

ANALISIS KINERJA BANGUNAN ATAS GEDUNG BERTINGKAT DUAL SYSTEM (SRPMK DAN DINDING GESER) DENGAN METODE PUSHOVER PADA GEDUNG KANTOR OTORITAS BANDAR UDARA WILAYAH III SURABAYA

Achmat Ujiul Bastomi, Nurul Rochmah, ST., MT., M.Sc.

aujiul@gmail.com

Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Abtrak

Gedung Perkantoran yang didesain merupakan Gedung Kantor Otoritas Bandar Udara Wilayah III Surabaya dengan luas bangunan eksisting 1617,3 m². Gedung perkantoran eksisting dibangun pada tahun 2013 oleh PT Pembangunan Perumahan, yang kemudian didesain ulang menggunakan peraturan SNI terbaru. Berdasarkan hasil Standart Peneration Test (SPT), didapatkan bahwa gedung dibangun diatas tanah dengan kondisi tanah lunak (kelas situs SE). Karena merupakan fasilitas perkantoran maka termasuk kategori risiko II dan disimpulkan bangunan ini termasuk Kategori Desain Seismik D.

Perhitungan struktur menggunakan sistem struktur dual system yaitu sistem rangka pemikul momen khusus dan shearwall yang kemudian dianalisis menggunakan metode *pushover* untuk mengetahui kinerja struktur bangunan gedung. Perhitungan ini mengacu pada SNI 03-1726-2012 : Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung. Pembebanan mengacu pada SNI 03-1727-2013 : Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain dan Juga ASCE. Struktur yang dihitung adalah stuktur bangunan atas yang meliputi plat lantai, plat atap, balok, kolom dan dinding geser. Keseluruhan struktur adalah beton bertulang, yang mengacu pada SNI 03-2847-2013 : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.

Hasil dari perhitungan diperoleh dimensi balok, kolom, plat, dinding geser dan penulangan balok, kolom, plat dan dinding geser. Dari hasil analisis *pushover* menggunakan program SAP 2000 v.14 diperoleh nilai defleksi sebesar 15,79 mm yang masih dibawah simpangan antar lantai ijin sebesar 40 mm dan rasio simpangan struktur (structural-drift ratio) 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*.

Kata Kunci : Analisis *Pushover*, *Dual System*, SAP2000, Struktur, Surabaya

Abstract

The office building that was designed in Surabaya is Airport Authority Office Area III Surabaya with an existing building area of 1617.3 m². The existing office building was built in 2013 by PT Pembangunan Perumahan, which was then redesigned using the latest SNI regulations. Based on the results of the Standard Peneration Test (SPT), it was found that the building was built on land with soft soil conditions (class of SE sites). Because it is an office facility, it belongs to the risk category II and it is concluded that this building belongs to the Seismic Design Category D.

The calculation of the structure using a dual system structure is a special moment bearing system and shearwall which is then analyzed using the pushover method to determine the performance of the building structure. This calculation refers to SNI 03-1726-2012: Procedures for Planning Earthquake Resilience for Building and Non-building Structures. Charging refers to SNI 03-1727-2013: Minimum Load for the Design of Buildings and Other Structures and ASCE. The calculated structure is the upper building structure which includes floor plates, roof plates, beams,

columns and shear walls. The whole structure is reinforced concrete, which refers to SNI 03-2847-2013: Procedure for Calculating Concrete Structures for Buildings.

The results of the calculations obtained dimensions of beams, columns, plates, shear walls and reinforcement beams, columns, plates and shear walls. From the results of pushover analysis using the SAP 2000 v.14 program, a deflection value of 15.79 mm is still below the intersection between permit floors of 40 mm and the structural-drift ratio that occurs is still smaller than the deviation limit required by FEMA 356 and ATC-40 for the level of Immediate Occupancy, which is 1%, therefore the level of structure performance is Immediate Occupancy.

