

PASSIVE SEISMIC CONTROL PADA GEDUNG RUMAH SAKIT UPT VERTIKAL SURABAYA TOWER C DENGAN ANALISA PUSHOVER

Mahfud Budiman^{1,*}, Taufiq Rochman², Medi Efendi³

Mahasiswa D4 Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang³

Email: mahfudbudiman02@gmail.com¹, taufiq.rochman@polinema.ac.id², medipolinema@gmail.com³

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penggunaan sistem isolasi dasar pada *displacement* dan momen struktur beton bertulang. Penelitian diawali dengan pemodelan struktur menggunakan aplikasi ETABS sehingga didapatkan *displacement* dan momen struktur *fixbase*. Tahap selanjutnya memberikan gaya pada model struktur dengan isolasi dasar *High Dumper Rubber Bearing* sehingga didapatkan *displacement* dan momen struktur dengan *Base Isolator*. Kemudian dilakukan Analisa kurva kapasitas. Hasil dari analisis didapatkan bahwa nilai *displacement* struktur yang menggunakan *Base Isolation* banyak nilai perpindahan lebih besar dari struktur *fixbase*. Berdasarkan hasil analisis dari Software ETABS dapat dilihat pada grafik bahwa nilai Pu Kolom dengan penggunaan *Base Isolation* nilainya lebih besar dari Pu Kolom *fixbase*, dan jika penggunaan tumpuan jepit lebih banyak dari penggunaan *Base Isolation* pada struktur maka nilai semakin kecil dari struktur *fixbase*. Untuk nilai momen kolom didapatkan jika dengan adanya penggunaan *Base Isolation* pada struktur maka nilai momen lebih kecil dari struktur *fixbase*. Dan untuk momen pada balok tumpuan maupun lapangan dapat dilihat pada grafik bahwa nilai momen yang terjadi pada balok struktur *Base Isolation* semakin besar dari struktur *fixbase*. Pada analisis kurva kapasitas dapat dilihat pada grafik perbandingan nilai kurva kapasitas bahwa struktur dengan penggunaan *Base Isolation* nilai perpindahan lebih besar dari struktur *fixbase*.

Kata kunci : *Base Isolation, Displacement, Momen Struktur, Kurva Kapasitas*

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the effect of the use of a basic insulation system i on the displacement and moment of the reinforced concrete structure. The research began with structural modeling using the ETABS application so that the displacement and moment of the fixbase structure were obtained. The next stage provides force to the structural model with the basic insulation of the High Dumper Rubber Bearing so that the displacement and moment of the structure are obtained with the base insulator. Then the capacity curve analysis is carried out. The results of the analysis showed that the displacement value of the structure using system seismic isolation was much greater than that of the fixbase structure. Based on the results of the analysis from ETABS Software, it can be seen in the graph that the value of the Pu Column with the use of system seismic isolation is greater than the Pu of the fixbase column, and if the use of the clamp base is more than the use of system seismic isolation on the structure, the value of the fixbase structure is smaller. For the moment value of the column, it is obtained that with the use of system seismic isolation on the structure, the moment value is smaller than the fixbase structure. And for the moment on the pedestal beam and the field, it can be seen in the graph that the value of the moment that occurs on the beam of the system seismic isolation structure is greater than the fixbase structure. In the capacity curve analysis, it can be seen in the comparison graph of the value of the capacity curve that the structure with the use of system seismic isolation has a displacement value greater than the fixbase structure

Keywords : *system seismic isolation, Displacement, Structural Moment, Capacity Curve*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara rawan gempa, terletak diantara empat lempeng tektonik. Sehingga Indonesia perlu untuk melakukan analisa lebih lanjut dengan didukung teknologi guna menciptakan perlindungan dari besarnya kerugian yang diakibatkan bencana gempa. Untuk mengetahui performa suatu bangunan dapat dilakukan dengan analisa *pushover*. Dalam analisa ini, gedung didesain dengan menambahkan *base isolation* pada bangunan tersebut. Kesulitan yang mungkin didapati adalah bagaimana merencanakan struktur gedung yang kuat dan stabil terhadap beban lateral terutama beban gempa. Sehingga perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai pengaruh beban gempa terhadap perilaku struktur bangunan gedung yang menggunakan *system seismic isolation* maupun tanpa *system seismic isolation (fixed base)*.

Analisis yang dapat digunakan untuk analisa beban gempa menggunakan dua metode, yaitu metode analisis statik ekuivalen dan analisis dinamik.

Sistem Seismic Isolation

Menurut SNI 1726:2019 pasal 12.5.4.1 dalam desain gaya geser bahwa sistem *isolation*, pondasi, dan semua elemen yang berada dibawah sistem *isolation*, didesain dengan gaya:

$$V_b = K_{Dmax} \cdot D_D \quad (2.1)$$

Sedangkan untuk gaya geser minimum struktur yang diatas sistem *isolation*.

$$V_s = \frac{K_{Dmax} \cdot D_D}{R_1} \quad (2.2)$$

Sistem *Isolation* dapat disesain sesuai dengan kebutuhan yang digunakan menggunakan dengan *catalog bridgestone*.

