

Analisis Kinerja Struktur Gedung Rusun TNI AU Halim Perdanakusuma Dengan Menggunakan Metode *Pushover Analysis*

Yonas Prima Arga Rumbyarso*, Lydia Darmiyanti
Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana, Indonesia
Email: primusindonesiaku@gmail.com

Abstrak

Pada saat ini perencanaan gedung bertingkat tahan gempa di Indonesia menjadi penting disebabkan oleh posisi Indonesia yang berada pada zona tektonik sangat aktif yang ditimbulkan dari bertemunya 3 lempeng besar serta 9 lempeng kecil dunia & membentuk jalur-jalur pertemuan lempeng yang rumit, hal ini membuat Indonesia menjadi negara yang rentan terhadap gempa bumi. Salah satu metode pendekatan untuk analisis kinerja struktur beton bertulang tahan gempa adalah analisis beban dorong (*pushover analysis*) yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja struktur bangunan saat terjadi gempa dengan dipresentasikan menggunakan level kinerja sesuai aturan, sehingga perencanaan ini biasa disebut dengan perencanaan tahan gempa berbasis kinerja. Level kinerja akan memberitahukan perilaku keruntuhan bangunan pada saat terjadi gempa sesuai dengan kondisi yang ada. Analisis *pushover* & evaluasi kinerja pada elemen vertikal serta horizontal ini berbantu *software* ETABS. Hasil dari analisis *pushover* menunjukkan bahwa titik kinerja gedung Rusun TNI AU Halim Perdanakusuma untuk pembebanan arah-X adalah 440,471 mm dengan gaya geser yang terjadi 38363,2261 kN, sedangkan untuk arah-Y diperoleh titik kinerja yaitu 457,276 mm dengan gaya geser sebesar 55150,5802 kN. Dari titik kinerja diperoleh simpangan struktur yang terjadi akibat pembebanan arah-X dan arah-Y adalah 0,824 % & 0,855% maka level kinerja struktur berdasarkan batas simpangan yang disyaratkan oleh FEMA 356 dan ATC-40 termasuk pada level *immediate occupancy*. Berdasarkan kurva kapasitas (*capacity curve*) maka diperoleh gaya geser dasar (*base shear*) maksimum sebesar 46734,5513 kN & perpindahan yang dihasilkan untuk arah-X yaitu 710,310 mm & sedangkan pada arah-Y, diperoleh gaya geser dasar (*base shear*) maksimum sebesar 76055,6401 kN & perpindahan yang dihasilkan yaitu 904,504 mm.

Kata kunci: level kinerja, evaluasi kinerja struktur, analisis *pushover*, keruntuhan bangunan, perencanaan tahan gempa.

Abstract

At this time, planning for earthquake-resistant multi-storey buildings in Indonesia is important because Indonesia is in a very active tectonic zone, a position caused by the meeting of the 3 large plates and 9 small plates of the world & forming complex plates meeting paths, this makes Indonesia a countries vulnerable to earthquakes. One method of analytical approach for the performance of earthquake-resistant reinforced concrete structures is push load analysis which is used to reveal the performance of building structures during an earthquake by presenting them using performance levels according to regulations, so this planning is usually called performance-based earthquake resistant planning. The performance level will indicate the collapse behavior of the building during an earthquake according to existing

conditions. Pushover analysis & performance evaluation on vertical and horizontal elements is assisted by ETABS software. The results of the pushover analysis show that the performance point of the rusun TNI AU Halim Perdanakusuma building for loading in the X-direction is 440.471 mm with a shear force of 38363.2261 kN, while for the Y-direction the performance point obtained is 457.276 mm with a shear force of 55150.5802 kN. From the performance point, the structural drift resulting from loading in the X-direction and Y-direction is 0.824% & 0.855%, so the structure's performance level is based on the drift limits required by FEMA 356 and ATC-40 including the direct occupancy level. Based on the capacity curve, the maximum base shear force obtained is 46734.5513 kN & the resulting displacement in the X-direction is 710.310 mm & while in the Y-direction, the maximum base shear force obtained is 76055.6401 kN & the resulting displacement is 904.504 mm.