Keyword : Pushover Analysis, Dual System, SAP2000, Structure, Surabaya

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Masalah yang sering terjadi pada proses pembangunan gedung bertingkat yaitu apakah desain bangunan tersebut mampu menahan semua beban yang bekerja baik dari gaya atau beban sendiri gedung atau beban dari luar yaitu gempa dan angin. Oleh karena itu yang perlu diperhatikan dalam merencanakan bangunan tahan gempa adalah faktor keamanan yang sudah ditetapkan dalam Standar perencanaan ketahanan gempa.

Analisis kinerja dapat dilakukan dengan analisis *pushover* yang *built-in* pada program SAP2000, sedangkan titik kinerja untuk evaluasi masih harus ditentukan tersendiri.

Kantor Otoritas Bandar Udara Wilayah III Surabaya di bangun pada tahun 2013 oleh PT. Pembangunan Perumahan, Tbk. Sistem struktur bangunan sekarang adalah Sistem Rangka Pemikul Momen yang merupakan salah satu dari sistem penahan gaya gempa, kemudian akan direncanakan ulang dengan menggunakan sistem ganda yaitu Dinding Geser dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus yang bisa membuat desain kolom lebih kecil karena beban gempa yang diterima di tumpu lebih banyak pada Dinding Geser kemudian di analisis dengan Analisis Pushover untuk mengetahui kinerja perencanaan struktur terhadap beban gempa.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana kinerja struktur yang direncanakan terhadap beban gempa?

1.3. Tujuan

1. Mengetahui kinerja struktur gedung yang direncanakan terhadap beban gempa

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Ganda (Dual System)

Menurut SNI 03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non- gedung, Sistem Ganda merupakan sebuah sistem struktur dengan rangka pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser dengan rangka pemikul momen yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan.

2.2. Sistem Rangka Pemikul Momen

SRPMK adalah suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-ketentuan SNI 2847:2013 Pasal 21.1.2 hingga 21.1.8, Pasal 21.5 hingga 21.8, serta Pasal 21.11 hingga 21.13. Sistem ini memiliki tingkat daktilitas penuh dan harus digunakan untuk bangunan yang dikenakan KDS D, E atau F. (Iswandi dan Fajar, 2016)

2.3. Dinding Geser (*Shearwall*)

Menurut SNI 1726-2002 Dinding geser adalah suatu sistem struktur yang fungsi utamanya untuk menahan beban geser yang terjadi dan sendi plastis berada pada kakinya. Rasio antara tinggi dan lebar > 2 m dan lebar $> 1,5$ m.

2.4. Analisis Pushover

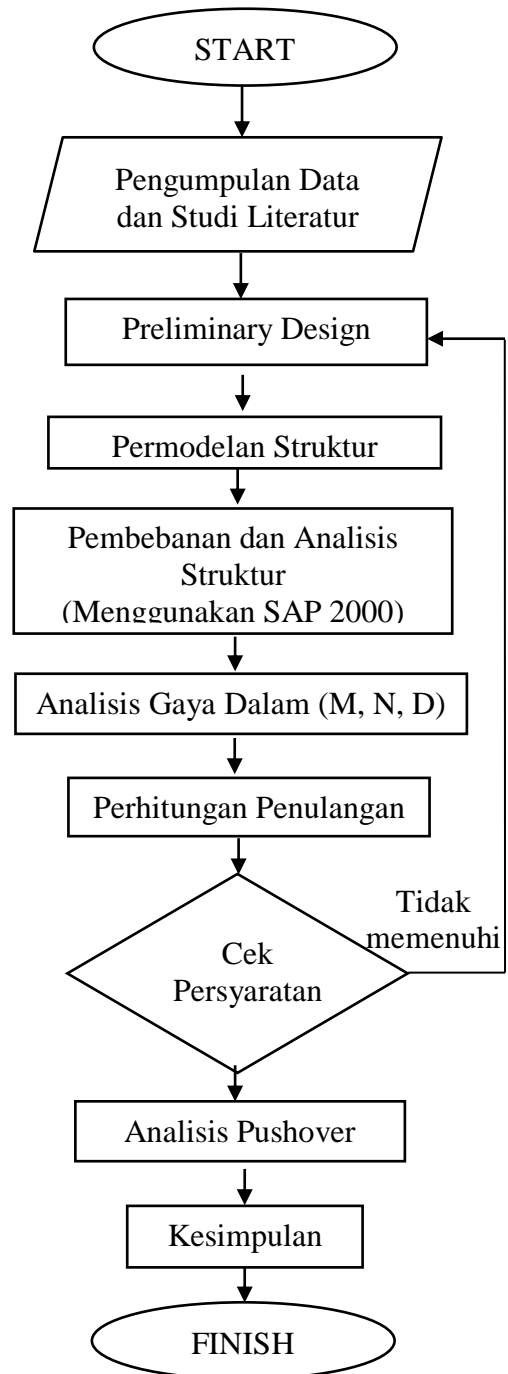
Menurut SNI Gempa 03-1726-2002, analisis statik beban dorong (i) adalah suatu analisis nonlinier statik, yang dalam analisisnya pengaruh gempa rencana terhadap struktur bangunan gedung dianggap sebagai beban statik pada pusat massa masing-masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan sehingga menyebabkan terjadinya pelelehan (sendi plastis) pertama di dalam struktur bangunan gedung, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk pasca-elastik yang besar sampai mencapai target peralihan yang diharapkan atau sampai mencapai kondisi plastik.

