

Pengaruh Dinding Bata terhadap Kapasitas Seismik Gedung Beton Bertulang Bertingkat Banyak

Lili Leilany¹, Jafril Tanjung², Jati Sunaryati³
^{1,2,3} Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas
Email: leilani_lily@yahoo.com

Abstrak: Studi ini menjelaskan tentang pengaruh dinding bata terhadap kapasitas seismik gedung beton bertulang. Di kota Padang, dinding bata digunakan sebagai dinding non struktural pada sebagian besar gedung beton bertulang. Dalam hal ini, kontribusi dinding bata terhadap kinerja struktur gedung bertulang dianalisis. Bangunan beton bertulang sepuluh lantai dipilih sebagai model dalam penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui kapasitas seismik dan keamanan gedung ditinjau dari perpindahan, drift rasio, dan gaya geser dasar. Untuk mengevaluasi kapasitas seismik gedung beton bertulang digunakan 2 (dua) model. Bangunan dianalisis dan dibandingkan antara bangunan beton bertulang dengan dan tanpa dinding bata. Pemodelan dianalisa dengan menggunakan Push Over Analysis dengan menggunakan software yang disebut *Struktural Earthquake Response Analysis 3D (STERA 3D)*, Analisis Pushover dilakukan dengan menggunakan distribusi beban UBC. Hasil analisis menunjukkan bahwa dinding dalam rangka beton bertulang dapat meningkatkan gaya geser dasar sekitar 38% dan 25% pada arah X dan Y struktur dibandingkan dengan rangka beton bertulang tanpa dinding bata, dinding bata juga dapat meningkatkan titik kinerja dalam arah X dan Y struktur masing-masing sebesar 45% dan 32%. Dinding bata dapat mengurangi kerusakan pada komponen struktural. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan dinding bata dapat memberikan peningkatan terhadap kapasitas seismik bangunan beton bertulang secara signifikan.

Kata kunci: Kapasitas Seismik, STERA 3D, Gedung beton bertulang, Dinding bata

Abstract: This study describes the effect of masonry infill on the seismic capacity of multi-story reinforced concrete buildings (RC) building. In Padang, most of the RC buildings use infill walls as non – structural partition walls. In this study, the contribution of nonstructural infill walls on the performance of the structure of the RC Building was studied. A ten-story reinforced concrete building was chosen as the analysis model. This study aims to determine the seismic capacity and building safety in terms of displacement, drift ratio, and base shear force. To evaluate the seismic capacity of reinforced concrete buildings, 2 (two) models are used. Buildings are analysed and compared between reinforced concrete buildings with and without brick walls. Modelling is analysed by using Push Over Analysis using software called structural Earthquake Response Analysis 3D (STERA 3D), Pushover analysis is carried out by using the UBC load distribution. The results of the analysis show that masonry infill in the RC frame can increase the basic shear forces about 38% and 25% in the X and Y directions of the structure compared to the RC frame without masonry infill. A masonry infill can also increase the performance point in the X and Y direction of the structure by 45% and 32%, respectively. Masonry infill can also reduce damage to structural components. And it can be concluded that the analysis results show that brick walls have a significant increase in the seismic capacity of reinforced concrete buildings.

Keywords: Seismic Capacity, STERA 3D, RC Building, masonry Infill

PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu daerah dengan resiko gempa yang tinggi, umumnya di hunakan gedung dengan struktur rangka beton. Pada perencanaan struktur gedung beton bertulang, dinding bata dalam struktur rangka senantiasa diabaikan dan dianggap cuma selaku komponen tanpa penahan beban (non-struktur). Hal ini mengakibatkan ketidakakuratan dalam memprediksi kekuatan lateral dan kekakuan struktur. Berdasarkan investigasi pasca gempa Sumatera September 2007, didapatkan bahwa gedung struktur beton bertulang dengan dinding bata bisa bertahan dari keruntuhan selama gempa [5]. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan oleh peneliti telah membuktikan bahwa dinding bata dalam struktur rangka beton bertulang berpengaruh terhadap kekuatan lateral, kekakuan dan daktilitas struktur secara keseluruhan [4]. Sebagian besar pengaruh yang tidak diinginkan akibat terdapatnya dinding bata antara lain adalah timbulnya efek kolom pendek, efek soft story, torsi dan keruntuhan dinding dalam arah out of plane [7].

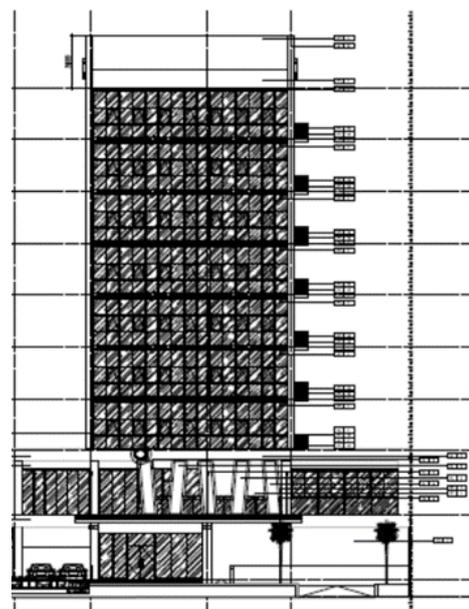
Berdasarkan latar belakang tersebut, dilakukan penelitian Pengaruh Dinding Bata Terhadap Kapasitas Seismik Gedung Beton Bertulang pada Gedung 10 (sepuluh) lantai. Dinding bata dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap ketahanan struktur rangka beton bertulang dalam menerima beban lateral seperti beban gempa, walaupun struktur tersebut tidak direncanakan dan didetilkkan agar dapat menerima beban gempa [1,2,3,4,5,6]. Walaupun konstruksi dinding menyatu dengan struktur beton bertulang, akan tetapi dalam prosedur perencanaan yang umum digunakan saat ini, dinding umumnya diperlakukan sebagai komponen nonstruktural [7].

