

EVALUASI KAPASITAS SEISMIK GEDUNG BETON BERTULANG DENGAN METODE PUSHOVER ANALYSIS

(Studi Kasus : Gedung Bedah dan Central Sterile Supply Department RSUD Kota Solok)

GHINA PRICILLIA DARMANSYAH, MAIDIAWATI, LELI HONESTI

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang, Padang, Sumatera Barat.

**Corresponding Author : ✉ 2020210076.ghina@itp.ac.id*

Naskah diterima : 19 Januari 2024. Disetujui: 24 Februari 2024. Diterbitkan: 30 Maret 2024

ABSTRAK

Gedung Bedah dan Central Sterile Supply Department RSUD Kota Solok merupakan gedung beton bertulang yang baru saja selesai dibangun pada Januari 2024. Pada penelitian ini akan dilakukan evaluasi kapasitas seismik gedung bedah dan CSSD RSUD Kota Solok dengan dan tanpa kontribusi dinding menggunakan metode analisis statik nonlinier dengan software SeismoStruct. Kurva kapasitas pada perbandingan permodelan dinding dan tanpa dinding memiliki perbedaan yang signifikan, dimana kekuatan lateral dengan dinding pada arah X meningkat sebesar 6,3% dan pada arah Y sebesar 15,83%, kekakuan pada permodelan dengan dinding juga lebih besar dari permodelan tanpa dinding dimana kekakuan dengan dinding pada arah X meningkat senilai 32,88% dan pada arah Y sebesar 73,75%, dan untuk daktilitas juga meningkat pada arah X sebesar 105,43% dan pada arah Y sebesar 145,28%. Berdasarkan hasil kinerja struktur berdasarkan FEMA 356 didapatkan level kinerja struktur tanpa pengaruh dinding arah X dan Y serta dengan pengaruh dinding arah X dan Y yaitu Immediate Occupancy (IO). Berdasarkan hasil analisis tersebut evaluasi dengan adanya dinding bata penuh dapat meningkatkan kapasitas seismik dari segi kekuatan lateral, kekakuan lateral, dan daktilitas dari Gedung Bedah dan Central Sterile Supply Department RSUD Kota Solok.

Kata kunci : Analisis Pushover, Kapasitas Seismik, Kekuatan Lateral, Kekakuan Lateral, Daktilitas.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan daerah yang sangat rawan terjadinya gempa karena dilalui oleh jalur Ring of fire, serta berada diantara pertemuan dua lempeng dunia yaitu lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia (Monalisa, 2020). Beberapa gempa yang tercatat cukup besar terjadi di Indonesia yaitu di Sumatera Barat tahun 2009 dengan kekuatan 7,9 SR dan gempa Palu tahun 2018 dengan kekuatan 7,4 SR. Akibat dari gempa besar tersebut mengakibatkan banyaknya fasilitas umum yang mengalami kerusakan salah satunya yaitu

Rumah Sakit. Bangunan rumah sakit pada SNI 1726:2019 merupakan bangunan dengan kategori risiko level empat, yang artinya tidak diperbolehkan terjadinya kerusakan struktur yang serius atau kegagalan struktural yang dapat membahayakan penghuninya. Rumah sakit juga tidak boleh mengalami kerusakan yang menghambat kemampuannya untuk memberikan perawatan medis yang diperlukan.

Gedung pada daerah rawan gempa harus memiliki kapasitas seismik yang memadai, yaitu kemampuan suatu struktur bangunan untuk menahan guncangan atau getaran yang disebabkan oleh gempa bumi. Gedung yang memiliki kapasitas seismik yang besar dianggap dapat berperilaku duktail dan mampu bertahan ketika terjadi gempa, sehingga tidak terjadi keruntuhan secara mendadak (Jafril Tanjung dkk, 2018) (Lili Leilany dkk, 2022). Pengaruh dinding bata seringkali diabaikan pada saat perencanaan struktur gedung beton bertulang, karena dinding bata dianggap hanya sebagai komponen tanpa penahan beban atau non-structure. Hasil uji coba yang dilakukan oleh para peneliti menunjukkan bahwa dinding bata yang terdapat dalam struktur rangka beton bertulang memengaruhi kekuatan lateral, kekakuan, dan kemampuan struktur untuk menyerap energi secara menyeluruh (Januarahmad dkk, 2015; Rizka Amelia dkk, 2021).