Performance levels atau level kinerja dari struktur bangunan setelah menerima beban gempa berdasarkan FEMA 273/356 berturut-turut dari respons yang paling kecil, terdiri atas:

- **Fully Operational (FO)**, adalah kondisi bangunan yang tidak mengalami kerusakan sama sekali setelah gempa dan langsung bisa beroperasi
- **Immediatety Occupancy (IO)** adalah kondisi bangunan secara keseluruhan struktur bangunan masih bisa dioperasikan atau aman untuk di gunakan setelah gempa terjadi
- **Life Safety (LS)** adalah kondisi bangunan mengalami kerusakan sedang (*damage scale*),
- **Collapse Prevention (CP)** adalah kondisi struktur bangunan mengalami kerusakan parah, tidak roboh atau runtuh dan masih tetap berdiri.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Ali



Gambar 1 Diagram Alir

IV. PEMBAHASAN

4.1. Data Preliminary Desain

Data untuk struktur gedung beton bertulang ini adalah sebagai berikut :

Tipe Bangunan	: Gedung Perkantoran
Letak Bangunan	: Dekat dengan Bandara
Lebar Bangunan	: 13.5 m
Panjang Bangunan	: 18 m
Tinggi Bangunan	: 24 m
Mutu Beton	: 35 Mpa
Mutu Baja	: 400 Mpa (BJTD U40)

4.2. Data Perencanaan

a. Plat Lantai Dua Arah

Tabel 1 Tabel Penulangan Plat Dua Arah

Plat Lantai Dua Arah					
Tipe Plat	Tebal	Tumpuan		Lapangan	
	(mm)	x	y	x	y
S1 (6 x 3,75)	120	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200
S2 (6 x 3)	120	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200
S3 (2,65 x 2,45)	120	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200
S4 (2,45 x 1,65)	120	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200

b. Balok

Tabel 2 Tabel Penulangan Balok

Balok								
Tipe Balok	Dimensi (mm)	Tulangan Lentur				Tulangan Geser		Tulangan Badan
		Tumpuan Tarik	Lapangan Tekan	Tumpuan Tarik	Lapangan Tekan	Tumpuan	Lapangan	
B1	400 x 600	8D25	4D25	2D25	4D25	2D13-70	2D13-150	2D25
B2	300 x 450	6D25	4D25	2D25	4D25	2D13-70	2D13-150	2D19
B3	200 x 300	4D13	2D13	2D13	2D13	2D10-100	2D10-150	-

c. Kolom

Tabel 3 Tabel Penulangan Kolom

Kolom				
Tipe Kolom	Dimensi (mm)	Tulangan Lentur	Tulangan Geser	
			Sejarak ℓ_o	Diluar ℓ_o
K1	600 x 600	16D25	3D13-100	3D13-150

d. Hubungan Balok Kolom

Tabel 4 Tabel Penulangan Kolom

Hubungan Balok - Kolom			
Tipe Kolom	Dimensi (mm)	Tulangan Lentur	Tulangan Geser
	K1-K1	600 x 600	16D25

e. Shearwall.