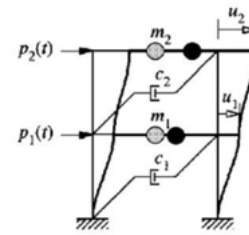
Derajat Kebebasan

Derajat kebebasan adalah derajat independensi yang diperlukan untuk menyatakan posisi suatu sistem pada setiap saat. Jumlah derajat kebebasan adalah jumlah koordinat yang diperlukan untuk menyatakan posisi suatu massa pada saat tertentu.

1. Sistem Kebebasan Derajat Tunggal (SDOF)

Sistem kebebasan derajat tunggal adalah sistem yang dimodelisasi sebagai sistem dengan koordinat perpindahan tunggal. Dimana massa pada bangunan terdapat pada 1 lantai mempunyai massa. Setiap lantai mempunyai kebebasan bergerak yang biasa disebut sebagai degree of freedom. Biasanya bangunan 1 lantai disebut sebagai SDOF atau bangunan rendah dengan kekakuan yang sama.

2. Sistem Kebebasan Derajat Banyak (MDOF)



Gambar 1. Struktur Portal Tingkat Dua

Berdasarkan keseimbangan dinamik berkaitan dengan respon struktur terhadap gerakan tanah adalah sebagai berikut:

$$K u(t) + C \dot{u}(t) + M \ddot{u}(t) = m_x \ddot{u}_x(t) + m_y \ddot{u}_y(t) + m_z \ddot{u}_z(t)$$

Yaitu,

K = matriks kekakuan

C = matriks redaman

M = matriks simpangan massa sebelum dan sesudahnya

m_x, m_y, m_z = beban akselerasi

$\ddot{u}_x, \ddot{u}_y, \ddot{u}_z$ = komponen percepatan tanah seragam

Untuk sistem struktur rangka pemikul momen didapatkan batasan simpangan antar lantai tingkat sesuai SNI 1726-2019, pasal 7.1.1 adalah sebagai berikut:

$$\Delta a = 0,02 \cdot h_{sx}$$

Yaitu, h_{sx} = Jumlah ketinggian lantai

Performance Based Design

Mengacu pada FEMA-273 (1997) yang menjadi acuan klasik bagi perencanaan berbasis kinerja maka kategori level kinerja struktur adalah:

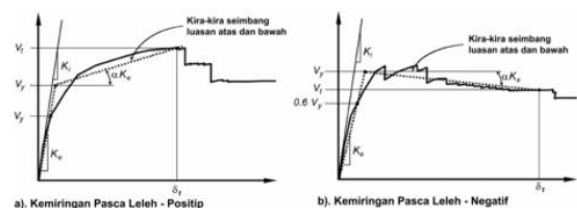
1. *Operasional (O)*
2. *Immediate Occupancy (IO)*
3. *Life Safety (LS)*
4. *Collapse Prevention (CP)*

Analisa Statik Nonlinear (*Pushover Analysis*)

Analisis *pushover* hanya melibatkan pembebanan statik monotonik.

1. Metode Koefisien Perpindahan (FEMA 356)

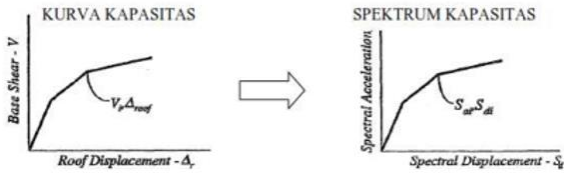
Penyelesaian dilakukan dengan memodifikasi respon elastis linear dari sistem SDOF ekuivalen dengan faktor C_0 , C_1 , C_2 dan C_3 sehingga dapat dihitung target perpindahan (δ_t).



Gambar 2. Perilaku Pasca Leleh Sistem Struktur

2. Metode Spektrum Kapasitas (ATC 40)

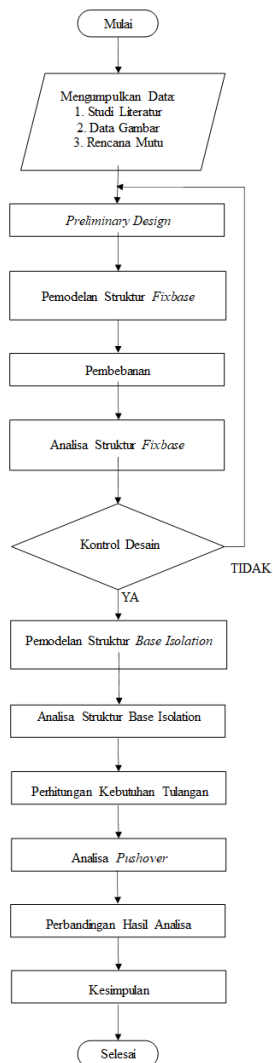
Hasil analisis statis *pushover* nonlinear adalah kurva *pushover* yang menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar (*base shear*) dan simpangan atap (*roof displacement*) hubungan tersebut dinamakan kurva kapasitas struktur.



