PERILAKU SEISMIK STRUKTUR GEDUNG 10 LANTAI MENGGUNAKAN METODE *TIME HISTRORY* DAN ANALISIS *PUSHOVER* UNTUK STRUKTUR Y-*SHAPE*

Halimatusdiyah[1*], Aidil Abrar[2], Susy Srihandayani[3], Welly Desriyati[4], Ahmad Safrawi[5]

[1*]Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, Riau.
Email: h5tussadiyah08gmail.com
[2]Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, Riau.
[3]Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, Riau.
[4]Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, Riau.
[5]Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, Riau.

ABSTRACT

The construction of multi-storey buildings can become a center for business development and reduce the use of large areas of land, especially in urban areas. However, the higher a building is, the more vulnerable the building is to the effects of earthquake forces. Meanwhile, currently infrastructure developers and investors are planning structures with unique designs and structural characteristics, so it has become an engineering challenge to design structures with different shapes and structural configurations in line with current developments. If a structure has a shape or configuration that is unfavorable to the effects of earthquake forces, then the structure will not have good resistance to receiving earthquake loads, even though the structural elements have been planned to withstand the effects of earthquakes, one of which is the Y-Shape configuration. The research approach used is quantitative, namely analyzing earthquake structures for Y-Shape building structures using time history and pushover analysis. The time history used is the Kobe earthquake, ChiChi earthquake and Elcentro earthquake. The aim of this research is to evaluate the deviation between floors of the building structure in the three time histories used and the results of the pushover analysis using ATC-40 limits and SNI 03-1726-2019. The results of the analysis in this research are the deviation between floors of the permit Δa from SNI 1726-2019 of the building structure in the X direction and Y direction from the three types of history for all floors that meet the specified requirements. Meanwhile, according to ATC-40, the performance level of the Y-Shape building structure is included in the Immediate Occupancy (IO) category. Meanwhile, the results of the pushover analysis using ATC-40 structures are included in the Damage Control (DO) SP-2 category level, namely that the building is still able to withstand earthquakes that occur with a very small risk of human casualties.

Keywords : building, time history, pushover, Y-Shape

ABSTRAK

Pembangunan gedung bertingkat dapat menjadi pusat pengembangan bisnis dan mengurangi penggunaan lahan yang luas, terutama di daerah perkotaan. Namun semakin tinggi suatu bangunan, maka semakin rawan bangunan tersebut terhadap pengaruh gaya gempa. Sedangkan saat ini para pengembang dan investor infrastruktur merencanakan suatu struktur dengan desain dan karakteristik struktur yang unik, sehingga sudah menjadi tantangan *enginnering* untuk merancang struktur dengan bentuk maupun konfigurasi struktur yang berbeda sesuai dengan perkembangan zaman. Jika suatu struktur mempunyai bentuk atau konfigurasi yang tidak

menguntungkan terhadap pengaruh gaya gempa, maka struktur tersebut tidak akan mempunyai ketahanan yang baik dalam menerima beban gempa, meskipun elemen-elemen strukturalnya sudah direncanakan tahan pengaruh gempa, salah satunya yaitu konfigurasi Y-*Shape*. Metode pendekatan penelitian yang digunakan bersifat kuantitatif, yaitu menganalisis struktur gempa untuk stuktur gedung Y-*Shape* menggunakan riwayat waktu (*time history*) dan analisis *pushover*. Adapun riwayat waktu yang digunakan yaitu gempa Kobe, gempa ChiChi, dan gempa Elcentro. Tujuan dari penelitian ini mengevaluasi simpangan antar lantai struktur gedung pada ketiga *time history* yang digunakan dan hasil analisis *pushover* dengan menggunakan batasan ATC-40 dan SNI 03-1726-2019. Hasil analisis pada penelitian ini yaitu simpangan antar lantai ijin Δa dari SNI 1726-2019 struktur gedung pada arah X dan arah Y dari ketiga ragam riwayat semua lantai memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Sedangkan menurut ATC-40 level kinerja struktur gedung Y- *Shape* termasuk kategori *Immediate Occupancy* (IO). Sedangkan hasil anlisis *pushover* menggunakan ATC-40 struktur termasuk dalam level kategori *Damage Control* (DO) SP-2 yaitu bangunan masih mampu menahan gempa yang terjadi dengan resiko korban jiwa manusia sangat kecil.

