

ANALISIS STRUKTUR TAHAN GEMPA PADA *OFFICE BUILDING* DI SPAM (SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM) PEKANBARU-KAMPAR KAPASITAS 1000 LITER/DETIK DENGAN *PUSHOVER ANALYSIS*

Randi Defrizal¹,Deded Eka Sahputra², Nanda³

^{1,2,3}Program Studi Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang

randidefrizal@gmail.com

Abstract

Indonesia is geographically located in the Pacific Ring of Fire, which is the meeting point between the world's three tectonic plates. This will cause earthquakes. earthquakes will cause damage to buildings and casualties. However, the cause of the casualties is not necessarily due to the earthquake but by the damage to the building that caused the collapse of the building. Because the onset of natural phenomena of earthquakes cannot be predicted, an analysis is needed to determine the level of performance of the building structure in order to minimize the loss of life and material during an earthquake. One of them uses the pushover analysis method using the concept of performance-based earthquake engineering. The author conducts this analysis to determine the performance of the structure during an earthquake response that produces the maximum roof displacement (Displacement) and shear force (Base Shear) so that it can determine the performance point of the building structure based on the Drift Ratio rules used in ATC-40 with the object of research of one of the buildings under the SPAM Pekanbaru-Kampar agency at a speed of 1000 liters per second, namely the Office Building. The results obtained from this pushover analysis on the Office Building SPAM Pekanbaru-Kampar at a speed of 1000 liters per second base shear which works at 2550.48 kN and the displacement that occurs is 79.3 mm with a drift ratio of 0.075 so that the performance level obtained in the building at the Office Building SPAM Pekanbaru-Kampar speed of 1000 liters per second is Immediate Occupancy (IO).

Keywords: pushover analysis, displacement, base shear, performance level, drift ratio.

Abstrak

Secara geografis indonesia berada di wilayah lingkaran api pasifik atau cincin api pasifik yang mana wilayah tersebut merupakan lokasi pertemuan antara tiga lempeng tektonik dunia. Hal ini akan menyebabkan gempa bumi, peristiwa gempa bumi akan menimbulkan kerusakan bangunan dan korban jiwa. Namun penyebab dari adanya korban jiwa tersebut bukan serta merta akan akibat gempa bumi akan tetapi oleh rusaknya bangunan yang menyebabkan keruntuhan pada bangunan. Karena timbulnya sifat gejala alam gempa bumi tidak bisa di prediksi maka perlunya suatu analisis untuk mengetahui level kinerja struktur bangunan agar dapat meminimalisir korban jiwa dan meteri saat terjadi gempa bumi. Salah asatunya menggunakan metode analisis pushover dengan menggunakan konsep rekayasa gempa berbasis kinerja (Perfomanced Based Earthquake Engineering). Penulis melakukan Analisis ini bertujuan untuk menentukan kinerja struktur selama terjadinya respo gempa yang menghasilkan perpindahan atap (Displacement) dan gaya geser (Base Shear) maksimum sehingga dapat mengetahui titik peforma pada struktur bangunan berdasarkan aturan Drift Rasio yang dipakai pada ATC-40 dengan objek penelitian salah satu banguna yang berada dibawah instansi SPAM Pekanbaru-Kampar kecepatan 1000 liter per detik yaitu Office Building. Hasil yang di peroleh dari analisis pushover ini pada Office Building SPAM Pekanbaru-Kampar kecepatan 1000 liter per detik base shear yang berkerja sebesar 2550,48 kN dan displacement yang terjadi yakni 79,37 mm dengan drift rasio sebesar 0,075 sehingga level kinerja yang di peroleh pada bangunan pada Office Building SPAM Pekanbaru-Kampar kecepatan 1000 liter per detik adalah Immediate Occupancy (IO).

Kata kunci: analisis pushover, displacement, base shear, level kinerja, drift ratio.

CEC is licensed under a Creative Commons 4.0 International License.



