

EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG SDN 02 LUBUK BUAYA MENGGUNAKAN METODE *PUSHOVER ANALYSIS* PADA PROGRAM SAP 2000

ALFANDI WARDIANSYAH¹, MASRIL², ZUHELDI³

Fakultas Teknik Universitas Muhamadiyah Sumatera Barat^{1,2,3}

Email : fandiwardiansyah@gmail.com¹, mril6030@gmail.com², zhd.704@gmail.com³

Abstrak : Gedung SDN 02 Lubuk Buaya yang berlokasi di kota Padang Provinsi Sumatera Barat merupakan salah satu tempat prasarana pendidikan yang dilakukan pembangunan ulang, gedung tersebut akan dijadikan menjadi dua lantai dikarenakan penambahan peserta didik, maka dari itu perlu dilakukan pengecekan kinerja struktur gedung tersebut menggunakan metode analisis pushover. Analisis *pushover* berdasarkan ATC-40 merupakan salah satu komponen *performance based seismic design* yang memanfaatkan teknik analisa non linear dengan bantuan program SAP 2000 untuk menganalisa perilaku struktur dari gempa dan beban-beban yang ada pada struktur, sehingga dapat diketahui kinerjanya pada kondisi kritis yang menjadi sarana untuk mengetahui kinerja pada gedung tersebut. Dari hasil evaluasi kinerja struktur gedung SDN 02 Lubuk Buaya, perencanaan struktur suatu bangunan tidak sesuai dengan konsep desain kolom kuat balok lemah, dari hasil analisis yang diperoleh Simpangan total maksimum arah x-x yaitu pada step 4 lebih kecil dari simpangan izin gedung, dengan angka $42,128 < 60$ mm yang diambil dari perkalian tinggi gedung antar lantai dengan koefisien kategori resiko gempa (kategori resiko IV), Evaluasi pada arah xz masih dalam keadaan aman karena seluruh elemen kolom dan balok pada portal muncul sendi plastis dengan level A-B yang mana masih bersifat elastis yang ditandai dengan titik berwarna merah muda Distribusi sendi plastis yang terjadi pada semua step memperlihatkan tidak ada komponen struktur yang melewati batas kinerja, sehingga dapat dinyatakan kinerja komponen struktur masih dalam keadaan aman, Berdasarkan hasil analisa spectrum kapasitas arah x, nilai simpangan total maksimum sebesar 0,005 mm dan simpangan *inelastic* maksimum sebesar 0,002 mm. berdasarkan ATC-40 tahun 1996, hasil dari perhitungan tersebut masuk kedalam kelas *Immediate Occupancy* (IO) yang artinya apabila terjadi gempa tidak akan menyebabkan kerusakan yang signifikan dan Untuk hasil output dari *displacement* pada kurva *spectrum* kapasitas y-y tidak muncul simpangan totalnya karena tidak ada perpotongan kurva *pushover demand* y-y dengan kurva kapasitas *spectrum* y-y. dan pada *displacement pushover* pada kurva y-y terlalu kecil, maka tidak terlalu berpengaruh kinerja struktur terhadap kurva y-y dengan besar *displacement* sebesar 0,0856 mm.

Kata Kunci : Gempa, Pushover, Sendi Plastis

Abstract: The SDN 02 Lubuk Buaya building located in the city of Padang, West Sumatra Province is one of the places where educational infrastructure is rebuilt, the building will be made into two floors due to the addition of students, therefore it is necessary to check the performance of the building structure using the pushover analysis method. Pushover analysis based on ATC-40 is one of the components of performance-based seismic design that utilizes non-linear analysis techniques with the help of the SAP 2000 program to analyze the behavior of the structure from earthquakes and the loads on the structure, so that it can be known its performance in critical conditions which is a means to determine the performance of the building. From the results of the evaluation of the performance of the building structure of SDN 02 Lubuk Buaya, the structural planning of a building is not in accordance with the design concept of weak beam strong columns, from the results of the analysis obtained The maximum total deviation of the x-x direction, namely on multiplication of building height between floors with earthquake risk category coefficient (risk category IV), Evaluation in the xz direction is still in a safe state because all column and beam elements on the portal appear plastic joints with levels A-B which are still elastic marked with pink dots The distribution of plastic joints that occur in all steps shows that none of the structural components cross the performance limit, so that it can be stated that the performance of structural components is still in a safe state, based on the results of the analysis of the x-directional capacity spectrum, the maximum total deviation value is 0.005 mm and the inelastic maximum deviation is 0.002 mm. based on ATC-40 of 1996, the results of these calculations fall into the class of Immediate Occupancy (IO) which means that if an earthquake occurs it will not cause significant damage and For the output results of displacement on the y-y