Kata Kunci : gedung, *time history*, *pushover*, Y-*Shape*

1. PENDAHULUAN

Indonesia termasuk daerah *ring of fire* dimana merupakan suatu daerah yang sering terjadi gempa, terutama di era perkembangan teknologi dan perencanaan insfrastruktur saat ini, para pengembang maupun investor sarana dan prasarana infrastruktur saat ini membutuhkan pengembangan infrastruktur yang memadai secara kuantitas maupun kualitas, hal ini sejalan dengan peranan positif dari pengembangan infrastruktur terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia dan mendukung peningkatan efisiensi dan produktivitas sektor-sektor yang terkait lainnya. Salah satu pembangunan infrastruktur yang dapat dikembangkan yaitu pembangunan gedung bertingkat. Pembangunan gedung bertingkat dapat menjadi pusat pengembangan bisnis dan mengurangi penggunaan lahan yang luas, terutama di daerah perkotaan. Namun semakin tinggi suatu bangunan, maka semakin rawan bangunan tersebut terhadap pengaruh gaya gempa. Sedangkan saat ini para pengembang dan investor infrastruktur merencanakan suatu struktur dengan desain dan karakteristik struktur yang unik, sehingga sudah menjadi tantangan *enginnering* untuk merancang struktur dengan bentuk maupun konfigurasi struktur yang berbeda sesuai dengan perkembangan zaman. Jika suatu struktur mempunyai bentuk atau konfigurasi yang tidak menguntungkan terhadap pengaruh gaya gempa, maka struktur tersebut tidak akan mempunyai ketahanan yang baik dalam menerima beban gempa, meskipun elemen-elemen strukturalnya sudah direncanakan tahan pengaruh gempa (Salim dkk, 2018). Dengan ketinggian lebih dari 50meter tentu bangunan tinggi memiliki banyak resiko yang perlu diperhatikan, salah satunya gempa bumi.

Analisis struktur gempa dikategorikan menjadi dua, yaitu analisis statis dan analisis dinamik. Analisis gempa statis terdiri dari statik ekivalen dan analisis *pushover* sedangkan gempa dinamik terbagi atas analisis ragam spektrum respons (respons spectra) dan analisis riwayat waktu (*time history*). Pada penelitian ini dilakukan analisis gempa statis analisis *pushover* dan analisis riwayat waktu (*time history*). Pada analisis dengan metode *time history*, permukaan tanah pada lokasi struktur di berikan percepatan sesuai dengan rekam percepatan terhadap waktu dari data gempa yang

pernah terjadi. Akibat percepatan ini, lalu respons struktur terhadap gempa diamati sebagai acuan perilaku struktur. Pada penelitian analisis struktur dengan metode *time* history, analisis ini menggunakan tiga rekaman gempa yaitu gempa El-Centro, Kobe, dan Chichi. Riwayat gempa-gempa tersebut digunakan karena memiliki periode gempa pendek dan percepatan gravitasi besar, serta menghasilkan dampak yang buruk pada konstruksi. Sedangkan analisis *pushover* dilakukan setelah struktur dibebani oleh beban gravitasi yang direncanakan. Jadi setelah struktur dibebani oleh beban gravitasi, beban statik lateral diberikan secara berangsur-angsur untuk mencapai *target displacement* tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi simpangan antar lantai struktur gedung pada ketiga *time history* yang digunakan dan hasil analisis *pushover* dengan menggunakan batasan ATC-40 dan SNI 03-1726-2019.

2. STUDI PUSTAKA

2.1 Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

Gempa mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap bangunan sehingga harus diperhitungkan dengan benar dalam perencanaan struktur tahan gempa dengan tingkat keamanan yang dapat diterima (Agus 2002). Struktur tahan gempa adalah struktur yang tahan (tidak rusak dan tidak runtuh) apabila terlanda gempa, bukan struktur yang semata - mata (dalam perencanaan) sudah diperhitungkan dengan beban gempa (Tjokrodimulyo 2007).

