yang menyebabkan robohnya bangunan. Pasca gempa 30 September 2009 yang lalu, banyak bangunan bertingkat, bangunan pemerintah maupun swasta mengalami rusak berat. Salah satu contoh gedung tersebut adalah rubuhnya hotel Ambacang dan kerusakan berat pada hotel Bumi Minang. Untuk mengurangi kerusakan yang diakibatkan oleh gempa bumi, biasanya bangunan diperkuat dengan meningkatkan kekuatan/kekakuan bangunan. Pendekatan lain adalah dengan menggunakan sistem "*seismic base isolation system*" yaitu suatu sistem yang fleksibel dimana kekakuan bangunan diisolasi dari pondasi di atas tanah sehingga mengurangi aliran "*shock*" dari gempa ke bangunan di atasnya. Pada penelitian ini mengkaji pengaruh penggunaan *seismic base isolation system* pada gedung Hotel Ibis Padang. Pengaruh yang ditinjau adalah respons struktur gedung terhadap beban gempa. Respons struktural yang menjadi objek adalah gaya dalam dan perpindahan/ *displacement* Struktur dan lantai. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui berapa besar reduksi gaya dalam dan perpindahan dengan penggunaan *seismic base isolation system*.

Kata Kunci: gempa, kerusakan gedung akibat gempa, *seismic base isolation system*, respon struktur

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan kawasan dengan intensitas kegempaan yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena Indonesia dilalui oleh lempeng-lempeng tektonik dengan jalur aktif yaitu jalur *Circum Pasific* dan jalur *Hindia - Himalaya*. Khusus untuk daerah Sumatera Barat, letak geografisnya terletak di zona subduksi dan zona transformasi yang akan sering menimbulkan gempa bumi. (Sunaryati, 2010). Kejadian gempa ini juga akan menimbulkan bencana-bencana lain seperti terjadinya *tsunami*. Kerusakan yang akan terjadi akan lebih besar baik kerusakan bangunan maupun ancaman jatuhnya korban jiwa. Kerusakan yang terjadi pada gedung dapat berupa kerusakan elemen non-struktural seperti kerusakan dinding, dan kerusakan elemen struktural seperti balok dan kolom, hingga terjadinya kegagalan struktur yang menyebabkan robohnya bangunan. Berbagai macam kondisi kerusakan pada gedung akibat gempa bumi ini menimbulkan pertanyaan bagi masyarakat tentang kelayakan bangunan yang mereka diami saat ini. Sehingga perlu dilakukan berbagai cara untuk meminimalisir terjadinya kerusakan dan jatuhnya korban jiwa yang diakibatkan kegagalan struktur bangunan tersebut.

Pada tanggal 30 September 2009 terjadi gempa bumi berkekuatan 7,6 SR dengan kedalaman 110 km di Sumatera Barat. Pusat Gempa berada pada 22 km Barat Daya Pariaman dan 52 km Barat Laut Padang. Gempa dengan skala besar inipun dirasakan hingga ke Sumatera Utara, Sumatera Selatan, Riau bahkan Singapura. Gempa ini mengakibatkan kerusakan bahkan keruntuhan pada

¹Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas, febrin@yahoo.com

bangunan, baik rumah tinggal, gedung pemerintahan maupun swasta, dan fasilitas umum, khususnya di kota padang. Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Bangunan Hotel yang Runtuh Akibat Gempa.

Pada perencanaan bangunan, parameter gempa bumi adalah parameter yang sangat berpengaruh langsung, yaitu menimbulkan percepatan tanah yang akan bekerja pada massa bangunan. Percepatan yang ditimbulkan akibat gempa dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kekuatan gempa bumi (magnitude), kedalaman gempa, jarak pusat gempa ke bangunan, jenis tanah sebagai media perambatan gelombang gempa ke bangunan yang dituju.

Tujuan dari penulisan makalah ini adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung respons struktur (perpindahan dan gaya dalam) pada struktur Hotel Ibis tanpa *seismic base isolation system* menggunakan *software ETABS (Extended 3D Analysis of Building Systems)* Versi 9.7.1.
- b. Menghitung respons struktur (perpindahan dan gaya dalam) pada struktur Hotel Ibis dengan *seismic base isolation system* dengan menggunakan *software ETABS (Extended 3D Analysis of Building Systems)* Versi 9.7.1.
- c. Membandingkan respon struktur (perpindahan dan gaya dalam) antara struktur tanpa *seismic base isolation system* dan struktur dengan *seismic base isolation system*.

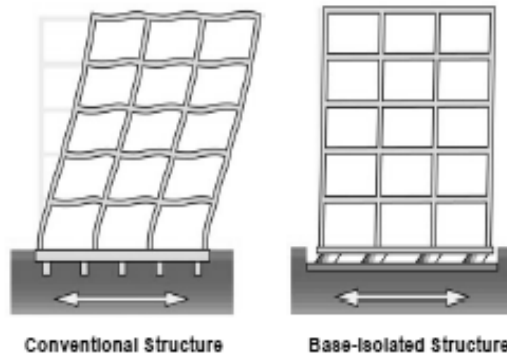
2. Peredam Beban Gempa

2.1 Pengertian

Dari *Concise Oxford Dictionary*, Kelly (2001) mendefinisikan bahwa *seismic isolation* sebagai bagian yang dapat memisahkan struktur atas dengan pondasi, atau bagian lain yang memang dapat memisahkan struktur atas dengan struktur bawah. Untuk selanjutnya *base isolation* biasanya sekarang disebut dengan *seismic isolation* karena memang diciptakan untuk mengantisipasi beban-beban *seismic* (gempa). Prinsip dari *base isolation* pertama sekali dikemukakan oleh Johannes Avetican Calantarients (1909) didalam buku Naeim dan Kelly (1999). Calantarients adalah seorang dokter medic dari sebelah utara Inggris. Calantarients berpendapat bahwa “*the substantial buildings can be put up in earthquake countries on this principle with perfect safety since the degree of severity of an earthquake loses its significance through the existence of the lubricated free joint*”. Untuk mereduksi gaya gempa yang mengenai bangunan maka Calantarients menyarankan untuk memasang *free joint* di antara struktur atas dan bawah sehingga bangunan

dapat bergerak horizontal pada *free joint* tersebut. Pada saat itu Calantariant menyarankan bahan yang digunakan bisa berupa pasir halus, mika atau sejenisnya.