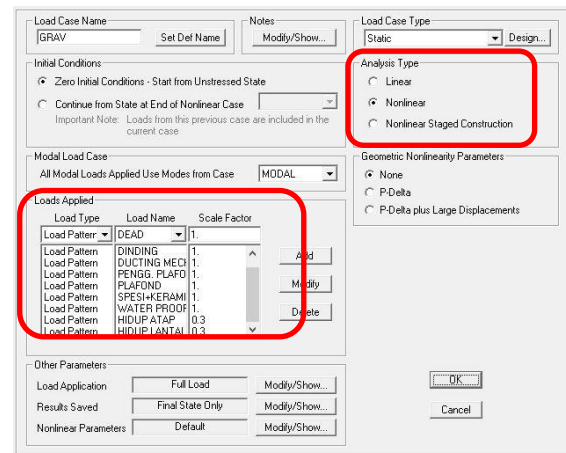
Tabel 5 Tabel Penulangan Kolom

Shearwall				
Tipe Shearwall	Dimensi		Tulangan	
	Sayap (mm)	Badan (mm)	Vertikal	Horizontal
SW1	600x600	5400x250	2D13-300	2D13-300

4.3. Analisis Pushover

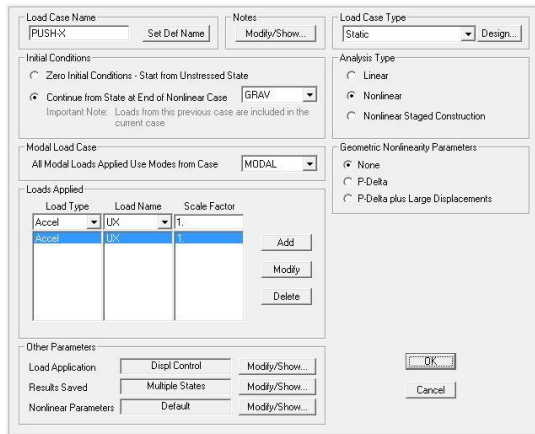
Analisis *pushover* dilakukan dalam dua tahap pembebanan, yaitu:

- Tahap pertama, struktur gedung dibebani oleh beban gravitasi statis non linier yang dinamakan GRAV, yaitu kombinasi beban mati dengan koefisien pembebanan 1,0 dan beban hidup dengan koefisien pembebanan 0,3.

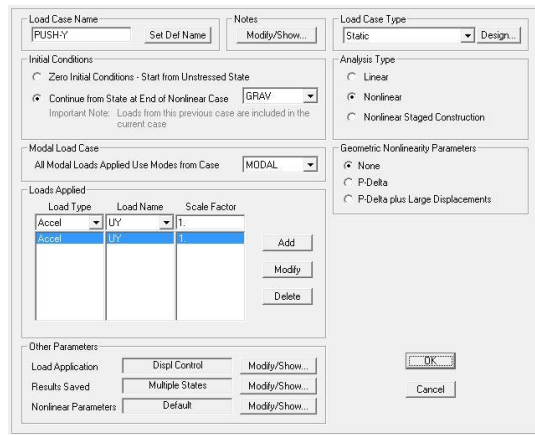


Gambar 2 Input Pembebanan Gravitasi

- Tahap kedua, analisis dilanjutkan dengan memberikan pola beban dorong lateral pada struktur. Pendefinisian tahap kedua melalui menu *Define-Loads Cases-Add New Case*. Beban *Pushover* statis non linier dinamakan PUSH. Menggunakan tipe *displacement control* dengan cara memberikan dorongan dengan *Increment* tertentu sebesar 150 mm. Karena tahap kedua baru dilakukan setelah tahap pertama selesai, maka opsi *Continue from State at End of Nonlinear Case* diaktifkan, dengan akhir dari analisis 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.



