



Analisis Kekuatan Bangunan terhadap Gaya Gempa dengan Metode Pushover (Studi Kasus Gedung BRI Sisingamangaraja Medan)

Analysis of Building Strength to Earthquake Force with Pushover Method (Case Study BRI Sisingamangaraja Building Medan)

Beatus Akrab Iman Laia, Nurmaidah* & Hermansyah

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Medan, Indonesia

Abstrak

Gempa bumi sering menyebabkan korban jiwa dan kerusakan bangunan, sehingga pentingnya perhitungan beban rencana dalam desain struktur. Analisis linier umum digunakan, tetapi dianggap kurang akurat untuk memahami perilaku struktur terhadap gempa besar. Oleh karena itu, diperlukan analisis non-linear seperti metode pushover, yang memberikan gaya lateral bertahap pada bangunan hingga mencapai pola keruntuhan tertentu untuk memahami respons struktur terhadap gempa besar. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui gaya gempa maksimum yang dapat diterima gedung BRI Sisingamangaraja Medan, menghasilkan kuva kapasitas dan batas kinerja bangunan. Analisis pushover ini menggunakan program Sap 2000, dari hasil analisis diketahui semakin besar gaya yang diberikan maka semakin besar juga perpindahan yang terjadi pada bangunan. Gedung BRI KC Sisingamangaraja Medan dapat menerima gaya gempa maximum 7.149,921 kN dan berdasarkan ATC-40 batas kinerja bangunan berada dalam kategori level Immediate occupancy (IO) yang artinya gedung dapat langsung digunakan atau dipakai saat setelah terjadi gempa.

Kata Kunci: Gempa; Metode pushover; ATC-40.

Abstract

Earthquakes often cause casualties and damage to buildings, hence the importance of calculating the planned load in the design of the structure. Linear analysis is commonly used, but is considered less accurate for understanding the behavior of structures in response to large earthquakes. Therefore, non-linear analyses such as the pushover method, which apply a gradual lateral force to a building until it reaches a specific collapse pattern to understand the structural response to a large earthquake, are needed. The purpose of this study is to determine the maximum earthquake force that can be accepted by the BRI Sisingamangaraja building in Medan, resulting in the capacity and performance limits of the building. This pushover analysis uses the Sap 2000 program, from the results of the analysis it is known that the greater the force given, the greater the displacement that occurs in the building. The BRI KC Sisingamangaraja Medan building can receive a maximum earthquake force of 7,149,921 kN and based on ATC-40 the building's performance limit is in the category of Immediate occupancy (IO) level, which means that the building can be used immediately or used after an earthquake.

Keywords: Earthquake; Pushover method; ATC-40.

How to Cite: Laia, B.A.I., Nurmaidah, & Hermansyah. (2024). Analisis Kekuatan bangunan Terhadap Gaya Gempa dengan Metode Pushover (Studi Kasus Gedung BRI Sisingamangaraja Medan). Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Arsitektur, 3(2) 2024: 73-85

*E-mail: nurmaidah@staff.uma.ac.id

ISSN 2830-3911 (Online)

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan yang terletak di antara dua benua, yaitu Asia dan Australia, serta diapit oleh dua 74edung74, Hindia dan Pasifik. Letaknya yang strategis di persimpangan tiga lempeng tektonik utama Lempeng Hindia-Australia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Eurasia membuat wilayah Indonesia sangat rentan terhadap aktivitas 74edung74. Pergerakan dan tumbukan antar lempeng ini sering kali menyebabkan gempa bumi, sebagaimana tercatat dalam beberapa kejadian besar seperti di Aceh (2004), Nias (2005), Yogyakarta (2006), dan Donggala (2018). Peristiwa-peristiwa tersebut mengakibatkan banyak korban jiwa serta kerusakan parah pada infrastruktur, termasuk bangunan (Barus & others, 2021; Panjaitan, 2024; Telaumbanua & others, 2023).

Gempa bumi yang terjadi di Indonesia menjadi pengingat akan pentingnya perencanaan struktur bangunan yang 74edung74 terhadap gempa (Doloksaribu, 2018; Harefa & others, 2021). Dalam desain struktur, perlu dilakukan tinjauan beban rencana untuk memastikan bangunan mampu menahan gaya gempa pada 74edung74 tertentu tanpa mengalami kerusakan signifikan (Laia, 2023; Marpaung & others, 2023). Jika suatu bangunan harus menghadapi gempa yang lebih besar dari beban rencana, penting bagi struktur tersebut untuk berperilaku non-linier pada kondisi pasca-elastik. Dengan demikian, struktur bangunan dapat memberikan waktu evakuasi yang cukup bagi penghuninya, sehingga keselamatan jiwa lebih terjamin (Afandi, 2024; Purba, 2022; Sinambela, 2023).

