

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN *BASE ISOLATION* TERHADAP BEBAN GEMPA PADA GEDUNG KANTOR GUBERNUR PROVINSI PAPUA

Febian Muhammad Nur¹, Ardi Azis Sila², dan Andung Yunianta³

^{1*}Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yapis Papua

^{2,3*}Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yapis Papua

^{1*}febian422@gmail.com, ^{2*}ardi.azis.sila@gmail.com, ^{3*}andung.ay@gmail.com

ABSTRAK

Berdasarkan data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) pada tahun 2022 tercatat telah terjadi gempa bumi sebanyak 192 kali dengan kekuatan lebih dari 5 Mag. Akibat dari adanya gempa bumi di Indonesia, banyak sekali infrastruktur yang mengalami kerusakan. Konsep utama Base Isolation adalah untuk memisahkan bagian bawah bangunan dari tanah sehingga efek gempa pada bangunan dapat dikurangi. High Damping Rubber Bearing terbuat dari lapisan karet alam atau sintetik dengan resiko redaman dengan batang timah bulat di tengahnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan antara sistem struktur fix base dan base isolation terhadap base shear, displacement, drift dan level kinerja struktur. Metode yang digunakan adalah analisis statik ekuivalen dengan mengambil studi kasus Gedung Kantor Gubernur Provinsi Papua. Pemodelan struktur menggunakan aplikasi ETABS V20 dengan 2 bentuk model yaitu model 1 struktur 10 lantai menggunakan fix base, dan model 1 struktur 10 lantai menggunakan base isolation. Hasil dari analisis pada penelitian ini adalah struktur base isolation dapat mereduksi dampak gempa yang terjadi dari struktur bawah ke struktur atas. Nilai displacement pada base isolation relatif lebih besar tetapi drift yang terjadi dapat lebih kecil hingga 82,82% arah x dan 83,35% arah y. Dan untuk level kinerja struktur antara sistem struktur fix base dan sistem struktur base isolation masuk ke dalam kategori immediate occupancy.

Kata Kunci: *Fix base, Base Isolation, High Damping Rubber Bearing, Analisis Pushover*

ABSTRACT

Based on data from the Meteorology, Climatology and Geophysics Agency (BMKG) in 2022, there have been 192 earthquakes recorded with a magnitude of more than 5 on the Richter scale. As a result of the earthquake in Indonesia, a lot of infrastructure was damaged. The main concept of Base Isolation is to separate the lower part of the building from the ground so that the effects of earthquakes on the building can be reduced. High Damping Rubber Bearings are made of layers of natural or synthetic rubber with damping risk with a round lead rod in the middle. The purpose of this study is to determine the comparison between fixed base and base isolation structural systems concerning base shear, displacement, drift, and structural performance levels. The method used is an equivalent static analysis by taking a case study of the Papua Province Governor's Office Building. Structural modeling uses the ETABS V20 application with 2 model forms, namely model 1 10-floor structure using fixed base, and model 1 10-floor structure using base isolation. The results of the analysis in this study are that the base isolation structure can reduce the impact of earthquakes that occur from the lower structure to the upper structure. The displacement value in the base isolation is relatively higher, but the drift that occurs can be smaller, up to 82.82% in the x direction and 83.35% in the y direction. And for the level of structural performance between the fixed base structure system and the base isolation structure system, it is included in the immediate occupancy category.

Keywords: *Fix Base, Base Isolation, High Damping Rubber Bearing, Pushover Analysis*

1. PENDAHULUAN

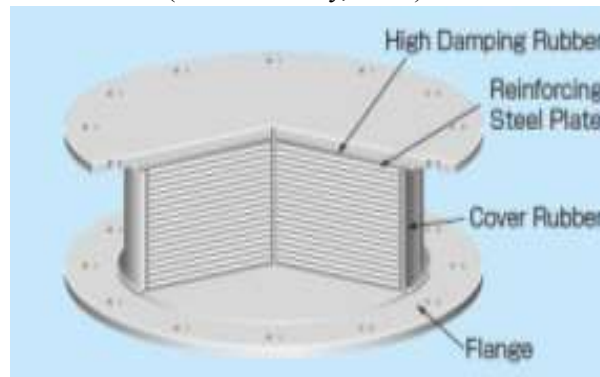
Berdasarkan sumber dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) pada tahun 2022 tercatat gempa bumi telah terjadi sebanyak 192 kali dengan kekuatan lebih dari 5 SR. Dengan 3 gempa terbesar pernah melanda Indonesia pada tahun 2022 yaitu di Selat Sunda (14 Jan. skala 6,6), gempa Barat Daya Sumatera (18 Nov. skala 6,7) dan gempa Tanimbar Islands (09 Jan. skala 7,5). Akibat dari adanya gempa bumi di Indonesia, banyak sekali infrastruktur yang mengalami kerusakan, terutama bangunan perumahan dan perkantoran di daerah tersebut. Gempa bumi menjadi salah satu perhatian dalam perencanaan atau pembangunan rumah dan gedung perkantoran menahan beban seismik itu sendiri guna mengurangi korban jiwa dan kerugian material.