Gambar 3. Modifikasi Kurva Kapasitas menjadi Spektrum Kapasitas

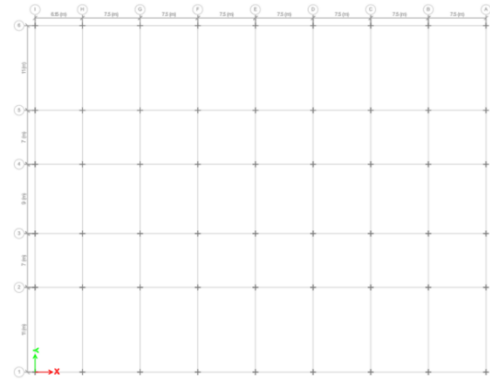
2. METODE

Adapun alur dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini :

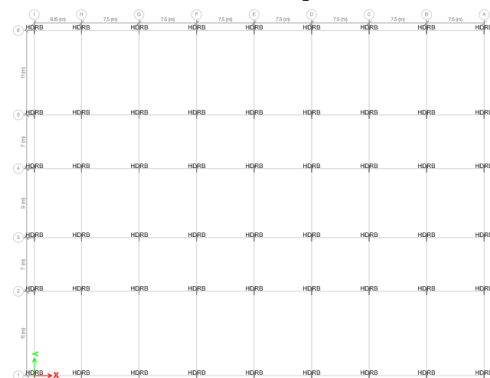


Gambar 4. Diagram alir studi

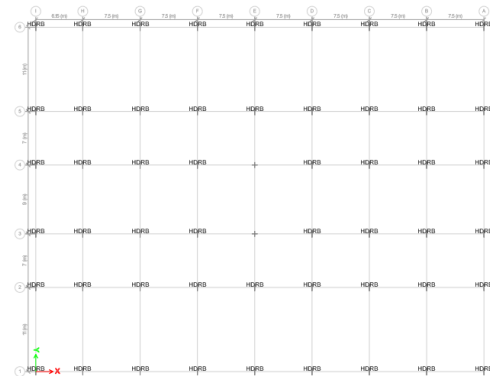
Model Penempatan Jenis Tumpuan Tiap Model



