

EVALUASI KINERJA DESAIN STRUKTUR GEDUNG ICU, PICU DAN NICU RSUD SURADADI KABUPATEN TEGAL

FATKHUROZAK¹, ANTONIUS², SUMIRIN³

Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Sultan Agung¹, Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Sultan Agung^{2,3}

Email: fatkhurozak1.0@gmail.com¹, antonius@unissula.ac.id², sumirin@unissula.ac.id³

DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v7i2.4624>

Abstrak: Gedung ICU, PICU, dan NICU RSUD Suradadi Kabupaten Tegal merupakan objek penelitian kami dalam mengevaluasi kinerja desain struktur. Maksud Penelitian yakni menentukan kehandalan struktur gedung meliputi: *Inelastic Drift*, kestabilan gedung terhadap batas pengaruh *P-delta*, ketidakberaturan struktur, keterpenuhan syarat minimum rasio M_c/M_b , serta penentuan level kinerja struktur. Penelitian dilakukan dengan metode *analisis numeric static non linier pushover* melalui pemodelan struktur dengan program SAP 2000, sedangkan evaluasi kinerja strukturnya mengacu pada FEMA 310 - 1998. diperoleh Batas Stabilitas Struktur θ_{max} (0.200) > Batas Pengaruh *P-Delta* (0.100). Hanya terdapat ketidakberaturan horizontal sudut dalam. Terhadap syarat kekuatan lentur kolom $\sum M_n C \geq 1,2 \sum M_n B$ terpenuhi yakni 1068,94 KNm > 926,781 KNm serta Δ_{maks} arah x-x dan y-y (0,0037) < 0,01 (*immediate Occupancy*).

Kata Kunci: *displacement, drift limit, P-delta, Immediate Occupancy.*

Abstract: ICU, PICU, and NICU buildings of Suradadi Hospital Tegal Regency are the object of our research in evaluating structural design performance. The research objective is to determine the reliability of building structures including: the *Inelastic Drift* value, the stability of the building against the *P-delta* influence limit, structural irregularity, the fulfillment of the minimum requirement for the M_c/M_b ratio, and the determination of the structural performance level. The research was conducted using numeric static non-linear pushover analysis method through structural modeling with SAP 2000 program, while the structural performance evaluation refers to FEMA 310 - 1998. results: Structure Stability Limit θ_{max} (0.200) > *P-Delta* Influence Limit (0.100), The column flexural strength requirement $\sum M_n C \geq 1.2 \sum M_n B$ is met i.e. 1068.94 KNm > 926.781 KNm and Δ_{max} deviation in x-x and y-y direction (0.0037) < 0.01 (*immediate Occupancy*).

Keywords: *displacement, drift limit, P-delta, Immediate Occupancy*

A. Pendahuluan

Evaluasi kinerja bangunan (*seismic Evaluation*) bermaksud untuk menentukan prosedur perilaku struktur saat diberikan beban desain sehingga dapat dibuat perkuatan jika diperlukan. *American Society of Civil Engineers* (ASCE), bermitra dengan *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) dalam FEMA 310, memberikan prosedur evaluasi seismik bangunan bangunan yang ada dengan tingkat kinerja *Immediate Occupancy* atau *Life safety*.

Rancangan suatu bangunan untuk kinerja seismik adalah untuk meningkatkan daktilitas komponen struktur dan melindungi komponen struktural lainnya yang diharapkan berperilaku elastis. Salah satu konsep perencanaan bangunan tahan gempa adalah konsep *strong column weak beam* yang termasuk di dalam rangkaian metode SRPMK. Dengan adanya desain kapasitas struktur gedung tahan gempa memungkinkan gedung tetap bertahan saat terjadi gempa bumi sehingga dapat menambah angka keamanan bagi para pengguna gedung. Namun untuk setiap struktur bangunan gedung memiliki kriteria kinerja struktur yang berbeda-beda tergantung dari lokasi, bentuk dan fungsi struktur gedung tersebut.