capacity spectrum curve does not appear the total deviation because there is no intersection Pushover Demand Curve Y-Y with Spectrum Capacity Curve Y-Y. And in Displacement Pushover on Y-Y curve is too small, it does not have much effect on structural performance on Y-Y curve with displacement magnitude of 0.0856 mm.

Keywords : Earthquake, Pushover, Plastic Joint

A. Pendahuluan

Wilayah Indonesia juga termasuk Negara yang berpotensi terjadinya gempa bumi karena posisinya yang berada dipertemuan tiga lempeng dunia yaitu, Australia, indoaustralia, dan pasifik. Pengaruh gempa menjad faktor penting dalam perencanaan desain struktur bangunan. Seiring berkembangnya teknologi inilah dapat memunculkan konsep dan metode baru dalam mengevaluasi perencanaan bangunan tahan gempa salah satunya konsep *Performance Based Seismic Evaluation* (PBSE) dengan metode analisis beban dorong statik atau analisis *Pushover*.

Gedung SDN 02 Lubuk Buaya yang berlokasi di kota Padang Provinsi Sumatera Barat merupakan salah satu tempat prasarana pendidikan yang dilakukan pembangunan ulang, gedung tersebut akan dijadikan menjadi dua lantai dikarenakan penambahan peserta didik , maka dari itu perlu dilakukan pengecekan kinerja struktur gedung tersebut. Kota padang juga termasuk dalam peta kawasan rawan bencana (KRB) didominasi dengan warna merah muda, artinya kawasan rawan bencana gempa bumi tinggi yang berpotensi untuk terjadinya gempa bumi dengan skala insentitas yang lebih besar.

B. Metodologi Penelitian

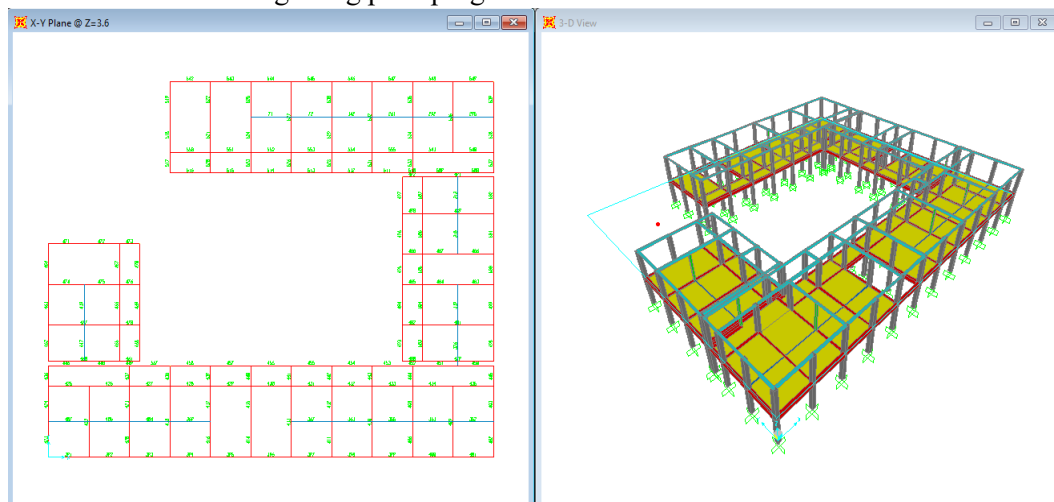
Metode penelitian ini menggunakan analisis *nonlinier pushover*. Analisis menggunakan program SAP 2000. Dengan aturan Pembebanan mengacu pada beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain dan juga ketahanan gempa untuk bangunan gedung menggunakan aturan SNI 1726-2019. Analisis dilakukan dengan memberikan suatu pola beban lateral statik pada struktur, yang kemudian secara bertahap ditingkatkan dengan faktor pengali sampai satu target perpindahan lateral dari suatu titik acuan tercapai. Pada proses pushover, struktur didorong sampai mengalami leleh disatu atau lebih lokasi di struktur tersebut. Kurva kapasitas akan memperlihatkan suatu kondisi linier sebelum mencapai kondisi leleh dan selanjutnya berperilaku *non-linier*. Kurva pushover dipengaruhi oleh pola distribusi gaya lateral yang digunakan sebagai beban dorong.