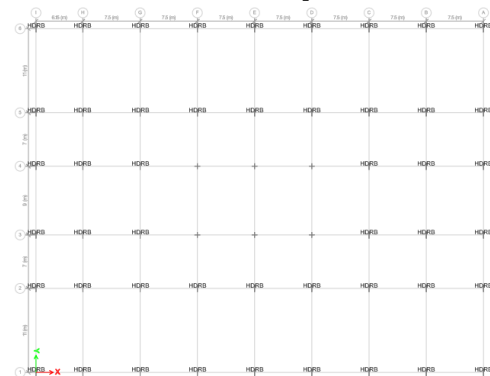
Gambar 5. Denah Tumpuan Model 0



Gambar 6. Denah Tumpuan Model 1

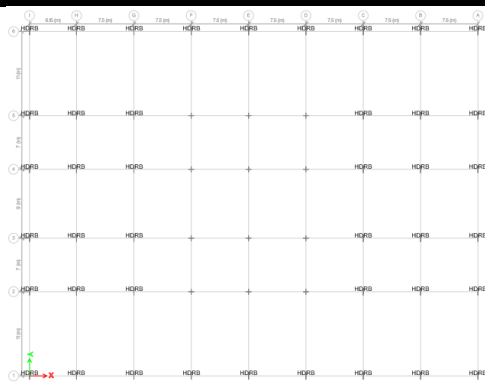


Gambar 7. Denah Tumpuan Model 2

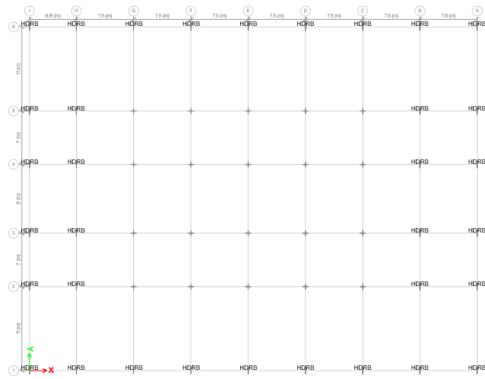


Gambar 8. Denah Tumpuan Model 3

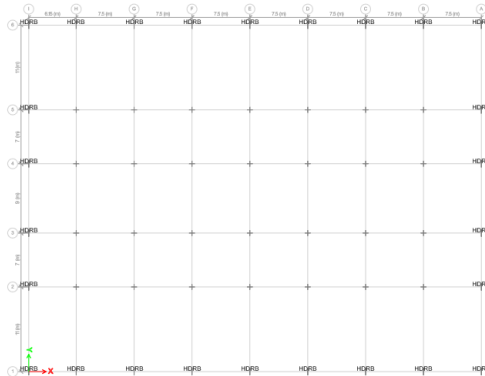
3. HASIL DAN PEMBAHASAN



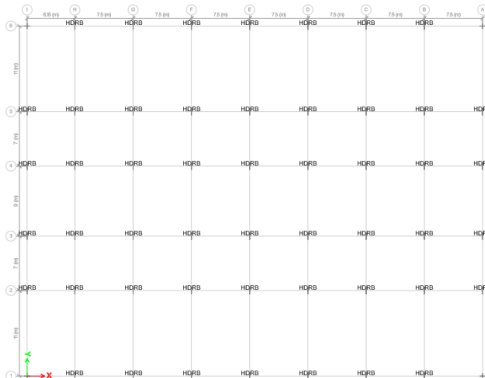
Gambar 9. Denah Tumpuan Model 4



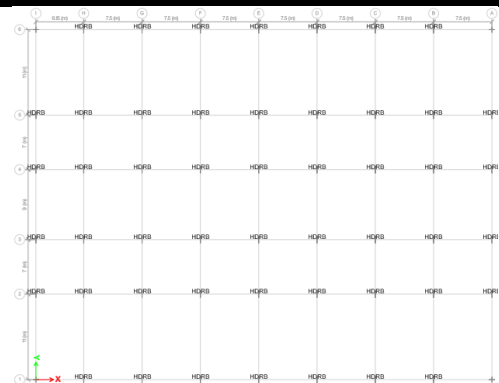
Gambar 10. Denah Tumpuan Model 5



Gambar 11. Denah Tumpuan Model 6



Gambar 12. Denah Tumpuan Model 7



Gambar 13. Denah Tumpuan Model 8

Preliminary Design

Pada *preliminary design* balok perlu diketahui Panjang bentang balok dan perletakan balok yang nantinya akan didesain.

Tabel 1. Rekapitulasi *Preliminary* Balok

Jenis	Kategori	Bentang (mm)	Tinggi (mm)	Lebar (mm)
B1	Perletakan Sederhana	11000	700	500
B2	Perletakan Sederhana	9000	600	400
B3	Perletakan Sederhana	7000	500	400
BA	Perletakan Sederhana	4500	300	200

Pada *preliminary design* pelat, pelat akan diasumsikan terlebih dahulu.

Asumsi awal tebal pelat yaitu 120 mm.

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot 40 \cdot 60^3 = 720000 \text{ cm}^4$$

$$I_s = \frac{1}{12} \cdot 420 \cdot 12^3 = 60480 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_{fm} = \frac{I_b}{I_s} = \frac{720000}{60480} = 11,905$$

Karena $\alpha_{fm} > 2$ maka digunakan rumus sebagai berikut:

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9\beta}$$

$$l_n = 4500 - 200 - 100 = 4200$$

$$h_{min} = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 9\beta} = \frac{4200 \left(0,8 + \frac{420}{1400} \right)}{36 + 9 \frac{4500}{3750}} = 111,59 \text{ mm}$$

$$h = 120 \text{ mm} > 90 \text{ mm}$$

Maka digunakan tebal pelat 130 mm

Pada *preliminary design* kolom diketahui hasil dari perhitungan masing-masing kolom adalah sebagai berikut :

- Kolom interior = 95/95 cm
- Kolom eksterior = 80/80 cm

Analisa Pembebanan

a. Beban mati

Beban mati tambahan pada pelat lantai

Berat keramik	=	0,24	kN/m ²
Berat Spesi	=	0,21	kN/m ²
Berat plafon	=	0,071	kN/m ²
Berat MEP	=	0,25	kN/m ²
Total	=	0,771	kN/m ²

Beban mati tambahan pada pelat dak

Berat plafon	=	0,071	kN/m ²
Berat MEP	=	0,25	kN/m ²
Waterproofing	=	0,05	kN/m ²
Total	=	0,371	kN/m ²

Beban pada Dinding

Dinding lantai 1	=	13,75	kN/m
Dinding lantai 2-4	=	12,5	kN/m
Dinding lantai 5-12	=	10,625	kN/m

b. Beban hidup

K_{LL}	=	1	
A_T	=	61.289	m ²
Asumsi Beban	=	2,87	kN/m ²
Rumah Sakit			
L	=	2.34	

Check Limitasi

$$L \geq 0,4 \cdot L_o$$

$$2,34 \geq 1,15 \text{ OK}$$

Asumsi	=	0,96	kN/m ²
--------	---	------	-------------------

Beban

Lantai

Atap

A_T	=	1889,25	m ²
-------	---	---------	----------------

R_1	=	0,6	
-------	---	-----	--

$$\text{Untuk } A_T = 1889,25 \text{ m}^2 \geq 55,74 \text{ m}^2$$

$$F = 0 < 1, \text{ maka } R_2 = 1$$

$$L = L_o \cdot R_1 \cdot R_2$$

$$L = 0,576 \text{ kN/m}^2$$

Check Limitasi

$$0,58 < L < 0,96$$

Karena $L = 0,576 \text{ kN/m}^2$, maka diambil limitasi minimum yaitu $0,58 \text{ kN/m}^2$