Saat terjadi gempa gedung mengalami getaran pada tanah dan menunjukkan respon struktur terhadap gempa tersebut seperti amplitudo, frekuensi, dan periode. Data - data berikut dicatat oleh sebuah alat bernama *Accelerograph*. Selama gempa terjadi beberapa puncak getaran, yang tertinggi dari puncak merupakan getaran gempa tertinggi.

Besarnya gempa pada tiap tiap daerah tentu saja berbeda, dikarenakan letak geografis dan geologi pada daerah tersebut. Beban gempa sangat penting untuk diperhitungkan karena gedung tinggi cukup sering digunakan sebagai tempat evakuasi saat terjadi bencana karena memiliki kapasitas ruang yang memadai untuk menanggung banyak orang didalamnya. Dengan perhitungan beban gempa ini dapat diperkirakan seberapa kuat bangunan gedung untuk tahan terhadapnya dan tetap melayani sebagaimana fungsinya saat terjadinya bencana gempa bumi. Dalam perencanaan bangunan tahan gempa struktur yang didesain harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

a. Di bawah gempa ringan (gempa dengan periode ulang 50 tahun dengan probabilitas 60% dalam kurun waktu umur gedung) struktur harus dapat berespon elastik tanpa mengalami kerusakan baik pada elemen structural (balok, kolom, pelat dan pondasi struktur) dan elemen non struktural (dinding bata, plafond dan lain lain).
b. Di bawah gempa sedang (gempa dengan periode ulang 50-100 tahun) struktur bangunan boleh mengalami kerusakan ringan pada lokasi yang mudah diperbaiki yaitu pada ujung-ujung balok di muka kolom, yang diistilahkan sendi plastis, struktur pada tahap ini disebut tahap first yield yang merupakan parameter penting karena merupakan batas antara kondisi elastik (tidak rusak) dan kondisi

plastik (rusak) tetapi tidak roboh atau disingkat sebagai kondisi batas antara beban gempa ringan dan gempa kuat.

c. Di bawah gempa kuat (gempa dengan periode ulang 200-500 tahun dengan probabilitas 20%-10% dalam kurun waktu umur gedung) resiko kerusakan harus dapat diterima tapi tanpa keruntuhan struktur. Jadi, kerusakan struktur pada saat gempa kuat terjadi harus didesain pada tempat-tempat tertentu sehingga mudah diperbaiki setelah gempa kuat terjadi.

Tingkat kinerja struktur berdasarkan FEMA 356, bangunan harus berada pada enam tingkat kinerja struktur yaitu:

a. *Immediate Occupancy* (S-1), yaitu tidak ada kerusakan yang berarti pada struktur dimana kekuatan dan kekakuannya hampir sama dengan kondisi sebelum gempa.
b. *Damage Control* (S-2), pada keadaan ini struktur berada pada level antara dapat diperbaiki dengan segera dan level keselamatan pada struktur. Dalam keadaan ini biasanya kerusakan struktur masih dapat diperbaiki karena kerusakan tipe ini cenderung dapat dikontrol dengan baik proses perbaikannya.
c. *Life Safety* (S-3), pada keadaan ini terjadi kerusakan komponen struktur, kekakuan berkurang tetapi belum mengalami keruntuhan. Struktur yang berada pada keadaan ini masih dapat dipakai bila telah dilakukan perbaikan.
d. *Limited Safety* (S-4), keadaan ini didefinisikan struktur berada diantara keselamatan penghuni (S-3) dan struktur dengan pencegahan keruntuhan (S-5). Dalam keadaan ini sudah terjadi banyak kerusakan struktur, karena itu sudah tidak aman lagi untuk dihuni sebab kekuatan struktur sudah terbatas.
e. *Collapse Prevention* (S-5), didefinisikan sebagai keadaan kerusakan pasca mengalami keruntuhan. Kerusakan terjadi pada komponen struktur maupun nonstruktur.
f. *Structural Performance Not Considered* (S-6), bangunan yang mengalami kerusakan pada bagian non strukturalnya diklasifikasikan pada tingkat kinerja ini.