Metode analisis linier biasanya digunakan dalam perencanaan bangunan terhadap beban gempa. Namun, metode ini dianggap kurang akurat untuk memahami perilaku struktur 74edung74 mengalami gempa besar (Kapa et al., 2023; Manullang & others, 2023). Hal ini disebabkan karena pada gempa besar, plastifikasi akan terjadi di beberapa bagian struktur, yang membuat bangunan berperilaku non-linier. Oleh karena itu, analisis non-linier diperlukan untuk mengevaluasi perilaku struktur secara lebih komprehensif. Salah satu metode analisis non-linier yang sering digunakan adalah analisis pushover atau static non-linear analysis, yang dirancang untuk menyederhanakan evaluasi struktur terhadap gaya gempa (Jefri & others, 2023; Ritonga & others, 2024; Sitohang, 2023).

Analisis pushover adalah metode analisis non-linier statik di mana bangunan diberi gaya lateral secara bertahap hingga mencapai pola keruntuhan tertentu. Metode ini digunakan untuk memahami kinerja bangunan dalam kondisi gempa besar dan menghasilkan informasi tentang kapasitas struktur serta batas kinerjanya (Banjarnahor, 2024; Sandhi et al., 2018; Surbakti et al., 2023). Kurva kapasitas (capacity curve) yang dihasilkan dari analisis ini memberikan 74edung74n tentang hubungan antara gaya lateral dan perpindahan yang dialami struktur, serta menunjukkan 74edung74 kerusakan yang terjadi pada berbagai tahapan beban (Dary et al., 2019; Simatupang & others, 2023).

Dalam konteks ini, Gedung BRI Sisingamangaraja Medan menjadi studi kasus yang relevan untuk mengaplikasikan analisis pushover. Gedung ini merupakan salah satu infrastruktur penting yang harus memiliki ketahanan terhadap gempa mengingat lokasinya yang berada di wilayah rawan gempa. Analisis pushover pada 74edung74 ini bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana 74edung74 mampu menahan gaya gempa maksimum yang mungkin terjadi. Selain itu, analisis ini juga bertujuan untuk menghasilkan kurva kapasitas struktur 74edung74 serta menentukan batas kinerja bangunan dalam menghadapi gempa.

Pentingnya analisis pushover tidak hanya terletak pada kemampuannya untuk mengevaluasi kekuatan struktur, tetapi juga pada perannya dalam mendukung perencanaan berbasis kinerja atau performance-based design. Dalam pendekatan ini, kinerja bangunan terhadap gempa dapat dinyatakan secara eksplisit dalam bentuk kurva, yang memungkinkan perencana untuk memahami bagaimana struktur akan bereaksi terhadap berbagai 74edung74 intensitas gempa. Pendekatan ini memberikan kejelasan dalam menentukan pola keruntuhan bangunan dan memastikan bahwa desain yang dihasilkan dapat memberikan perlindungan optimal terhadap penghuninya.

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab dua pertanyaan utama. Pertama, berapa besar gaya gempa maksimum yang dapat diterima Gedung BRI Sisingamangaraja Medan? Kedua, bagaimana batas kinerja bangunan tersebut berdasarkan analisis pushover? Dengan menggunakan analisis

pushover, penelitian ini diharapkan dapat memberikan 75edung75n yang jelas tentang kemampuan struktur dalam menahan gempa serta memberikan rekomendasi perbaikan atau penguatan jika diperlukan.

Pengumpulan data untuk penelitian ini melibatkan pemodelan struktur 75edung menggunakan perangkat lunak analisis struktur yang mendukung metode non-linier. Struktur 75edung dimodelkan dengan mempertimbangkan beban gravitasi, beban lateral, serta karakteristik material yang digunakan. Gaya lateral diterapkan secara bertahap hingga bangunan mencapai kondisi plastifikasi atau pola keruntuhan tertentu. Hasil analisis berupa kurva kapasitas dan batas kinerja bangunan akan dianalisis untuk menentukan 75edung75 keamanan struktur 75edung.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam memahami kinerja struktur 75edung terhadap gempa besar, khususnya di wilayah rawan gempa seperti Medan. Dengan mengetahui kapasitas maksimum 75edung terhadap gaya gempa, kurva kapasitas, dan batas kinerja bangunan, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar untuk perencanaan struktur bangunan yang lebih aman dan tahan terhadap gempa. Selain itu, penelitian ini juga memberikan referensi bagi para insinyur sipil dan praktisi di bidang perencanaan struktur dalam mengaplikasikan metode pushover untuk evaluasi kinerja bangunan di berbagai proyek lainnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode analisis pushover, yang didukung oleh perangkat lunak SAP 2000 untuk memodelkan dan menganalisis struktur. Tujuan utama dari metode ini adalah mengevaluasi kinerja struktur Gedung BRI Sisingamangaraja Medan terhadap gaya gempa maksimum serta menghasilkan kurva kapasitas struktur. Subjek penelitian adalah Gedung BRI Sisingamangaraja Medan, yang memiliki karakteristik utama sebagai berikut: 75edung di Jl. Sisingamangaraja No.241, Medan, Sumatera Utara; jenis struktur adalah 75edung dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK berbahan beton bertulang; jumlah lantai 5 dengan tinggi total 15,20 m dan tinggi tiap lantai 3,80 m; fungsi bangunan adalah kantor; serta elemen struktur utama meliputi kolom, balok, pelat, mutu beton, dan baja tulangan. Data teknis detail seperti dimensi dan material elemen struktur juga digunakan dalam penelitian ini.