Gedung ICU, PICU dan NICU RSUD SURODADI TEGAL saat penelitian belum selesai dibangun dan mendapatkan kesempatan penyelesaian pekerjaan melebihi tahun anggaran selama 50 hari kalender. Gedung tersebut Terdiri dari Gedung A 2 lantai yang akan ditambahkan 1 lantai dan

dihubungkan dengan Gedung B 3 lantai yang terletak di Kabupaten Tegal Jawa Tengah. Open frame yang direncanakan sebagai struktur atas berfungsi sebagai sistem rangka pemikul momen. Analisis numeric menjadi metode Penelitian menggunakan pemodelan struktur program SAP 2000, sedangkan evaluasi kinerja strukturnya mengacu pada FEMA 310 – 1998.

B. Metodologi Penelitian

Obyek penelitian pada Gedung ICU,PICU dan NICU RSUD Sradadi, Kabupaten Tegal. Terletak di jalan Raya Tegal Pemalang KM 12 yang dijadikan sampel merupakan bangunan yang baru dibangun pada bulan Juni 2021 - Januari 2022 dimana penulis bertugas sebagai Tim Teknis.



Gambar 1 Letak Gedung ICU,PICU dan NICU RSUD Suradadi

Beberapa metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pengumpulan data, pemetaan atau observasi lapangan dan analisis komputer linear dan non-linear berpedoman FEMA 310, SNI 03 – 1726 – 2019 Tentang Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung, SNI 03 – 1727 – 2020 Tentang Beban Desain Minimum dan kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktural SNI 03 – 2847 – 2019 Tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.

Pengumpulan data dilakukan sejak awal penelitian, data yang dibutuhkan dari Gedung ICU,PICU,dan NICU RSUD Suradadi,Kabupaten Tegal, mutu besi dan mutu beton, gambar asbuilt serta fungsi ruangan dan seterusnya.

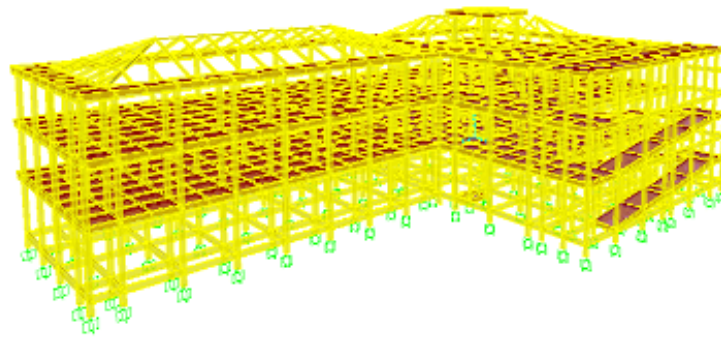
Spektrum untuk wilayah gempa berdasarkan lokasi bangunan tersebut dari aplikasi *online* puskim.pu.go.id.

Pada penelitian ini analisis struktur linier dan non linier menggunakan bantuan program SAP2000 versi 22. Acuan perencanaan pada Gedung ICU, PICU, dan NICU RSUD SURADADI antara lain :

Mutu beton K-300 atau ($f'c$) = 25 MPa.

Mutu tulangan polos, f_y = 280 MPa mutu tulangan ulir f_y = 420 MPa

Jepit sebagai tumpuan acuan.