Keywords: *performance level, structural performance evaluation, pushover analysis, building collapse, earthquake resistance planning,*

1. PENDAHULUAN

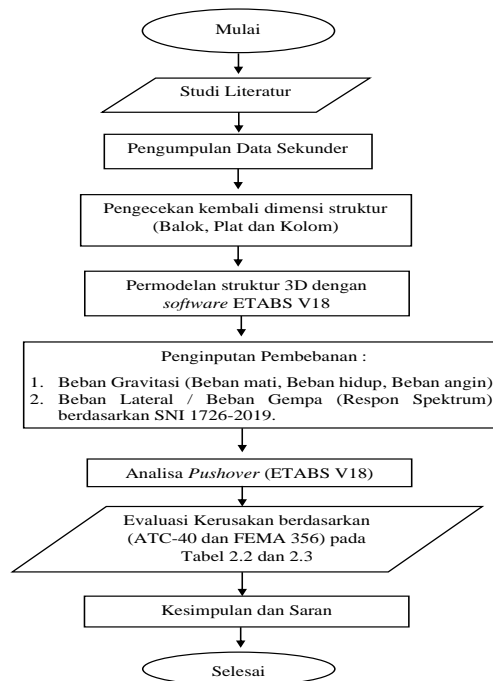
Perencanaan gedung bertingkat tahan gempa di Indonesia sangat penting dikarenakan Indonesia menempati zona tektonik yang sangat aktif akibat bertemunya 3 lempeng besar dunia & 9 lempeng kecil dan membentuk jalur-jalur pertemuan lempeng yang kompleks, mengingat Indonesia merupakan suatu wilayah yang hampir seluruhnya berada di sekitar *ring of fire* (daerah yang sering mengalami gempa bumi dengan intensitas sedang hingga tinggi dan letusan gunung berapi), yang memanjang dari Pulau Sumatera-Jawa-Nusa Tenggara & Sulawesi, sehingga membuat Indonesia menjadi negara yang sangat rawan terhadap gempa bumi. Gempa bumi merupakan gejala alam yang tidak dapat dihindarkan, atau ditiadakan & yang akan sangat berpengaruh terhadap bangunan, terutama pada bangunan bertingkat tinggi. Berdasarkan latar belakang itu diperlukan analisis terhadap suatu bangunan konstruksi yang telah ada, untuk mengetahui kinerja struktur saat menerima beban gempa, guna menjamin keselamatan gedung & penggunaannya. Salah satu metode pendekatan untuk analisis kinerja struktur beton bertulang tahan gempa adalah *pushover analysis* (analisis beban dorong). Penggunaan *pushover analysis* dianggap mampu menggambarkan perilaku struktur pada kondisi inelastik mendekati keadaan sebenarnya (Zainal Arifin *et al*, 2015). Hasil akhir dari analisis beban dorong berupa kurva kapasitas struktur yang menggambarkan hubungan antara gaya geser dasar & perpindahan. Studi kasus pada penelitian ini yaitu Rumah Susun TNI AU Halim Perdanakusuma di Jalan Dwikora Raya Kecamatan Makassar Jakarta Timur. Karena Kota Jakarta Timur merupakan salah satu wilayah yang berada di zona gempa 4. Dimana zona gempa 4 termasuk zona yang cukup rawan terhadap terjadinya gempa bumi (SNI 1726-2019). Standar analisis beban dorong mengacu pada tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk gedung SNI 1726-2019. Untuk mengetahui besar gaya geser dasar maksimum & perpindahan yang terjadi berdasarkan *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) 356 & *Applied Technology Council* (ATC)-40. Analisis struktur dilakukan berbantuan *Software* ETABS.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kualitatif sebab data-data yang dianalisis hanya berdasarkan studi kepustakaan serta data sekunder yang berasal dari proyek, yang diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Standar & referensi yang digunakan dalam perencanaan,
2. *Shop drawing* rencana bangunan,
3. Data perencanaan ketahanan gempa,
4. Data perencanaan persyaratan beton struktural.

2.1 Diagram Alur Penelitian



Sumber : Olahan data penelitian, 2023.

Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

3 HASIL & PEMBAHASAN

3.1 Data Teknis Gedung

3.1.1 Pemodelan Struktur

Pemodelan dilakukan untuk mendefinisikan struktur gedung terhadap material & penampang yang digunakan berdasarkan gambaran umum yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya. Pengolahan data pemodelan struktur gedung sesuai data yang ada, perhitungan pembebanan, serta analisis struktur pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *software* ETABS.