Berdasarkan SNI 1726-2012 bangunan gedung dan non gedung yang ditujukan sebagai fasilitas yang penting seperti bangunan monumental, fasilitas tanggap darurat, rumah sakit, gedung sekolah dan fasilitas pendidikan digolongkan dalam kategori resiko IV dengan nilai faktor keutamaan gempa sebesar 1,5. Diharapkan bangunan berada pada level kinerja operational saat gempa rencana dan berada pada level immediate occupancy saat gempa besar terjadi. Diperlukan analisis non-linier yang sederhana tetapi cukup akurat untuk mengetahui kinerja struktur saat menerima beban gempa. Salah satu cara analisis non-linier yang dapat digunakan adalah analisis beban dorong atau pushover analysis (Hendarto dkk, 2020)

Dari penjelasan diatas, pada penelitian ini akan dilakukan evaluasi kapasitas seismik pada bangunan rumah sakit menggunakan analisis statik non-linier (pushover) dengan pengaruh tanpa dan dengan dinding bata. Bangunan yang dianalisis yaitu Gedung D (Bedah dan CSSD) RSUD Kota Solok yang berada di Jl. Imam Bonjol No. 366, Kota Solok. Dengan analisis ini akan diketahui seperti apa kinerja dari gedung setelah diberi beban gempa.

2. METODA PENELITIAN

Pada penelitian ini menganalisa kapasitas seismik dengan menggunakan analisis statik non-linier. Tahapan penelitian ini yaitu dimulai dari pengumpulan data struktur gedung yaitu denah yang sudah sesuai dengan As Build Drawing. Untuk Kolom terdapat 3 macam dimensi kolom dapat dilihat pada **Tabel 1**, Kolom K1 digunakan untuk lantai 1 dan 2 sedangkan Kolom K3 digunakan untuk Lantai 3 dan untuk Kolom K3 merupakan Kolom L yang digunakan untuk kolom pada lift. Untuk balok terdapat 4 macam dimensi balok yang dapat dilihat pada **Tabel 2**, untuk Balok B1 dan B3 digunakan untuk lantai 1 dan lantai 2, sedangkan untuk Balok B1 dan Balok B2 digunakan untuk Lantai 3. Mutu beton yang digunakan K-300 dan mutu tulangan ulir 390 Mpa serta tulangan polos 240 Mpa. Untuk data dinding yang diperlukan yaitu data kuat tekan bata yang didapat sebesar 8,70 Mpa dan mortar yaitu 13,9 Mpa. Perencanaan dinding bata dilakukan menggunakan parameter dan pendekatan empiris, sehingga didapatkan hasil yang relatif mendekati dengan uji coba parameter berdasarkan penelitian yang dilakukan (Crisafulli, 1997). Pemodelan gedung dengan SeismoStruct yaitu dengan dinding dan tanpa dinding pada **Gambar 1**. Selanjutnya

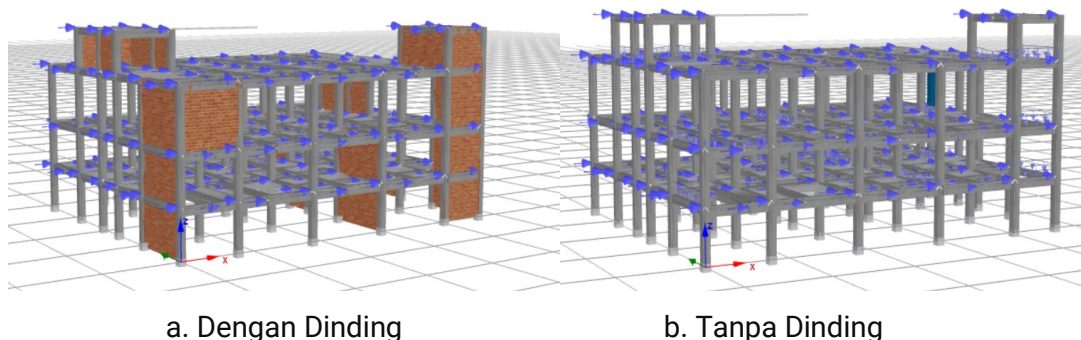
analisis pushover dilakukan untuk mengetahui seperti apa kinerja struktur gedung, serta kinerja gedung beton bertulang dengan target perpindahan 3% dari tinggi bangunan. Lalu menentukan level kinerja dari struktur berdasarkan FEMA 356.