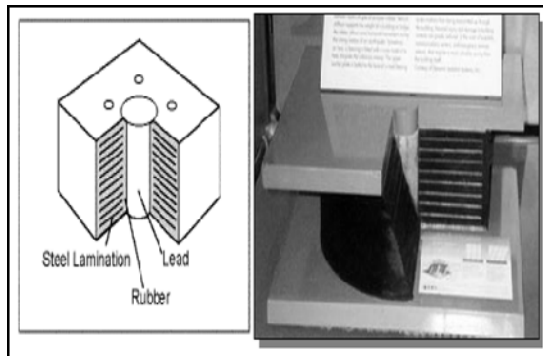
Perbandingan antara bangunan konvensional dengan bangunan yang menggunakan *base isolator* dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Perilaku Gedung yang Menggunakan Base Isolator

2.2 Rubber Bearing Seismic Base Isolator

Rubber Bearing Seismic Base Isolator merupakan jenis *Elastomeric Bearings* yang bahan utamanya terbuat dari bahan sintetik atau karet seperti yang terlihat pada **gambar 3**.



Gambar 3. Elastomeric Bearing

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Permodelan Struktur

Langkah pertama yang dilakukan adalah membuat permodelan struktur Hotel Ibis Padang sesuai dengan data perencanaan struktur yang telah ada. Permodelan struktur dilakukan sesuai dengan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002) dan Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung(SNI 03-1726-2002) dengan menggunakan Peta Hazard Gempa 2010. Permodelan struktur ini dilakukan dengan menggunakan *software ETABS (Extended 3D Analysis of Building Systems)* versi 9.7.1. Langkah-langkah pembuatan model struktur adalah sebagai berikut :

1. Membuat grid bangunan 3D
2. Mengidentifikasi parameter material masing-masing elemen bangunan sesuai dengan data material perencanaan struktur.
3. Mengidentifikasi dimensi struktur (balok, kolom, plat)
4. Pemodelan struktur 3D mengikuti grid yang telah dibuat
5. Menginputkan beban hidup, beban mati dan beban Gempa

3.2 Pemilihan *Base Isolator* yang Digunakan

Berikut langkah-langkah yang dijadikan dasar dalam memilih jenis *base isolator* yang akan digunakan :

- a. Menentukan gaya aksial bangunan dari struktur untuk masing-masing kolom berdasarkan beban-beban yang telah direncanakan sebelumnya.
- b. Menentukan tipe seismic *base isolator* yang akan digunakan berdasarkan gaya aksial perletakan tiap-tiap kolom

Hasil dari reaksi perletakan dan spesifikasi *base isolator* yang digunakan dapat dilihat dari **tabel 1**.

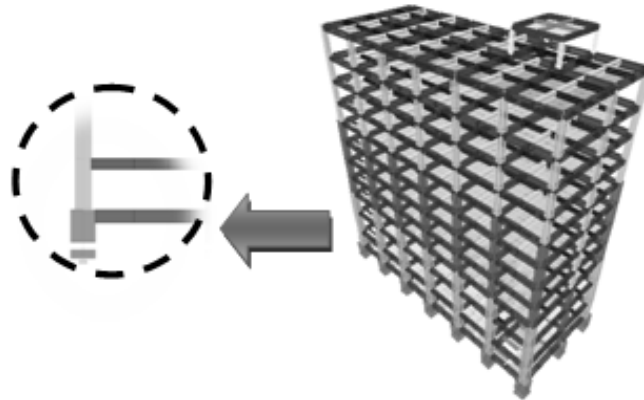
Tabel 1. Type Seismic Base Isolator Yang Digunakan Berdasarkan Reaksi Perletakan Gedung

Point	Position	DL			Type	Dia. (mm)	Axial Load
		Axial (Ton)	Shear (Ton)	Flexure (ton.m)			
1	As A-3	581,63	35,47	10,73	HH085X6R	850	776,8
2	As A-4	752,75	44,58	19,56	HH090X6R	900	972,5
3	As A-5	642,52	17,43	9,32	HH090X6R	900	972,5
4	As A-6	641,18	17,25	9,99	HH090X6R	900	972,5
5	As A-7	647,63	17,35	10,93	HH090X6R	900	972,5
6	As A-8	632,48	17,73	11,71	HH090X6R	900	972,5
7	As A-9	393,18	9,55	5,71	HH085X6R	850	776,8
8	As B-3	495,06	36,20	17,70	HH085X6R	850	776,8
9	As B-4	731,57	39,27	20,99	HH090X6R	900	972,5
10	As B-5	686,64	14,62	7,90	HH090X6R	900	972,5
11	As B-6	680,56	14,97	7,42	HH090X6R	900	972,5
12	As B-7	693,69	14,67	6,82	HH090X6R	900	972,5
13	As B-8	723,84	13,19	7,16	HH090X6R	900	972,5
14	As B-9	502,03	18,85	3,22	HH085X6R	850	776,8
15	As C-3	301,31	2,02	2,35	HH085X6R	850	776,8
16	As C-4	460,96	1,67	2,47	HH085X6R	850	776,8
17	As C-5	486,89	3,64	1,91	HH085X6R	850	776,8
18	As C-6	476,66	3,77	1,20	HH085X6R	850	776,8
19	As C-7	477,60	4,26	1,72	HH085X6R	850	776,8
20	As C-8	498,30	9,03	6,98	HH085X6R	850	776,8
21	As C-9	462,17	14,01	1,49	HH085X6R	850	776,8

(Type Base Isolator berdasarkan : Design caharcteristic of high damping rubber bearing, bridgestone, jepang 2008)

3.3 Permodelan dan Analisis struktur dengan *seismic base isolation system*

Selanjutnya *base isolator* yang telah dipilih dimodelkan bersama dengan permodelan struktur (**gambar 4**) yang telah ada. Kemudian akan dilihat pengaruh penggunaan *seismic base isolation system* ini terhadap struktur bangunan.