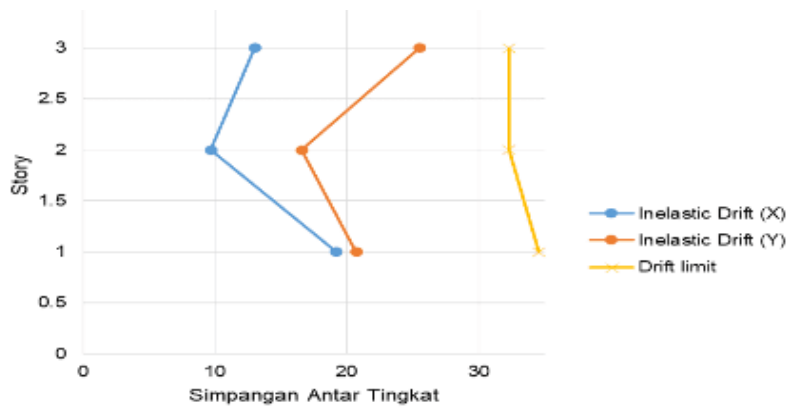


Gambar 2. Versi struktur portal *open frame 3D*

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. Simpangan antar tingkat

Faktor Redundansi	ρ	=	1.3	
Story Drift Inelastik Izin	Δ_{max}	=	Δ / ρ	*untuk KDS D
		=	0.0077	h
Faktor Pembesaran Defleksi	C_d	=	2.5	
Faktor Keutamaan Gempa	I_e	=	1.50	
Story Drift Inelastik	Δ	=	$\delta * C_d / I_e$	



Gambar 3. Simpangan Antar Tingkat

Tabel 1. Simpangan Antar Tingkat

Story	Displacement		Elastic Drift		h	Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	δe_x	δe_y	δe_x	δe_y		Δ_x	Δ_y		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)		
3	25.172	37.702	7.812	15.316	4200	13.020	25.527	32.308	OK
2	17.36	22.386	5.816	9.941	4200	9.693	16.568	32.308	OK
1	11.544	12.445	11.544	12.445	4500	19.240	20.742	34.615	OK

Kesimpulan : dari nilai Inelastic Drift arah sumbu x (lantai 1 = 19.204 mm, lantai 2 = 9.693 mm, serta lantai 3 = 13.020 mm) dan arah sumbu y (lantai 1 = 20.742 mm, lantai 2 = 16.568 mm, serta lantai 3 =



25.527 mm) masih dibawah Drift limit lantai 2 dan lantai 3 (32,308 mm) dan lantai 1 (34,615 mm) yang artinya simpangan antar tingkat dibawah Simpangan antar tingkat izin, $\Delta a^{a,b}$ (SNI 1726 – 2019 Pasal 7.12) / diizinkan.

2. Pengaruh P-Delta

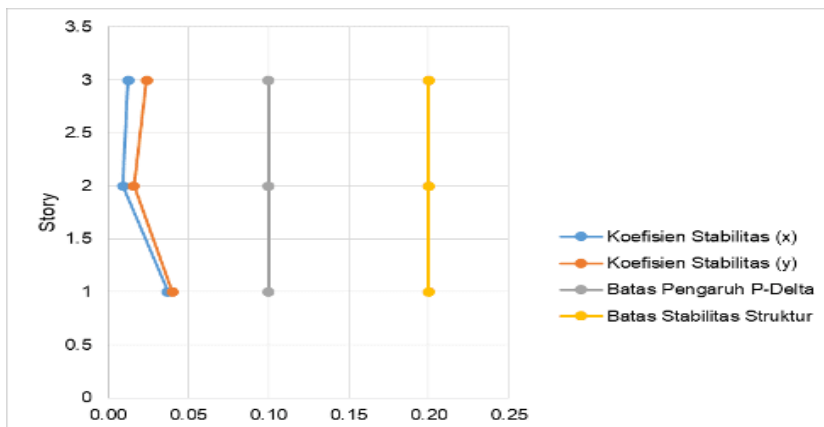
Tabel 2. P-Delta

Story	Inelastic Drift		Story Forces			h (mm)	Koefisien Stabilitas		Batas Pengaruh P-Delta	Batas Stabilitas Struktur, θ_{max}	Cek
	Δ_x	Δ_y	P	V_x	V_y		θ_X	θ_Y			
	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)	(kN)						
3	13.02	25.53	112.64	17.07	17.06	4200	0.0123	0.0241	0.1	0.2000	OK
2	9.69	16.57	211.09	31.33	31.32	4200	0.0093	0.0160	0.1	0.2000	OK
1	19.24	20.74	460.61	31.89	31.88	4500	0.0371	0.0400	0.1	0.2000	OK

Rasio kebutuhan geser $\beta = 1$

Batas koefisien stabilitas $\theta_{max} = \frac{0.5}{(\beta * C_d)} \leq 0.25 = 0.2000$