Pada makalah ini, model dianalisis untuk menentukan kinerja seismik pada gedung

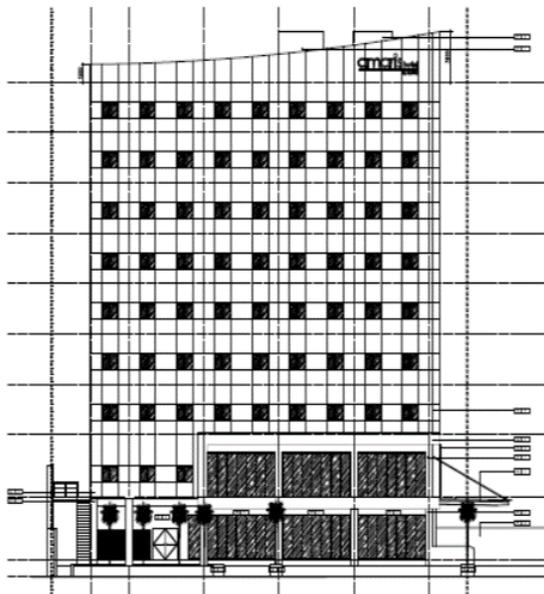
berlantai banyak yang sudah ada, yaitu Hotel Amaris. Hotel ini berlokasi lebih kurang berjarak 1,5 km dari garis pantai. Penelitian ini menjelaskan tentang pengaruh dinding bata dalam rangka struktur beton bertulang terhadap kapasitas seismik dan respon struktur akibat beban gempa. Perangkat lunak yang disebut *Structural Earthquake Response Analysis 3D (STERA 3D)* digunakan untuk menganalisis pemodelan gedung Hotel Amaris[8]. Gedung dianalisis dengan analisis *Pushover*. Analisis ini dilakukan dengan distribusi beban UBC, membandingkan dua model gedung beton bertulang dengan dan tanpa dinding bata.

METODE PENELITIAN

Hotel Amaris adalah model gedung yang akan dianalisis dalam penelitian ini yang merupakan gedung beton bertulang berlantai 10 (sepuluh). Ketinggian lantai 1 – 2 gedung ini adalah 4,2meter sedangkan tinggi lantai 3 - 9 adalah 3,4 meter. Mutu tulangan yang digunakan adalah 400 Mpa, sedangkan mutu kuat tekan betonnya 25 Mpa. Gambar.1 merupakan tampak selatan dan Gambar.2 adalah tampak timur Hotel Amaris.

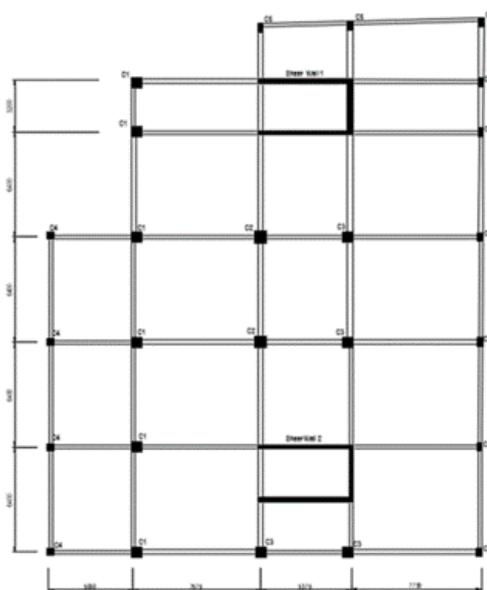


Gambar .1. Tampak Selatan

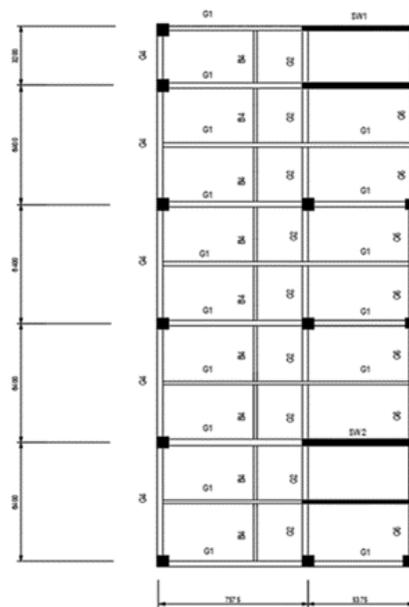


Gambar 2. Tampak Timur

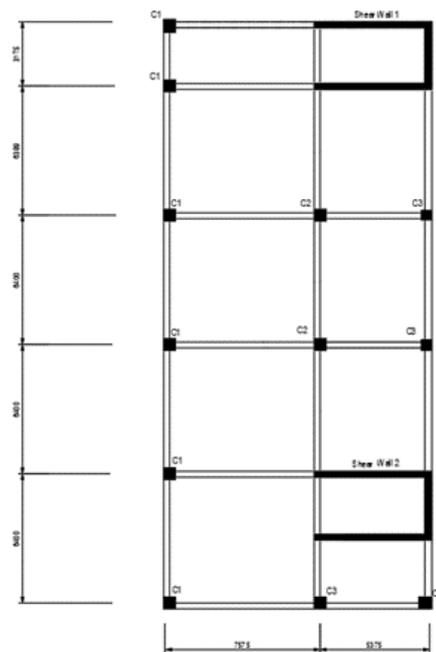
Denah kolom, balok serta dinding Hotel Amaris bisa dilihat pada gambar. 3-9. Ada 5 (lima) jenis tulangan utama pada kolom dan 32 (tiga puluh dua) jenis tulangan utama pada balok, tulangan utama ini akan dikonfersikan menjadi sejenis, dengan mengacu pada rasio tulangan utama sehingga bisa dimodelkan pada perangkat lunak *Structural Earthquake Response Analysis 3D* (STERA 3D).