Melihat pengaruh desain tersebut terhadap gempa bumi, salah satu metode analisis yang digunakan adalah analisis Pushover. Analisis Pushover atau analisis beban dorong statik merupakan suatu analisis untuk mengetahui perilaku keruntuhan bangunan terhadap gempa. Penelitian dilakukan menggunakan program SAP2000 untuk mengetahui berapa besar gaya maksimum yang dapat ditahan struktur serta besar perpindahan maksimum struktur

C. Hasil dan Pembahasan

Langkah-langkah untuk melakukan metode analisis pushover sebagai berikut :

1. Permodelan struktur gedung pada program SAP 2000



Gambar 1. Arah xy pada SAP 2000

2. Analisis pembebanan pada struktur gedung
3. Pengecekan perilaku struktur
pengecekan struktur dengan pemeriksaan jumlah ragam, perbandingan geser dasar, dan pemeriksaan simpangan antar lantai.

Untuk pemeriksaan jumlah ragam terdapat pada SNI 1726 : 2019 disebutkan bahwa analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapat partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari masa actual dalam masing-masing arah horizontal dari respon yang ditinjau oleh model.

Sesuai SNI 1726:2019 mengenai skala gaya, peraturan ini mengisyaratkan bahwa gaya geser dasar dinamik harus lebih besar dari 100% gaya seismic static. Bila hal tersebut tidak memenuhi maka perlu diberikan skala gaya pada model struktur gedung.

$$2462,4 > 1734,8 \dots\dots\dots \text{ok}$$

Penentuan simpangan antar lantai harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa ditingkat teratas dan terbawah, berdasarkan SNI 1726:2019 simpangan antar tingkat desain tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin.

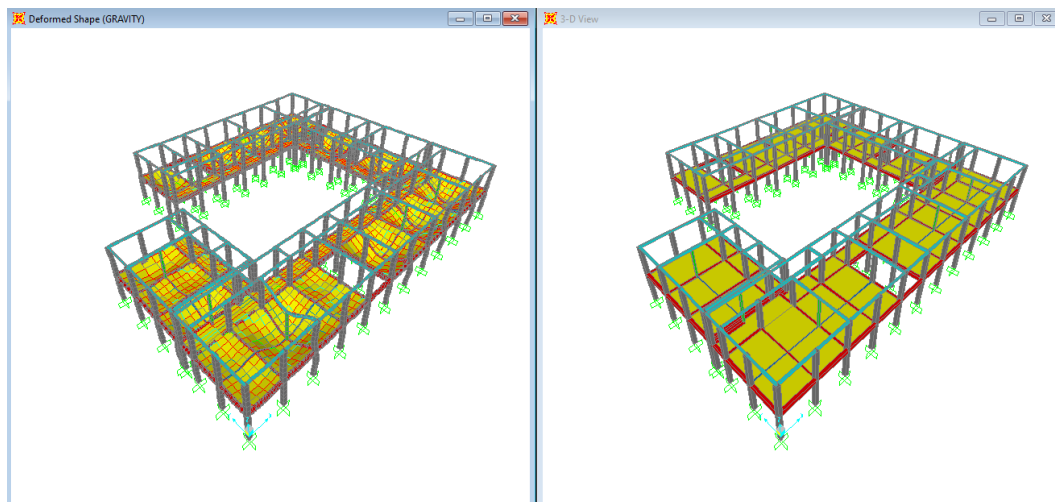
Untuk simpangan di lantai atap :

$$\Delta_x = \frac{\delta \times Cd}{I} < \Delta_\alpha$$
$$\Delta_\alpha = \frac{0,015 h_x}{\rho}$$
$$\Delta_x = \frac{(8,616 - 3,598) \times 5,5}{1} < \frac{0,015 \times 4000}{1}$$
$$\Delta_x = 27.599 \text{ mm} < 60 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Untuk simpangan di lantai 2