2.2 Kategori Jenis Beban Gempa

Berdasarkan cara bekerjanya, beban pada struktur dibagi dalam 2 jenis, yaitu beban tetap, baik besarnya (intensitasnya), titik bekerjanya dan arah garis kerjanya tetap. Sedangkan beban dinamis yaitu beban yang besarannya berubah - ubah menurut waktu, yaitu gempa statis dan gempa dinamis. Analisis beban statik terdiri dari statis linear dan non linear. Gempa statis linear yaitu statis ekuivalen, adalah suatu cara analisis struktur dimana pengaruh gempa pada struktur dianggap sebagai beban statik horizontal yang diperoleh dengan hanya memperhitungkan respon ragam getar yang pertama. Biasanya distribusi gaya geser tingkat ragam getar yang pertama ini disederhanakan sebagai segitiga terbalik. Begitu juga dengan analisis statis *pushover* yang memberikan nilai maksimal beban dorong yang dihasilkan sampai kondisi batas elastis dari struktur tersebut. Analisis dinamik untuk perancangan struktur tahan gempa dilakukan jika diperlukan evaluasi yang lebih akurat dari gaya-gaya gempa yang bekerja pada struktur, serta untuk mengetahui perilaku dari struktur akibat pengaruh gempa. Pada struktur

bangunan tingkat tinggi atau struktur dengan bentuk atau konfigurasi yang tidak teratur. Analisis dinamik dapat dilakukan dengan cara elastis maupun inelastis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Gempa Menggunakan *Time History*

Apabila gedung memiliki struktur yang tidak beraturan maka selain dilakukan analisis statik yaitu statik ekivalen dan analisis *pushover* juga diperlukan analisis lebih lanjut, yaitu analisis respons dinamik. Perhitungan respons dinamik struktur gedung tidak beraturan terhadap pembebanan gempa, dapat menggunakan metode analisis ragam spektrum respons atau metode analisis respons dinamik riwayat waktu. Pada penelitian ini dilakukan analisis gempa dinamik non linear *time history* atau riwayat waktu, dengan menggunakan riwayat waktu gempa Kobe, ChiChi, dan Elcentro.

Dalam analisis ini hanya dapat melihat seberapa besar nilai simpangan yang terjadi akibat beban gempa yang diberikan dan menentukan level kinerja struktur. Untuk memenuhi persyaratan kinerja yang telah ditetapkan pada SNI 1726-2019 pasal 7.12.1 pada Tabel 2.3 simpangan antar lantai ijin Δ_a untuk struktur dengan kategori resiko tingkat I dengan struktur selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat di ketahui simpangan antar lantai ijin Δ_a tidak lebih dari 0,025 tinggi lantai sebelumnya. Adapun kinerja struktur yang dibatasi dengan simpangan antar lantai ijin Δ_a SNI 1726-2019 dapat dilihat pada Tabel 1 pada arah X dan Tabel 2 pada arah Y berikut ini:

Tabel 1. Kontrol Kinerja Struktur dengan SNI 1726-2019 arah X

Lantai	Tinggi Lantai	Δs Gempa Kobe	Δs Gempa ChiChi	Δs Gempa Elcentro	Syarat Δa (0,025 h_{sx})	Keterangan
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
Atap	4	0,000199	0,000126	0,000289	0,100	Aman
10	4	0,000191	0,000122	0,00028	0,100	Aman
9	4	0,000178	0,000115	0,000267	0,100	Aman
8	4	0,000161	0,000105	0,000249	0,100	Aman
7	4	0,00014	0,000093	0,000225	0,100	Aman
6	4	0,000116	0,000079	0,000196	0,100	Aman
5	4	0,000092	0,000064	0,000162	0,100	Aman
4	4	0,000066	0,000047	0,000123	0,100	Aman
3	4	0,000041	0,000029	0,00008	0,100	Aman
2	4	0,000018	0,000012	0,000035	0, 100	Aman
1	0	0	0	0	0	Aman