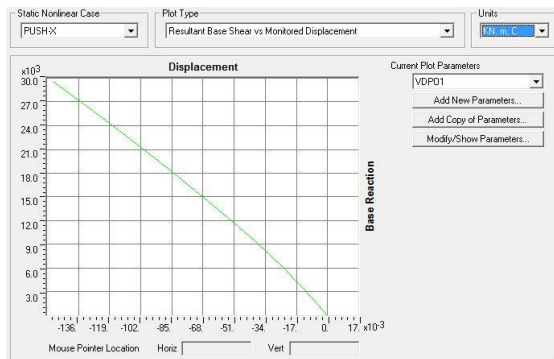
Gambar 3 Input Pembebanan Arah X



Gambar 4 Input Pembebanan Arah Y

4.4. Kurva Kapasitas

Kurva kapasitas (*capacity curve*) merupakan kurva hubungan antara perpindahan lateral lantai teratas/atas (*displacement*) dengan gaya geser dasar (*base shear*) sebagai hasil dari analisis pushover yang disajikan dalam gambar di bawah ini :

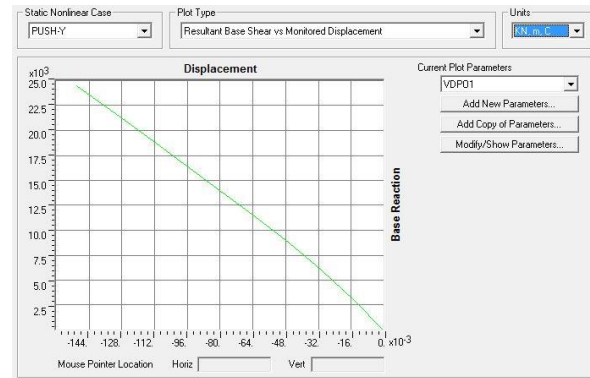


Gambar 5 Kurva Kapasitas Arah X

Dari kurva kapasitas arah-X, diperoleh bahwa analisis pushover di langkah (step) 11 berhenti, yaitu pada saat titik kontrol mencapai perpindahan sebesar 149,98 mm dan gaya geser dasar 29.616,93 kN.

Tabel 6 Perpindahan titik kontrol dan gaya geser dasar step 0-10 arah-X

TABLE: Pushover Curve - PUSH-X		
Step	Displacement mm	Base Force KN
0	0.022407	0
1	-8.204321	2154.605
2	-23.344808	5909.341
3	-39.338853	9314.773
4	-54.816328	12440.075
5	-69.947811	15329.735
6	-86.834501	18502.256
7	-102.367467	21363.677
8	-118.014607	24073.503
9	-133.139219	26713.558
10	-148.209837	29322.349
11	-149.977593	29616.93



Gambar 6 Kurva Kapasitas Arah Y

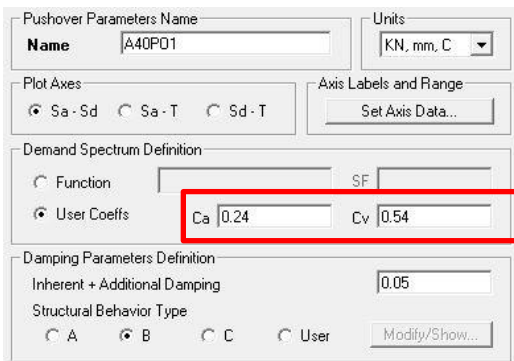
Dari kurva kapasitas arah-Y, diperoleh bahwa analisis pushover di langkah (step) 10, yaitu pada saat titik kontrol mencapai perpindahan 150,35 mm dan gaya geser dasar 24.487,80 kN.