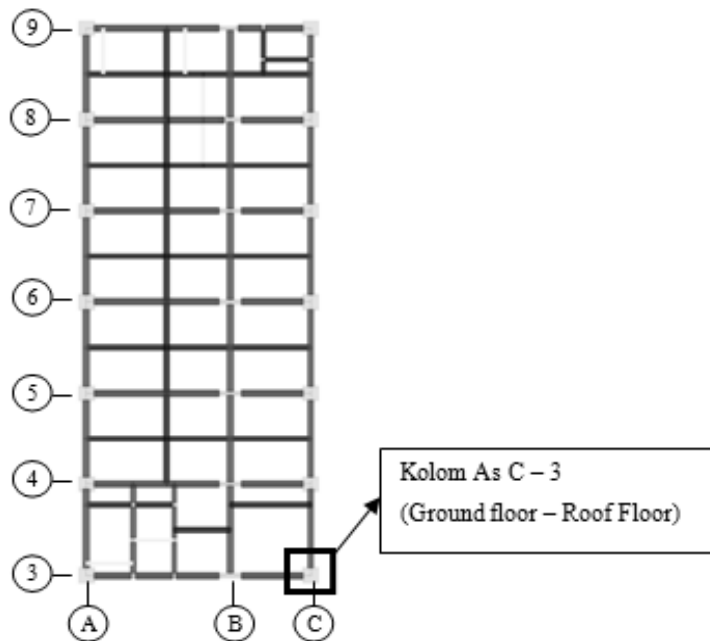


Gambar 4. Permodelan Bangunan Hotel Ibis Tipe *Base Isolated*

3.4 Analisa Gaya Dalam

3.4.1 Kolom

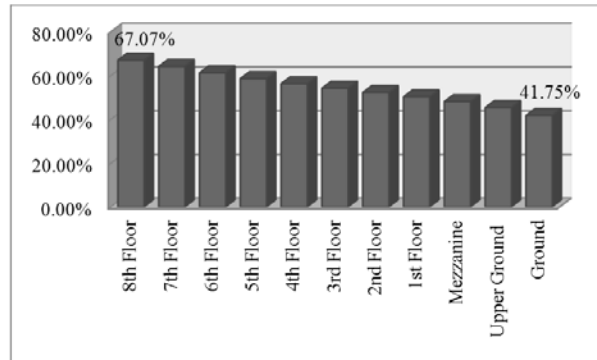
Sebelum melakukan analisa gaya dalam yang terdiri dari gaya aksial, gaya geser (*shear*), dan momen, terlebih ditentukan kolom yang akan ditinjau. Adapun lokasi kolom tersebut dapat dilihat dari denah **Gambar 5**.



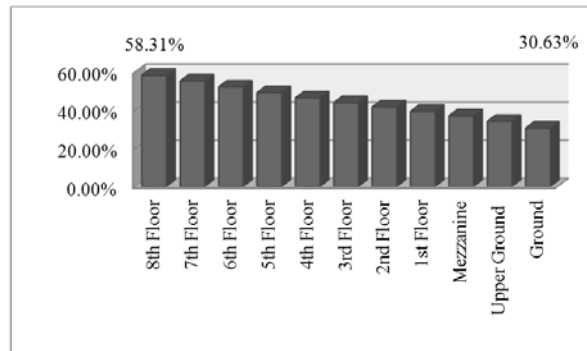
Gambar 5. Lokasi Peninjauan Kolom

a. Aksial

Berdasarkan hasil analisis struktur terhadap gaya aksial kolom, dengan menggunakan *base isolator* gaya aksial kolom akibat beban gempa arah x dapat direduksi hingga 67,07 % dan 58,31 % akibat gempa arah y. Reduksi gaya aksial ini terus meningkat hingga ke lantai teratas. Hal ini juga dapat dilihat dari grafik pada **Gambar 6 - 7**.



Gambar 6. Grafik Reduksi Gaya Aksial Kolom As C-3 Dengan Penggunaan *Ruber Bearing Seismic Base Isolator* Akibat Gempa Arah X

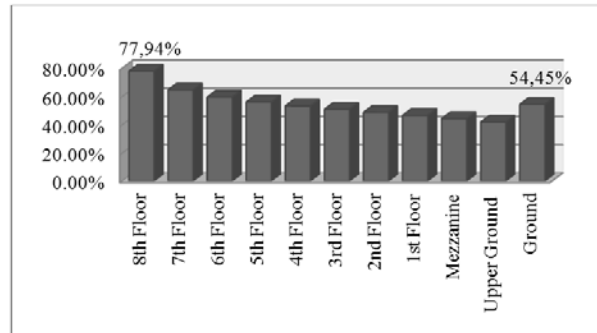


Gambar 7. Grafik Reduksi Gaya Aksial Kolom As C-3 Dengan Penggunaan *Ruber Bearing Seismic Base Isolator* Akibat Gempa Arah Y

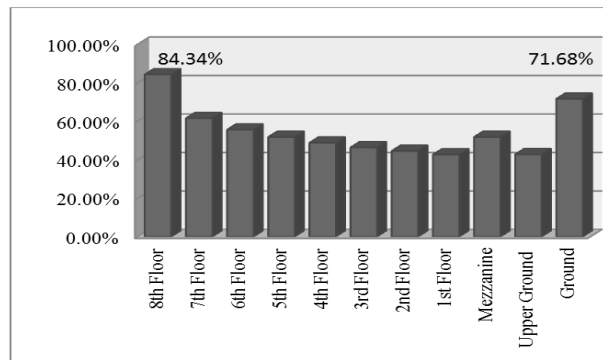
b. Gaya Geser

Respons Struktur berupa gaya dalam yang ditinjau lainnya adalah gaya geser. Dengan membandingkan Gaya geser antara gedung konvensional (*fix based*) dengan gedung yang menggunakan seismic base isolation diperoleh hasil bahwa juga terjadi reduksi gaya geser kolom akibat beban gempa arah-x hingga 77,94 % (**Gambar 8**).