Table 1. Dimensi Kolom

Tipe Kolom	Dimensi Kolom	Tulangan Kolom	
		Tulangan Utama	Tulangan Sengkang
Kolom K1	550 x 550 mm	20 D22 dan 16 D22	D13 - 100
Kolom K2	550 x 550 mm	20 D22 dan 16 D22	D13 - 100
Kolom K3	600 x 600 mm	16 D19	D13 - 200

Table 2. Dimensi Balok

Tipe Balok	Dimensi Balok	Tulangan Balok	
		Tulangan Utama	Tulangan Sengkang
Balok B1	350 x 700 mm	D22 dan D13	D13
Balok B2	350 x 650 mm	D22 dan D13	D13
Balok B3	350 x 600 mm	D22 dan D13	D13
Balok BA	300 x 500 mm	D22 dan D13	D13



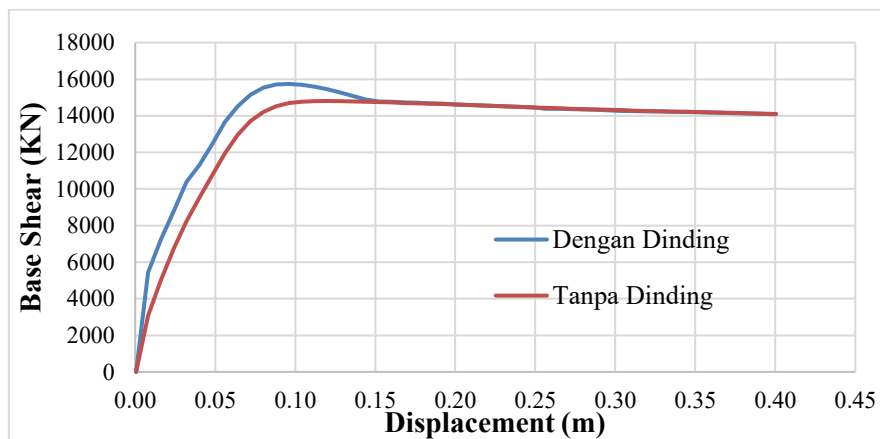
Gambar 1. Pemodelan Struktur Gedung

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kapasitas Seismik

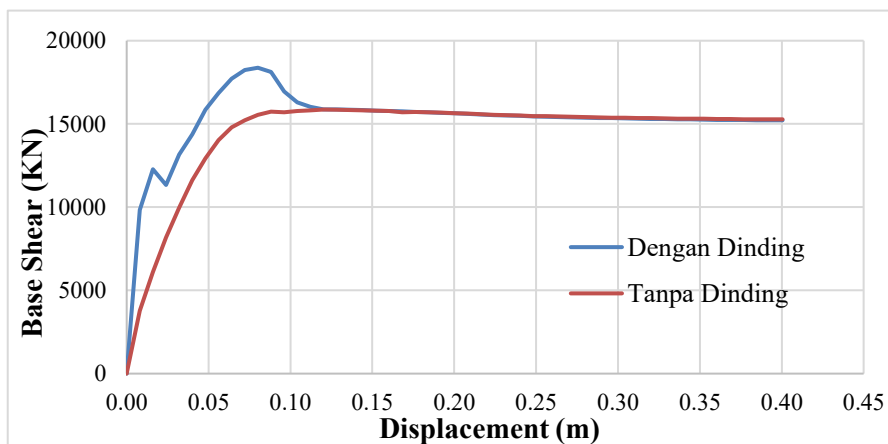
3.1.1 Kekuatan Lateral dan Displacement

Kekuatan lateral mengacu pada kemampuan suatu struktur untuk menahan gaya lateral sering diukur dengan parameter seperti gaya geser maksimum atau momen lentur yang dihasilkan oleh gempa. Struktur yang memiliki kekuatan lateral yang memadai akan lebih mampu menahan gaya lateral yang timbul akibat gempa, sehingga meningkatkan ketahanannya terhadap guncangan dan mengurangi resiko keruntuhan.