Tabel 7 Perpindahan titik kontrol dan gaya geser dasar step 0-11 arah-Y

TABLE: Pushover Curve - PUSH-Y		
Step	Displacement mm	BaseForce KN
0	-0.361324	0
1	-14.519994	2954.558
2	-30.708731	6033.921
3	-46.434666	8691.588
4	-62.864336	11335.371
5	-78.605136	13765.895
6	-97.948873	16723.034
7	-113.967084	19143.766
8	-129.460945	21434.483
9	-149.469978	24372.533
10	-150.361324	24502.878

4.4.1. Menentukan Target Perpindahan dengan Metode Spektrum Kapasitas (ATC 40)

Dari kurva respon spektrum rencana yang sudah ditentukan pada sub bab 4.5.2.9 didapatkan $C_a = 0,24$, dan $C_v = 0,54$

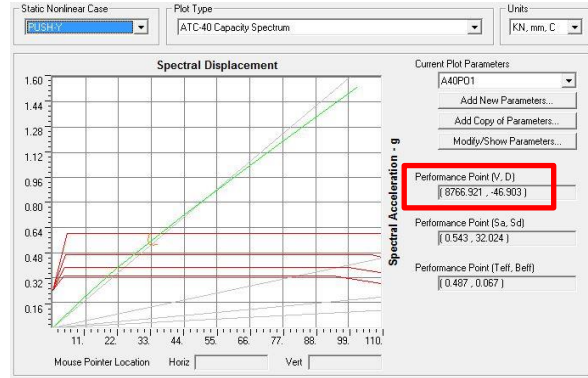


Gambar 7 Input nilai C_a dan C_v pada Pushover Parameter

1. Arah X



Gambar 8 Kurva kapasitas arah-X dalam format ADRS



Gambar 9 Kurva kapasitas arah-Y dalam format ADRS

Titik kinerja (*performance point*) atau target perpindahan gedung merupakan perpotongan antara kurva spektrum kapasitas dan spektrum demand dalam format ADRS, yang menunjukkan bagaimana kekuatan struktur dalam memenuhi suatu beban yang diberikan. Dari gambar 8 dan gambar 9 didapatkan nilai target perpindahan dan gaya geser dasar pada titik kontrol tinjauan yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 8 Perpindahan titik kontrol dan gaya geser dasar step 0-10 arah-Y

	Target Perpindahan (mm)	Gaya Geser Dasar (kN)
Arah-X	38,55	9.148,19
Arah-Y	46,90	8.766,92

4.4.2. Evaluasi Kinerja Struktur

Tabel 9 Perbandingan target perpindahan dengan batasan displacement

Kriteria	Target perpindahan				Batasan displacement 0,01h (mm)
	x	(%)	y	(%)	
Spektrum kapasitas	38,55	16,06	46,9	19,54	240

Level kinerja struktur (*structural performance levels*) ditentukan melalui kriteria *roof drift ratio* yang diperoleh pada saat target perpindahan tercapai.

Tabel 10 Perhitungan *drift ratio* berdasarkan perpindahan titik kontrol pada saat target perpindahan tercapai

Metode Spektrum Kapasitas	Elevasi Gedung (mm)	δt	Roof drift ratio (%)	Level Kinerja Gedung
Arah-X	24000	38,55	0,16	IO
Arah-Y	24000	46,90	0,19	IO

Nilai *roof drift ratio* yang ditampilkan pada tabel di atas masih lebih kecil dari 1%, berdasarkan batas simpangan yang disyaratkan oleh FEMA 356 dan ATC-40.

Tabel 11 Batasan *roof drift ratio* menurut ATC-40

Parameter	Performance Level			
	OI	Damage Control	LS	Structural Stability
Maksimum Total Drift	0,01	0,01 s.d 0,02	0,02	0,33
Maksimum Total Inelastik Drift	0,005	0,005 s.d 0,015	No limit	No limit

Dapat disimpulkan bahwa 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 dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa.

Komponen non-struktur masih berada ditempatnya dan sebagian besar masih berfungsi jika utilitasnya tersedia.