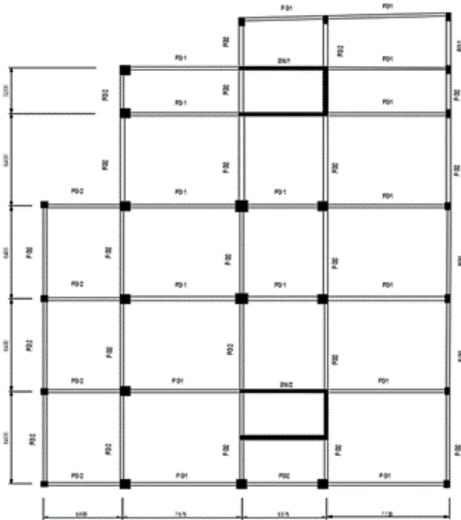
Gambar 3. Denah Kolom Lantai 1



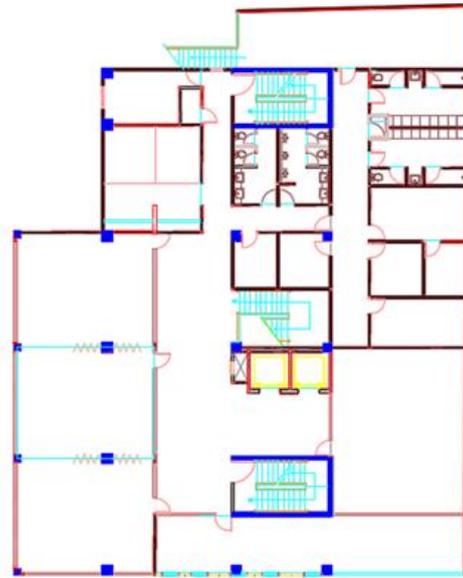
Gambar 4. Denah Kolom Lantai 2



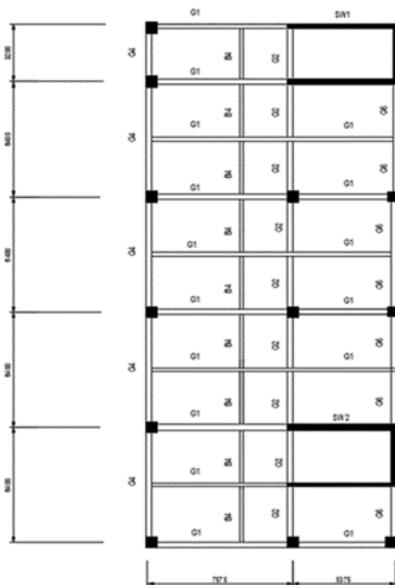
Gambar 5. Denah Kolom Lantai 3 – 10



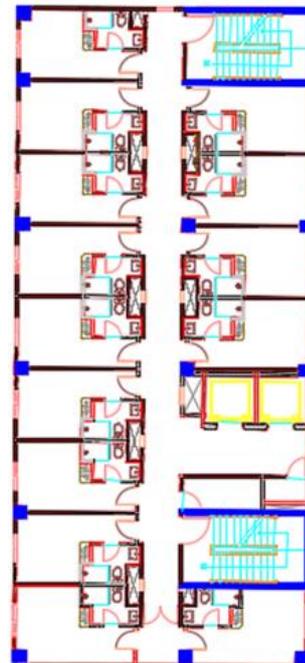
Gambar 6. Denah Balok Lantai 1 dan Lantai 2



Gambar 8. Denah Dinding Lantai 1 dan 2



Gambar 7. Denah Balok Lantai 3 -10



Gambar 9. Denah Dinding Lantai 3 - 10

Struktur gedung Hotel Amaris dimodelkan berdasarkan deskripsi dimodelkan menggunakan 2 tipe, yaitu pemodelan rangka struktur beton bertulang dengan dan tanpa dinding bata. Gedung dianalisis dengan analisis *Pushover*.

Analisis Pushover

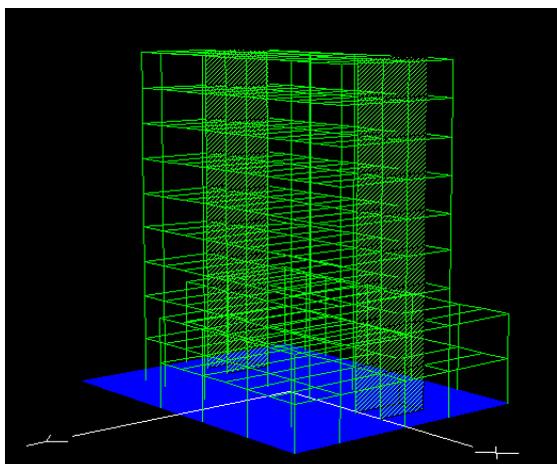
Kapasitas seismik gedung beton bertulang dapat diketahui dengan menggunakan Analisis *Pushover*. Berdasarkan SNI-1726-2019, analisis ini dapat melakukan perpindahan dengan target 1/50 dari tinggi bangunan.

Pada tahap pertama dibuat pemodelan struktur rangka beton bertulang tanpa dan dengan dinding bata. Analisis dilakukan pada arah sumbu X (pendek) dan sumbu Y (panjang) untuk mendapatkan kapasitas geser dari model struktur tersebut. Pada tahap kedua dari Analisis *Pushover*, kapasitas geser dasar dari kedua model tersebut akan dibandingkan untuk mendapatkan serta mengetahui pengaruh dinding bata terhadap struktur rangka beton bertulang.