Gambar 2. Kurva Kapasitas Gabungan Arah X

Pada **Gambar 2** menunjukkan kurva kapasitas gabungan dari arah X yang merupakan perbandingan antara kurva kapasitas dengan pengaruh dinding dan tanpa dinding. Kapasitas struktur gedung tanpa dinding mengalami perpindahan sebesar 0,1202 m dan mampu menahan gaya geser sebesar 14808,4 KN sedangkan Kapasitas struktur gedung dengan dinding mengalami perpindahan sebesar 0,10 m dan mampu menahan gaya geser sebesar 15741,52 KN. Dengan adanya pengaruh dinding pada arah X meningkatkan kekuatan lateral sebesar 6,30 %.



Gambar 3. Kurva Kapasitas Gabungan Arah Y

Pada **Gambar 3** terdapat kurva kapasitas gabungan dari arah Y yang merupakan perbandingan antara kurva kapasitas dengan pengaruh dinding dan tanpa dinding. Kapasitas struktur gedung tanpa dinding mengalami perpindahan sebesar 0,1202 m dan mampu menahan gaya geser sebesar 15864,27 KN sedangkan Kapasitas struktur gedung dengan dinding mengalami perpindahan sebesar 0,0801 m dan mampu menahan gaya geser sebesar 18376,37 KN. Dengan adanya pengaruh dinding pada arah Y meningkatkan kekuatan lateral sebesar 15,84 %.

Pengaruh dinding pada pemodelan gedung lebih mampu menahan gaya geser dasar lebih besar dibandingkan pemodelan gedung tanpa dinding. Sebaliknya struktur tanpa dinding mampu mengalami perpindahan yang cukup jauh dibanding struktur dengan dinding. Dengan rasio dinding terhadap luas lantai untuk arah X yaitu sebesar 4,41% dan untuk arah

Y sebesar 12,67% dari total luas lantai sebesar 2821,5 m². Dari rasio dinding yang didapat seiring dengan peningkatan kekuatannya untuk arah X dan Y.

3.1.2 Kekuatan Lateral

Kekakuan lateral ialah kemampuan suatu struktur untuk menahan perubahan bentuk ketika terkena gaya atau beban tertentu. Persamaan 1 menunjukkan rumus dari kekakuan lateral.

$$k = \frac{Q}{\delta} \quad (1)$$

Kekakuan lateral elastik adalah kemampuan suatu struktur untuk menahan gaya geser atau beban lateral tanpa mengalami perubahan permanen atau deformasi plastis pada materialnya. Kekakuan lateral efektif mengacu pada kekakuan keseluruhan struktur terhadap beban lateral, termasuk kontribusi dari elemen-elemen non-struktural seperti dinding, bingkai, atau elemen-elemen tambahan lainnya. Ini mempertimbangkan dampak dari distribusi beban lateral pada seluruh struktur, termasuk interaksi antara elemen struktural dan non-struktural. Persamaan 2 menunjukkan rumus dari kekakuan lateral efektif.

$$k_e = \frac{0,6 \times V_y}{0,6 \times \Delta_y} \quad (2)$$

Dari **Persamaan 2** untuk arah X tanpa dinding didapatkan nilai kekakuan lateral sebesar 123249,26 KN/m, kekakuan elastik 413831,66 KN/m dan kekakuan efektif 258465,02 KN/m. Untuk arah X dengan dinding yaitu 163769,5 KN/m, kekakuan elastik 732204,800 KN/m dan kekakuan efektif 459369,090 KN/m. Untuk arah Y tanpa dinding didapatkan nilai kekakuan lateral sebesar 132037,17 KN/m dan kekakuan elastik 471099,82 KN/m, kekakuan efektif 326671,61 KN/m. Untuk arah Y dengan dinding yaitu 229417,8 KN, kekakuan elastik 1223903,21 KN/m dan kekakuan efektif 926932,45 KN/m.

Dapat dilihat dari hasil kekakuan lateral, kekakuan elastik, dan kekakuan efektif yang didapat untuk arah X dan Y dengan dan tanpa pengaruh dinding, bahwa dengan adanya pengaruh dinding membuat kekakuan dari suatu struktur akan meningkat.