4.4.3. Sendi Plastis

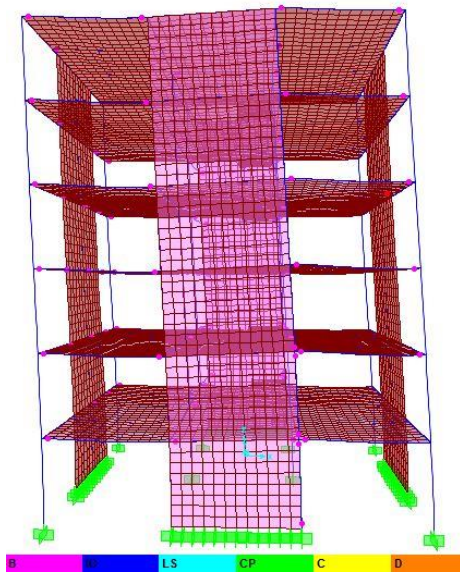
Melalui analisis *pushover*, dapat diketahui pula jumlah elemen struktur yang telah mengalami kerusakan pada tiap tahap (*step*) peningkatan beban lateral serta saat titik kinerja tercapai. Jumlah elemen-elemen struktur yang telah melewati batas kriteria penerimaan (*acceptance criteria*) atau distribusi sendi

plastis yang terjadi pada elemen struktur gedung Kantor Otoritas Bandar Udara Juanda menurut arah pembebanannya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 12 Kurva kapasitas pushover ATC40 arah-X

Step	Teff	Beff	SdCapacity	SaCapacity	SdDemand
			mm		mm
0	0.426291	0.05	0	0	27.085
1	0.426291	0.05	5.807	0.128638	27.085
2	0.432443	0.054405	16.356	0.352094	27.059
3	0.444562	0.066207	27.295	0.555982	26.742
4	0.452408	0.0697	37.834	0.744152	27.191
5	0.459157	0.072644	48.1	0.918472	27.592
6	0.46485	0.073419	60.054	1.118813	28.17
7	0.469067	0.073709	70.88	1.296861	28.643
8	0.473713	0.075484	81.864	1.468596	28.957
9	0.477546	0.075105	95.219	1.680861	29.483
10	0.479196	0.074781	102.012	1.788393	29.734

Titik kinerja (*performance point*) struktur untuk pembebanan arah-X gedung adalah 38,55 mm, berdasarkan tabel 4.27 berada di antara step-2 dan step-3, sehingga evaluasi komponen struktur dilakukan pada step 3 dengan displacement yang terjadi 39,34 mm > 38,55 mm (δt). Distribusi sendi plastis yang terjadi pada step-3 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.



Gambar 10 Distribusi sendi plasti pada step-3 untuk pembebanan arah-X

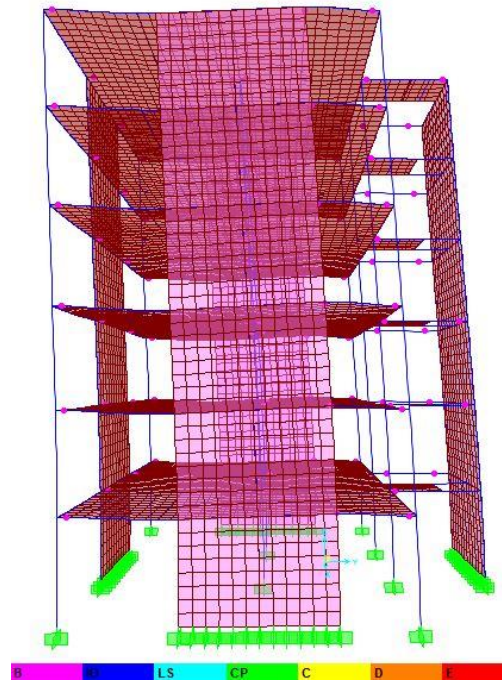
Warna pada sendi plastis menunjukkan secara grafis posisi dan tingkat kerusakan yang terjadi pada sendi plastis. Distribusi sendi plastis pada tiap tahapan peningkatan beban lateral hingga titik kinerja tercapai yang terjadi pada komponen struktur ditampilkan pada gambar 10.