Langkah-langkah penelitian dimulai dari pengumpulan data teknis 75edung, yang diperoleh dari dokumen perencanaan dan observasi lapangan. Data mencakup dimensi elemen struktur, material, dan informasi detail lainnya terkait kolom, balok, serta pelat. Setelah data terkumpul, struktur dimodelkan dalam perangkat lunak SAP 2000. Pemodelan ini mencakup penerapan elemen-elemen struktur serta beban gravitasi dan lateral. Analisis pushover kemudian dilakukan dengan menerapkan beban lateral secara bertahap pada model struktur hingga mencapai kondisi plastifikasi. Proses ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja bangunan dan menghasilkan kurva kapasitas yang mencerminkan hubungan antara gaya lateral dan perpindahan struktur.

Teknik pengolahan data dilakukan dengan menganalisis hasil simulasi dari SAP 2000. Variabel yang diukur meliputi perpindahan lateral, gaya internal, dan hubungan gaya-perpindahan. Data ini digunakan untuk menentukan gaya gempa maksimum yang dapat diterima 75edung, batas kinerja struktur, serta pola keruntuhan bangunan. Analisis data dilakukan untuk mengevaluasi titik plastifikasi, batas elastis, dan kinerja pasca-elastik bangunan. Hasil ini memberikan informasi penting tentang 75edung75 keamanan struktur terhadap gempa besar.

Metode analisis pushover diterapkan untuk memahami bagaimana gaya lateral memengaruhi perilaku struktur Gedung BRI Sisingamangaraja Medan, mulai dari kondisi elastis hingga keruntuhan. Dengan bantuan SAP 2000, simulasi memberikan 75edung75n tentang pola keruntuhan yang mungkin terjadi, gaya gempa maksimum yang dapat diterima, dan batas kinerja struktur. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi perbaikan atau penguatan struktur untuk meningkatkan ketahanan 75edung terhadap gempa, sekaligus menjadi referensi bagi analisis serupa di masa mendatang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beban Mati

Beban mati adalah beban dari semua bagian dari suatu 76edung yang bersifat tetap, termasuk segala tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari 76edung itu. Beban ini akan dihitung otomatis oleh program SAP2000.

Beban mati tambahan didefinisikan sebagai beban mati yang diakibatkan oleh berat dari elemen-elemen tambahan atau finishing yang bersifat permanen. Pada Gedung BRI Sisingamangaraja, Medan beban mati tambahan terdiri dari:

- Beban pasir setebal 1 cm = $0,01 \times 16 \text{ kN/m}^3 = 0,16 \text{ kN/m}$
- Beban spesi setebal 4 cm = $0,04 \times 22 = 0,88 \text{ kN/m}$
- Beban keramik setebal 1 cm = $0,01 \times 22$
- Beban plafon dan penggantung = $0,2 \text{ kN/m}$
- Beban instalasi ME = $0,25 \text{ kN/m}$
- Berat waterproofing dengan aspal tebal 2 cm = $0,28 \text{ kN/m}$
- Dinidng (Beban Merata) = $2,5 \text{ kN/m}$

Tabel 1. Beban Mati Perlantai

Nama beban	Besarnya beban
Beton bertulang	2400 kg/m ³
Penutup lantai keramik	24 kg/m ²
Pasangan bata setengah batu	250 kg/m ²
Plafon dan penggantung	24 kg/m ²
Dinding batako	300 kg/m ²
Adukan/cm dari semen	21 kg/m ²

Sumber: PPURG 1987 halaman 5

Beban Hidup

Beban hidup didefinisikan sebagai beban yang sifatnya tidak membebani struktur secara permanen, misalnya beban akibat pengguna bangunan. Berdasarkan fungsi Gedung BRI Sisingamangaraja, Medan Peraturan Pembebanan Indonesia 1987 merekomendasikan beban hidup sebagai berikut:

Tabel 2. Beban Hidup Perlantai

Beban hidup	Besarnya beban
Lantai kantor	250 kg/m ²
Atap	100 kg/m ²
Tangga dam bordes	300 kg/m ²
Lantai gedung parkir	400 kg/m ²

Sumber: PPURG 1987 halaman 12

Perhitungan Pembebanan Pada Struktur Gedung

Tabel 3. Berat bangunan perlantai

No	Lantai	Beban Mati (ton)	Beban Hidup (ton)	Beban total (ton)
1.	Atap	234,0960	135,5000	369,5960
2.	Lantai 3	308,4336	140,2500	648,6836
3.	Lantai 2	312,9240	144,0000	456,9240
4.	Lantai 1	390,6190	153,0450	543,6640
5.	Lantai dasar	378,6326	166,6125	544,8451

$W = 2390,7127 \text{ ton}$

Sumber: Perhitungan Penulis (2022)