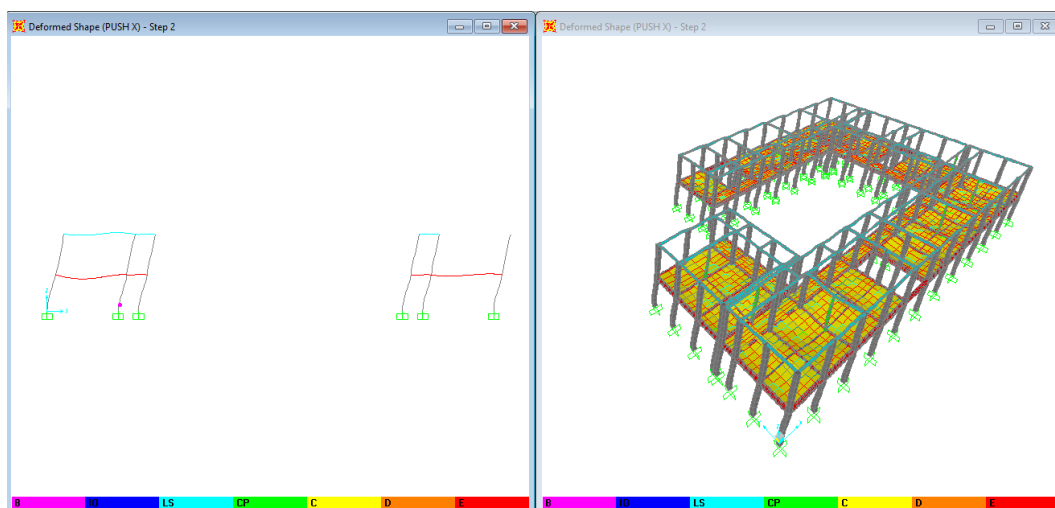
$$\Delta_x = \frac{\delta \times Cd}{I} < \Delta_\alpha$$
$$\Delta_\alpha = \frac{0,015 h_x}{\rho}$$
$$\Delta_x = \frac{(8,616 - 3,598) \times 5,5}{1} < \frac{0,015 \times 3600}{1}$$
$$\Delta_x = 27.599 \text{ mm} < 54 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