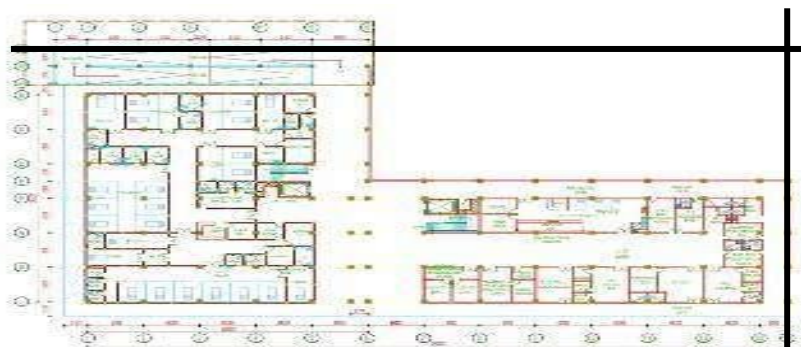
Kesimpulan : Batas Stabilitas Struktur θ_{max} (0.200) lebih besar dari Batas Pengaruh P-Delta (0.100) & Koefisien stabilitas arah x (lantai 1 = 0.0371, lantai 2 = 0.0093 serta lantai 3 = 0.0123) dan arah y (lantai 1 = 0.040, lantai 2 = 0.0160 serta lantai 3 = 0.0241) artinya struktur sesuai dengan Pasal 6.2.1 SNI 1847-2019



Gambar 4. Batas Pengaruh P-Delta

3. Ketidakberaturan Struktur

3.1 Ketidakberaturan horizontal



Gambar 5. Denah Bangunan (lantai 1)

Pada As A''' terdapat re entrance corner sebesar (7x6= 42 m)

$(42/75) \times 100\% = 56\%$ terhadap panjang 75m >15%

Pada As 13' terdapat re entrance corner sebesar 23m

$(23/44) \times 100\% = 52,3\%$ terhadap panjang 44m >15%

Ditemukan irregularitas horizontal type 2 (Ketidakberaturan sudut dalam)

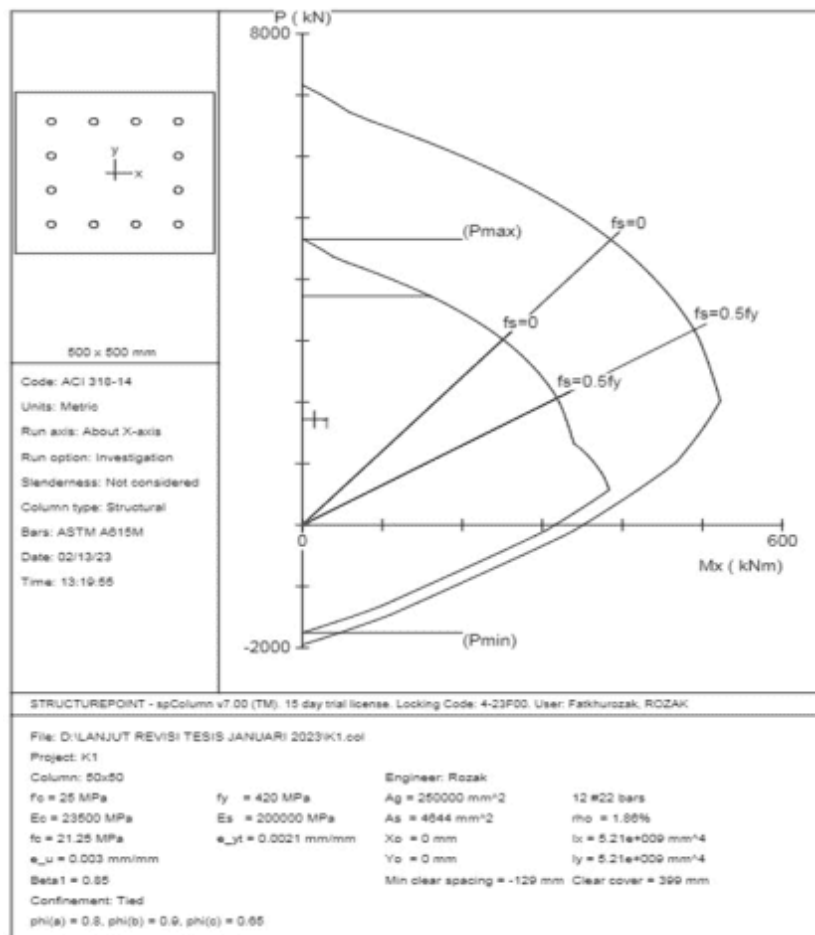
Perbaiki Ketidakberaturan Struktur horizontal type 2 mengacu SNI 1726-2019 pada table 2.10