Beban Hidup yang digunakan yaitu:

$$\text{Ruang operasi, laboratorium} = 2,87 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Ruang pasien} = 1,92 \text{ kN/m}^2$$

c. Beban gempa

SE (Tanah Lunak)

$$S_s = 0,7142$$

$$S_1 = 0,3145$$

$$F_a = 1,357$$

$$F_v = 2,742$$

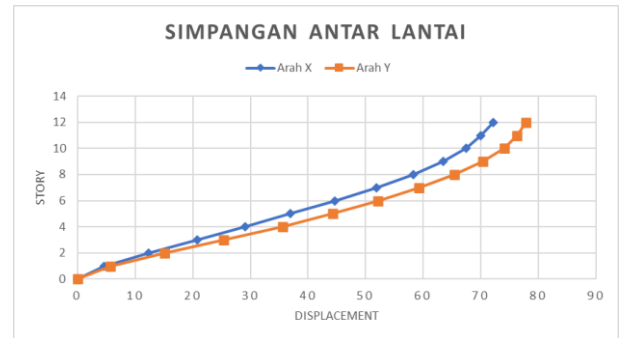
$$S_{ms} = 0,969$$

$$S_{m1} = 0,862$$

$$S_{ds} = 0,646$$

$$S_{d1} = 0,575$$

$$KDS = D$$



Gambar 14. Grafik Simpangan Struktur *Fixbase*
Perencanaan Elemen Desain Beton Bertulang

a. Desain pelat

1) Kuat Geser Arah X

$$V_u = 49,31 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot (0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d)$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1000 \cdot 93,5)$$

$$\phi V_c = 70527 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 70,527 \text{ kN} > V_u = 49,31 \rightarrow \text{OK}$$

2) Kuat Geser Arah Y

$$V_u = 44,62 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot (0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d)$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 1000 \cdot 80,5)$$

$$\phi V_c = 60721,2 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 60,7212 \text{ kN} > V_u = 44,62 \rightarrow \text{OK}$$

Digunakan jarak tulangan sengkang pada daerah tumpuan dan lapangan arah x dan arah y yaitu Ø13-100.

b. Desain Balok

Rekapitulasi penulangan balok

Tabel 2. Rekapitulasi penulangan balok

Jenis Balok	Tulangan		Sengkang	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
B1	9-D28	5-D28	3D13-100	3D13-150
B2	7-D28	5-D28	3D13-100	3D13-150
B3	7-D28	5-D28	3D13-100	3D13-125
BA	5-D25	5-D25	3D13-100	3D13-150

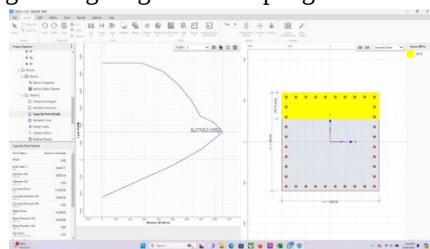
c. Desain Kolom

Dari hasil Analisa pada perhitungan diatas, diperoleh hasil sebagai berikut :

- Kolom Interior 1200/1200 mm.
- Tulangan utama 36D32.
- Tulangan sengkang daerah Tumpuan 4D13-150.
- Tulangan sengkang daerah Lapangan 4D13-150.

Dari hasil Analisa pada perhitungan diatas, diperoleh hasil sebagai berikut :

- Kolom Interior 1000/1000 mm.
- Tulangan utama 28D32.
- Tulangan sengkang daerah Tumpuan 4D13-150.
- Tulangan sengkang daerah Lapangan 4D13-150.



Gambar 15. Diagram interaksi kolom interior

Perencanaan System Seismic Isolation

Setelah dilakukan analisa pada ETABS didapatkan nilai terbesar pada kombinasi 6e. 1.2DL +1LL +0.39Qex +1.3Qey + 0.26.SDS.DL. dan diketahui bahwa nilai *joint rection* pada setiap tumpuan nilai terbesar adalah 11816,1253 kN. Maka digunakan *system seismic isolation* dengan *outer diameter* = 1000 mm, dengan *nominal long term column load* = 11800 kN.