Beban Gempa

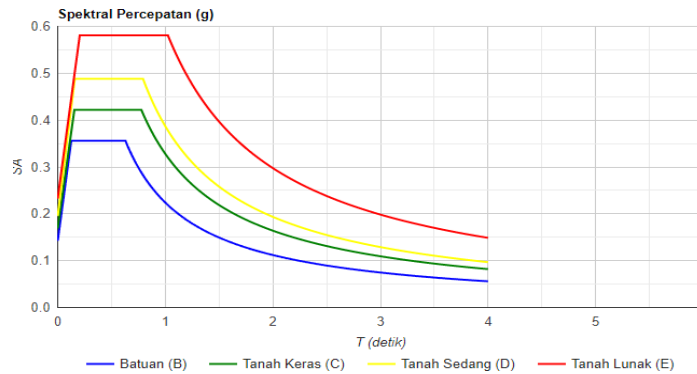
Berdasarkan nilai spektral percepatan di permukaan dari gempa risk-targeted maximum mempertimbangkan gempa dengan probabilitas keruntuhan bangunan 1% dalam 50 Tahun, adapun nilai variabel yang didapatkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Berat bangunan perlantai

Variabel	Nilai
GA (g)	0,233
SS (g)	0,534
S ₁ (g)	0,336
CRS	1.026
CR ₁	0,935
FPGA	1.333
FA	1,373
FV	1.728
PSA (g)	0,311
SMS (g)	0,733
SM ₁ (g)	0,581
SDS (g)	0,488
SD ₁ (g)	0,387
T _o (detik)	0,159
T _S (detik)	0,793

Sumber: Puskim.pu.go.id

Didapatkan grafik respon spektrum menurut SNI-1726- 2019 seperti yang ditunjukkan dalam grafik berikut ini:



Gambar 1. Grafik respon spektrum menurut SNI-1726- 2019

Periode fundamental pendekatan

- Menentukan waktu getar struktur

$$T_a = C_t h_n^2$$

$$T_a = 0,0466 \times 15,2^{0,9}$$

$$= 0,5395 \text{ detik}$$

Dimana:

h_n : ketinggian struktur (m)

C_t & α : koefisien yang didapat pada

tabel-18 SNI-1726-2019

- Spektrum respon percepatan desain

Untuk periode $\geq T_0 \leq T_s, S_a = S_{DS}$

$$S_a = 0,488$$

- Nilai periode maksimum

$$\begin{aligned}T_{max} &= C_u \times T_a \\ &= 1,4 \times 0,5395 \\ &= 0,7553 \text{ detik}\end{aligned}$$

Perhitungan konfigurasi respons seismic

- Tingkat daktilitas struktur, $R = 1$
- Faktor keutamaan gempa, $I = 1,25$

$$\begin{aligned}C_S &= \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,488}{\left(\frac{1}{1,25}\right)} \\ &= 0,61\end{aligned}$$

Nilai C_S yang dihitung menurut persamaan diatas tidak perlu melebihi,

$$\begin{aligned}C_S &= \frac{S_{DS}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,488}{0,7553\left(\frac{1}{1,25}\right)} \\ &= 0,8076 > 0,61\end{aligned}$$

C_S harus tidak kurang dari.

$$\begin{aligned}C_S \text{ min} &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01 \\ &= 0,044 \times 0,488 \times 1,25 \\ &= 0,0268 \geq 0,01\end{aligned}$$

Jadi nilai C_S yang digunakan adalah 0,61

Gaya geser dasar

Dalam menghitung gaya geser dasar seismic menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned}V &= C_S \cdot W_t \\ &= 0,61 \times 2390,7127 \\ &= 1.458,3347 \text{ ton}\end{aligned}$$

Gaya horizontal gempa statik ekuivalen (Fi)

Gaya gempa lateral disetiap tingkat bangunan ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$F_i = C_v \cdot V$$

Dengan,

$$C_{vx} = \frac{w_i h_i^k}{\sum w_i h_i^k}$$

Dimana:

F_i = gaya horizontal gempa (ton)

W_i = berat struktur tiap tingkat (ton)

H_i = tinggi tiap tingkat i (m)

K = eksponen yang terkait dengan periode struktur

Nilai k merupakan eksponen terkait dengan periode struktur. Untuk struktur yang mempunyai periode 0,5 detik atau kurang dari $k = 1$. Untuk struktur yang mempunyai periode 2,5 detik atau lebih, $k = 2$, sedangkan untuk struktur yang mempunyai periode antara 0,5 - 2,5 detik, k = hasil interpolasi. Maka nilai k yang digunakan pada nilai $T = 0,7553$ dicari dengan menggunakan persamaan interpolasi berikut ini:

$$\frac{x}{0,7553-0,5} = \frac{1}{2,5-0,5}$$

$$\frac{x}{0,2553} = \frac{1}{2}$$

$$x = 0,1276$$

$$k = 1 + 0,1276 = 1,1276$$

Perhitungan distribusi gaya lateral tiap lantai berdasarkan SNI-1726-2019- dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. Distribusi gaya gempa perlantai

Nama lantai	Zi (m)	Wi (ton)	Fix = Fiy (ton)	1/3 Fix (ton)	1/5 Fiy (ton)
Atap	15,2	369,5960	142,9168	47,6342	28,5834
Lantai 3	11,4	648,6836	262,5000	87,4913	52,5000
Lantai 2	7,6	456,9240	588,7300	196,2236	117,7459
Lantai 1	3,8	543,6640	464,0421	154,6652	92,8084
Lantai dasar	0	544,8451	0	0	0