4. Menambahkan Tulangan Terpasang
5. Membuat *non linear case*
6. Memodelkan sendi plastis
7. Running Program

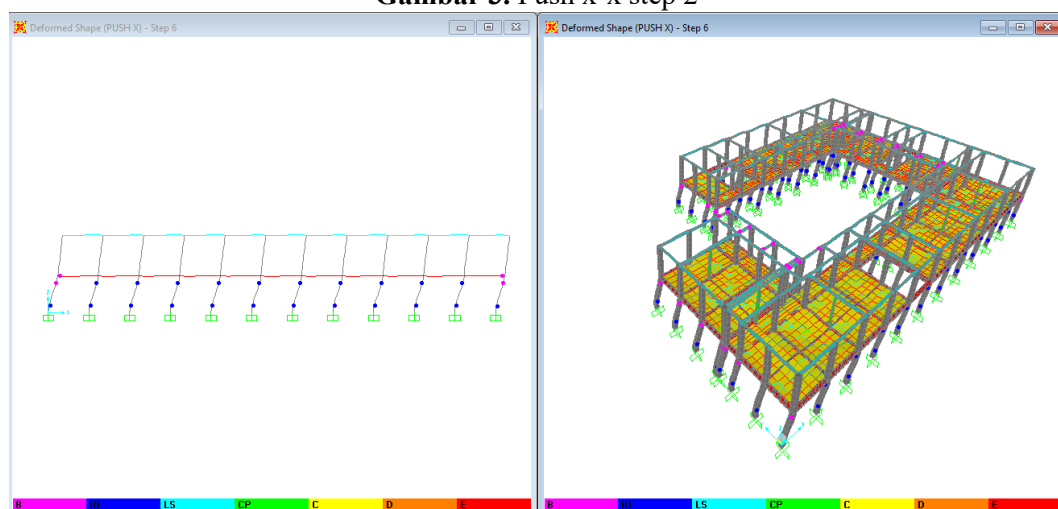


Gambar 2. Hasil running SAP 2000

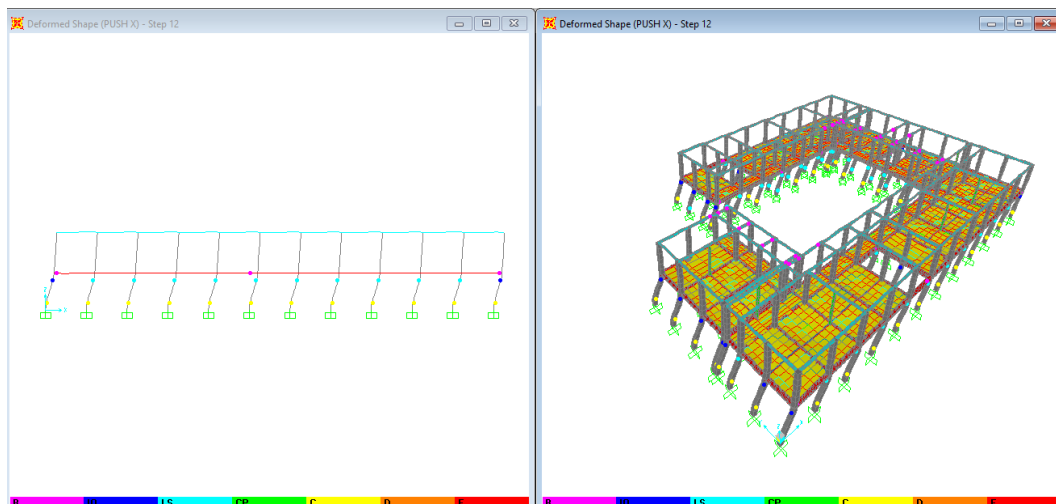
8. Menampilkan kurva kapasitas pushover



Gambar 3. Push x-x step 2



Gambar 4. Push x-x step 6



Gambar 5. Push x-x step 12

9. Level kinerja struktur

Selanjutnya untuk menentukan tingkat kinerja parameter yang diperlukan adalah nilai perpindahan atap saat *performance point* dan nilai perpindahan atap saat *first yield* (beban dorong ke-2) dimana tinggi total bangunan 7,6 meter. Untuk hasil output dari *displacement* pada kurva *spectrum* kapasitas y-y tidak muncul simpangan totalnya karena tidak ada perpotongan kurva *pushover demand* y-y dengan kurva kapasitas *spectrum* y-y.

1. Simpangan total maksimum

$$\text{Arah } x-x = \frac{D_t}{H_{total}} = \frac{42,123}{7600} = 0,005$$

2. Simpangan *inelastic* maksimum

$$\text{Arah } x-x = \frac{D_t - D_2}{H_{total}} = \frac{42,123 - 26.471}{7600} = 0,002$$

Maka sesuai ATC-40, untuk perhitungan simpangan total maksimum dan simpangan *inelastic* maksimum termasuk kedalam level kategori *Immediate Occupancy* (IO), berarti bangunan masih mampu menahan gempa yang terjadi dan resiko korban jiwa manusia sangat kecil.