Didapatkan Nilai Pu Kolom yang ditinjau pada Model 1
Tabel 3. Nilai Pu Kolom Model 1

Story	Grid	
	3-I	4-I
1	8624.37	8932.49
2	7626.42	7939.48
3	6723.51	6990.88
4	5843.02	6071.54
5	5034.79	5227.68
6	4245.24	4401.37
7	3475.8	3596.71
8	2712.66	2802.92
9	2016.37	2080.49
10	1382.56	1426
11	779.254	809.458
12	294.723	313.199

Didapatkan Nilai M3- Kolom yang ditinjau pada Model 1
Tabel 4. Nilai M3- Kolom Model 1

Story	Grid	
	3-I	4-I
1	0	0
2	73.8734	120.289
3	584.829	618.583
4	463.152	491.658
5	478.972	531.005
6	461.144	507.49
7	386.971	425.479
8	303.023	335.158
9	196.863	224.667
10	106.998	129.108
11	14.8072	31.4254
12	126.291	137.819

Didapatkan Nilai M3- Balok yang ditinjau pada Model 1
Tabel 5. Nilai M3- Balok Model 1

Story	M3-	
	Tumpuan	Lapangan
1	1607.62	692.032
2	1319.01	545.116
3	1208.64	497.303
4	1076.82	435.835
5	977.747	382.655
6	895.292	343.08
7	816.943	306.003
8	709.239	259.926
9	590.314	208.365
10	471.967	155.828
11	355.882	109.94
12	250.008	94.2716

Didapatkan Nilai M3+ Balok yang ditinjau pada Model 1
Tabel 6. Nilai M3+ Balok Model 1

Story	M3	
	Lapangan	Tumpuan
1	825.075	1259.29
2	656.065	1019.81
3	593.879	928.758
4	528.468	822.532
5	470.028	726.655
6	423.756	656.421
7	375.716	587.646
8	319.4	508.45

9	254.664	417.797
10	185.073	321.913
11	132.84	245.58
12	111.469	171.188



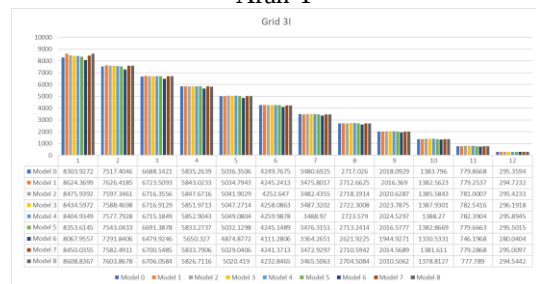
Gambar 16. Grafik Perbandingan Model 0 dan Model 1



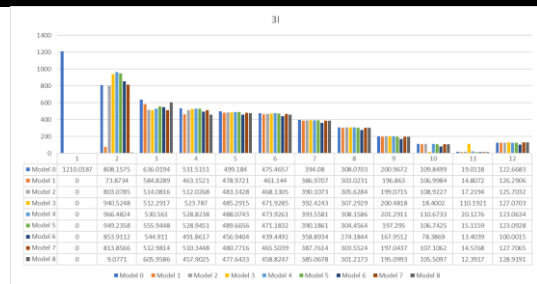
Gambar 17. Grafik Perbandingan Simpangan Tiap Model Arah X



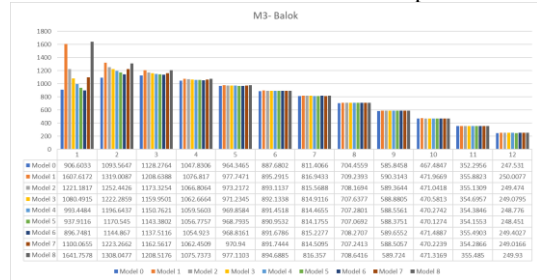
Gambar 18. Grafik Perbandingan Simpangan Tiap Model Arah Y



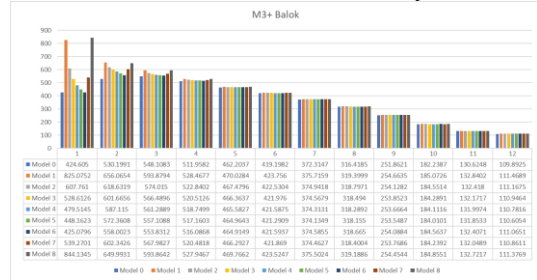
Gambar 19. Grafik Pu Kolom Tiap Model



Gambar 20. Grafik M3 Kolom Tiap Model



Gambar 21. Grafik M3- Balok Tiap Model



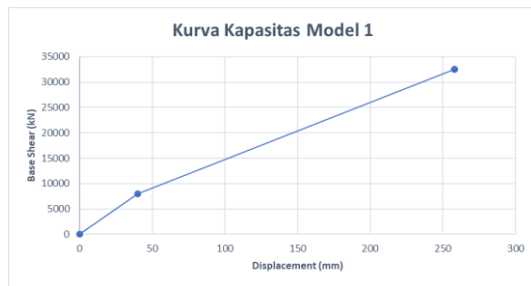
Gambar 22. Grafik M3+ Balok Tiap Model Kurva Kapasitas

Kurva Kapasitas Model 1

Dari hasil *analysis pushover* dengan program *ETABS* didapatkan 3 *Step* pola beban dorong yang diberikan pada struktur hingga mengalami keruntuhan. Dari 3 *step* tersebut didapat grafik hubungan gaya dan perpindahan struktur yang menggambarkan kapasitas struktur dalam berdeformasi.