3.1.2 Tahap-Tahap Pemodelan

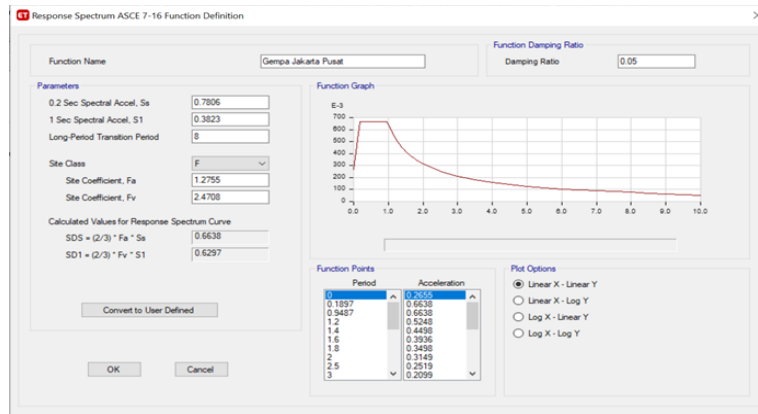
1. Langkah pertama pemodelan untuk ETABS dengan cara klik *File* lalu *New Model*,
2. Langkah selanjutnya dengan memasukkan data teknis gedung yang berupa jumlah lantai, ketinggian antar lantai, dan penentuan satuan (*unit*),
3. Membuat jarak antara As bangunan,
4. Membuat material properti

3.2 Pembebanan Pada Struktur

Struktur gedung dirancang untuk mampu menahan beban mati, beban hidup & beban gempa sesuai dengan SNI 1726-2019. Tahap-tahap pembuatan pemodelan struktur yang digunakan pada proyek Rumah Susun yaitu seperti kolom, balok, *shearwall*, & plat lantai.

3.2.1 Penginputan Data *Response Spectrum*

Beban Gempa yang direncanakan berdasarkan ketentuan SNI 1726-2019. Desain beban gempa menggunakan respons spektra rencana. Pada ETABS dapat diinput dengan cara klik *Define-Function-Response Spectrum* sesuai dengan gambar di bawah ini :



Sumber : Olahan data penelitian, 2023.

Gambar 2. Input Respons Spektrum

3.2.2 Rekapitulasi Berat Struktur & Massa Bangunan

Tabel 1. Rekapitulasi Berat Struktur & Massa Bangunan

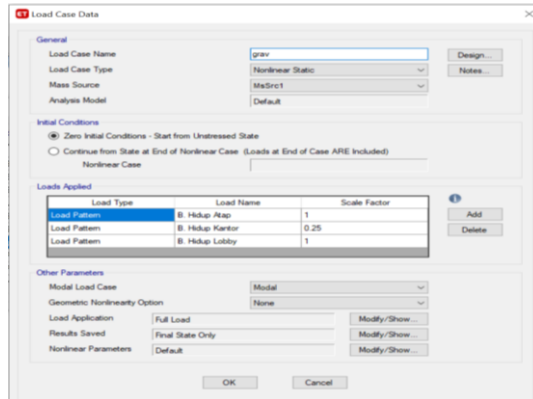
| Story | Diaphragm | Mass X | Mass Y |
|--------|-----------|------------|------------|
| | | kg | kg |
| ROOF | D1 | 356619.68 | 356619.68 |
| LT. 16 | D1 | 1831045.23 | 1831045.23 |
| LT. 15 | D1 | 1948984.68 | 1948984.68 |
| LT. 14 | D1 | 1925546.88 | 1925546.88 |
| LT. 13 | D1 | 1893965.04 | 1893965.04 |
| LT. 12 | D1 | 2085346.21 | 2085346.21 |
| LT. 11 | D1 | 1899835.68 | 1899835.68 |
| LT. 10 | D1 | 2085838.26 | 2085838.26 |
| LT. 9 | D1 | 1896833.33 | 1896833.33 |
| LT. 8 | D1 | 1900900.73 | 1900900.73 |
| LT. 7 | D1 | 2009834.59 | 2009834.59 |
| LT. 6 | D1 | 1931361.23 | 1931361.23 |
| LT. 5 | D1 | 1972312.81 | 1972312.81 |
| LT. 4 | D1 | 1967483.24 | 1967483.24 |
| LT. 3 | D1 | 1989845.84 | 1989845.84 |
| LT. 2 | D1 | 2066795.06 | 2066795.06 |

Sumber : Olahan data penelitian, 2023.