1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara yang di tinjau secara geografis indonesia berada di wilayah lingkaran api pasifik atau cincin api pasifik yang mana wilayah tersebut merupakan lokasi pertemuan antara tiga lempeng tektonik dunia yakni lempeng Hindia-Australia, Lempeng Eurasia dan Lempeng Pasifik. Hal ini akan menyebabkan wilayah yang berada di atas

pertemuan lempeng tektonik ini akan sering mengalami getaran di permukaan bumi karena pelepasan energi secara tiba-tiba yang menghasilkan gelombang seismik atau peristiwa yang sering disebut dengan gempa bumi, peristiwa gempa bumi akan menimbulkan kerusakan pada bangunan sesuai dengan tinggi kuat getaran energi yang dilepaskan dari perut bumi. Tidak hanya merusak bangunan, gempa bumi juga sering kali menelan korban jiwa. Namun penyebab dari adanya

korban jiwa tersebut bukan serta merta akan akibat gempa bumi akan tetapi oleh rusaknya bangunan yang menyebabkan keruntuhan pada bangunan. Karena timbulnya sifat gejala alam gempa bumi tidak bisa di prediksi maka perlunya suatu analisis untuk mengetahui level kinerja struktur bangunan agar dapat meminimalisir korban jiwa dan meteri saat terjadi gempa bumi.

Bangunan tahan gempa merupakan suatu bangunan yang dapat mempertahankan strukturnya dari beban-beban yang bertumpu pada bangunan agar tidak runtuh saat terjadi gempa walaupun Struktur yang direncanakan dibolehkan untuk mengalami kerusakan tetapi tidak boleh runtuh. Bangunan yang dimaksud bukan berarti tidak diperbolehkan mengalami kerusakan sedikitpun, namun bangunan boleh mengalami kerusakan selagi masih memenuhi persyaratan yang berlaku. Adapun bangunan tahan gempa berdasarkan level kekuatan gempa (Pawirodikromo, W, 2012)

peristiwa gempa bumi akan menimbulkan kerusakan pada bangunan sesuai dengan tinggi kuat getaran energi yang dilepaskan dari perut bumi. Tidak hanya merusak bangunan, gempa bumi juga sering kali menelan korban jiwa. Namun penyebab dari adanya korban jiwa tersebut bukan serta merta akan akibat gempa bumi akan tetapi oleh rusaknya bangunan yang menyebabkan keruntuhan pada bangunan. Karena timbulnya sifat gejala alam gempa bumi tidak bisa di prediksi maka perlunya suatu analisis untuk mengetahui level kinerja struktur bangunan agar dapat meminimalisir korban jiwa dan meteri saat terjadi gempa bumi.

Melalui Proyek Pembangunan EPC Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Pekanbaru – Kampar 1000 PT PP TIRTA RIAU sebagai pihak owner bermaksud untuk membangun Perusahaan yang memproduksi air bersih, Perusahaan ini memproduksi air baku dengan memanfaatkan Sungai Kampar yang diolah menjadi air bersih. Program ini merupakan program pemenuhan akses kelayakan air minum dan pemenuhan akses sanitasi yang layak di kota pekanbaru dan kabupaten kampar. Pada Proyek Pembangunan EPC Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Pekanbaru –Kampar 1000 terdiri dari 24 bangunan dengan memanfaatkan lahan 21000 m² di daerah Jalan Suka Karya Desa Kualu, Kecamatan Tambang, Kabupaten Kampar, Riau.

Oleh Karena itu, penulis tertarik untuk menganalisis pada salah satu struktur bangunan di Proyek Pembangunan EPC Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Pekanbaru – Kampar 1000 menggunakan bantuan software analisa struktur yakni *Office Building*. Adapun alasan penulis memilih judul ini yakni bangunan Office Building ini merupakan bangunan yang perlu diperhitungkan kondisi level kinerja bangunan karena bangunan Office Building ini sebagai sarana memenuhi kebutuhan masyarakat maka haruslah tahan terhadap gempa agar dapat meminimalisir korban

jiwa jika terjadi gejala alam gempa bumi. penyebab dari adanya korban jiwa tersebut bukan serta merta akan akibat gempa bumi akan tetapi oleh rusaknya bangunan yang menyebabkan keruntuhan pada bangunan oleh karena itu penulis mengangkat topik ini sebagai tugas akhir untuk mengetahui hasil analisa pushover dari SPAM (Sistem Penyediaan Air Minum) Pekanbaru-Kampar Kapasitas 1000 Liter/Detik di lintas kota pekanbaru & kabupaten kampar.r. Dengan menentukan kinerja struktur selama terjadinya respon gempa yang menghasilkan perpindahan atap (Displacement) dan gaya geser (Base Shear) maksimum sehingga dapat mengetahui titik peforma pada struktur bangunan apakah sesuai dengan aturan berdasarkan Drift Rasio yang dipakai pada aturan ATC-40.