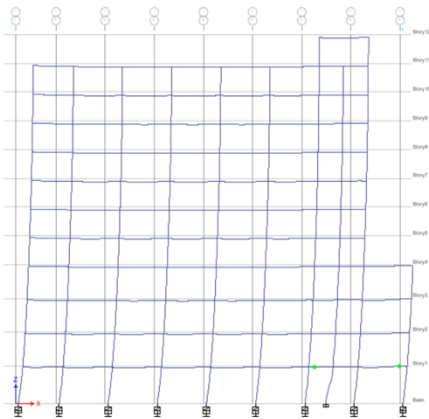
Tabel 7. Nilai *Base Shear* vs *Monitored Displacement* Model 1.

Step	0	1	2	3
Displacement (mm)	0	-37.61	-261.9	-268.1
Base Force (kN)	0	7069	30196	30704
A-B	2934	2930	2222	2214
B-C	0	4	712	719
C-D	0	0	0	1
D-E	0	0	0	0
>E	0	0	0	0
A-IO	2934	2934	2578	2568
IO-LS	0	0	317	321
LS-CP	0	0	39	45
>CP	0	0	0	0
Total	2934	2934	2934	2934



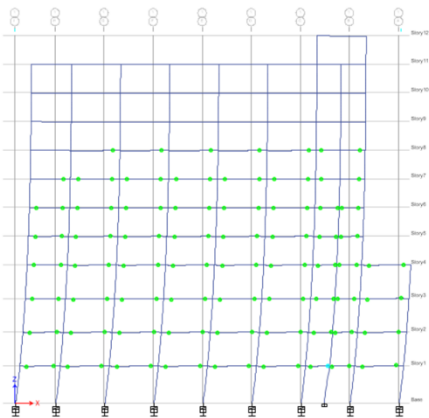
Gambar 23. Kurva kapasitas Model 1

Dari gambar diatas dapat dilihat hubungan gaya dan perpindahan yang diberikan pada struktur pada masing-masing step. Dari gambar tersebut diketahui bahwa terjadi proses plastifikasi pada sendi plastis elemen struktur. Kondisi plastifikasi yang terjadi pada sendi plastis strktur memiliki tingkatan.



Gambar 24. Plastifikasi Struktur Hasil Analysis Pushover Step 1 Model 1

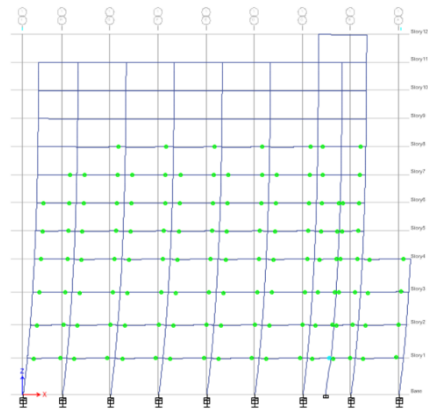
Step 1 menunjukkan bahwa struktur telah mengalami pasca elastis awal yaitu ditanda dengan munculnya sendi plastis dengan level A-B dengan deformasi sebesar 40,0975 mm dan gaya geser dasar sebesar 7935,0304 kN.



Gambar 25. Plastifikasi Struktur Hasil Analysis Pushover Step 2 Model 1

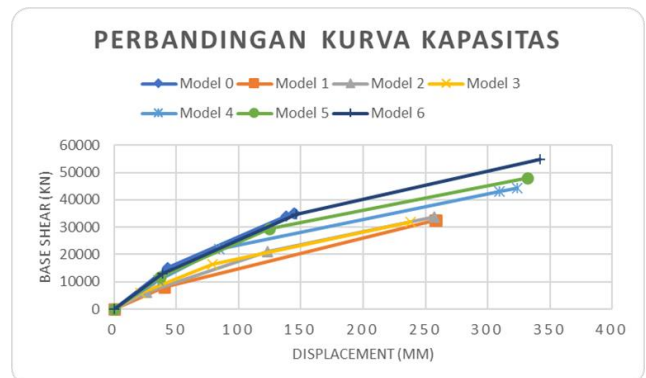
Step 2 menunjukkan bahwa struktur telah mengalami pasca elastis awal yaitu ditanda dengan munculnya sendi plastis

dengan level A-B dan B-C dengan deformasi sebesar 258,061 mm dan gaya geser dasar sebesar 32549,594 kN.



Gambar 26. Plastifikasi Struktur Hasil Analysis Pushover Step 3 Model 1

Step 3 menunjukkan bahwa struktur telah mengalami pasca elastis awal yaitu ditanda dengan munculnya sendi plastis dengan level A-B dan B-C dengan deformasi sebesar 258,097 mm dan gaya geser dasar sebesar 32552,81 kN.