3.2.3 Analisis Pushover

Analisis *pushover* dilakukan dalam 2 tahap pembebanan, yaitu :

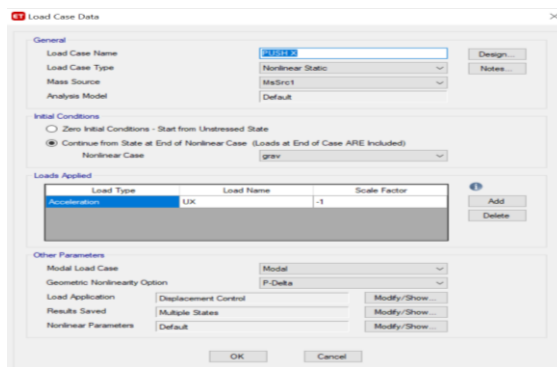
1. Tahap pertama, struktur gedung dibebani oleh beban gravitasi, yaitu kombinasi beban mati dengan koefisien pembebanan 1,0 dan beban hidup dengan koefisien pembebanan 0,25. Pada tahap ini, sudah diperhitungkan kondisi nonlinier.



Sumber : Olahan data penelitian, 2023.

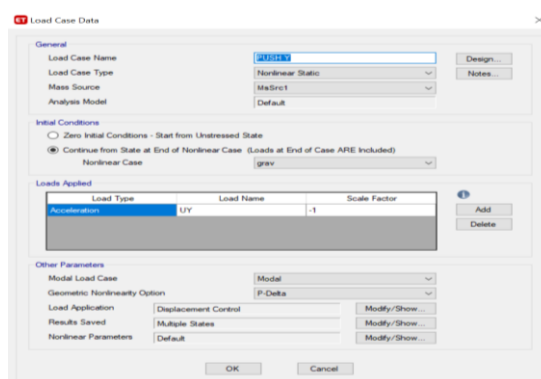
Gambar 3. Input Load Case data untuk beban gravitasi

2. Tahap kedua, analisis dilanjutkan dengan memberikan pola beban dorong lateral pada struktur. Pendefinisian tahap kedua melalui menu *Define-Loads Cases- Add New Case* dengan nama analisis adalah *PUSH*, tipe analisis ditentukan *Static-Nonlinear*. Karena tahap kedua baru dilakukan setelah tahap pertama selesai, maka opsi *Continue from State at End of Nonlinear Case* diaktifkan, dengan akhir analisis *PUSH GRAV* sebagai permulaan dari analisis tahap kedua. Tipe beban adalah *Acceleration* untuk pembebanan arah-X, dan untuk pembebanan arah-Y dengan *scale factor* yang digunakan adalah 1,0.



Sumber : Olahan data penelitian, 2023.

Gambar 4. Input Load Case data untuk Push X



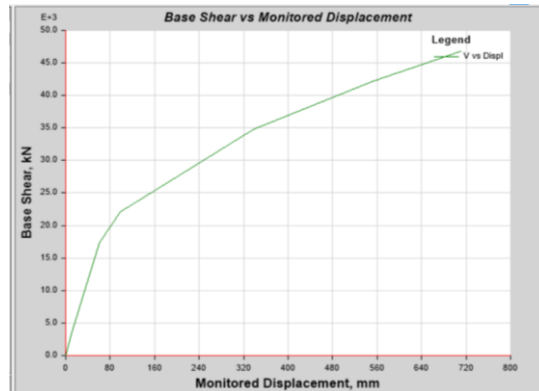
Sumber : Olahan data penelitian, 2023.

Gambar 5. Input Load Case data untuk Push Y

3. Kurva Kapasitas

Kurva kapasitas (*capacity curve*) merupakan kurva hubungan antara perpindahan

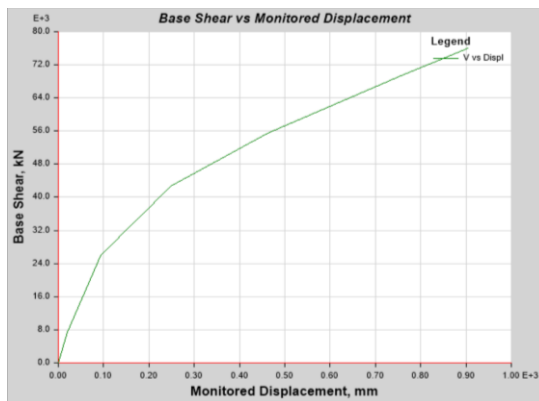
lateral lantai teratas/atap (*displacement*) dengan gaya geser dasar (*base shear*) sebagai hasil dari analisis *pushover* yang disajikan dalam gambar berikut :



Sumber : Olahan data penelitian, 2023.