3.1.3 Daktilitas

Daktilitas merupakan kemampuan suatu struktur untuk mengalami deformasi pasca-elastik secara berulang dan bolak-balik sebagai tanggapan terhadap beban gempa. Semakin tinggi bangunan tersebut, semakin penting daktilitasnya karena bangunan yang lebih tinggi cenderung lebih rentan terhadap getaran akibat gempa bumi. Persamaan 3 menunjukkan rumus dari daktilitas.

$$\mu = \frac{\delta_u - \delta_y}{\delta_y} \quad (3)$$

Dari **Persamaan 3** untuk arah X tanpa dinding nilai daktilitas sebesar 6,63, sedangkan untuk arah X dengan dinding 13,62. Untuk arah Y tanpa dinding didapatkan nilai daktilitas sebesar 7,84 sedangkan untuk arah Y dengan dinding menjadi 19,23.

Peningkatan nilai daktilitas ketika dinding diperhitungkan menunjukkan bahwa keberadaan dinding dapat meningkatkan kemampuan struktur bangunan dalam menghadapi gempa.

Struktur dengan beban gempa arah Y dan adanya dinding memiliki daktilitas yang signifikan, karena rasio dinding terhadap arah Y lebih besar daripada arah X.

3.1.4 Kapasitas Deformasi

Kapasitas deformasi merupakan deformasi dimana kekuatan setelah puncak turun hingga 80% dari kekuatan puncaknya. Seperti yang terlihat pada **Gambar 2** untuk tanpa dinding arah X memiliki kekuatan maksimum sebesar 14808,4 KN dengan perpindahan 0,1202 m. Kapasitas deformasi pada arah X ini ialah 11846,72 KN dengan perpindahan melampaui dari target displacement yaitu 0,4005 m, yang menunjukkan struktur masih mampu mempertahankan deformasi plastisnya sebelum mengalami keruntuhan.

Sementara untuk arah Y tanpa pengaruh dinding yang dapat dilihat pada **Gambar 3**, struktur memiliki kekuatan maksimum sebesar 15864,27 KN dengan perpindahan 0,1202 m. Kapasitas deformasi pada arah Y ini ialah 12691,416 KN dengan perpindahan melampaui dari target displacement yaitu 0,4005 m, yang menunjukkan struktur masih mampu mempertahankan deformasi plastisnya sebelum mengalami keruntuhan.

Seperti yang terlihat pada **Gambar 2** dengan pengaruh dinding arah X memiliki kekuatan maksimum sebesar 15741,52 KN dengan perpindahan 0,10 m. Kapasitas deformasi pada arah X ini ialah 12593,216 KN dengan perpindahan melampaui dari target displacement yaitu 0,4005 m, yang menunjukkan struktur masih mampu mempertahankan deformasi plastisnya sebelum mengalami keruntuhan.

Sementara untuk arah Y dengan pengaruh dinding yang dapat dilihat pada **Gambar 3**, struktur memiliki kekuatan maksimum sebesar 18376,37 KN dengan perpindahan 0,0801 m. Kapasitas deformasi pada arah Y ini ialah 14701,096 KN dengan perpindahan melampaui dari target displacement yaitu 0,4005 m, yang menunjukkan struktur masih mampu mempertahankan deformasi plastisnya sebelum mengalami keruntuhan.

3.2. Kinerja Struktur Berdasarkan FEMA 356

Federal Emergency Management Agency (FEMA) 356 adalah panduan yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja struktur bangunan terhadap gempa bumi, termasuk penilaian terhadap keandalan struktur, kapasitas dukungan, dan potensi kerusakan saat terjadi gempa. FEMA 356 memberikan beberapa pertimbangan mengenai kondisi kerusakan dan kinerja bangunan, terdapat empat kategori kinerja struktur yaitu sebagai berikut:

a. Operational

Kondisi dimana setelah terjadi gempa, suatu struktur dapat segera digunakan kembali karena struktur utama tetap utuh dan elemen nonstruktural hanya mengalami kerusakan kecil. Drift ratio bangunan jenis ini adalah 0-0,5 %.

b. Immediate Occupancy (IO)