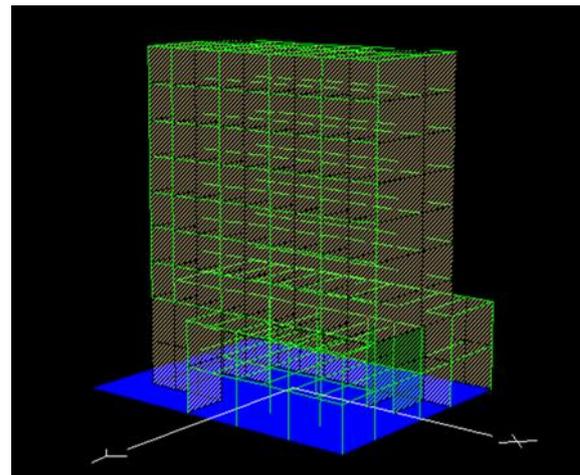
Gambar 10 dan 11 Hotel Amaris yang dianalisis dengan model 3D menggunakan *software* STERA 3D. Uraian analisis dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Uraian Analisis

Uraian	Kode
Analisis Pushover tanpa dinding	
- PO arah X – 1/50	X - TD
- PO arah Y – 1/50	Y - TD
Analisis Pushover dengan dinding	
- PO arah X – 1/50	X - DD
- PO arah Y – 1/50	Y - DD



Gambar 10. Model analisis 3D Struktur Beton Bertulang Tanpa Dinding



Gambar 11. Model analisis 3D Struktur Beton Bertulang dengan Dinding

Adapun data-data yang diperlukan dalam menganalisis bangunan ini adalah :

- Fungsi Bangunan : Hotel
- Tinggi Bangunan : 32,2 m
- Tinggi lantai 1 – 2 : 4,2 m
- Tinggi lantai 3 – 10 : 3,4 m
- Jumlah lantai : 10 (sepuluh) lantai
- Lokasi : Kota Padang
- Material : Beton Bertulang
- Mutu Beton (f_c') : 25 Mpa
- Mutu Baja (f_y') : 400 Mpa
- Tebal pelat lantai : 120 mm
- Tebal pelat Atap : 120 mm
- Dimensi Kolom , Tulangan Utama (lentur) D25 mm dan Tulangan Sengkang (geser) D10 mm. Tipe Kolom yang digunakan adalah :
 - Kolom C1 : 600 x 600 mm²
 - Kolom C2 : 700 x 700 mm²
 - Kolom C3 : 600 x 600 mm²
 - Kolom C4 : 400 x 400 mm²
 - Kolom C5 : 300 x 500 mm²
- Dimensi Balok terdapat 32 tipe balok akan dikonfersikan menjadi setipe, adapun 5 dari 32 tipe balok yang digunakan adalah :
 - Balok G1 : 300 x 600 mm²
 - Balok G2 : 300 x 700 mm²
 - Balok G3 : 300 x 500 mm²
 - Balok G4 : 300 x 700 mm²
 - Balok G5 : 300 x 500 mm²

Tulangan utama balok (lentur) D22 mm dan tulangan sengkang (geser) D10 mm.

- Panjang dinding geser : 5,8 m
- Tebal dinding geser : 250 mm
- Ukuran bata : 65x140x220 (mm)
- Mutu Bata : 4 N/ mm²
- Mutu Mortar : 8 N/ mm²
- Luasan Dinding Arah X : 898,912 m² (sudah termasuk dinding penuh dan dinding yang ada lobang jendela atau pintu)
- Luasan Dinding Arah Y : 3090,36 m² (sudah termasuk dinding penuh dan dinding yang ada lobang jendela atau pintu)
- Beban Lantai 1 : 592.193,00 kg
- Beban Lantai 2 : 675.710,00 kg
- Beban Lantai 3 : 675.815,00 kg
- Beban Lantai 4 – 10 : 369.835,00 kg

HASIL DAN PEMBAHASAN Analisis Pushover tanpa dinding dan dengan dinding bata

Perpindahan maksimum untuk struktur rangka beton bertulang tanpa dinding bata adalah sebagai berikut:

$$\Delta_{\alpha} = 0,025 h_{sx} / \rho$$

$$\Delta_{\alpha} = 0,025 \times 3220 / 1,3$$

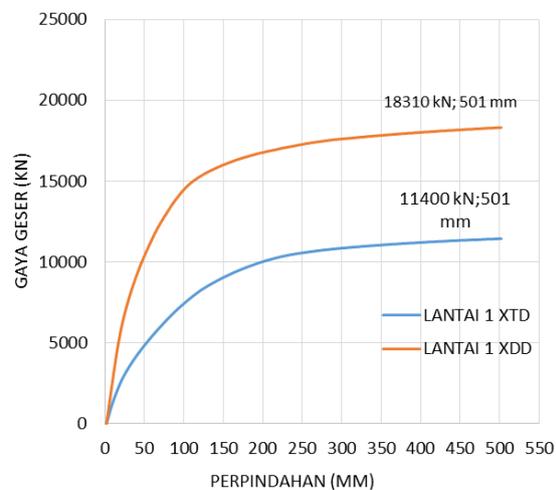
$$\Delta_{\alpha} = 61,92 \text{ cm} = 619,20 \text{ mm}$$

Tabel 2. Gaya Geser VS Perpindahan Arah X (pendek) tanpa dinding

No. Lantai	Gaya Geser (kN)	Perpindahan (mm)	Simpangan yang diijinkan (mm)	Cek arah X
Lantai 1	11400	501	619,2	OK
Lantai 2	10970	501	619,2	OK
Lantai 3	10060	501	619,2	OK
Lantai 4	9255	501	619,2	OK
Lantai 5	8215	501	619,2	OK
Lantai 6	6942	501	619,2	OK
Lantai 7	5437	500	619,2	OK
Lantai 8	3698	498	619,2	OK
Lantai 9	1726	490	619,2	OK