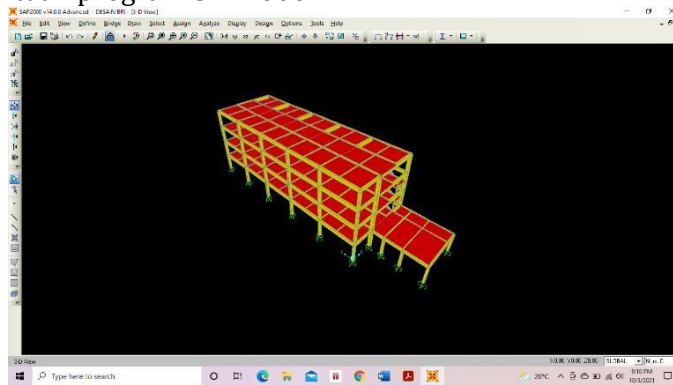
Sumber: Perhitungan penulis (2022)

Dari Tabel 4 didapat beban lateral paling besar berada pada lantai 2 sebesar 117,7459 ton dan beban lateral paling kecil berada pada lantai atapsebesar 28,5834

Pemodelan Struktur

Pembuatan pemodelan 3D struktur bangunan gedung BRI Sisisngamangaraja, Medan sesuai dengan data, informasi dari shop drawing dan perhitungan pembebanan pada gedung BRI Sisisngamangaraja , Medan. Kemudian dari data dan informasi yang sudah didapat dilakukan pemodelan 3D dan analisis kekuatan bangunan terhadap gaya gempa dengan analisis statik non-

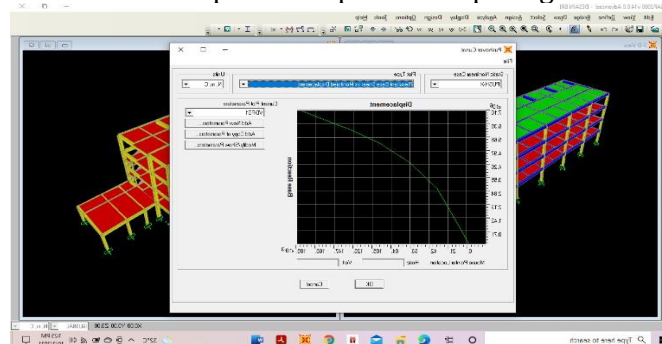
linear (analisis pushover) dengan bantuan program. Dalam penelitian ini, proses analisis dilakukan dengan bantuan program SAP2000.



Gambar 2. Denah Struktur Gedung dalam Bentuk 3D

Kurva Kapasitas

Dari proses analisis pushover dengan bantuan program SAP2000, didapatkan hasil perhitungan analisis pushover. Kemudian dibuat kurva, hubungan antara perpindahan titik acuan pada atap displacement) dengan gaya geser dasar (base shear) yang merupakan kurva kapasitas. Hasil analisis *pushover* untuk kurva kapasitas dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 3. kurva kapasitas

Berdasarkan kurva diatas dapat diketahui besarnya nilai perpindahan dan gaya geser seperti ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Data pushover curve

Step	Displacement m	BaseForce KN
0	0,000000	0,000
1	0,013026	1.672,669
2	0,021848	2.659,855
3	0,056407	4.504,471
4	0,088299	5.691,664
5	0,118799	6.375,155
6	0,150530	6.958,721
7	0,161855	7.149,921

Sumber: Perhitungan penulis (2022)

Berdasarkan hasil kurva kapasitas diatas pada tabel 4.5 maka dapat dijelaskan bahwa: pada pembebanan analisis pushover, analisis berhenti pada langkah (step) 7 (tujuh), dimana besarnya nilai perpindahan adalah 0.161855 m dan besarnya nilai gaya geser 7.149,921 kN.

Batas Kinerja (Performance Level)

Dapat dilihat nilai gaya geser dan perpindahan (displacements) pada saat tercapainya kinerja bangunan. Besarnya nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 9. Performance point hasil analisis pushover

Arah analisis pushover	performance point					
	V(kN)	D (m)	sa	sd	teff	beff
Arah-X	4380,1	0,05	0,36	0,04	0,71	0,13
	02	4	4	7	5	6
Arah-Y	4674,9	0,04	0,38	0,03	0,58	0,11
	03	2	5	3	3	3

Sumber: Perhitungan penulis (2022)

Untuk menentukan nilai batas kinerja maka dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Draift ratio arah-X} &= \frac{\text{Displement}}{\text{Height Of Structure}} \\ &= \frac{0,054\text{m}}{15,2\text{m}} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Draift ratio arah-Y} &= \frac{\text{Displement}}{\text{Height Of Structure}} \\ &= \frac{0,042\text{m}}{15,2\text{m}} \\ &= 0,0027 \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapat nilai *drift ratio* sebesar 0,0035. Untuk mengetahui batasan nilai *drift ratio* dapat dilihat pada table 10.