3.2 Ketidakberaturan vertical

Tidak ditemui ketidakberaturan vertical

4. Syarat Kekuatan Lentur Kolom

Beban masih berada di kuat rencana



Gambar 6. Diagram Interaksi Kolom

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacity Ratios

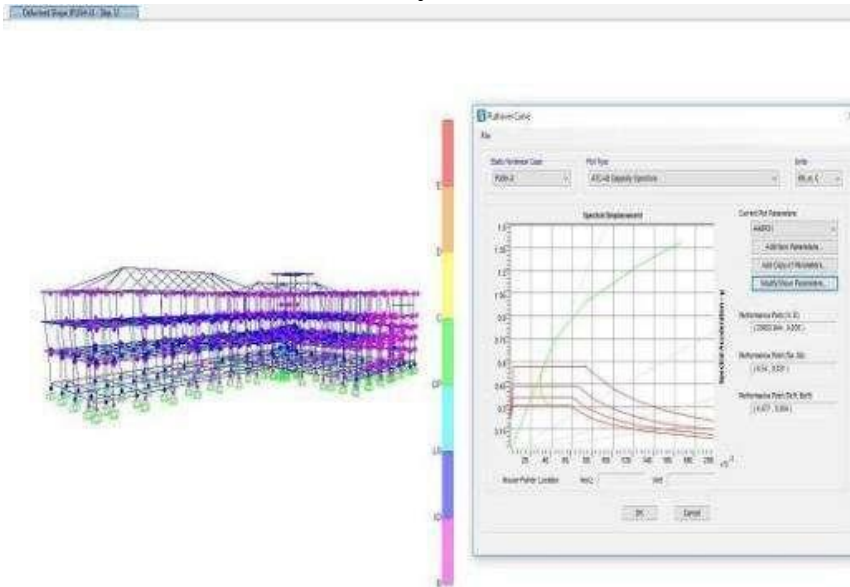
No	Demand		Capacity		Parameters at Capacity			Capacity Ratio
	P_u	M_{ux}	ϕP_n	ϕM_{nx}	NA Depth	ϵ_t	ϕ	
1	1007.49	22.90	1007.49	365.07	197	0.00324	0.749	0.06
2	1726.69	15.06	1726.69	329.55	273	0.00150	0.650	0.05