Tabel 3. Gaya Geser VS Perpindahan Arah X (pendek) dengan dinding

No. Lantai	Gaya Geser (kN)	Perpindahan (mm)	Simpangan yang diijinkan (mm)	Cek arah X
Lantai 1	18310	501	619,2	OK
Lantai 2	16890	501	619,2	OK
Lantai 3	16350	501	619,2	OK
Lantai 4	15020	501	619,2	OK
Lantai 5	13310	501	619,2	OK
Lantai 6	11830	501	619,2	OK
Lantai 7	9558	501	619,2	OK
Lantai 8	6779	501	619,2	OK
Lantai 9	3575	501	619,2	OK



Gambar 12. Perbandingan Kurva Gaya Geser Dasar Maksimum terhadap Perpindahan Arah X (pendek) pada Lantai 1

Dari gambar 12 didapatkan gaya geser dasar maksimum arah X untuk struktur rangka beton bertulang tanpa dinding bata sebesar 11400 kN sedangkan dengan dinding bata sebesar 18310 kN. Hal ini menunjukkan bahwa gaya geser struktur rangka beton bertulang dengan dinding bata lebih besar dibandingkan tanpa dinding bata.

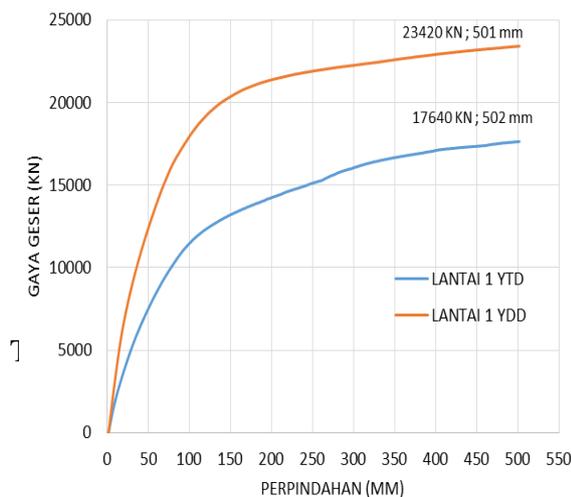
Tabel 4. Gaya Geser VS Perpindahan Arah Y (pendek) tanpa dinding

No. Lantai	Gaya Geser (kN)	Perpindahan (mm)	Simpangan yang diijinkan (mm)	Cek arah Y
Lantai 1	17640	502	619,2	OK
Lantai 2	16890	501	619,2	OK
Lantai 3	15400	502	619,2	OK

Lantai 4	14080	502	619,2	OK
Lantai 5	12390	502	619,2	OK
Lantai 6	10320	502	619,2	OK
Lantai 7	7872	502	619,2	OK
Lantai 8	5045	502	619,2	OK
Lantai 9	1839	502	619,2	OK

Tabel 5. Gaya Geser VS Perpindahan Arah Y (pendek) tanpa dinding

No. Lantai	Gaya Geser (kN)	Perpindahan (mm)	Simpangan yang diijinkan (mm)	Cek arah Y
Lantai 1	23410	501	619,2	OK
Lantai 2	22550	501	619,2	OK
Lantai 3	20390	501	619,2	OK
Lantai 4	18960	501	619,2	OK
Lantai 5	16700	501	619,2	OK
Lantai 6	13910	501	619,2	OK
Lantai 7	10600	501	619,2	OK
Lantai 8	6739	501	619,2	OK
Lantai 9	2353	501	619,2	OK



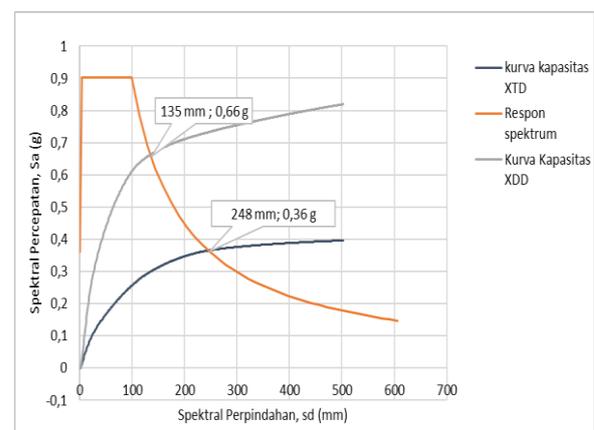
Gambar 13. Perbandingan Kurva Gaya Geser Dasar Maksimum terhadap Perpindahan Arah Y (panjang) pada Lantai 1

Dari gambar 13 didapatkan gaya geser dasar maksimum arah Y untuk struktur rangka beton bertulang tanpa dinding bata sebesar 17640 kN sedangkan dengan dinding bata sebesar 23420 kN. Hal ini menunjukkan bahwa gaya geser struktur rangka beton bertulang dengan dinding bata lebih besar dibandingkan dengan tanpa dinding bata.