Pada gaya geser kolom akibat gempa arah y juga terjadi reduksi yang sama seperti gaya geser akibat gempa arah x. Dengan penggunaan *Rubber Bearing seismic base isolation* gaya geser dapat direduksi hingga 83,34 % (**Gambar 9**).



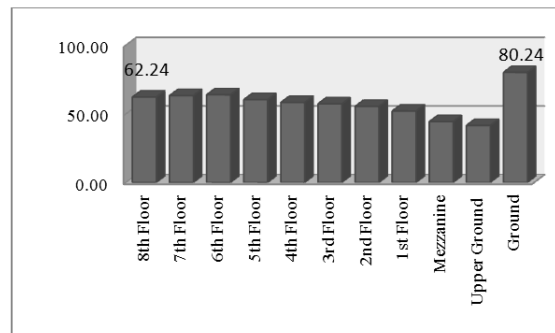
Gambar 8. Grafik Reduksi Gaya Aksial Kolom As C-3 Dengan Penggunaan *Ruber Bearing Seismic Base Isolator* Akibat Gempa Arah X



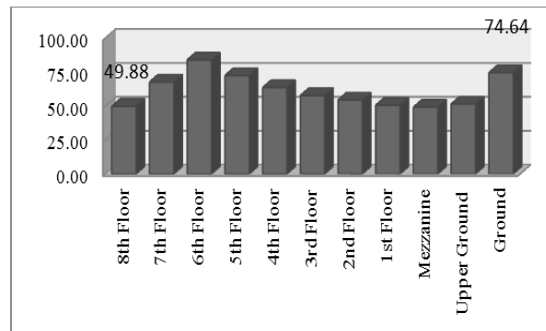
Gambar 9. Grafik Reduksi Gaya Aksial Kolom As C-3 Dengan Penggunaan *Ruber Bearing Seismic Base Isolation* Akibat Gempa Arah Y

c. *Momen*

Hasil Analisa struktur terhadap gaya dalam pada kolom menunjukkan bahwa dengan penggunaan base isolator momen pada kolom akibat beban gempa arah -x dapat direduksi hingga 80,24 % dan 74,64 % akibat beban gempa array-y. Reduksi paling besar terjadi pada kolom lantai dasar ground. Terjadi perbedaan yang cukup signifikan antara reduksi yang terjadi pada lantai ground jika dibandingkan dengan lantai upper ground. Namun reduksi tetap meningkat hingga kolom pada 8th Floor. Reduksi momen ini dapat dilihat pada tabel dan grafik pada **Gambar 10**.



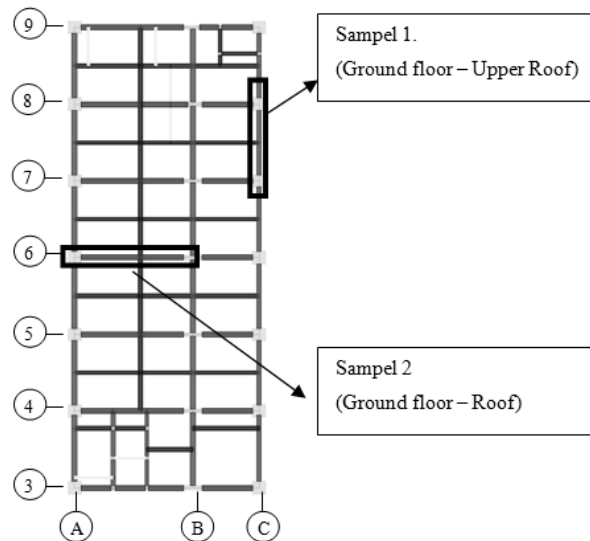
Gambar 10. Grafik Reduksi Gaya Momen Kolom As C-3 Dengan Penggunaan *Ruber Bearing Seismic Base Isolator* Akibat Gempa Arah X



Gambar 11. Grafik Reduksi Gaya Momen Kolom As C-3 Dengan Penggunaan *Ruber Bearing Seismic Base Isolation* Akibat Gempa Arah Y

3.4.2 Balok

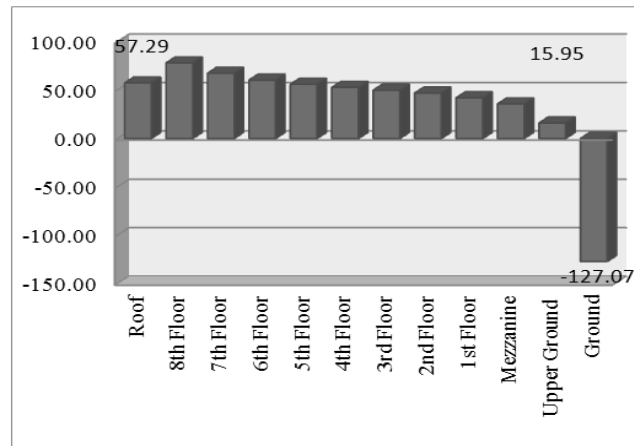
Sebelum melakukan analisa gaya dalam yang terdiri dari gaya aksial, gaya geser (*Shear*), dan momen, terlebih ditentukan balok yang akan ditinjau. Adapun lokasi balok tersebut dapat dilihat dari denah **Gambar 12**.