D. Penutup

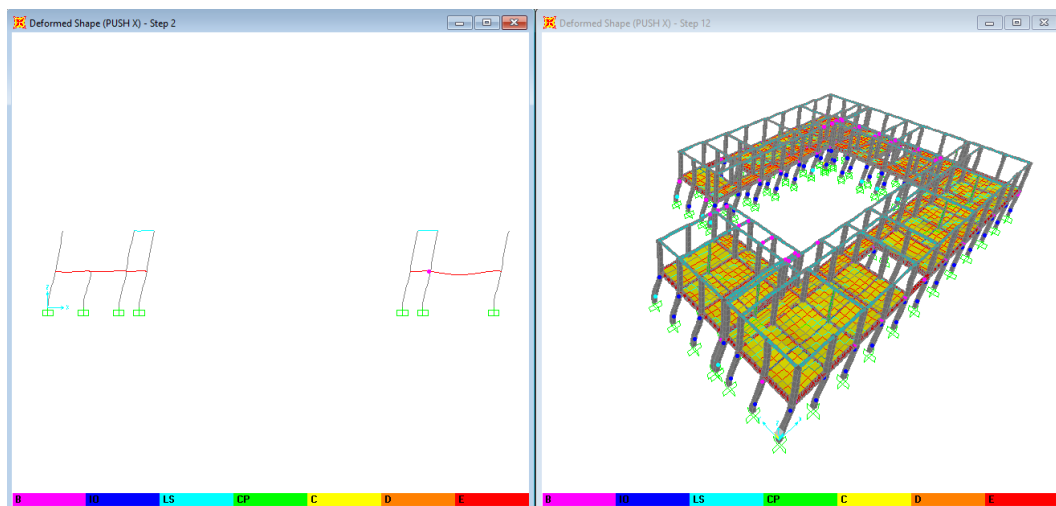
Dari hasil evaluasi kinerja struktur gedung SDN 02 Lubuk Buaya , perencanaan struktur suatu bangunan tidak sesuai dengan konsep desain kolom kuat balok lemah, seperti yang telah dilihat pada hasil *push x Step 1-12* keruntuhan struktur yang terjadi akibat *displacement plastis* yang memulai keruntuhannya dimulai pada struktur kolom, karena apabila kolom yang mengalami *displacement plastis* lebih dulu maka struktur-struktur yang lainnya akan langsung hancur ketika terkena dorongan arah x. walaupun begitu distribusi sendi plastis yang terjadi pada semua step memperlihatkan pada *push x step 1-7* keadaan struktur gedung masih dalam tingkatan palstifikasi IO – LS, yang mana tidak terjadi kerusakan yang begitu signifikan yang dialami oleh gedung. Dan pada *push x step 8-9* telah terjadi peningkatan kerusakan gedung yang mana tingkatan plastifikasi LS-CP, yang mana struktur gedung telah mengalami kerusakan yang sangat parah yang dapat dianalisa pada struktur kolom sudah hampir runtuh. Dan pada *push x step 10-12* bangunan tersebut telah mengalami keruntuhan.

Setelah mengevaluasi kinerja struktur gedung SDN 02 Lubuk Buaya dengan metode *pushover analisis* maka dapat diperoleh hasil kesimpulan sebagai berikut :

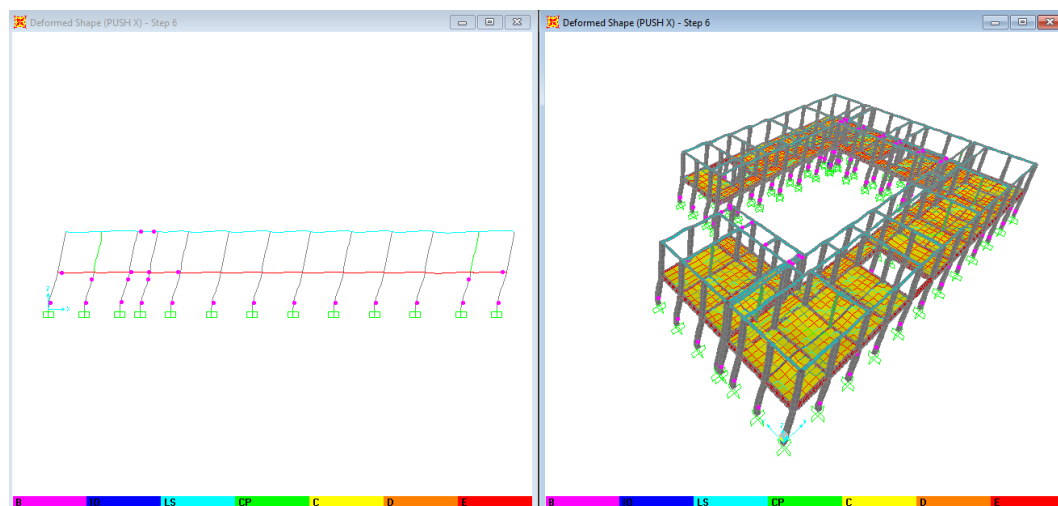
1. Simpangan total maksimum arah x-x yaitu pada step 4 lebih kecil dari simpangan izin gedung, dengan angka $42,128 < 60$ mm yang diambil dari perkalian tinggi gedung antar lantai dengan koefisien kategori resiko gempa (kategori resiko IV).