Tabel 10. Performance level

Interstor y drift limit	Immediate occupancy	Demag e control	Life safety	Structural stability
Maximu m total drift	0,01	0,01-0,02	0,02	0,33 Vi/Pi
Maximu m inelastic drift	0,005	0,005-0,0015	No limit	No limit

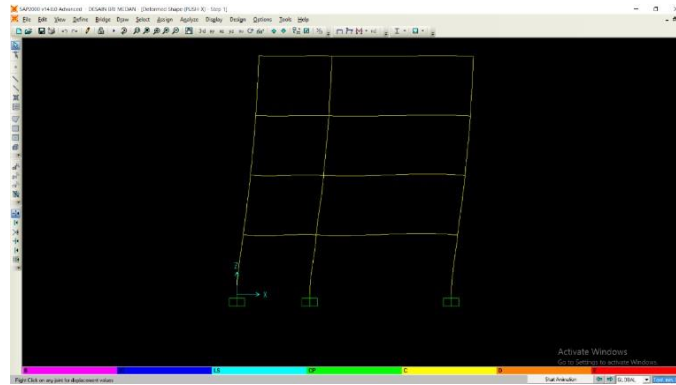
Sumber: ATC-40, volume 1

Berdasarkan tabel 10, menurut ATC-40 hasil dari perhitungan nilai *drift ratio* maka gedung yang ditinjau termasuk dalam kategori level kinerja *immediate occupancy* (IO), yaitu bila terjadi gempa gedung hanya mengalami sedikit kerusakan dan dapat langsung digunakan.

Distribusi Sendi Plastis

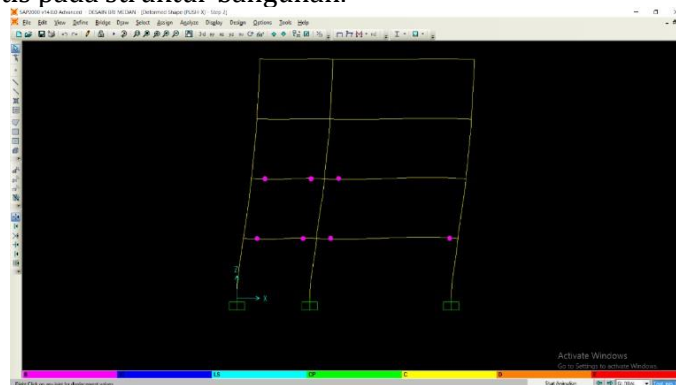
Terjadinya sendi plastis pada gedung dapat diketahui dari hasil analisis *pushover*. Dengan terbentuknya sendi plastis maka dapat diketahui keadaan struktur bangunan mulai dari kondisi batas linear, *Immediate occupancy*, *life safety* sampai pada stryktur tidak dapat menahan gaya geser dan hancur.

Beatus Akrab Iman Laia, Nurmaidah & Hermansyah, Analisis Kekuatan bangunan Terhadap Gaya Gempa dengan Metode Pushover (Studi Kasus Gedung BRI Sisingamangaraja Medan)



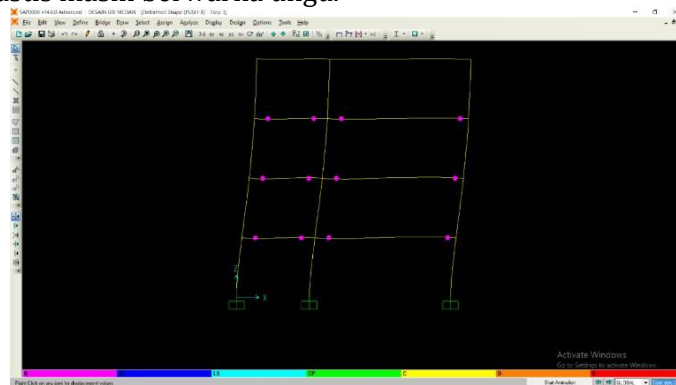
Gambar 4. Step 1

Pada step-1 nilai perpindahan (*displacement*) sebesar 0,013026 dan belum ada terlihat terjadinya sendi plastis pada struktur bangunan.



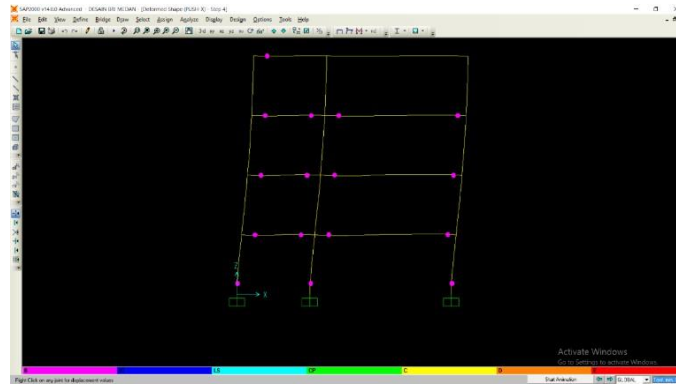
Gambar 5. Step 2

Pada step-2 nilai perpindahan (*displacement*) sebesar 0,021848, telah terjadi sendi plastis pada balok. Sendi plastis pada step ini masih tergolong kategori B menuju IO dimana ditandai dengan titik sendi plastis masih berwarna ungu.