Gambar 12. Lokasi Peninjauan Balok

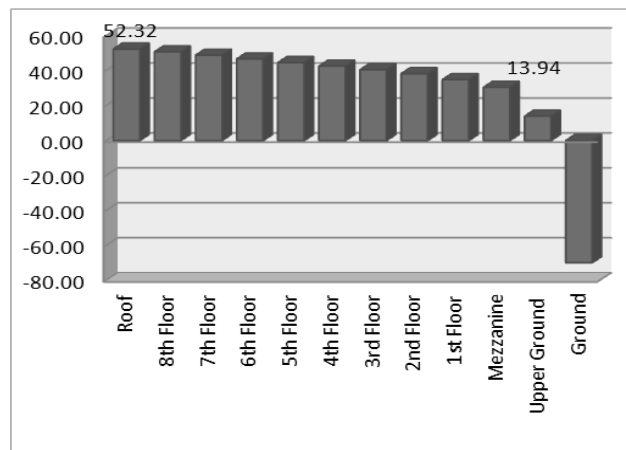
3.4.2.1 Gaya Geser

Hasil analisa struktur terhadap gaya dalam menunjukkan bahwa gaya geser terbesar pada balok sampel 1 terjadi akibat adanya gempa pada arah y (EQDy) karena balok ini juga berada pada sumbu y. Dengan menggunakan Base isolator Gaya geser dapat direduksi hingga 37,41% pada gempa arah x dan 37,06 % pada gempa arah y. Reduksi yang terjadi pada balok sampel 1 di setiap lantai dapat dilihat grafik **Gambar 13**.



Gambar 13. Reduksi Gaya Geser Pada Balok Sampel 1 Akibat Gempa Arah X (Eqdx) pada Setiap Lantai

Dari grafik terlihat bahwa reduksi terjadi mulai pada balok pada lantai upper ground dan terus meningkat hingga lantai roof. Namun pada lantai ground terjadi peningkatan gaya geser yang sangat besar. Hal ini terjadi karena lantai ground mengalami perpindahan yang besar akibat adanya penggunaan base isolator. Hal yang sama juga terjadi pada gaya geser akibat gempa arah y. Hal ini dapat dilihat dari **Gambar 14.** berikut :



Gambar 14. Reduksi Gaya Geser Pada Balok Sampel 1 Akibat Gempa Arah Y (Eqdy) di Setiap Lantai

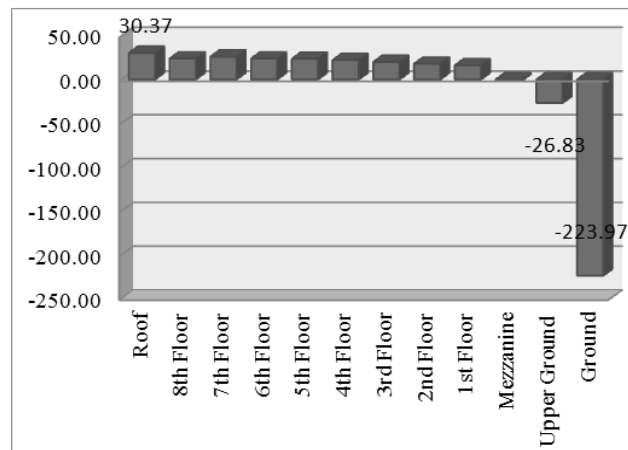
Dari grafik **Gambar 14.** dapat disimpulkan bahwa peningkatan gaya geser yang sangat besar terjadi pada lantai ground baik geser akibat gempa arah x maupun akibat gempa arah y. hal ini menandakan bahwa dengan penggunaan base isolator, balok pada lantai ground harus memiliki kekakuan dan kekuatan yang tinggi.

Selanjutnya pada balok sampel 2, gaya geser terbesar terjadi akibat adanya gempa pada arah x (EQDx) karena balok ini juga berada pada sumbu x. Dengan menggunakan Base isolator Gaya geser dapat direduksi -37,41 % pada gempa arah x, namun terjadi peningkatan pada gaya geser akibat gempa y sebesar 253, 65 %. Tapi, meskipun persentase peningkatan gaya geser sangat besar

namun gaya geser akibat gempa arah y ini memiliki nilai yang jauh lebih kecil dibandingkan gaya geser akibat gempa arah x. Reduksi terjadi mulai pada balok pada lantai upper ground dan terus meningkat hingga lantai roof. Namun pada lantai ground terjadi peningkatan gaya geser yang sangat besar. Penggunaan base isolator tidak dapat mereduksi gaya geser pada balok arah x akibat gempa arah y. Gaya geser terus meningkat dari roof floor hingga lantai ground hingga mencapai 9 kali lipat atau 993,02 %. Meskipun demikian besarnya nilai gaya geser ini masih sangat kecil jika dibandingkan dengan gaya geser akibat gempa arah x.

3.4.2.2 Momen

Hasil analisa struktur terhadap gaya dalam pada balok sampel 1 menunjukkan bahwa gaya momen terbesar juga terjadi akibat adanya gempa pada arah y (EQDy), sama halnya dengan gaya geser. Hal ini terjadi karena balok ini berada pada sumbu y. Dengan menggunakan *Base isolator* Gaya geser akibat gempa arah-x dapat direduksi -16,16 % dan 37,16 % pada gaya geser akibat gempa arah-y. Reduksi yang terjadi pada balok sampel 1 di setiap lantai dapat dilihat dari grafik pada **Gambar 15**.