2. Evaluasi pada arah xz masih dalam keadaan aman, karena seluruh elemen kolom dan balok pada portal muncul sendi plastis dengan level A-B yang mana masih bersifat elastis yang ditandai dengan titik berwarna merah muda (Gambar 4.45). Distribusi sendi plastis yang terjadi pada semua step memperlihatkan tidak ada komponen struktur yang melewati batas kinerja, sehingga dapat dinyatakan kinerja komponen struktur masih dalam keadaan aman (Gambar 4.41)
3. Berdasarkan hasil analisa spectrum kapasitas arah x, nilai simpangan total maksimum sebesar 0,005 mm dan simpangan *inelastic* maksimum sebesar 0,002 mm. berdasarkan ATC-40 tahun 1996, hasil dari perhitungan tersebut masuk kedalam kelas *Immediate Occupancy* (IO) yang artinya apabila terjadi gempa tidak akan menyebabkan kerusakan yang signifikan.
4. Untuk hasil output dari *displacement* pada kurva *spectrum* kapasitas y-y tidak muncul simpangan totalnya karena tidak ada perpotongan kurva *pushover demand* y-y dengan kurva kapasitas *spectrum* y-y (Gambar 4.58). dan pada *displacement pushover* pada kurva y-y terlalu kecil, maka tidak terlalu berpengaruh kinerja struktur terhadap kurva y-y dengan besar *displacement* sebesar 0,0856 mm.

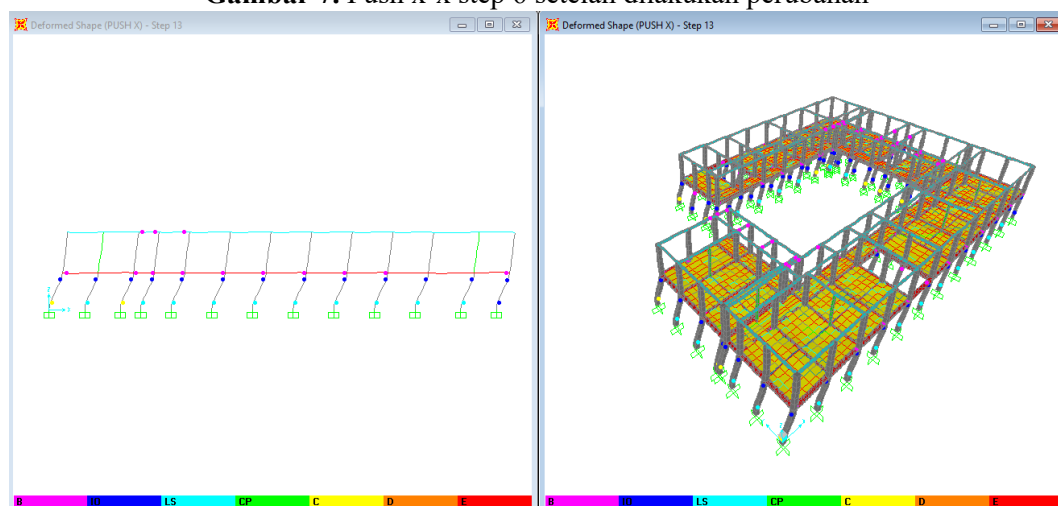
bahwasanya yang mengalami plastis terlebih dulu yaitu pada struktur kolom, itu tidak sesuai dengan konsep perencanaan yang baik dikarenakan akan merusak struktur di atasnya dengan mudah apabila terjadi gempa yang sangat kuat, maka tidak ada waktu untuk penghuni lari menyelamatkan diri, maka dari itu untuk bangunan yang memiliki ukuran struktur, jenis kategori resiko, dan *respon spectrum* di wilayah Padang sebaiknya pada struktur balok utama pada gedung SDN 02 lubuk Buaya ini mengurangi pemakaian tulangan tariknya pada bagian tumpuan agar tidak terlalu kaku, yang sebelumnya tulangan tarik pada balok utama berjumlah 7 buah bisa dikurangi menjadi 6 buah dengan hasil analisis sebagai berikut :