$\phi M_n = 329.55 \text{ KNm}$

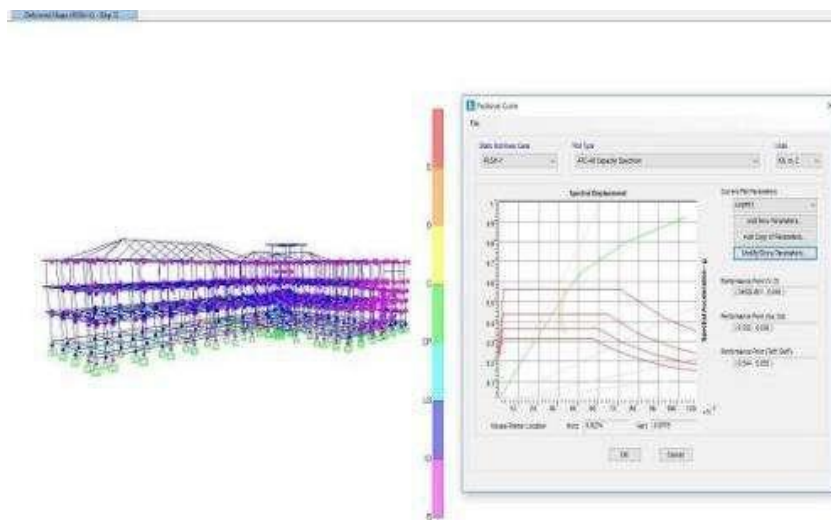
$\phi M_n = 365.07 \text{ KNm}$

$M_{nc,b} = \phi M_{nx} / 0,65 = 507,00 \text{ KNm}$ $M_{nc,b} = \phi M_{nx} / 0,65 = 561,65 \text{ KNm}$
 kekuatan lentur minimum kolom (SNI 2847 : 2019 Pasal 18.7.3) 18.7.3.1
 Kolom-kolom harus memenuhi 18.7.3.2 atau 18.7.3.3 18.7.3.2 Kekuatan lentur
 kolom harus memenuhi $SM_{nc} \geq 1.2 SM_{nb}$ 1,068.65 > 926.7810522 OK
 Strong Column Weak Beam terpenuhi

5. Analisis Statik Nonlinier (Pushover Analysis)



Gambar 7. Spektrum Kapasitas Arah x-x pada step 12



Gambar 8. Spektrum Kapasitas Arah y-y pada step 12

Tabel 3. Level Kinerja Struktur Gedung ICU,PICU, NICURSUD Suradadi sesuai ATC-40

Peraturan Acuan	V (KN)	D (m)	Level Kinerja Struktur
ATC-40 arah X	23652.84	0.035	IO
ATC-40 arah Y	24050.66	0.048	IO

Untuk menentukan tingkat kinerja, parameter yang diperlukan adalah nilai perpindahan atap saat performance point dan nilai perpindahan atap saat beban dorong step ke-1 dimana tinggi total bangunan = 12,9m

Simpangan total Maksimum

$$\text{Arah x-x} = \frac{Dt}{H_{tot}} = \frac{0,035}{12,9} = 0,0027 \text{ Dt/h} < 0,01 \text{ (Immediate Occupancy)}$$

$$\text{Arah y-y} = \frac{Dt}{H_{tot}} = \frac{0,048}{12,9} = 0,0037 \text{ Dt/h} < 0,01 \text{ (Immediate Occupancy)}$$

Bangunan aman dan hanya sedikit kerusakan kalau terjadi gempa

D. Penutup

Simpulan

kesimpulan hasil analisa sebagai berikut :

Nilai Inelastic Drift arah sumbu x (lantai 1 = 19.204 mm, lantai 2 = 9.693 mm, serta lantai 3 = 13.020 mm) dan arah sumbu y (lantai 1 = 20.742 mm, lantai 2 = 16.568 mm, serta lantai 3 = 25.527 mm) masih dibawah Drift limit lantai 2 dan lantai 3 (32,308 mm) dan lantai 1 (34,615 mm) yang artinya simpangan antar tingkat Sesuai / Memenuhi Syarat pada SNI 1726-2019 Pasal 7.12

Batas Stabilitas Struktur θ_{max} (0.200) lebih besar dari Batas Pengaruh P-Delta (0.100) & Koefisien stabilitas arah x (lantai 1 = 0.0371, lantai 2 = 0.0093 serta lantai 3 = 0.0123) dan arah y (lantai 1 = 0.040, lantai 2 = 0.0160 serta lantai 3 = 0.0241) artinya struktur Sesuai / Memenuhi Syarat Pada SNI 1847-2019 Pasal 6.2.1

ketidakberaturan horizontal

Pada As A''' terdapat re entrance corner sebesar (7x6= 42 m), $(42/75) \times 100\% = 56\%$ terhadap panjang 75m >15%

Pada As 13' terdapat re entrance corner sebesar 23m, $(23/44) \times 100\% = 52,3\%$ terhadap panjang 44m >15%

Ditemukan irregularitas horizontal type 2 (Ketidakberaturan sudut dalam) sehingga perlu tindakan perbaikan, Perbaikan Ketidakberaturan Struktur horizontal type 2 mengacu SNI 1726-2019 pada table 2.10.