Gambar 6. Kurva Kapasitas Arah-X

Dari kurva kapasitas yang dihasilkan untuk arah-X, diperoleh bahwa analisis *pushover* berhenti di langkah (*step*) 8, dengan *monitored displacement* yaitu 710,310 mm & gaya geser dasar sebesar 46734,5513 kN.



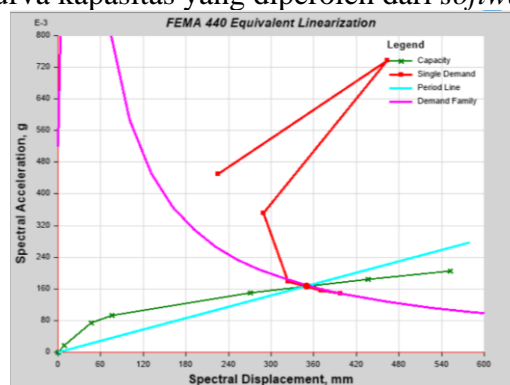
Sumber : Olahan data penelitian, 2023.

Gambar 7. Kurva Kapasitas Arah-Y

Sedangkan pada arah-Y, analisis berhenti di langkah (*step*) 10, dengan *monitored displacement* yaitu 904,504 mm & gaya geser dasar sebesar 76055,6401 kN.

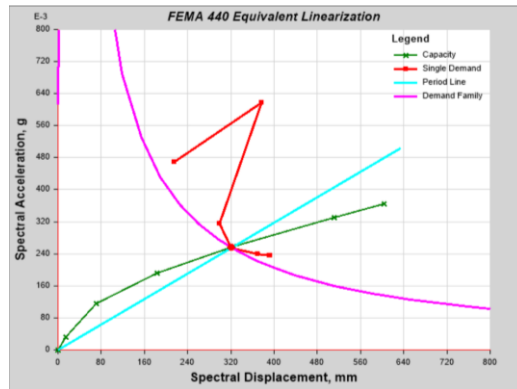
4. Menentukan Target Perpindahan

Berikut merupakan kurva kapasitas yang diperoleh dari *software* ETABS:



Sumber : Olahan data penelitian, 2023.

Gambar 8. Kurva Performance point arah- X



Sumber : Olahan data penelitian, 2023.

Gambar 9. Kurva Performance point arah- Y

Dari kurva di atas maka didapatkan *performance point* yaitu *displacement* = 440,471 mm dan gaya geser = 38363,2261 kN untuk arah- X & nilai *performance point* yaitu *displacement* = 457,276 mm & gaya 55150,5802 kN untuk arah – Y.

5. Level Kinerja Struktur

Tabel 2. Batasan Simpangan Level Kinerja Struktur

| Batas Simpangan Antar Tingkat | Level Kinerja Struktur | | | |
|-------------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|
| | <i>Immediate Occupancy</i> | <i>Damage Control</i> | <i>Life Safety</i> | <i>Structural Stability</i> |
| Simpangan total maksimum | 0,01 | 0,01-0,02 | 0,02 | $0,33 \frac{V_i}{P_1}$ |
| Simpangan inelastis maksimum | 0,005 | 0,005-0,015 | Tidak dibatasi | Tidak dibatasi |

Persamaan yang digunakan :

$$\text{Simpangan total maksimum} = \frac{Dt}{H \text{ Total}}$$

$$\text{Simpangan inelastis maksimum} = \frac{Dt-D1}{H \text{ Total}}$$

Keterangan :

Dt = *displacement* atap (paling atas)

D1 = *displacement* lantai 2 (lantai diatas penjepit lateral)