Tabel 2. Kontrol Kinerja Struktur dengan SNI 1726-2019 arah Y

Lantai	Tinggi Lantai	Δs Gempa Kobe	Δs Gempa ChiChi	Δs Gempa Elcentro	Syarat Δa (0,025 h_{sx})	Keterangan
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
Atap	4	0,00027	0,000169	0,000338	0,100	Aman

10	4	0,000261	0,000164	0,000329	0,100	Aman
9	4	0,000247	0,000155	0,000313	0,100	Aman
8	4	0,000227	0,000143	0,000292	0,100	Aman
7	4	0,000202	0,000127	0,000266	0,100	Aman
6	4	0,000173	0,000109	0,000233	0,100	Aman
5	4	0,000141	0,000088	0,000193	0,100	Aman
4	4	0,000105	0,000065	0,000146	0,100	Aman
3	4	0,000066	0,000042	0,000095	0,100	Aman
2	4	0,000027	0,000018	0,00004	0,100	Aman
1	0	0	0	0	0	Aman

Berdasarkan kontrol kinerja struktur pada Tabel 1 dan 2 dengan menggunakan simpangan antar lantai ijin Δ_a dari SNI 1726-2019 struktur gedung pada arah X dan arah Y semua lantai memenuhi persyaratan yang telah ditentukan yaitu tidak lebih dari 0,025 tinggi lantai sebelumnya. Sedangkan menurut ATC-40, batasan rasio *drift* analisis *linear* untuk gedung bertingkat yang dapat digunakan untuk menentukan nilai kinerja bangunan berdasarkan kerusakan. Adapun kinerja struktur yang dibatasi dengan ATC-40 yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4 berikut ini :

Tabel 3. Kontrol Kinerja Struktur dengan ATC-40 arah X

Time History	*Displacement* Lantai Atap (m)	Hasil *Drift*		Target Kinerja		Keterangan
		Maksimal *Drift*	Maksimal *In-elastic Drift*	Maksimal *Drift*	Maksimal *In-elastic Drift*	
Kobe	0,000199	0,0000049	0,00000452	0,01	0,005	IO
ChiChi	0,000126	0,0000031	0,00000285	0,01	0,005	IO
Elcentro	0,000289	0,0000072	0,00000635	0,01	0,005	IO

Tabel 4. Kontrol Kinerja Struktur dengan ATC-40 arah Y

Time History	*Displacement* Lantai Atap (m)	Hasil *Drift*		Target Kinerja		Keterangan
		Maksimal *Drift*	Maksimal *In-elastic Drift*	Maksimal *Drift*	Maksimal *In-elastic Drift*	
Kobe	0,00027	0,0000067	0,000006075	0,01	0,005	IO
ChiChi	0,000169	0,0000042	0,000003775	0,01	0,005	IO
Elcentro	0,000338	0,0000084	0,00000745	0,01	0,005	IO

Berdasarkan hasil analisis kinerja gedung menurut ATC-40 dari Tabel 4.10 dan 4.11 hasil kinerja gedung berdasarkan batasan rasio *drift* tidak melebih batas yang telah ditetapkan pada ATC-40 dengan level kinerja *Immediate Occupancy* (IO) yaitu apabila terjadi gempa struktur gedung mampu menahan gempa tersebut, dengan syarat gedung tidak mengalami kerusakan struktural dan tidak mengalami kerusakana non struktural, sehingga dapat difungsionalkan kembali.

3.2 Analisis *Pushover*

Dari *output* analisis *pushover* didapatkan kurva kapasitas dari struktur, yang selanjutnya akan dievaluasi kinerjanya dengan menggunakan 2 metode yaitu ATC-40 dan FEMA 356. Kurva kapasitas dari hasil analisis *pushover*, dari hasil analisis *pushover*

didapatkan *step* pola beban dorong yang diberikan pada struktur hingga struktur mengalami keruntuhan, dari *step* pola beban dorong tersebut dapat digambarkan dalam grafik hubungan gaya dan perpindahan terhadap struktur. Adapun *step* pola beban dorong hasil dari analisis *pushover* seperti pada Tabel 5. dan Tabel 6.