Gedung tersebut teratur dari sisi ketidakberaturan vertikal

Terhadap syarat kekuatan lentur kolom $\sum Mn C \geq 1,2 \sum Mn B$ terpenuhi yakni $(507,00 + 561.65) = 1068,94 \text{ KNm} > (1,2 \times (453.80+318.52)) = 926,781 \text{ KNm}$ yang artinya memenuhi persyaratan tulangan lentur SNI 2847-2019 pasal 18.7.3.2.

Untuk level kinerja struktur berdasarkan rasio nilai perpindahan atap saat performance point dengan tinggi total bangunan batas simpangan pada tingkat kinerja struktur termasuk dalam Immediate Occupancy. bila terjadi gempa, hanya sedikit kerusakan struktur yang terjadi.

Saran

Pada setiap perencanaan maupun evaluasi kinerja struktur gedung bertingkat, Konsep SCWB harus terpenuhi, yang diawali dari elemen balok membentuk sendi plastis, dan terbentuknya sendi plastis saat mencapai performance point mayoritas elemen balok kemudian kondisi batas inelastis dicapai sebagian elemen kolom, yang harus diperhatikan, dalam proses desain ataupun evaluasi kinerja struktur bangunan yang telah berdiri kondisi pasca elastik untuk memperoleh tingkat kinerja struktur sesungguhnya, terutama dalam menahan beban gempa. Pemilik, insinyur perencana maupun pemakai bangunan bertingkat agar menggunakan perencanaan berbasis kinerja sehingga dapat mengetahui perilaku dari struktur bangunan dan dapat memberikan informasi sejauh mana suatu gempa akan mempengaruhi struktur, selain itu perlu adanya kebijakan pemerintah kabupaten maupun kota khususnya dinas-dinas yang terkait untuk memberikan perhatian khusus pada bangunan bangunan yang telah berdiri diatas 25 tahun gua melaksanakan pemeriksaan kinerja struktur, sehingga masyarakat pemilik dan pengguna bangunan merasa nyaman akan struktur bangunan yang dipergunakan.

Apabila ingin mengambil studi kasus yang serupa untuk penelitian lebih lanjut, bisa menambahkan dengan analisis engineering value atau perbandingan kelas tanah yang berbeda dari struktur bangunan yang dievaluasi.

Daftar Rujukan

- Clough&Penzien. (1993). Dynamic of structure. *Mc.Graw-Hill,Inc*, New York, 1-18.
- Council, A. T. (1996). *ATC-40, 1996 Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. California, USA: ATC.
- Dewobroto, W. (2006). Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa Dengan Pushover Analysis. *Universitas Pelita Harapan*, 1-18.
- Dewobroto, W., & Afandi, N. R. (2010). *Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Beton Dengan Analisis Pushover Menggunakan Program SAP2000*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Febriana, dkk. (2016). Analisis Pushover untuk Performance Based Design (studi Kasus Gedung B Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya). *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, 1-8.
- Management Agency, F. E. (1998). *FEMA 306-1998, Evaluation of earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Building*. Washington,D.C: FEMA.
- Management Agency, F. E. (1998). *FEMA 310-1998 Handbook for the seismic evaluation of buildings*. Washington,D.C: FEMA.
- Management Agency, F. E. (2000). *FEMA 356-2000 Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*. Washington,D.C: FEMA.
- Nasional, B. S. (2019). *SNI 1726-2019, Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung*. Jakarta: BSN.
- Nasional, B. S. (2019). *SNI 2847-2019, Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Nasional, B. S. (2020). *SNI 1727-2020, Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Nasional, B. S. (2020). *SNI 1729-2020, Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: BSN.
- Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: Pustaka pelajar.
- Pranata, Y. a. (2006). Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa dengan pushover Analysis (Sesuai ATC-40, FEMA 356 dan FEMA 440). *Jurnal Teknik Sipil*, 1-12.