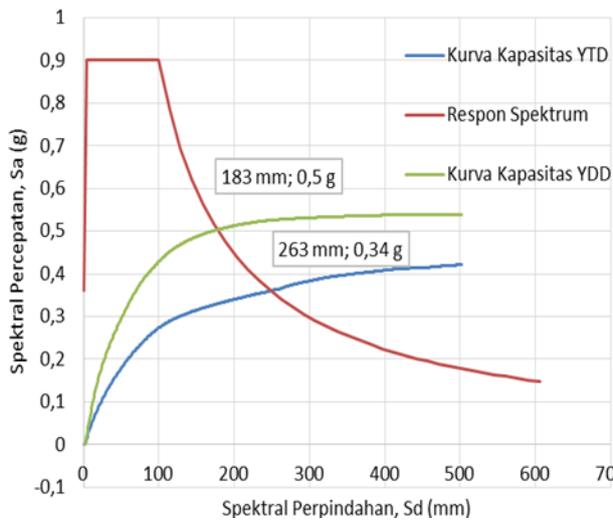
Berdasarkan perbandingan kurva gaya geser dasar maksimum terhadap perpindahan yang terlihat pada Gambar 5.a dan gambar 13 diatas, secara umum perilaku di kedua model struktur (dengan dinding bata dan tanpa dinding bata) memiliki perbedaan kapasitas yang signifikan dalam menerima beban, struktur rangka dengan dinding bata memiliki kapasitas yang lebih tinggi dibandingkan struktur rangka tanpa dinding bata. Struktur rangka beton bertulang dengan dinding bata mampu menerima gaya geser maksimum sebesar 23420 kN, sedangkan tanpa dinding bata hanya mampu menerima gaya geser maksimum sebesar 17.640 kN. Dari kurva diatas dapat disimpulkan bahwa dinding bata pada arah X (sumbu pendek) dan Y (sumbu panjang) dalam rangka struktur dapat bertambah kapasitasnya masing-masing sebesar 38 % dan 25 %.

Titik Kinerja Struktur Metode ATC-40

Grafik spektrum kapasitas dan spektrum demand disajikan dalam satu grafik ADRS, akan ada titik perpotongan antara spektrum kapasitas dan spektrum demand yang disebut sebagai titik kinerja atau performance point, seperti yang ditunjukkan pada gambar 14.



Gambar 14. Titik Kinerja Struktur Arah X (sumbu pendek)



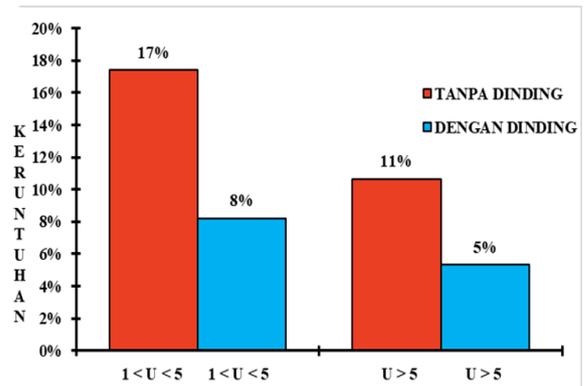
Gambar 15. Titik Kinerja Struktur Arah Y (sumbu panjang)

Berdasarkan gambar 14 dan gambar 15 diatas dapat dilihat bahwa rangka struktur dengan dinding dan tanpa dinding bata pada arah X (sumbu pendek) memiliki titik kinerja (Performance Point) masing-masingnya sebesar 135 mm ; 0,66 g dan 248 mm ; 0,36 g. Hal ini menunjukkan bahwa pada arah X (sumbu pendek), rangka struktur dengan dinding bata titik kinerjanya meningkat sebesar 45 %. Sedangkan pada arah Y (sumbu panjang), rangka struktur dengan dinding bata dan tanpa dinding bata memiliki titik kinerja (Performance Point) masing-masing sebesar 183 mm ; 0,5 g dan 263 mm ; 0,34 g. Hal ini menunjukkan pada arah Y (sumbu panjang), rangka struktur dengan dinding bata mengalami peningkatan titik kinerja sebesar 32 %. Dari kedua kurva diatas dapat dilihat bahwa dinding bata berpengaruh dalam meningkatkan titik kinerja (Performance Point) struktur rangka beton bertulang, dan hal tersebut juga tergantung kepada posisi dan banyaknya dinding bata yang menerima beban.

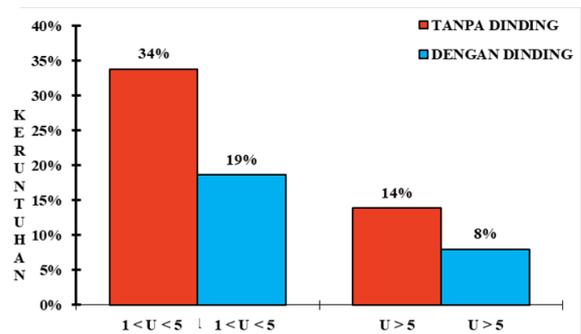
Tingkat Kerusakan Struktur

Pada STERA 3D, tingkat kerusakan struktur dikelompokkan menjadi dua tipe, yaitu:

- Kerusakan ringan didefinisikan sebagai daktilitas diantara 1 sampai lima ($1 < U < 5$) adalah berwarna kuning.
- Kerusakan berat didefinisikan sebagai daktilitas lebih besar dari 5 ($U > 5$) adalah berwarna merah.