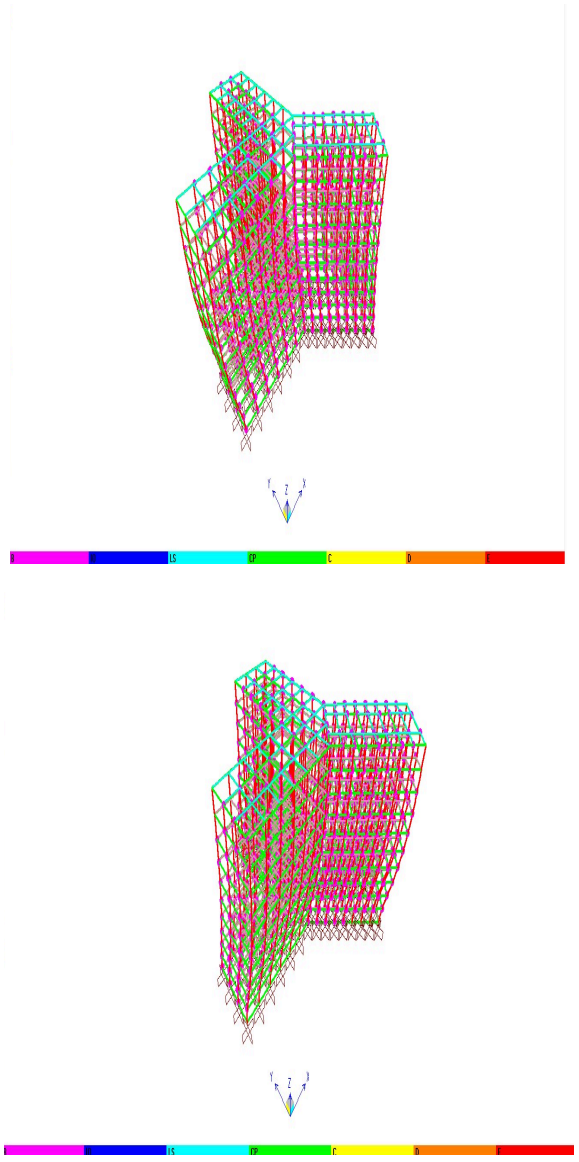
Tabel 5. Output Beban Dorong Arah X

Step	*Displacement* (m)	*Base Force* (kg)	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	Total
0	0,000144	0,00	9992	0	0	0	0	0	0	0	9992
1	0,039859	708321,91	9990	2	0	0	0	0	0	0	9992
2	0,056749	939371,46	9048	944	0	0	0	0	0	0	9992
3	0,137538	1307513,04	7176	2816	0	0	0	0	0	0	9992
4	0,218814	1560388,78	6564	3428	0	0	0	0	0	0	9992
5	0,301644	1794482,03	6226	3766	0	0	0	0	0	0	9992
6	0,34968	1895963,70	6066	3926	0	0	0	0	0	0	9992

Tabel 6. Output Beban Dorong Arah Y

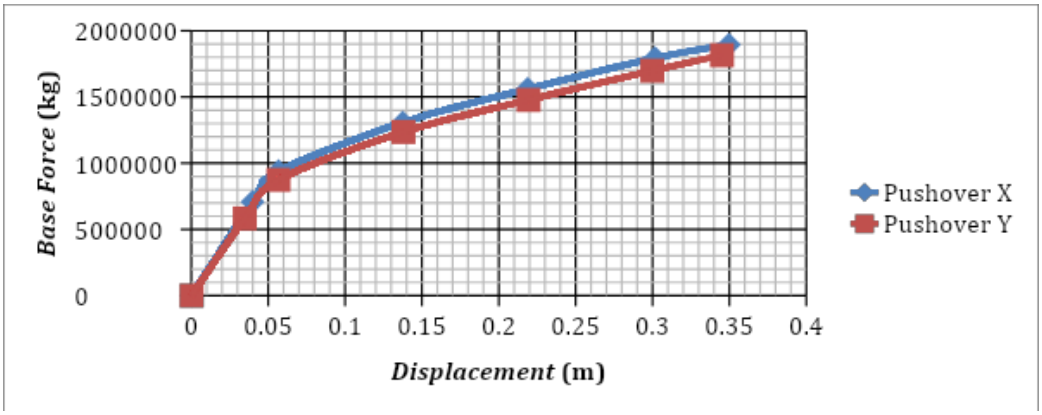
Step	*Displacement* (m)	*Base Force* (kg)	A-B	B-IO	IO-LS	LS-CP	CP-C	C-D	D-E	>E	Total
0	0,000186	0,00	9992	0	0	0	0	0	0	0	9992
1	0,034816	582389,78	9990	2	0	0	0	0	0	0	9992
2	0,056706	874003,04	9382	610	0	0	0	0	0	0	9992
3	0,138029	1235675,02	7238	2754	0	0	0	0	0	0	9992
4	0,219340	1477700,93	6570	3422	0	0	0	0	0	0	9992
5	0,299823	1698473,33	6278	3714	0	0	0	0	0	0	9992
6	0,345172	1815673,43	6080	3912	0	0	0	0	0	0	9992