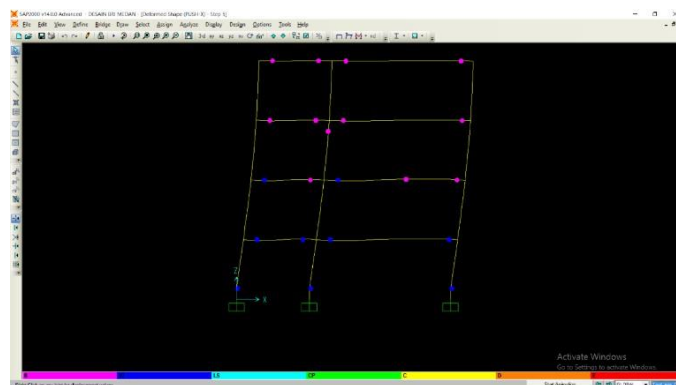
Gambar 6. Step 3

Pada step-3 nilai perpindahan (*displacement*) sebesar 0,056407, sendi plastis yang terjadi pada struktur bertambah dan pada step ini sendi plastis yang terjadi masih tergolong kategori B menuju IO dimana ditandai dengan titik sendi plastis yang masih berwarna ungu



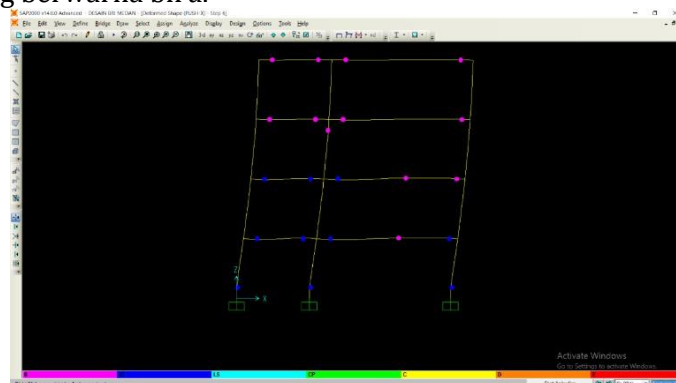
Gambar 7. Step 4

Pada step-4 nilai perpindahan (*displacement*) sebesar 0,088299, sendi plastis yang terjadi hampir diseluruh balok dan beberapa kolom dan sendi plastis yang terjadi masih tergolong kategori B menuju IO dimana ditandai dengan titik sendi plastis yang masih berwarna ungu.



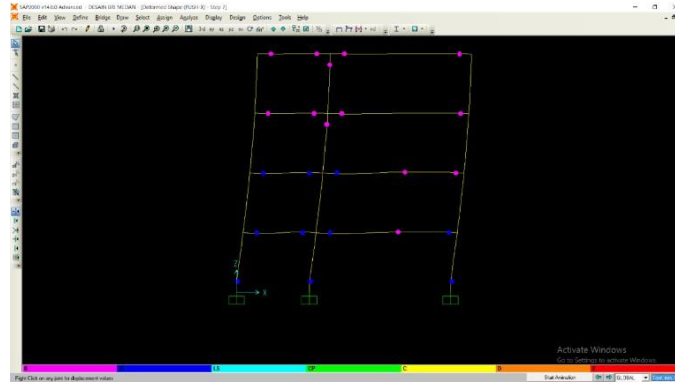
Gambar 8. Step 5

Pada step-5 nilai perpindahan sebesar (*displacement*) 0,118799, sendi plastis yang terjadi tergolong IO menuju LS dimana ditandai dengan adanya bebarapa titik sendi plastis di beberapa balok dan kolom yang berwarna biru.



Gambar 9. Step 6

Pada step-6 perpindahan (*displacement*) sebesar 0,150530 dan sendi plastis yang terjadi tergolong kategori IO menuju LS dimana dengan ditandai dengan beberapa titik pada balok dan kolom telah berwarna biru.



Gambar 9. Step 7

Pada step-7 perpindahan (*displacement*) sebesar 0,161855 dan sendi plastis yang terjadi tergolong kategori IO menuju LS dimana dengan ditandai dengan beberapa titik pada balok dan kolom telah berwarna biru.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis statik non-linear pada gedung BRI Sisingamangaraja, Medan dengan menggunakan program SAP2000 diperoleh kesimpulan yang pertama adalah Gaya gempa maximum yang dapat diterima oleh gedung BRI KC Sisingamangara, Medan adalah sebesar 7.149,921kN, Berdasarkan kurva kapasitas, pada saat gaya (*base force*) diberikan pada bangunan maka terjadilah perpindahan (*displacement*), yang artinya semakin besar gaya yang diberikan maka semakin besar juga perpindahan (*displacement*) yang terjadi pada bangunan. Batas kinerja gedung BRI KC Sisingamangaraja Medan berada pada kategori level IO, yang artinya hanya sedikit kerusakan pada struktural sehingga gedung dapat langsung digunakan atau dipakai. Distribusi sendi plastis terdiri dari 7 langkah (*step*) dimana sendi plastis mulai bekerja pada step-2 dan mencapai titik leleh pada step-7. Berdasarkan hasil analisis statik non-linear pada gedung BRI Sisingamangaraja, Medan dengan menggunakan program SAP2000 diperoleh.