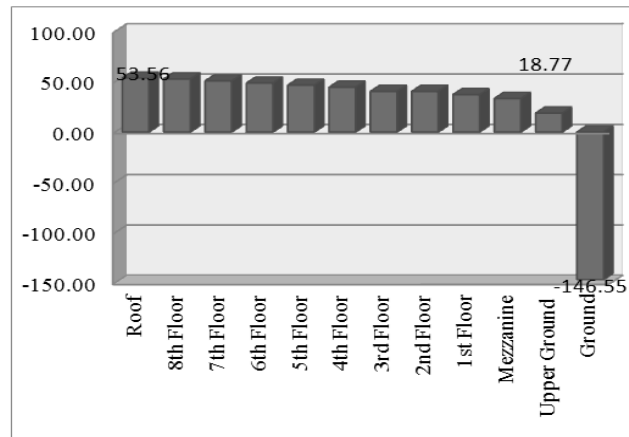


Gambar 15. Reduksi Gaya Momen pada Balok Sampel 1 Akibat Gempa Arah X (Eqdx) di Setiap Lantai

Dari grafik **Gambar 15**, terlihat bahwa terjadi peningkatan momen yang sangat besar pada balok di lantai ground. Peningkatan ini seterusnya berkurang pada lantai di atasnya dan momen mulai tereduksi pada 1st Floor hingga Roof Floor.

Hal yang sama juga terjadi pada momen akibat gempa arah-y. Reduksi momen terjadi mulai pada balok pada lantai *upper ground* dan terus meningkat hingga lantai *roof*. Namun pada lantai ground terjadi peningkatan gaya momen yang sangat besar. Sama halnya dengan gaya geser, hal ini terjadi karena lantai ground mengalami perpindahan yang besar akibat adanya penggunaan *base isolator*. Reduksi maupun peningkatan gaya momen ini juga dapat dilihat dari grafik berikut ini.

Dari grafik **Gambar 16**, dapat disimpulkan bahwa peningkatan gaya geser yang sangat besar terjadi pada lantai ground baik momen akibat gempa arah x maupun akibat gempa arah y. hal ini menandakan bahwa dengan penggunaan base isolator, balok pada lantai ground harus memiliki kekakuan dan kekuatan yang tinggi agar dapat menahan momen yang besar ini.



Gambar 16. Reduksi Gaya momen pada Balok Sampel 1 Akibat Gempa Arah Y (Eqdy) di Setiap Lantai

Pada balok sampel 2, momen terbesar terjadi akibat adanya gempa pada arah x (EQDx) karena balok ini berada pada sumbu x. Dengan menggunakan Base isolator Gaya momen dapat direduksi - 40,83 % pada gempa arah x, namun terjadi peningkatan pada gaya momen akibat gempa y sebesar 256,25 %. Tapi, meskipun persentase peningkatan momen sangat besar namun momen akibat gempa arah y ini memiliki nilai yang jauh lebih kecil dibandingkan momen akibat gempa arah x.

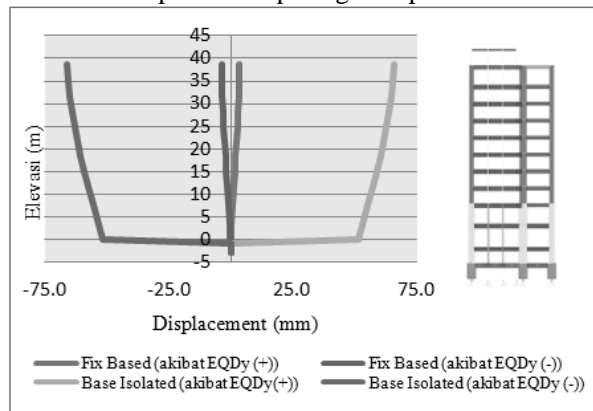
Reduksi momen tidak terjadi pada balok arah x akibat gempa arah y. Momen terus meningkat dari roof floor hingga lantai ground hingga mencapai 10 kali lipat atau 1091,01 %. Meskipun demikian besarnya nilai momen ini masih sangat kecil jika dibandingkan dengan momen akibat gempa arah x.

3.5 Analisa perpindahan (*displacement*)

3.5.1 Displacement arah-x

a. Akibat Gempa arah-x

Dengan menggunakan *Base isolator* perpindahan maksimum kolom pada struktur konvensional dapat direduksi dari 16,18 mm menjadi 10,70 mm atau berkurang 5,48 mm. Untuk Selanjutnya perpindahan kolom pada as A – 8 dapat dilihat pada grafik pada **Gambar 17**.



Gambar 17. Grafik Perbandingan Perpindahan Kolom Akibat Penggunaan Base Isolator

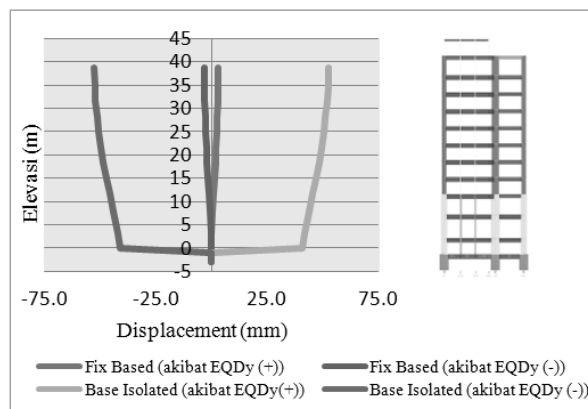
Adapun reduksi perpindahan lantai pada sumbu-x akibat gempa arah-x dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Peningkatan Perpindahan lantai pada sumbu-x akibat gempa arah-y.