Tabel 13 Kurva kapasitas pushover ATC40 arah-Y

TABLE: Pushover Curve Demand Capacity - ATC					
Step	Teff	Beff	SdCapacity	SaCapacity	dDemand
			mm		mm
0	0.465867	0.05	0	0	32.347
1	0.465867	0.05	9.775	0.18131	32.347
2	0.476566	0.059233	20.992	0.37209	31.94
3	0.486888	0.066593	31.706	0.53842	32.01
4	0.495064	0.070072	42.876	0.70426	32.498
5	0.501329	0.071901	53.546	0.85767	33.016
6	0.506882	0.072077	66.673	1.04466	33.722
7	0.510545	0.07185	77.603	1.19853	34.25
8	0.513598	0.071705	88.015	1.34322	34.687
9	0.516881	0.071255	101.556	1.53025	35.212
10	0.517007	0.071234	102.127	1.53811	35.233

Titik kinerja (performance point) struktur untuk pembebanan arah-Y gedung adalah 46,90 mm, berdasarkan tabel 4.29 berada di antara step-3 dan step-4, sehingga evaluasi komponen struktur dilakukan pada step 4

dengan displacement yang terjadi 62,89 mm > 46,90 mm (δ_t). Distribusi sendi plastis yang terjadi pada step-4 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.



Gambar 11 Distribusi sendi plasti pada step-4 untuk pembebanan arah-Y

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Titik kinerja gedung untuk pembebanan gempa arah-X adalah 38,55 mm dengan gaya geser dasar yang terjadi 9.148,19 kN, sedangkan untuk pembebanan gempa arah-Y diperoleh titik kinerja gedung yaitu 46,90 mm dengan gaya geser yang terjadi adalah 8.766,92 kN. Berdasarkan titik kinerja yang didapatkan diperoleh bahwa rasio simpangan struktur (*structural-drift ratio*) yang terjadi akibat pembebanan gempa arah-X dan arah-Y adalah 0,16% dan 0,19%. 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*.

5.2. Saran

1. Dalam pengerjaan Tugas Akhir, hendaknya untuk menyusun sistematika penyusunan TA secara urut dan menyeluruh agar dalam pengerjaannya tidak ada yang terlupakan dan berjalan lancar.
2. Perlunya untuk mengumpulkan data perencanaan, mulai dari data tanah dan gambar perencanaan sebagai data primer dalam perhitungan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASCE 7-2002. *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structure*. American Society of Civil Engineers. Reston, Virginia.
- Ashfahani, Hisyam. (2017). *Desain Struktur Bangunan Gedung Perkuliahan di Surabaya Menggunakan SRPMK dan Shearwall Serta Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi*. Surabaya : Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Surabaya.
- ATC. 1996. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings Volume 1*. California.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. SNI 03-1726-2002 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. SNI 03-1726-2012 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI 03-1727-2013 *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: BSN.
- Chu-Kia Wang, dan Charles G. Salmon. 1994. *Desain Beton Bertulang*, Penerjemah Hariandja, Binsar. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBB)*. Bandung: Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum.
- Henuk, Meki Alexander. (2012). *Evaluasi Perilaku Inelastik Struktur Beton Bertulang Yang Menggunakan Dinding Geser Dengan Analisis Pushover*. Yogyakarta : Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Nurdianti, Ulfa. (2013). *Studi Keandalan Struktur Gedung Tinggi Tidak Beraturan Menggunakan Pushover Analysis Pada Tanah Medium*. Makassar : Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin.
- Purowono R. (2005). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya : ITS Press.
- Sari, Dian Purnia. (2017). *Analisis Kinerja Struktur Atas Dengan Menggunakan Metode Pushover Pada Perencanaan Gedung Rumah Sakit 7 Lantai di Mojokerto*. Surabaya : Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945.
- Setiawan, Agus. (2016). *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*. Jakarta: Penerbit Erlangga