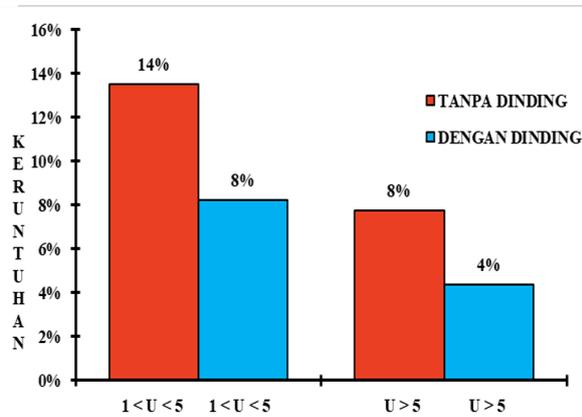
Gambar 16. Tingkat Kerusakan Kolom pada Arah X (sumbu pendek)



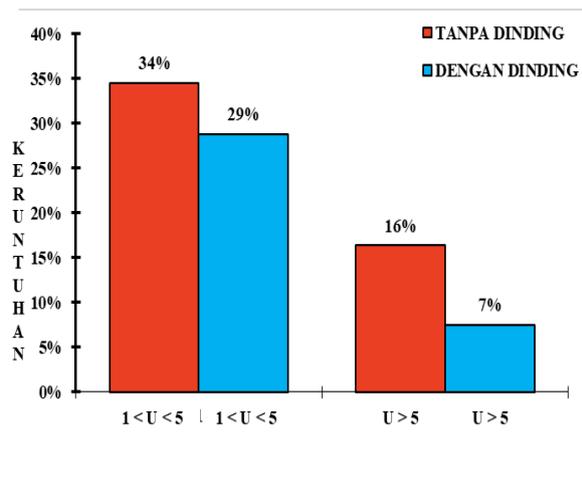
Gambar 17. Tingkat Kerusakan Balok pada Arah X (sumbu pendek)

Berdasarkan gambar 16 dapat dilihat bahwa kerusakan kolom pada arah X (sumbu pendek) pada kelompok daktilitas $1 < U < 5$, rangka struktur tanpa dinding bata yaitu sebesar 17% sedangkan rangka struktur dengan dinding bata yaitu sebesar 8%. Dan kerusakan kolom untuk kelompok daktilitas $U > 5$ adalah 11% untuk rangka struktur tanpa dinding bata dan 5 % untuk rangka struktur dengan dinding bata. Pada gambar 17 dapat dilihat bahwa kerusakan balok pada arah X (sumbu pendek) pada kelompok daktilitas $1 < U < 5$, rangka struktur tanpa dinding bata yaitu sebesar 34% sedangkan rangka struktur dengan dinding bata yaitu

sebesar 19%. Dan kerusakan balok untuk kelompok daktilitas $U > 5$ adalah 14% untuk rangka struktur tanpa dinding bata dan 8 % untuk rangka struktur dengan dinding bata.



Gambar 18. Tingkat Kerusakan Kolom pada Arah Y (sumbu panjang)



Gambar 19. Tingkat Kerusakan Balok pada Arah Y (sumbu panjang)

Berdasarkan gambar 18 dapat dilihat bahwa kerusakan kolom pada arah Y (sumbu panjang) pada kelompok daktilitas $1 < U < 5$, rangka struktur tanpa dinding bata yaitu sebesar 14% sedangkan rangka struktur dengan dinding bata yaitu sebesar 8%. Dan kerusakan kolom untuk kelompok daktilitas $U > 5$ adalah 8% untuk rangka struktur tanpa dinding bata dan 4 % untuk rangka struktur dengan dinding bata.

Berdasarkan gambar 19 dapat dilihat bahwa kerusakan balok pada arah Y (sumbu

panjang) pada kelompok daktilitas $1 < U < 5$, struktur tanpa dinding bata yaitu sebesar 34% sedangkan struktur dengan dinding bata yaitu sebesar 29%. Dan kerusakan balok untuk kelompok daktilitas $U > 5$ adalah 16% untuk struktur tanpa dinding bata dan 7 % untuk struktur dengan dinding bata.

Seperti yang diperlihatkan pada gambar 18 dan gambar 19 diatas bahwa struktur rangka beton bertulang dengan dinding bata lebih sedikit tingkat kerusakannya dibandingkan dengan struktur rangka beton bertulang tanpa dinding bata baik itu pada arah X maupun arah Y.

Tingkat Kinerja Struktur Berdasarkan ATC – 40

Tabel 6. Batasan Simpangan pada Tingkat Kinerja Struktur (ATC – 40)

Batas Simpangan Antar Tingkat	Tingkat Kinerja Struktur			
	Immediate Occupancy	Damage Control	Life Safety	Structural Stability
Simpangan Total Maksimum	0,01	0,001 – 0,02	0,02	0,33 V_i/P_i
Simpangan Inelastis Maksimum	0,005	0,005 – 0,015	No limit	No limit

Pada tabel 6. Simpangan antar tingkat pada titik kinerja atau nilai simpangan maksimum pada atap pada saat performance point dibagi dengan total tinggi bangunan hingga atap yang disebut dengan simpangan total maksimum. Sedangkan simpangan inelastik maksimum adalah proporsi simpangan total maksimum diluar titik leleh efektif. Untuk *Structural Stability Level*, simpangan total maksimum pada lantai ke-i saat titik kinerja harus tidak melebihi $0,33 V_i/P_i$, dimana V_i adalah total gaya geser pada lantai ke-i dan P_i adalah total gaya gravitasi pada lantai ke-i.

- Arah X (sumbu pendek)

$$\text{Maximum Drift} = Dt/h$$

$$\text{Maximum Drift} = 0,07488/32,20 = 0,002325$$

Sehingga level kinerja bangunan adalah

Damage Control

- Arah Y (sumbu panjang)