Evaluasi Kinerja Struktur Arah X

Batasan rasio *drift* atap yang dievaluasi dengan analisis ragam spektrum respons pada gedung, dengan simpangan total maksimum dan simpangan inelastis maksimum, maka:

$$\text{Simpangan total maksimum} = \frac{Dt}{H \text{ Total}}$$

$$= \frac{440,471}{53440} = 0,00824234 \text{ mm}$$

$$\text{Simpangan inelastis maksimum} = \frac{Dt-D1}{H \text{ Total}}$$

$$= \frac{440,471-0}{53440} = 0,00824234 \text{ mm}$$

Evaluasi Kinerja Struktur Arah Y

$$\text{Simpangan total maksimum} = \frac{Dt}{H \text{ Total}}$$

$$= \frac{457,276}{53440} = 0,00855681 \text{ mm}$$

$$\text{Simpangan inelastis maksimum} = \frac{Dt-D1}{H \text{ Total}}$$

$$= \frac{457,276-0}{53440} = 0,00855681 \text{ mm}$$

Hasil evaluasi level kinerja struktur sesuai ATC-40 pada struktur arah X dan Y, untuk nilai simpangan total maksimum dan nilai simpangan inelastis maksimum pada arah X dan Y, untuk nilai simpangan total maksimum dan nilai simpangan inelastis maksimum pada arah X dan Y termasuk kategori level *Immediate Occupancy* (IO) yakni struktur bangunan aman, resiko korban jiwa dari kegagalan struktur tidak terlalu berarti, gedung tidak mengalami kerusakan berarti, & dapat segera digunakan kembali.

6. Target Perpindahan Berdasarkan FEMA 356

Berikut perhitungan target perpindahan berdasarkan batasan *displacement & drift ratio*:

Tabel 3. Perbandingan target perpindahan dengan batasan displacement

| Metode Spektrum Kapasitas | Elevasi Gedung (mm) | Displacement (mm) | Roof Drift Ratio (%) | Level kinerja Struktur Gedung (mm) |
|---------------------------|---------------------|-------------------|----------------------|------------------------------------|
| Arah X | 53440 | 440,471 | 0,824 | IO |
| Arah Y | 53440 | 457,276 | 0,855 | IO |

Sumber : Olahan data penelitian, 2023.

Nilai *roof drift ratio* yang ditampilkan pada tabel di atas masih lebih kecil dari 1%, sehingga dapat disimpulkan bahwa berdasarkan batas simpangan yang disyaratkan oleh FEMA 356 & ATC-40, level kinerja gedung pada saat target perpindahan tercapai adalah *Immediate Occupancy*. Kinerja gedung *Immediate Occupancy* berarti pada saat struktur menerima beban gempa diharapkan tidak terjadi simpangan permanen, tidak ada kerusakan yang berarti pada struktur sehingga bangunan dapat tetap berfungsi dan tidak terganggu dengan masalah perbaikan, dimana kekuatan & kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa. Komponen non-struktur masih berada ditempatnya dan sebagian besar masih berfungsi jika utilitasnya tersedia.

7. Distribusi Sendi Plastis

Melalui analisis *pushover*, dapat diketahui pula jumlah elemen struktur yang telah mengalami kerusakan pada tiap tahap (*step*) peningkatan beban lateral serta saat titik kinerja tercapai. Jumlah elemen-elemen struktur yang telah melewati batas kriteria penerimaan atau distribusi sendi plastis yang terjadi pada elemen struktur gedung Rusun TNI AU Halim Perdanakusuma menurut arah pembebanannya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. Jumlah elemen dan tingkat kerusakan yang terjadi pada elemen struktur untuk arah pembebanan- X gedung

| Step | Monitored Displ mm | Base Force kN | A-B | B-C | C-D | D-E | >E | A-IO | IO-LS | LS-CP | >CP | Total |
|------|--------------------|---------------|------|-----|-----|-----|----|------|-------|-------|-----|-------|
| 0 | 0 | 0 | 7728 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7728 | 0 | 0 | 0 | 7728 |
| 1 | 10.958 | 3682.6293 | 7726 | 2 | 0 | 0 | 0 | 7728 | 0 | 0 | 0 | 7728 |
| 2 | 61.182 | 17358.9683 | 7206 | 522 | 0 | 0 | 0 | 7728 | 0 | 0 | 0 | 7728 |