Kategori kinerja bangunan ini merupakan kategori paling ringan, dimana struktur bangunan masih dapat dipertahankan dan digunakan setelah terjadi gempa. Setelah gempa, struktur hanya mengalami kerusakan ringan dan sisa bangunan masih dapat mempertahankan kekuatan dan kekakuannya sebelum gempa. Resiko nyawa manusia dalam bahaya sangat rendah. Jika diperlukan perbaikan, maka tidak akan terlalu mempengaruhi sistem operasi

gedung sehingga dapat beroperasi secara normal. Drift ratio bangunan jenis ini adalah 0,5-1 %.

c. Life Safety (LS)

Kerusakan yang terjadi pasca gempa cukup parah, sebagian komponen struktur hancur dan sisanya masih utuh. Meski beberapa bagian struktur mengalami kerusakan parah, namun diharapkan hal tersebut tidak mengancam keselamatan orang yang berada di dalam bangunan tersebut. Konstruksi bangunan jenis ini masih dapat digunakan kembali setelah diperbaiki. Biaya yang diperlukan cukup besar karena kerusakan yang ditimbulkan cukup berat. Drift ratio untuk jenis konstruksi ini adalah 1-2 %.

d. Collapse Prevention (CP)

Bangunan berada diambang kehancuran sebagian atau seluruhnya, strukturnya rusak parah, sehingga mengurangi kekuatan dan kekakuan bagian struktural secara signifikan dan menyebabkan deformasi. Namun komponen penahan gaya gravitasi harus tetap mampu menjalankan tugasnya agar bangunan tidak runtuh total meski ada puing-puing yang berjatuhan. Pada tipe ini, bangunan tidak dapat diperbaiki dan digunakan kembali setelah terjadi gempa sangatlah berbahaya. Drift ratio bangunan jenis ini adalah 2-4 %.

Untuk mencari drift ratio dari bangunan menggunakan rumus pada **Persamaan 4**, hasil dari drift ratio akan menentukan bagaimana kinerja dari bangunan.

$$\delta t / H \times 100 \tag{4}$$

Dimana :

δt = Target displacement

H = Tinggi Bangunan

Untuk mencari target perpindahan bersarkan FEMA 356 diperlukan faktor modifikasi (C0, C1, C2, C3) dan periode getar efektif (T_e). Nilai T_e merupakan periode getar efektif yang didapat dari hasil output seismostruct. Untuk nilai C0 merupakan faktor modifikasi untuk perpindahan spektral menjadi perpindahan atap/puncak (lantai teratas yang tidak dihuni), umumnya menggunakan faktor partisipasi ragam pertama atau berdasarkan Tabel 3-2 dari FEMA 356. Untuk nilai C1 merupakan faktor modifikasi untuk menghubungkan perpindahan inelastik maksimum dengan perpindahan yang dihitung dari respon elastik linier menggunakan **Persamaan 5 dan 6**. Nilai C2 merupakan faktor modifikasi yang mewakili efek dari bentuk histeresis pada perpindahan maksimum, diambil berdasarkan tabel 3-3 pada FEMA 356. Nilai C3 merupakan koefisien untuk memperhitungkan pembesaran lateral akibat efek P-Delta. Jika gedung pada kondisi pasca leleh kekakuannya positif (kurva meningkat) maka $\alpha = 1$, sedangkan jika perilaku pasca lelehnya negatif (kurva menurun) maka, menggunakan **Persamaan 7**. Target perpindahan dicari berdasarkan **Persamaan 8**.

$$C_1 = 1.0 \text{ untuk } T_e \geq T_s \tag{5}$$

$$C_s = [1.0 + (R - 1)T_s / T_e] / R, \text{ untuk } T_e < T_s \tag{6}$$

$$C_3 = 1.0 + \frac{|\alpha|(R-1)^{3/2}}{T_e} \tag{7}$$

$$\delta_T = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \tag{8}$$

Pada **Tabel 3** menunjukkan hasil dari target perpindahan berdasarkan FEMA 356 dengan tanpa dengan pengaruh dinding arah X dan Y berdasarkan persamaan dari **Persamaan 5** sampai **Persamaan 8**.