Gambar 31. Grafik Perbandingan Kurva Kapasitas Tiap Model

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan kurva diatas dapat dilihat bahwa nilai displacement dengan adanya *System Seismic Isolation* nilai perpindahan pada Base semakin besar jika dibandingkan dengan struktur fixbase, semakin banyak penggunaan *System Seismic Isolation* pada struktur maka nilai perpindahan semakin besar dan jika penggunaan *System Seismic Isolation* pada struktur sedikit maka nilai perpindahan pada Base semakin kecil.

2. Berdasarkan hasil analisis dari Software ETABS dapat dilihat pada grafik bahwa nilai P_u Kolom dengan penggunaan *System Seismic Isolation* nilainya lebih besar dari P_u Kolom fixbase, dan jika penggunaan tumpuan jepit

lebih banyak dari penggunaan *System Seismic Isolation* pada struktur maka nilai semakin kecil dari struktur fixbase. Untuk nilai momen kolom didapatkan jika dengan adanya penggunaan *System Seismic Isolation* pada struktur maka nilai momen lebih kecil dari struktur fixbase. Dan untuk momen pada balok tumpuan maupun lapangan dapat dilihat pada grafik bahwa nilai momen yang terjadi pada balok struktur *System Seismic Isolation* semakin besar dari struktur fixbase.

3. Kurva Kapasitas pada struktur fixedbase dan beberapa model struktur *System Seismic Isolation* sebagai berikut: Pada struktur fixedbase didapatkan hasil pada level kinerja B-C. Pada struktur Base Isolator model 1 didapatkan hasil pada level kinerja B-C. Pada struktur Base Isolator model 2 didapatkan hasil pada level kinerja B-C. Pada struktur Base Isolator model 3 didapatkan hasil pada level kinerja B-C. Pada struktur Base Isolator model 4 didapatkan hasil pada level kinerja D-E. Pada struktur Base Isolator model 5 didapatkan hasil pada level kinerja D-E. Pada struktur Base Isolator model 6 didapatkan hasil pada level kinerja B-C. Dapat dilihat pada grafik perbandingan nilai kurva kapasitas bahwa struktur dengan penggunaan *System Seismic Isolation* nilai perpindahan lebih besar dari struktur fixbase.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional. (2020). *Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain*. SNI 1727:2020. Jakarta.
- [2] Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung*. SNI 1726:2019. Jakarta.
- [3] Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan*. SNI 2847:2019. Jakarta.
- [4] Pudji Rahardjo, I., Tajunnisa, Y., Komara, I., Nurry Arifa, G., & Imam Wahyudi, D. (2023). Performance of High-Damping Rubber Bearings for Seismic Isolation-Case Study of Nayumi Sam Tower Malang Apartment. In *The Journal of Engineering* (Vol. 9, Issue 3).
- [5] Arifin, T., & Desmaliana, E. (2021). Analisis Pushover terhadap Variasi Penempatan High Damping Rubber Bearing (HDRB) pada Struktur Gedung Bertingkat. *Journal of Sustainable Construction*, 1(1), 11–20.
- [6] Cimellaro, G. P. (n.d.). *Lecture Notes in Civil Engineering Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibration Control of Structures 17th World Conference on Seismic Isolation (17WCSI)*.
- [7] Naeim, F., & Kelly, J. M. (1999). *Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice*.
- [8] Syahnandito, Suryanita, R., & Ridwan. (2020). Pengaruh Penggunaan Base Isolation High Damping Rubber Bearing Pada Struktur Beton Bertulang. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 181–194.
- [9] Kelly, J. M., Konstantinidis, D. A., & Konstantinidis, K. (n.d.). *MECHANICS OF RUBBER BEARINGS FOR SEISMIC AND VIBRATION ISOLATION RED BOX RULES ARE FOR PROOF STAGE ONLY. DELETE BEFORE FINAL PRINTING. MECHANICS OF RUBBER BEARINGS FOR SEISMIC AND VIBRATION ISOLATION*.
- [10] Nathalia, S., Sugihardjo, H., & Basshofi, A. (2023). Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Palang Merah Indonesia Kabupaten Sukabumi Menggunakan Sistem Base Isolation Tipe High Damping Rubber Bearing (HDRB). *Jurnal Teknik ITS Vol.12, No.2*.
- [11] Budiono, B., Setiawan, A. (2014). Studi Komparasi Sistem Isolasi Dasar High Damping Rubber Bearing dan Friction Pendulum System Pada Bangunan Beton Bertulang. *Jurnal Teknik Sipil Vol.21 No.3*.
- [12] FEMA 356. (2000). *Prestandart and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Building*.
- [13] Naeim, F., Kelly, J. M. (1999). *Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice*.
- [14] Kelly, Trevor E. (2001). *Base Isolation of Structures*.
- [15] Mamesah, Hizkia Yehezkiel., Wallah, Steenie E., Windah, Reky Stenly. (2014). Analisis Pushover pada Bangunan dengan Soft First Story. *Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.4*
- [16] Bridgestone Corporation. (2017). *Bridgestone Seismic Isolation Product Line-up.*