| Step | Monitored Displ | Base Force | A-B | B-C | C-D | D-E | >E | A-IO | IO-LS | LS-CP | >CP | Total |
|------|-----------------|------------|------|------|-----|-----|----|------|-------|-------|-----|-------|
| 3 | 97.991 | 22087.6346 | 6570 | 1158 | 0 | 0 | 0 | 7728 | 0 | 0 | 0 | 7728 |
| 4 | 338.471 | 34855.2920 | 5174 | 2554 | 0 | 0 | 0 | 7642 | 86 | 0 | 0 | 7728 |
| 5 | 552.231 | 42206.8307 | 4564 | 3164 | 0 | 0 | 0 | 7174 | 554 | 0 | 0 | 7728 |
| 6 | 710.307 | 46734.3228 | 4206 | 3512 | 10 | 0 | 0 | 6771 | 953 | 4 | 0 | 7728 |
| 7 | 710.310 | 46734.5456 | 4206 | 3512 | 10 | 0 | 0 | 6771 | 953 | 4 | 0 | 7728 |
| 8 | 710.310 | 46734.5513 | 4206 | 3512 | 10 | 0 | 0 | 6771 | 953 | 4 | 0 | 7728 |

Titik kinerja (*performance point*) struktur untuk pembebanan arah- X gedung adalah 440,471 mm berada di antara step 4 & step 5, sehingga evaluasi komponen struktur dilakukan pada step 5 dengan *displacement* yang terjadi 552, 231 mm > 440,471 mm (δ_t). Distribusi sendi plastis yang terjadi pada step 5 memperlihatkan tidak ada komponen struktur yang melewati batas kinerja *Immediate Occupancy* (IO) sehingga dapat dikatakan kinerja komponen struktur masih dalam keadaan aman pada saat titik kinerja tercapai.

Tabel 5. Jumlah elemen dan tingkat kerusakan yang terjadi pada elemen struktur untuk arah pembebanan- Y gedung

| Step | Monitored Displ | Base Force | A-B | B-C | C-D | D-E | >E | A-IO | IO-LS | LS-CP | >CP | Total |
|------|-----------------|------------|------|------|-----|-----|----|------|-------|-------|-----|-------|
| | mm | kN | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 7728 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7728 | 0 | 0 | 0 | 7728 |
| 1 | 20.646 | 7381.1753 | 7724 | 4 | 0 | 0 | 0 | 7728 | 0 | 0 | 0 | 7728 |
| 2 | 93.959 | 26102.5225 | 7224 | 504 | 0 | 0 | 0 | 7728 | 0 | 0 | 0 | 7728 |
| 3 | 249.027 | 42706.0902 | 5814 | 1914 | 0 | 0 | 0 | 7728 | 0 | 0 | 0 | 7728 |
| 4 | 452.787 | 55479.9354 | 4827 | 2901 | 0 | 0 | 0 | 7664 | 64 | 0 | 0 | 7728 |
| 5 | 756.707 | 69425.4252 | 4128 | 3600 | 0 | 0 | 0 | 7258 | 470 | 0 | 0 | 7728 |
| 6 | 903.667 | 76059.8664 | 3960 | 3760 | 8 | 0 | 0 | 6801 | 927 | 0 | 0 | 7728 |
| 7 | 904.085 | 76058.4346 | 3960 | 3760 | 8 | 0 | 0 | 6801 | 925 | 2 | 0 | 7728 |
| 8 | 904.293 | 76056.9676 | 3960 | 3760 | 8 | 0 | 0 | 6801 | 925 | 2 | 0 | 7728 |
| 9 | 904.295 | 76056.9989 | 3960 | 3760 | 8 | 0 | 0 | 6801 | 925 | 2 | 0 | 7728 |
| 10 | 904.504 | 76055.6401 | 3960 | 3760 | 8 | 0 | 0 | 6801 | 923 | 4 | 0 | 7728 |

Titik kinerja (*performance point*) struktur untuk pembebanan arah- Y gedung adalah 457,276 mm berada di antara step 4 & step 5, sehingga evaluasi komponen struktur dilakukan pada step 5 dengan *displacement* yang terjadi 756, 707 mm > 457,276 mm (δ_t). Distribusi sendi plastis yang terjadi pada step 5 memperlihatkan tidak ada komponen struktur yang melewati batas kinerja *Immediate Occupancy* (IO) sehingga dapat dikatakan kinerja komponen struktur masih dalam keadaan aman pada saat titik kinerja tercapai.