2. Metodologi Penelitian

Pendekatan penelitian yang digunakan penulis adalah pendekatan secara kuantitatif. Pendekatan ini dipilih berdasarkan penelitiann yang dilakukan berisi bilangan atau angka. Tujuan dari pendekatan kuantitatif adalah menjawab masalah penelitian yang menggunkan data-data seperti angka dan program statistik.

2.1 Waktu dan Tempat penelitian

a. Wakktu Penelitian

Nama Proyek : SPAM Lintas Kota Pekanbaru dan Kabupaten Kampar

Lokasi : Jalan Suka Karya Desa Kualu, Kecamatan Tambang, Kambupaten Kampar, Riau.

Fungsi Bangunan : Kantor
Panjang Bangunan : 16,7 m
Lebar Bangunan : 11,5 m
Jumlah Lantai : 3 Lantai
Tinggi Bangunan : 10,5 m
Material : Beton Bertulang
Mutu Beton : Fc 25 Mpa (K-300)
Sistem Struktur : Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus
Struktur Bawah : Pe-Tension Spun Concrete Pile

Tahun Perencanaan : 2021

b. Tempat Penelitian

Proyek pembangunan EPC (Enginerring Procurement Construction) sistem penyediaan Air minum lintas kota pekanbaru & kabupaten kampar kapasitas 1000 liter/detik terletak di Jalan Suka Karya Desa Kualu, Kecamatan Tambang, Kabupaten Kampar, Riau. Adapun batas-batas proyek sebagai berikut:

Utara : Sungai Pagar
Selatan : Pangkalan
Barat : Bangkinang
Timur : Rumbai



Gambar 1. Denah Lokasi Proyek SPAM Pekanbaru-Kampar

2.2 Data dan Sumber Data

Dalam penelitian ini data yang digunakan merupakan data hasil penelitian saat di lapangan, data tersebut digunakan untuk acuan data dasar penelitian. Pengumpulan data penelitian ini peneliti menggunakan sumber data yakni data Untuk data sekunder didapat dari peraturan yang digunakan selama penelitian da sejumlah laporan atau dokumen yang telah disusun instansi terkait serta hasil literatur lainnya.

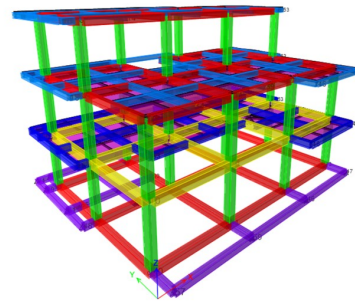
- a. Material Beton
 - Berat jenis beton bertulang = 24 kN/m³
 - Mutu beton bertulang = 25 MPa (K-300)
 - Modulus elastisitas = 23.500 MPa
- b. Material Baja Tulangan
 - Berat jenis baja = 76,93 kN/m³
 - Modulus elastisitas = 200.000 MPa
 - Kuat leleh (fy) = 420 MPa
 - Kuat tarik (fu) = 525 MPa

2.3 Studi Literatur

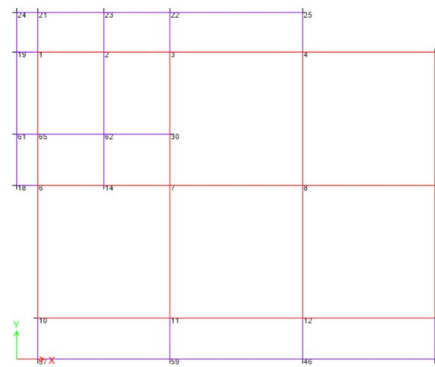
Studi literatur dari jurnal dan buku yang berkaitan dengan analisis nonlinier statik pushover, mempelajari semua yang berhubungan dengan analisis nonlinier pushover. Buku acuan yang dipakai antara lain SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, Peraturan pembebanan berdasarkan SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain, Applied Technology Council for Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings volume-1 (ATC-40, 1996).