Maximum Drift = Dt/h

$$\text{Maximum Drift} = 0,04514/32,20 = 0,001402$$

Sehingga level kinerja bangunan adalah

Damage Control

Berdasarkan perpindahan maksimum yang dialami oleh struktur, maka dapat diperoleh drift ratio untuk mendapatkan nilai titik kontrol pada bangunan, dimana untuk nilai drift arah x (sumbu pendek) bangunan adalah 0,002325. Dan nilai drift ratio arah y (sumbu panjang) bangunan adalah 0,001402. Dari hasil tersebut maka diperoleh bahwasanya gedung memiliki tingkat kinerja Damage Control dengan level kinerja diantara 0,001 – 0,02 artinya bangunan tersebut masih mampu menahan gempa yang terjadi dengan resiko korban jiwa sangat kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis Pushover yang dilakukan terhadap kedua model rangka struktur beton bertulang tanpa dan dengan dinding bata dari bangunan gedung Hotel Amaris, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil evaluasi kapasitas seismik struktur beton bertulang dengan dinding bata pada arah X (sumbu pendek) dan Y (sumbu panjang) masing-masing meningkat sebesar 38 % dan 25 % dibandingkan dengan struktur rangka tanpa dinding bata.
2. Rangka struktur dengan dinding bata pada arah X (sumbu pendek) titik kinerjanya meningkat sebesar 45 % dibandingkan dengan rangka struktur tanpa dinding bata. Sedangkan pada arah Y (sumbu panjang), rangka struktur dengan dinding bata mengalami peningkatan titik kinerja sebesar 32 % dibandingkan dengan rangka struktur tanpa dinding bata.
3. Hubungan antara tinggi lantai dan perpindahan didapatkan hasil bahwa perpindahan arah X (sumbu pendek) dan Y (sumbu panjang) pada rangka struktur beton bertulang tanpa bata lebih besar dibandingkan dengan rangka struktur bertulang dengan dinding bata.
4. Kerusakan kolom pada arah X (sumbu pendek) pada kelompok daktilitas $1 < U < 5$, rangka struktur tanpa dinding bata yaitu sebesar 17% sedangkan rangka struktur dengan dinding bata yaitu sebesar 8%. Dan kerusakan kolom untuk kelompok daktilitas $U > 5$ adalah 11% untuk rangka struktur tanpa dinding bata sedangkan 5 % untuk rangka struktur dengan dinding bata
5. Kerusakan balok pada arah X (sumbu pendek) pada kelompok daktilitas $1 < U < 5$, rangka struktur tanpa dinding bata yaitu sebesar 34% sedangkan rangka struktur dengan dinding bata yaitu sebesar 19%. Dan kerusakan balok untuk kelompok daktilitas $U > 5$ adalah 14% untuk rangka struktur tanpa dinding bata dan 8 % untuk rangka struktur dengan dinding bata.
6. Kerusakan kolom pada arah Y (sumbu panjang) pada kelompok daktilitas $1 < U < 5$, rangka struktur tanpa dinding bata yaitu sebesar 14% sedangkan rangka struktur dengan dinding bata yaitu sebesar 8%. Dan kerusakan kolom untuk kelompok daktilitas $U > 5$ adalah 8% untuk rangka struktur tanpa dinding bata dan 4 % untuk rangka struktur dengan dinding bata.
7. Kerusakan balok pada arah Y (sumbu panjang) pada kelompok daktilitas $1 < U < 5$, rangka struktur tanpa dinding bata yaitu sebesar 34% sedangkan rangka struktur dengan dinding bata yaitu sebesar 29%. Dan kerusakan balok untuk kelompok daktilitas $U > 5$ adalah 16% untuk rangka struktur

- tanpa dinding bata dan 7 % untuk rangka struktur dengan dinding bata.
8. Tingkat kerusakan struktur bangunan berdasarkan kelompok daktilitas $1 < U < 5$ dan $U > 5$ pada kolom dan balok, menyatakan gedung beton bertulang tanpa dinding bata mengalami kerusakan berat, dan gedung beton bertulang dengan dinding bata hanya mengalami kerusakan ringan dan/atau dapat bertahan terhadap beban gempa.
 9. Berdasarkan perpindahan maksimum pada arah X (sumbu pendek) dan Y (sumbu panjang) bangunan yang masing-masingnya sebesar 0,002325 dan 0,001402. Maka diperoleh hasil bahwasanya gedung memiliki tingkat kinerja Damage Control dengan level kinerja diantara 0,001 – 0,02 artinya bangunan tersebut masih mampu menahan gempa yang terjadi dengan resiko korban jiwa sangat kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jafril Tanjung, Maidiawati, and Fajar Nugroho, *Seismic Performance Evaluation of a Multistory RC Building in Padang City*, Andalas University, Padang Institute of Technology (2018).
- [2] Jafril Tanjung, Maidiawati, and Aditya Alfajri, *Effect of Brick Masonry Infills To Seismic Capacity Of Indonesia Multi-Story RC Building*, 4th Int.Conf. on Science, Engineering and Environment (SEE), Nagoya, Japan, Nov.12-14, 2018, ISBN: 978-4-909106018C3051.
- [3] Maidiawati and Yasushi Sanada, *R/C Frame – Infill Interaction Model and Its Application to Indonesian Building*, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 2017; 46:221-241, DOI: 10.1002/eqe.2787.
- [4] Maidiawati, Yasushi Sanada, Daisuke Konishi, and Jafril Tanjung, *Seismic Performance of Nonstructural Brick Walls Used in Indonesian R/C Buildings*, Journal of Asian Architecture and Building Engineering/May 2011/210.
- [5] Maidiawati, Yasushi Sanada. (2008). *Investigation and Analysis of Building Damaged during the September 2007 Sumatra*. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 371-378.
- [6] Feng Yuan, Wu Xiaobin, and Zhang Shulu, *Failure Modes of Masonry Infill Walls and Influence on RC Frame Structure Under An Earthquake*, Proceedings of the 10th National Conference in Earthquake Engineering, Earthquake Engineering Research Institute, Anchorage, AK, 2014.
- [7] Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 15 -2094 -2000 tentang Bata Merah Pejal untuk Pasangan Dinding. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [8] T. Saito, *Structural Earthquake Response Analysis 3D (STERA 3D), User Manual Ver.5.6*, Toyohashi University of Technology (2017).
- [9] SNI-1726-2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, BSN (2012).