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi/analisis kinerja struktur gedung rumah susun TNI AU Halim Perdanakusuma dengan menggunakan metode *pushover analysis* dengan bantuan *software* ETABS, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan titik kinerja maka diperoleh nilai rasio simpangan struktur yang terjadi akibat pembebanan gempa arah- X dan arah- Y adalah 0,824 % dan 0,855% . Rasio simpangan struktur yang terjadi masih lebih kecil dari batas simpangan yang disyaratkan oleh FEMA 356 dan ATC-40 untuk level *Immediate Occupancy* yaitu 1%. Oleh karena itu, level kinerja struktur adalah *Immediate Occupancy*, maka dapat

disimpulkan bahwa kinerja komponen struktur masih dalam keadaan aman pada saat titik kinerja tercapai.

2. Berdasarkan kurva kapasitas (*capacity curve*) maka diperoleh *base shear* maksimum sebesar 46.734,55 kN dan *displacement* yang dihasilkan untuk arah-X yaitu 710,310 mm dan sedangkan pada arah-Y, diperoleh *base shear* maksimum sebesar 76.055,64 kN dan perpindahan yang dihasilkan yaitu 904,504 mm, dan setelah dilakukan pengecekan pada desain tidak terdapat tulangan yang kurang baik/OS (*Overstress*) pada kolom dan balok. *Overstress* terjadi disebabkan karena elemen struktur tersebut lemah terhadap gaya lentur ataupun gaya geser.
3. Berdasarkan distribusi sendi plastis, pola keruntuhan yang terjadi pada bangunan sesuai dengan konsep desain kolom kuat balok lemah. Karena terjadi keruntuhan terlebih dahulu pada balok, lalu diikuti pada kolom. Dengan nilai keruntuhan tidak melewati batasan *displacement* sehingga elemen struktur dapat dikatakan aman.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Applied Technology Council,. 1996, “*Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*”.*Applied Technology Council (ATC-40)* : Redwood City, California, U.S.A
- [2]. Abain, T, Imran, Fais Imron,. 2018, “Evaluasi Kinerja Struktur Beton Gedung Fakultas Ekonomi UNKHAIR Dengan Analisis Pushover ATC-40”. *Jurnal Sipil Sains*. 8(15) , 1-10
- [3]. Arifin, Z, Suyadi, Surya Sebayang,. 2015, “Analisis Struktur Gedung POP Hotel Terhadap Beban Gempa Dengan Metode *Pushover Analysis*”. *Jurnal (jrstd)*, 3(3) , 424 – 440
- [4]. ASCE,. 2000, “*Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*”.*Federal Emergency Management Agency (FEMA 356)* : Washington, DC
- [5]. Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2019, SNI 1726-2019 “Tata Cara Perencanaan Tahan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung”. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional
- [6]. Dewobroto, W,. 2006. “Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000”.*Universitas Pelita Harapan*. 3(1), 7-24
- [7]. Fitri Nabhillah, R, Gati Annisa Hayu,. 2020, “Analisis Perilaku Struktur Perkantoran Tahan Gempa Menggunakan Metode *Pushover Analysis*”. *Jurnal Teknik Sipil*. 6(2), 141-154
- [8]. Oktopianto, Y, Andayani R,. 2013, “Evaluasi Kinerja Struktur Beton Bertulang Dengan *Pushover Analysis*”. *Prosiding PESAT (Psikologi, Ekonomi, Sastra, Arsitektur & Teknik Sipil)*, 64-72
- [9]. Pranata, Y. A,. 2006, “Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa dengan *Pushover Analysis*”. *Jurnal Teknik Sipil*. 3(1), 41-52
- [10]. Puskim,. 2019, “Peta sumber dan bahaya gempa indonesia tahun 2019”,. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum
- [11]. Rizcky, V,. 2014, “Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Dengan *Pushover Analysis* Akibat Beban Gempa Padang”. *ITS Paper and Presentations*, Institut Teknologi Sepuluh November : Surabaya
- [12]. Sudarman, H. Manalip, Reky S. Windah, Servie O. Dapas,. 2014, “Analisis *Pushover* Pada Struktur Gedung Bertingkat Tipe Podium”. *Jurnal Sipil Statik (JSS)*. 2(4) , 201-213
- [13]. Tavio, Wijaya, U,. 2018. “Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja (*Performance Based Design*)”. Yogyakarta : PT. ANDI Yogyakarta