2.4 Pemodelan 3D

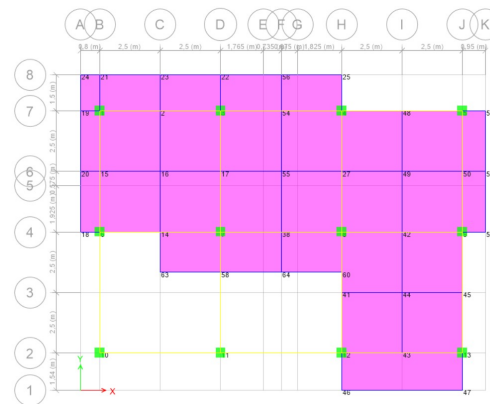
Pembuatan model struktur bangunan dengan pemodelan 3D pada ETABS dilakukan sesuai dengan data serta informasi dari shop drawing Proyek pembangunan sistem penyediaan Air minum lintas kota pekanbaru & kabupaten kampar kapasitas 1000 liter/detik. Proses awal yang dikerjakan adalah mendefinisikan semua jenis dan ukuran penampang elemen portal yang digunakan. Lalu kemudian, masing-masing elemen portal harus disesuaikan dengan jenis serta ukuran penampang yang dibuat. Tahapan kedua yaitu pembuatan pelat yang merupakan satu kesatuan struktur bangunan.



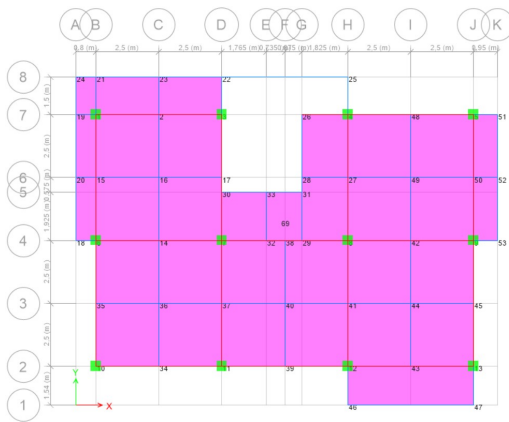
Gambar 2. Pemodelan Struktur Bangunan dengan ETABS



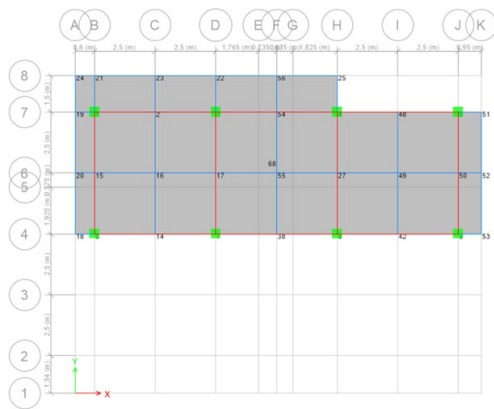
Gambar 3. Pemodelan Base Struktur Bangunan dengan ETABS



Gambar 4. Pemodelan Story 1 Struktur Bangunan dengan ETABS



Gambar 5. Pemodelan Story 2 Struktur Bangunan dengan ETABS



Gambar 6. Pemodelan Story 3 Struktur Bangunan dengan ETABS

2.5 Pembebanan

Pembebanan pada tahap ini merupakan segala beban yang bekerja pada bangunan yang disesuaikan dengan Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727-2020 yang mencakup pembebanan yaitu:

a. Beban Mati (Dead Load)

Menurut SNI 1727:2020, beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

1. Beban mati primer (DL)

Beban mati primer terdiri dari kolom, balok, pelat lantai, dinding, dan sloof dapat dihitung otomatis oleh ETABS berdasarkan data material dan bentuk penampang elemen.

2. Beban mati sekunder (SIDL)

Beban mati sekunder terdiri dari elemen non struktural dan besarnya dapat berubah selama umur rencana bangunan, untuk beban

peralatan mekanikal dan elektrikal didistribusikan seluas area pedestal mengacu pada basic drawing.