No.	Posisi As Kolom	Perpindahan lantai maximum			
		Pada sumbu x		Perbedaan	
		Fixed Base	Base Isolated	(mm)	(%)
1.	A - 3	13,62	9,41	-4,21	-30,92
2.	A - 4	14,14	9,72	-4,41	-31,22
3.	A - 5	14,66	9,96	-4,70	-32,07
4.	A - 6	15,18	10,21	-4,97	-32,72
5.	A - 7	15,68	10,46	-5,22	-33,31
6.	A - 8	16,18	10,70	-5,48	-33,88
7.	A - 9	16,70	10,87	-5,83	-34,93
8.	B - 3	13,59	9,46	-4,13	-30,41
9.	B - 4	14,11	9,76	-4,35	-30,84
10.	B - 5	14,63	10,01	-4,63	-31,62
11.	B - 6	15,14	10,26	-4,89	-32,28
12.	B - 7	15,65	10,50	-5,14	-32,87
13.	B - 8	16,14	10,75	-5,40	-33,43
14.	B - 9	16,63	10,96	-5,67	-34,08
15.	C - 3	13,63	9,40	-4,23	-31,01
16.	C - 4	14,12	9,73	-4,39	-31,09
17.	C - 5	14,65	9,98	-4,66	-31,83
18.	C - 6	15,16	10,23	-4,92	-32,48
19.	C - 7	15,66	10,48	-5,18	-33,06
20.	C - 8	16,16	10,72	-5,43	-33,63
21.	C - 9	16,65	10,91	-5,73	-34,43
Rata - rata				-4,93	-32,48

b. Akibat Gempa arah y

Perpindahan pada sumbu-y akibat gempa arah-x sangat kecil pada kedua kondisi. Namun akibat penggunaan base isolator perpindahan maksimum kolom meningkat dari 0,44 mm menjadi 1,99 mm, atau bertambah 1,55 mm. Perpindahan kolom pada as A – 8 dapat dilihat pada grafik **Gambar 18**.



Gambar 18. Grafik Perbandingan Perpindahan Kolom Akibat Penggunaan Base Isolator

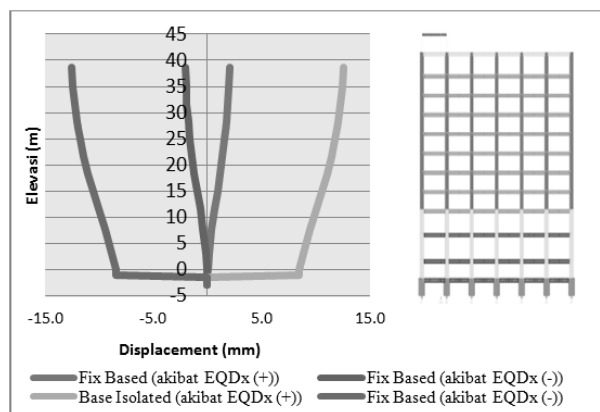
Tabel 3. Peningkatan Perpindahan Lantai pada Sumbu-X Akibat Gempa Arah-Y.

No.	Posisi As Kolom	Perpindahan lantai maximum			
		Pada sumbu x		Perbedaan	
		Fixed Base	Base Isolated	(mm)	(%)
1.	A - 3	0,48	2,28	1,80	376,44
2.	A - 4	0,32	1,51	1,18	366,99
3.	A - 5	0,17	0,73	0,57	338,19
4.	A - 6	0,12	0,49	0,38	323,71
5.	A - 7	0,26	1,17	0,91	351,12
6.	A - 8	0,44	1,98	1,54	349,80
7.	A - 9	0,63	2,79	2,16	340,66
8.	B - 3	0,47	2,32	1,85	389,00
9.	B - 4	0,33	1,51	1,18	355,26
10.	B - 5	0,16	0,73	0,57	346,13
11.	B - 6	0,12	0,49	0,38	322,82
12.	B - 7	0,26	1,17	0,91	351,81
13.	B - 8	0,44	1,99	1,55	353,83
14.	B - 9	0,63	2,82	2,19	348,79
15.	C - 3	0,48	2,30	1,82	380,81
16.	C - 4	0,34	1,51	1,18	345,82
17.	C - 5	0,16	0,73	0,57	347,21
18.	C - 6	0,12	0,49	0,38	321,06
19.	C - 7	0,26	1,17	0,91	348,34
20.	C - 8	0,44	1,98	1,54	350,48
21.	C - 9	0,62	2,81	2,19	351,58
Rata - rata				1,23	350,47

3.5.2 Displacement arah-y

a. Akibat Gempa arah-x

Perpindahan pada sumbu-y akibat gempa arah-x sangat kecil pada kedua kondisi. Namun akibat penggunaan *base isolator* perpindahan kolom meningkat dari 0,28 mm menjadi 0,65 mm, atau bertambah 1,55 mm. Perpindahan kolom as A – 8 pada sumbu-y akibat gempa arah-x dapat dilihat pada grafik **Gambar 19**.



Gambar 19. Grafik Perbandingan Perpindahan Kolom Akibat Penggunaan *Base Isolator*

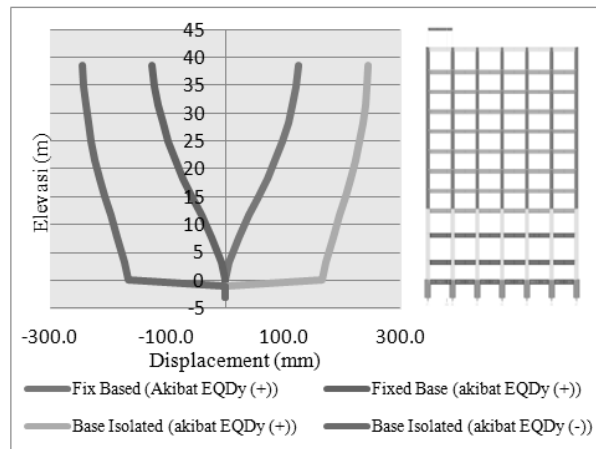
Adapun peningkatan perpindahan lantai pada sumbu y akibat gempa arah x dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Peningkatan Perpindahan Lantai Pada Sumbu-Y Akibat Gempa Arah-X.