Dari Tabel 5 dan Tabel 6 hasil analisis *pushover* diatas dapat dilihat nilai gaya yang diberikan pada struktur dan nilai perpindahan yang terjadi pada masing-masing *step* yang dianalisis, diketahui bahwa struktur gedung Y *shape* ini dari hasil analisis *pushover* diperoleh kinerja struktur baik arah X maupun arah Y yaitu *Immediated Occupancy* (IO). Mekanisme terbentuknya sendi plastis pada arah X dan arah Y dapat dilihat pada Gambar 1 diambil *step* yang terakhir yaitu *step* ke 6(enam) seperti berikut ini.



Gambar 1. Pushover Arah X dan Y Step 6

Dari hasil beban dorong dibuat grafik perbandingan dari *base force* dan *displacement* dalam bentuk kurva kapasitas pada arah X dan kurva kapasitas arah Y seperti pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Kurva Kapasitas Arah X dan Arah Y

Dari Gambar 2 tersebut diketahui bahwa pada *displacement*/perpindahan struktur bergeser sebanyak 0,05 m perilaku struktur berubah menjadi nonlinier. Nilai kinerja struktur dari hasil analisis pushover nilai *displacement* arah X yaitu sebesar 0,145 m dengan nilai *base shear* (V) sebesar 1330286 kg dan nilai *displacement* arah Y yaitu 0,165 m dengan nilai *base shear* (V) sebesar 1315942,2 kg.

Untuk analisis non *linear* dari hasil analisis *pushover* tingkat kinerja struktur menurut SNI 1726-2019 pasal 7.12.1 di ketahui simpangan antar lantai ijin Δ_a tidak lebih dari 0,025 tinggi lantai sebelumnya, dengan simpangan antar lantai ijin Δ_a dengan nilai ambang batas 0,100, maka dapat diketahui bahwa struktur tersebut termasuk dalam struktur yang aman, sedangkan menurut ATC-40 dengan menggunakan parameter yang diperlukan adalah nilai *drift* rata-rata tiap lantai dimana total tinggi lantai yaitu 40 meter, seperti pada Tabel 7 berikut ini :

Tabel 7. Tingkat Kinerja Struktur Analisis Pushover Berdasarkan ATC-40

Arah Analisis	Tinggi Struktur	Nilai *Drift* Rata-Rata	Nilai Kinerja Struktur	Keterangan
Arah X-X	40	0,184071333	0,145	*Damage Control*
Arah Y-Y	40	0,182345333	0,165	*Damage Control*

Maka dari Tabel 7 sesuai dengan nilai yang ditetapkan pada ATC-40 struktur termasuk dalam level kategori *Damage Control* (DO) SP-2 yaitu bangunan masih mampu menahan gempa yang terjadi dengan resiko korban jiwa manusia sangat kecil, yang berarti transisi antara *Immediate Occupancy* (IO) SP-1 dan *Life Safety* (LS) SP-3.