Beban mati tambahan = 1,5 kN/m²
dan 1,31 kN/m²

Dinding batu bata = 250 kg/m² x
Tinggi bangunan

b. Beban Hidup (Live Load)

Menurut SNI 1727:2020, beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan. Beban hidup yang bekerja pada bangunan ini antara lain:

Beban hidup kantor = 2,4 kN/m²

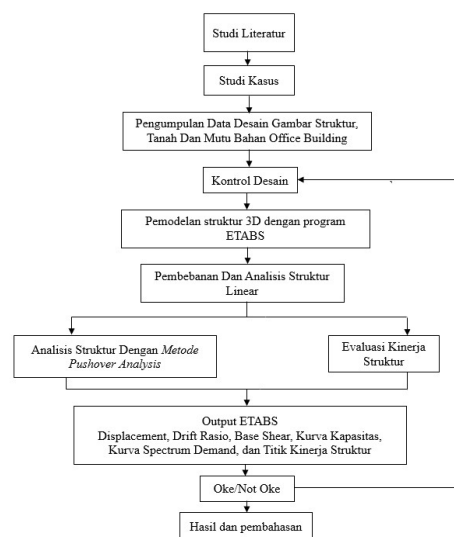
Beban hidup tangga = 4,79 kN/m²

Beban hidup atap = 0,96 kN/m²

c. Beban Gempa (Earthquake Load)

SNI 1726:2019 menjelaskan bahwa gaya gempa rencana dapat dihitung melalui analisis statik ekuivalen dan dinamik berupa ragam respon spektra (respons spectrum). Beban yang diperoleh dari peta gempa 2019 berdasarkan wilayah kota Pekanbaru.

1. Ketentukan umum gempa sesuai dengan tabel 3 SNI 1726-2019 bahwasanya bangunan diteliti termasuk kedalam kategori risiko struktur bangunan kategori risiko II dengan jenis pemanfaatan sebagai gedung kantor.
2. Berdasarkan tabel 4 SNI 1726-2019 bangunan yang diteliti memiliki faktor keutamaan gempa (Ie) 1,0 berdasarkan ketegori risiko II.
3. Penentuan klasifikasi situs berdasarkan uji nilai N-SPT Boring Log BH-4 penelitian lapangan.

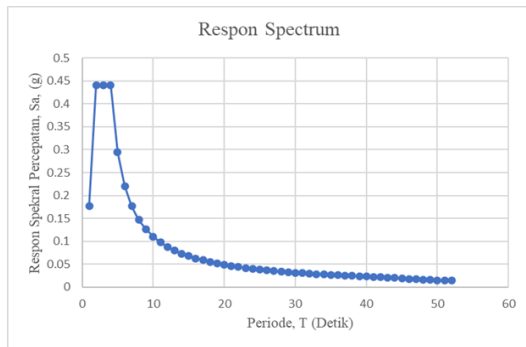


Gambar 7. Diagram Alir

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Parameter Percepatan Gempa

- SS = 0.462 g
- S1 = 0.33 g
- Fa = 1.42
- FV = 1.96
- SMS = Fa x SS = 1.42 x 0.462623 = 0.6615
- SM1 = FV x S1 = 1.96 x 0.336914 = 0.6613
- SDS = 2/3 x SMS = 2/3 x 0.6615 = 0.4410
- SD1 = 2/3 x SM1 = 2/3 x 0.6613 = 0.4409
- T0 = 0,2 x SD1/SDS = 0,2 x 0.4409/0.4410 = 0.199 detik
- TS = SD1/SDS = 0.4409/0.4410 = 0.99 detik



Gambar 8. Spektrum Respon Desain

- Koefisien Batas Periode
- Koefisien untuk batas periode Cu : 1,4
- Periode pendekatan Ct : 0,0446
- Periode pendekatan x : 0,9
- Tinggi Struktur (hn) : 10,5 m
- Koefisien modifikasi respons (R) : 8
- Faktor pembesaran defleksi (Cd) : 5,5
- Faktor kuat lebih sistem (Ω0^b) : 3

Periode Minimum

Ta = Ct x hn^x
 = 0,0446 x 10,5^{0,9}
 = 0.3867 detik

Periode Maksimum

Tmax = Cu x Ta
 = 1,4 x 0.3867

= 0.5414 detik

Tabel 1. Berat Bangunan Per Lantai Gedung Office

Story	Massa (kN)
Lantai Atap	585.88
Lantai 3	946.01
Lantai 2	1017.72
Base	433.91
Σ	2983.52