No.	Posisi As Kolom	Perpindahan lantai maximum			
		Pada sumbu y		Perbedaan	
		Fixed Base	Base Isolated	(mm)	(%)
1.	A - 3	0,70	0,42	-0,29	-40,46
2.	A - 4	0,71	0,43	-0,28	-39,50
3.	A - 5	0,70	0,43	-0,27	-38,90
4.	A - 6	0,69	0,43	-0,26	-37,95
5.	A - 7	0,69	0,43	-0,25	-37,04
6.	A - 8	0,68	0,43	-0,25	-36,70
7.	A - 9	0,68	0,43	-0,25	-37,25
8.	B - 3	0,29	0,67	0,37	126,88
9.	B - 4	0,29	0,66	0,36	123,80
10.	B - 5	0,29	0,66	0,36	124,66
11.	B - 6	0,29	0,66	0,37	126,85
12.	B - 7	0,29	0,66	0,37	129,31
13.	B - 8	0,28	0,65	0,37	131,12
14.	B - 9	0,28	0,66	0,37	133,45
15.	C - 3	0,85	0,85	0,00	0,37
16.	C - 4	0,84	0,85	0,01	1,38
17.	C - 5	0,83	0,85	0,02	2,27
18.	C - 6	0,82	0,85	0,03	3,23
19.	C - 7	0,81	0,84	0,03	3,90
20.	C - 8	0,81	0,84	0,03	4,08
21.	C - 9	0,81	0,81	0,01	0,77
Rata - rata			0,04	30,68	

b. Akibat gempa arah y

Dengan menggunakan Base isolator perpindahan kolom pada struktur konvensional dapat direduksi dari 17,63 mm menjadi 12,42 mm atau berkurang 5,21 mm. Perpindahan kolom pada as A – 8 dapat dilihat pada grafik di bawah ini. Perpindahan Kolom pada sumbu y akibat gempa arah y dapat dilihat dari **Gambar 20**.



Gambar 20. Grafik Perbandingan Perpindahan Kolom Akibat Penggunaan Base Isolator

Tabel 5. Peningkatan Perpindahan Lantai pada Sumbu Y Akibat Gempa Arah Y.

No.	Posisi As Kolom	Perpindahan lantai maximum			
		Pada sumbu x		Perbedaan	
		Fixed Base	Base Isolated	(mm)	(%)
1.	A - 3	18,04	13,16	-4,87	-27,01
2.	A - 4	17,95	13,31	-4,64	-25,85
3.	A - 5	17,92	13,35	-4,57	-25,50
4.	A - 6	17,93	13,36	-4,57	-25,47
5.	A - 7	17,94	13,35	-4,58	-25,56
6.	A - 8	17,97	13,32	-4,65	-25,86
7.	A - 9	18,04	13,20	-4,84	-26,82
8.	B - 3	17,60	12,46	-5,14	-29,22
9.	B - 4	17,62	12,44	-5,18	-29,39
10.	B - 5	17,64	12,42	-5,21	-29,55
11.	B - 6	17,64	12,42	-5,22	-29,61
12.	B - 7	17,64	12,41	-5,23	-29,62
13.	B - 8	17,63	12,42	-5,21	-29,57
14.	B - 9	17,62	12,42	-5,20	-29,53
15.	C - 3	17,70	11,68	-6,03	-34,04
16.	C - 4	17,61	11,81	-5,80	-32,94
17.	C - 5	17,57	11,85	-5,72	-32,55
18.	C - 6	17,56	11,86	-5,70	-32,46
19.	C - 7	17,56	11,86	-5,70	-32,48
20.	C - 8	17,57	11,83	-5,74	-32,67
21.	C - 9	17,64	11,70	-5,93	-33,63
Rata - rata				-5,23	-29,49

4. KESIMPULAN

Dengan membandingkan gaya dalam dan perpindahan struktur gedung Hotel Ibis Padang yang menggunakan *base isolator* dengan struktur tanpa *base isolator* (*fixed base*) diperoleh hasil sebagai berikut :

- a. Pemakaian *base isolator* akan memperkecil gaya dalam yang dihasilkan oleh elemen struktur, yaitu kolom dan balok. Reduksi gaya dalam ini akan semakin meningkat hingga lantai paling atas. Namun hal ini tidak terjadi pada lantai dasar. Pada lantai dasar terjadi peningkatan gaya dalam berupa momen dan geser akibat adanya gaya gempa. Hal ini mengisyaratkan bahwa struktur lantai dasar harus direncanakan dengan kekakuan dan kekuatan yang lebih besar daripada struktur dengan *fixed base*. Berdasarkan perhitungan diperoleh reduksi gaya dalam struktur sekitar 60 hingga 80 %.
- b. Pemakaian isolator pada bangunan akan memberbesar deformasi pada lantai dasar namun akan memperkecil perbedaan simpangan /deformasi tiap lantai, sehingga membuat bangunan bergerak sebagai satu kesatuan struktur yang kaku (*rigid*) ketika terjadi gempa. Berdasarkan perhitungan diperoleh bahwa perpindahan lantai dapat direduksi hingga 30 %.
- c. Adanya pengurangan gaya dalam dan perpindahan lantai dengan penggunaan seismic base isolation system tidak dapat dijadikan dasar untuk mengurangi kekakuan struktur gedung.
- d. Penggunaan *base isolator* dengan type HH090-X6R dapat HH085-X6R dipertimbangkan untuk digunakan pada bangunan Hotel Ibis Padang ini.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Kelly, E.T., (2001), *“Base Isolation of Structures, Design Guidelines”*, New Zealand: Holmes Consulting Group Ltd.
- Kementrian Pekerjaan Umum, (2010), *“Peta Hazard Gempa 2010”*, Jakarta.
- SNI 03-1726-2002, (2002), *“Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung”*, Badan Standarisasi Nasional, Puslitbang Pemukiman, Bandung.
- SNI 03-2847-2002, (2002), *“Tata cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung”*, Badan Standarisasi Nasional, Puslitbang Pemukiman, Bandung.
- SNI 03-1727-2002, (2002), *“Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung”*, Badan Standarisasi Nasional, Puslitbang Pemukiman, Bandung.