Tabel 3. Target Perpindahan FEMA 356

Arah	Te	C0	C1	C2	C3	Sa	δt
Arah X Tanpa Dinding	0,496	1,3	1	1	1,051	1,288	0,108
Arah Y Tanpa Dinding	0,471	1,3	1	1	1,036	1,358	0,101
Arah X Dengan Dinding	0,244	1,3	1,6	1	1,386	2,621	0,112
Arah Y Dengan Dinding	0,222	1,3	1,64	1	1,115	2,880	0,084

Pada **Tabel 3** hasil target perpindahan tanpa dinding untuk arah X ialah 0,108 m, dengan tinggi total bangunan yaitu 13,35 m, dengan **Persamaan 4** didapatkan drift ratio sebesar 0,81%. Untuk tanpa dinding arah Y target perpindahan ialah 0,101 m, dengan tinggi total bangunan yaitu 13,35 m, dengan **Persamaan 4** didapatkan drift ratio sebesar 0,76%. Untuk arah X dengan dinding target perpindahan ialah 0,112 m, dengan tinggi total bangunan yaitu 13,35 m, dengan **Persamaan 4** didapatkan drift ratio sebesar 0,84%. Untuk arah Y dengan dinding target perpindahan ialah 0,084 m, dengan tinggi total bangunan yaitu 13,35 m, dengan **Persamaan 4** didapatkan drift ratio sebesar 0,63%.

Didapat level kinerja bangunan yaitu *Immediate Occupancy* dengan drift ratio 0,5 – 1 % kondisi dimana setelah gempa, struktur hanya mengalami kerusakan ringan dan sisa bangunan masih dapat mempertahankan kekuatan dan kekakuannya sebelum gempa. Resiko nyawa manusia dalam bahaya sangat rendah. Jika diperlukan perbaikan, maka tidak akan terlalu mempengaruhi sistem operasi gedung sehingga dapat beroperasi secara normal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan proses analisis struktur gedung beton bertulang pada Gedung Bedah dan *Central Sterile Supply Departement* RSUD Kota Solok menggunakan metode pushover analysis, hasilnya memperlihatkan perbedaan ketika pemodelan dengan dan tanpa dinding bata dengan hasil sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil dari analisis statis non-linier (*pushover*) didapatkan bahwa kapasitas seismik gedung dengan adanya pengaruh dinding bata meningkatkan kapasitas seismik gedung yaitu dari segi kekuatan lateral, kekakuan lateral, dan daktilitas.
2. Persentase peningkatan kekuatan lateral arah X dengan dinding yaitu 6,3 %, sedangkan arah Y yaitu 15,83 %. Peningkatan kekakuan lateral arah X dengan dinding yaitu 32,88 % sedangkan arah Y 73,75 %. Peningkatan daktilitas arah X dengan dinding yaitu 105,43 % sedangkan dengan arah Y yaitu 145,28 %.
3. Berdasarkan hasil kinerja struktur berdasarkan FEMA 356 didapatkan level kinerja struktur tanpa pengaruh dinding arah X dan Y serta dengan pengaruh dinding arah X dan Y yaitu *Immediate Occupancy* (IO). Level kinerja yang didapat sesuai untuk bangunan rumah sakit menurut FEMA 356.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (2012). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2012. Jakarta: Editor.
- Crisafulli, F.J. (1997). Seismic Behaviour OF Reinforced Concrete Structures with Masonry Infills. Department of Civil Engineering University of Canterbury Christchurch, New Zealand
- FEMA 356. (2000). Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- Hendarto Prasetyo, Dwi Kurniati, Bambang Kusuma. (2020). Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Dengan Menggunakan Pushover Analysis Dengan Metode ATC-40 Dan FEMA 356. Jurnal Pendidikan Teknik Sipil Volume 9, No. 1.
- 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.
- Januarahmad Erva, Maidiawati, Jafril Tanjung. (2015). Evaluasi Kekuatan Lateral Dinding Bata Dalam Struktur Rangka Beton Bertulang Dengan Studi Eksperimen Dan Model Numerik. *Annual Civil Engineering Seminar 2015*, Pekanbaru.
- Lili Leilany, Jafril Tanjung, Jati Sunaryati. (2022). Pengaruh Dinding Bata Terhadap Kapasitas Seismik Gedung Beton Bertulang Berlantai Banyak. *Jurnal of Civil Engineering and Vocational Education*.
- Monalisa Sitompul. (2020). Efektivitas Pendidikan Bencana Terhadap Tingkat Pengetahuan Evakuasi Diri Dari Dalam Rumah Saat Bencana Gempa Bumi Siswa SD Advent Parongrong. *Jurnal Stikes Borromeus*.