Gaya Geser Dasar Seismik

V = Cs x Wt
 = 0.0551 x 2983.52
 = 164.39 kN

Tabel 2. Gempa Statik arah X dan Y

Gempa Statis EQ-X dan Y			
Story	Tinggi H (m)	Vx (kN)	Vy (kN)
LT-3 Roof	10.5	54.2814	54.2814
LT-2	7	187.1716	187.172
LT-1 Base	3.5	261.1013	261.101
Total		502.5543	502.554

Tabel 3. Gempa Dinamik arah X dan Y

Gempa Dinamik Spec-X dan Y			
Story	Tinggi H (m)	Vx (kN)	Vy (kN)
LT-3 Roof	10.5	59.2923	3.7164
LT-2	7	189.421	13.1651
LT-1 Base	3.5	261.289	18.9819
Total		510.00	35.8634

Perhitungan Faktor Skala

Gaya Geser Dasar Statik

Vs-x : 502.5543 kN
 Vs-y : 502.5543 kN

Gaya Geser Dasar Dinamik

Vd-x : 370.6150 kN
 Vd-y : 434.7737 kN

Penskalaan Gaya Gempa

Sx = Vs / Vd
 = 502.5543 / 370.6150
 = 1.3560

Sy = Vs / Vd
 = 502.5543 / 434.7737
 = 1.1559

Faktor Skala Awal

$$SF = \frac{g}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{9.80665}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 1.2258 \text{ m/m}^2 = 1225.8313 \text{ mm/s}^2$$

Faktor Skala Baru
 $SF_x = SF \times S_x = 1225.8313 \times 1.3560 = 1662.2282 \text{ mm/s}^2$

$Sf_{y_y} = SF \times S_y = 1225.8313 \times 1.1559 = 1416.9366 \text{ mm/s}^2$

Simpangan antar tingkat
 Simpangan antar tingkat izin $\Delta_a = 0.02$
 Faktor Redundansi $\rho = 1.3$
 Story Drift Inelastik Izin $\Delta_{max} = \frac{A}{\rho} \cdot h = \frac{0.02}{1.3} \cdot 3500 = 53.846$
 Faktor Pembesaran Defleksi $C_d = 5.5$
 Faktor Keutamaan Gempa $I_e = 1.0$

Tabel 4. Simpangan Antar Tingkat Gedung Office

Story	height	Perpindahan		Perpindahan Elastik		Story Drift		Drift Limit	Cek
		δ_x	δ_y	δ_{e_x}	δ_{e_y}	Δ_x	Δ_y		
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
3	3500	8.181	8.138	3.03	2.264	16.665	12.452	53.846	OK
2	3500	5.151	5.874	5.151	5.874	28.331	32.307	53.846	OK

Besar simpangan maksimum pada gedung Office dengan bentang balok kantilever 3.5 m adalah 28.331 mm untuk arah X dan 32.307 mm untuk arah Y. Masing-masing arah tinjauan tersebut memenuhi syarat batas simpangan maksimum yaitu 53.846 mm.

3.2 Kurva Kapasitas

Tabel 5. Nilai Peformance Point

Type	Push. X	Push Y
Displacement (mm)	76.86	79.37
Base Shear (kN)	2371.32	2550.48
Sa (g)	0.55	0.59
Sd (mm)	54.3	57.77

hasil displacement atau simpangan pushover di atas keseluruhannya masih di bawah nilai maksimum yang disyaratkan oleh SNI 1726-2019 sebesar 1.5% dari tinggi total bangunan atau sebesar 10.5 meter. Struktur gedung ini dapat dikatakan memenuhi syarat simpangan yang disyaratkan oleh peraturan.

Displacement Limit menurut SNI 1726-2019 ditentukan $1.5\% H = 0.015 \times 10500 \text{ mm} = 157.5 \text{ mm} > D = 76.86 \text{ mm}$ maka kinerja displacement gedung baik

a. Maximum Total Drift arah X
 $\frac{Dt}{H} = \frac{76.86}{10500} = 0.00732$

b. Maximum Total Drift arah Y
 $\frac{Dt}{H} = \frac{79.37}{10500} = 0.0075$

4. Kesimpulan

Dari hasil analisis yang dilakukan terhadap kinerja Office Building SPAM Pekanbaru-Kampar kapasitas 1000 liter/detik, maka dapat disimpulkan yaitu