Gambar 6. Push x-x step 2 setelah dilakukan perbaikan



Gambar 7. Push x-x step 6 setelah dilakukan perubahan



Gambar 8. Push x-x step 13 setelah dilakukan perubahan

Bisa dilihat pada gambar diatas ketika tulangan tarik pada balok utama gedung dikurangi menjadi 6 buah maka balok tersebut tidak terlalu kaku, dan apabila terjadi guncangan maka yang pertama mengalami plastis adalah balok, maka itu telah sesuai dengan desain perencanaan yang baik yaitu kolom kuat balok lemah. Dan akan mengalami *push x* dengan *step* yang panjang agar gedung sampai pada tingkatan plastifikasi D.

Daftar Pustaka

- Afandi, N. R. (2010). Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Beton Dengan Analisis Pushover menggunakan SAP 2000. *Teknik Sipil*, 1-4.
- Batara, I. (2021). *Contoh Desain Struktur Bangunan Dengan SAP 2000*. Mamuju.
- Christiawan, I., Triwiyono, A., & Christady, H. (2008). Forum Teknik Sipil. *Evaluasi Kinerja Dan Perkuatan Struktur Gedungguna Alih Fungsi Bangunan*, 725-738.
- Dapas, S., & Pandaleke, R. (2018). Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. *Jurnal Sipil Statik*, 06(06), 361-372.
- Masril. (2019). Ensiklopedia of Journal. *Analisis Struktur Atas Empat Lantai Dengan Analisis Pushover Menggunakan Program SAP 2000 Studi Kasus : Gedung Kantor Bersama Kabupaten Sijunjung*, 2(1), 230-234.
- Nopriadi, Leonita, E., & Rahmah, S. P. (2019). Prosiding Seminar Nasional Pelestarian Lingkungan. *Analisis Potensi Gempa Dan Tsunami Dan Kaitannya Dengan Kesiapsiagaan Masyarakat Kota Padang Tahun 2019*, 317-324.
- Nurhidayatullah, E. F., & Teguh, M. (2018). Jurnal Teknisia. *Kinerja Seismik Struktur Pada Tipe Gedung Dengan Ketidakteraturan Ketinggian Dan Denah*, 23(1), 450-462.

- Pranata, Y. A. (2006). *Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa Dengan Pushover Analysis*, 41-52.
- Ratnasari, A. F., & Pawirodikromo, W. (2018). *Pengaruh Kandungan Frekuensi Gempa Terhadap Simpangan Dan Drift Ratio 2 Arah Struktur Bangunan Set-Back bertingkat Banyak*.
- Schodcock, D., & Bechtold, M. (2008). *Structures Seventh Edition*. Cambridge, Massachusetts: PEARSON.
- Steenie E, H. Y., & Windah, R. S. (2014). *Jurnal Sipil Statik. Analisa Pushover Pada Bangunan Dengan Soft First Story*, 214-224.
- Sulendra, I. K. (2011). *Infrastruktur Jurnal Teknik Sipil. Evaluasi Dan Tindakan Pengurangan Kerusakan Bangunan Berdasarkan Peta Zonasi Gempa Tahun 2010*.
- Wibowo, L. S., & Zebua, D. (2021). *Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil. Analisis Pengaruh Lokasi Dinding Geser Terhadap Pergeseran Lateral Bangunan Bertingkat Beton Bertulang 5 Lantai*, 04(01), 16-20.