4. KESIMPULAN

Simpangan antar lantai ijin Δ_a dari SNI 1726-2019 struktur gedung pada arah X dan arah Y dari ketiga ragam riwayat waktu gempa Koba, ChiChi dan Elcentro semua lantai memenuhi persyaratan yang telah ditentukan yaitu tidak lebih dari 0,025 tinggi lantai sebelumnya. Sedangkan menurut ATC-40, batasan rasio *drift* analisis *linear* untuk gedung bertingkat yang dapat digunakan untuk menentukan nilai kinerja bangunan

berdasarkan kerusakan hasil kinerja gedung berdasarkan batasan rasio *drift* tidak melebih batas yang telah ditetapkan pada ATC-40 dengan level kinerja *Immediate Occupancy* (IO) yaitu apabila terjadi gempa struktur gedung mampu menahan gempa tersebut, dengan syarat gedung tidak mengalami kerusakan struktural dan tidak mengalami kerusakana non struktural, sehingga dapat difungsionalkan kembali.

Tingkat kinerja struktur dari hasil anlisis *pushover* menggunakan ATC-40 struktur termasuk dalam level kategori *Damage Control* (DO) SP-2 yaitu bangunan masih mampu menahan gempa yang terjadi dengan resiko korban jiwa manusia sangat kecil, yang berarti transisi antara *Immediate Occupancy* (IO) SP-1 dan *Life Safety* (LS) SP-3. Berdasarkan hasil analisis *pushover* diketahui titik kinerja (*performance point*) struktur untuk pembebanan arah X dan arah Y gedung yang digunakan berada di *step* 6.

5. DAFTAR PUSTAKA

A, T., Imran, & Imron, F. (2018). *Evaluasi Kinerja Struktur Beton Gedung Fakultas Ekonomi Unkhair Dengan Analisis Pushover Atc-40*. Jurnal Sipil Sains, 8(15), 1–10.

ATC-40. (1996). *Applied Tecnology Council - 40 Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Building Volume 1*. California.

Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta.

Bhagat, S., Kono, S., Wijeyewickrema, A. C., Kusunoki, K., Tajiri, S., & Kashiwa, H. (2015). *Performance of a ten-story reinforced concrete building damaged in the 2015 Nepal Gorkha Earthquake*. (October). Kathmandu, Nepal.

Chopra, A. K. (2012). *Dynamics of Structures Theory and Applications to Earthquake Engineering, Fourth Edition*. Prentice-Hall International Series in Civil Engineering and Engineering Mechanics.

FEMA 273. (1997). *Federal Emergency Management Agency 273 Nehrp Guidelines for The Seismic Rehabilitation of Buildings*. Washington, D.C.

FEMA 356. (2000). *Federal Emergency Management Agency 356 Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Building*. Washington, D.C.

Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan, First Edition*. Yogyakarta : PUSTAKA PELAJAR.

Pusat Studi Gempa Nasional. (2017). *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Jakarta.

Rendra, R., Kurniawandy, A., & Djauhari, Z. (2015). *Kinerja Struktur Akibat Beban Gempa Dengan Metode Respon Spektrum dan Time History (Studi Kasus : Hotel SKA Pekanbaru)*. Jom FTEKNIK, 2(2), 1–15.

Reza, S. F., Suryanita, R., & Ismeddiyanto. (2016). *Analisis Kinerja Struktur Bangunan Bertingkat di Wilayah Gempa Indonesia Intensitas Tinggi Menggunakan Analisis Statis Nonlinier*. Jom FTEKNIK, 3(1).

Salim, V., Suryanita, R., & Sitompul, I. R. (2016). *Evaluasi Jaringan Saraf Tiruan Dalam Memprediksi Respons Struktur Gedung Bertingkat Berdasarkan Spektra Gempa di Wilayah Indonesia*. Jom FTEKNIK, 3(1), 1–10.

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih tim penelitian ucapkan kepada Yayasan Lembaga Pendidikan Islam (YLPI), Sekolah Tinggi Teknologi Dumai yang telah mendanai kegiatan penelitian ini sehingga terlaksana dengan baik. Tak lupa Tim juga mengucapkan terimakasih kepada LPPM STT Dumai yang telah menjadi fasilitator terlaksananya program penelitian ini. Selanjutnya ucapan terimakasih kepada mahasiswa STT Dumai yang ikut membantu kegiatan penelitian ini, sehingga kegiatan penelitian ini berjalan dengan baik.