1. Nilai performa point kinerja struktur Office Building yaitu pada arah x dengan nilai displacement 76.86 mm dan base shear sebesar 2371.32 kN. Sedangkan untuk arah y nilai performa point dengan besaran displacement 79.37 mm dan base shear sebesar 2550.48 kN.
2. Level kinerja bangunan Office Building dengan nilai Maximum Total Drift = 0.00732 pada arah x dan 0.0075 pada arah y. Menurut metode ATC-40 adalah Immediate Occupancy (IO), artinya saat terjadi gempa, resiko korban jiwa dan kerusakan struktural sangat kecil (tidak ada kerusakan yang berarti pada struktur). Sistem penahan gaya vertikal dan lateral masih sama saat belum terjadi gempa. Artinya daerah yang mengalami kerusakan masih tetap aman untuk segera dihuni.

5. Daftar Pustaka

[BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 1726:2019. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.

[BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2020. SNI 1727:2020. Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.

Applied Technology Council, 1996. ATC-40 Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings. Vol 1. Redwood City California, USA.

Alireza Habibi, Hooman Saffari and Mehdi Izadpanah. (2019). Optimal lateral load pattern for pushover analysis of building structures. Techno-Press Journals. 32(1): 67-77.

A. Aryadi, M. A. Kahar, and R. Mardiana. (2022). Analysis of Response and Performance of Bugis-Makassar Stilt House Structures Using Pushover Analysis. Earth and Environmental Science. 11(17): 1-9.

Andi Yusra, Andi Mustafa, Meidia Refiyanni, Zakia. (2023). Performance Structural Analysis of U2C Building with the Kobe Earthquake Spectrum. International Journal of Engineering, Science & InformationTechnology. 3(1): 36-46.

Dermawan Zebua, Koespiadi. (2022). Pushover Analysis of The Structure A 10 Floor Building With ATC-40. 5(2): 110-116.

Dini Indah Cahyani, Ery Budiman, Budi Haryanto, Fachriza Noor Abdi, Masayu Widiastuti. (2022). Analisis Pushover Untuk Performance Based Design Pada Struktur Beton Bertulang

- Dengan Menggunakan Software Etabs. *Jurnal Teknologi Sipil*. 6(1): 30-37.
- Diana Fika Aulia, Ignatius Sudarsono, Fauzia Mulyawati. (2022). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Dengan Pemodelan Struktur (3d) Berdasarkan Analisis Statik Beban Dorong (Pushover Analysis). *Journal of Civil Engineering and Vocational Education*. 9(3): 248-252.
- Hilda Pradita Suwandi. (2019). Analisis Gempa Non-Linear Static Pushover Dengan Metode Atc-40 Untuk Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Gedung. *Jurnal Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil*. 1(1): 35-45.
- Masrilayanti, R Kurniawan1 , A L Budi1 and S H Sourkan. (2020). Pushover Analysis of 10-Floors Reinforced Concrete Building (Case study: Mahkota Majolelo Sati Boutique Hotel). *The Electrochemical Society*. 10(41): 1-8.
- Muhamad Zihni, Riza Suwondo, Made Suangga. (2022). Pushover analysis of multi-storey concrete structures. *The Electrochemical Society*. 11(69): 1-9.
- N. Sinarta, I. M. B. Pinandika. (2020). Comparison Of Pushover Method And Direct Displacement Method In Earthquake Load Analysis With Performance-Based Design Concepts. *Universitas Kadiri Riset Teknik Sipil*. 4(2): 194-206.
- Retno Trimurtiningrum, Faradillah Saves, Laily Endah Fatmawati, Yusak Adi Setiawan. (2020). Kinerja Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Bentang Kantilever 4 m Menggunakan Metode Analisis Pushover. *Jurnal EXTRAPOLASI*. 17(2): 16-25.
- Rendi Gusta Wibowo, Rosyid Kholilur Rohman, Setiyo Daru Cahyono. (2020). Seismic Evaluation of Existing Building Structures in the City of Madiun using Pushover Analysis. *Conference Series*. 18(45): 1-6.
- Subur Siswanto, Prijasambada. (2023). Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Metode Pushover. *Jurnal IKRAITH TEKNOLOGI*. 7(1): 46-52.