Kesimpulan yang pertama adalah Gaya gempa maximum yang dapat diterima oleh gedung BRI KC Sisingamangara, Medan adalah sebesar 7.149,921kN, Berdasarkan kurva kapasitas, pada saat gaya (*base force*) diberikan pada bangunan maka terjadilah perpindahan (*displacement*), yang artinya semakin besar gaya yang diberikan maka semakin besar juga perpindahan (*displacement*) yang terjadi pada bangunan. Batas kinerja gedung BRI KC Sisingamangaraja Medan berada pada kategori level IO, yang artinya hanya sedikit kerusakan pada struktural sehingga gedung dapat langsung digunakan atau dipakai. Distribusi sendi plastis terdiri dari 7 langkah (*step*) dimana sendi plastis mulai bekerja pada step-2 dan mencapai titik leleh pada step-7.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, H. (2024). Kajian Arsitektur Vernakular di Indonesia: Sejarah, Ciri Khas, dan Pengaruhnya pada Desain Kontemporer. *Tugas Mahasiswa Program Studi Arsitek*, 1(1).
- Banjarnahor, E. (2024). *Analisis Pushover pada Struktur Gedung Proyek Pembangunan Gedung Kantor UPPD Medan Utara*. Universitas Medan Area.
- Barus, Y. F. W., & others. (2021). *Analisis Kekuatan Struktur Gedung Bertingkat Terhadap Beban Gempa dengan Analisis Pushover Berdasarkan SNI 1726: 2019*. Universitas Medan Area.
- Dary, R. W., Frapanti, S., & Utami, C. (2019). Evaluasi Kekakuan Batu Bata Lubuk Pakam Pada Bangunan Bertingkat Dengan Analisis Pushover. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 11–15.
- Doloksaribu, B. (2018). *Analisa Perhitungan Kekuatan Perancah Terhadap Waktu Siklus Pengecoran Lantai Untuk Memenuhi Keamanan Struktur Bangunan*.
- Harefa, A. C. A., & others. (2021). *Analisa Getaran Yang Terjadi Pada Gedung Bertingkat Akibat Gerakan Manusia*. Universitas Medan Area.
- Jefri, M., & others. (2023). *Pengaruh Kekuatan Struktur Shear Wall pada Proyek Gedung Menara Bank Rakyat Indonesia (BRI) Medan*.
- Kapa, S. R., Rangan, P. R., & Ampangallo, B. A. (2023). ANALISIS KAPASITAS ELEMEN STRUKTUR GEDUNG KANTOR REKTORAT IAKN TORAJA TERHADAP BEBAN GEMPA DENGAN METODE PUSHOVER. *Journal Dynamic Saint*, 8(1), 78–89.
- Laia, Y. E. (2023). *Analisis Perhitungan Plat Lantai Jembatan pada Proyek Penggantian Jembatan Idano Eho*.

- Manullang, Y. A., & others. (2023). *Analisis Kinerja Struktur Pada Gedung Rumah Sakit Regina Maris Medan Dengan Metode Riwayat Waktu Menggunakan Software Etabs*. Universitas Medan Area.
- Marpaung, A. D., & others. (2023). *Analisis struktur bangunan gedung menara bank rakyat indonesia (BRI) Medan menggunakan aplikasi Etabs V. 20*. Universitas Medan Area.
- Panjaitan, M. R. (2024). *Evaluasi Perhitungan Struktur Gedung Bertingkat pada Pembangunan Rumah Susun Tower C (Sukaramai Medan)*.
- Purba, J. M. (2022). *LKP Proyek Pembangunan Gedung Menara Bank BRI Medan*.
- Ritonga, S., & others. (2024). *Evaluasi Kinerja Seismik Srtuktur atas Gedung Suzuya Pematangsiantar Menggunakan Metode Pushover*. Universitas Medan Area.
- Sandhi, R. D., Wibowo, A., & Agoes, S. M. D. (2018). *Kajian analisis pushover untuk performance based design pada gedung fakultas ilmu sosial dan politik (fisip) Universitas Brawijaya*. Brawijaya University.
- Simatupang, P. J. M., & others. (2023). *Analisis Struktur Gedung Wing Hotel Achmad Tahir Politeknik Pariwisata Medan*. Universitas Medan Area.
- Sinambela, M. (2023). *Perancangan Sekolah Tinggi Kesenian dengan Tema Neo-Vernakular di kota Pematang Siantar*.
- Sitohang, B. N. (2023). *Evaluasi Kinerja Seismik Srtuktur Gedung Apartemen Princeton Boutique Living Medan Menggunakan Metode Pushover*. Universitas Medan Area.
- Surbakti, A. S., Ginting, M., & Batubara, S. (2023). *Aplikasi Metode Performance Based Design dalam Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Beton 6 Lantai*. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, 6(2), 69–79.
- Telaumbanua, F., & others. (2023). *Analisis Perhitungan Struktur Gedung Pada Proyek Pembangunan Pasar Baru Panyabungan*. Universitas Medan Area.