Base Isolation merupakan sistem yang relatif baru diperkenalkan di Indonesia meskipun banyak negara seperti Jepang dan Selandia Baru telah menggunakannya sejak lama. Konsep utama dari *Base Isolation* adalah untuk memisahkan bagian bawah bangunan dari tanah sehingga efek gempa pada bangunan dapat dikurangi. *High Damping Rubber Bearing* adalah *isolator* yang umum digunakan di banyak negara maju. Alat ini terletak pada struktur bawah bangunan. *High Damping Rubber Bearing* tersusun dari lapisan karet murni atau sintetis dengan peredam batang timah bulat di tengahnya.

Pada pengerjaan tugas akhir ini, penulis mengevaluasi pengaruh dari penambahan isolasi dasar berjenis *High Damping Rubber Bearing* pada Gedung Gubernur Provinsi Papua. Sistem struktur *fix base* diterapkan pada bangunan gedung kantoer tersebut perlu perlindungan karena letak bangunan di Papua dan berada pada pinggir pantai. Kemudian akan dilihat level kinerja struktur tersebut sejauh mana peggunaan dari *base isolation* dapat bekerja dengan menggunakan metode analisis *pushover*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

High Damping Rubber Bearing (HDRB) menggunakan energi rekayasa kimia untuk menciptakan sifat yang berbeda dari Natural Rubber Bearing (NRB). HDRB dapat menurunkan hingga 20% pada tegangan geser 100%. Nilai modulus geser yang bervariasi dengan regangan geser yang ada, menciptakan loop histeresis sehingga menghasilkan nilai rasio redaman yang tinggi. Jenis isolasi seismik ini biasanya tidak memerlukan perangkat peredam tambahan. Berikut perhitungan yang digunakan dalam desain insulasi lantai (Neim & Kelly, 1999).



Gambar 1. *High Damping Rubber Bearing*

(Sumber : www.researchgate.net, diakses 2023)

- a. Kekakuan horizontal struktur

$$K_H = W \times \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- K_H = Kekakuan struktur
- W = Berat per struktur kolom
- T = Periode getar rancangan

- b. Estimasi Luasan HDRB

$$K_H = \frac{G \times A}{tr} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- K_H = Kekakuan elastomer
- G = Modulus geser dari elastomer
- A = Luasan elastomer
- tr = Ketebalan total dari elastomer

Sehingga didapatkan penjabaran rumus sebagai berikut.

$$K_H = K_H$$

$$W \times \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \frac{G \times A}{tr}$$

$$A = \frac{W \times \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2}{G \times A} \times tr \dots\dots\dots (3)$$

- c. Diameter HDRB

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

- A = Luasan elastomer
- D = Diameter elastomer

- d. Perpindahan Rencana

$$D_D = \frac{9,81}{4\pi^2} \cdot \frac{S_{M1} T}{\beta} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

- S_{M1} = Parameter percepatan spektra gempa
- T = Periode
- β = Koefisien numerik yang terkait dengan redaman efektif

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian kali untuk menjawab tujuan yang ingin dicapai maka diperlukan kerangka tahapan prosedur yang perlu dilakukan yang dijelaskan sebagai berikut.

- a. Data Struktur

Bangunan yang ditinjau merupakan Gedung Kantor Gubernur Provinsi Papua yang memiliki struktur utama hampir seluruhnya terbuat dari bahan beton bertulang yang memiliki kuat tekan sebesar 30 MPa, ketinggian gedung 43,25 m (1 semi basement + 8 lantai + 1 atap), panjang bangunan 72,0 m, lebar bangunan 44,2 m dengan mutu baja tulangan yang digunakan BJTS 42 dan BJTS 52.

“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

b. Dimensi Elemen Struktur

Perencanaan dimensi elemen struktur berdasarkan pada *shop drawing* pada proyek tersebut. Adapun dimensi dari kolom, balok dan plat lantai dapat dilihat pada Gambar 1-3.

Tabel 1. Dimensi Balok

Tipe Balok	l pakai (mm)	t pakai (mm)	Dimensi (cm)
B2A4	250	400	25/40
B35A	300	550	30/55
B36	300	600	30/60
B45	400	500	40/50
B46	400	600	40/60
B47	400	700	40/70
B4A5	450	500	45/50
B4A7	450	700	45/70
B55	500	500	50/50
B57	500	700	50/70
B59	500	900	50/90
B75	700	500	70/50
B77	700	700	70/70
B79	700	900	70/90

(Sumber : Data PT. PP (Persero) Tbk, 2023)

Tabel 2. Dimensi Kolom

Tipe Kolom	p pakai (mm)	l pakai (mm)	Dimensi (cm)
K1-1	900	900	90/90
K2-1	800	800	80/80
K2-2	800	800	80/80
B45	800	500	80/80
B46	800	600	80/80
B47	800	800	80/80
B4A5	800	800	80/80

(Sumber : Data PT. PP (Persero) Tbk, 2023)

Tabel 3. Dimensi Plat Lantai

Kode Plat Lantai	Tipe Pelat	Tebal Plat Lantai (cm)
S153	Slab Plat	150
S200	Slab Plat	200
S251	Slab Plat	250

(Sumber : Data PT. PP (Persero) Tbk, 2023)

c. Pemodelan Gedung

“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

Gedung dengan bentuk geometri bangunannya seragam dengan terdapat perbedaan pada bagian dasar struktur. Model 1 merupakan sistem struktur kaku atau tanpa peredam seismik (*fix base*) dan model 2 merupakan sistem struktur fleksibel dengan peredam seismik (*Base Isolation*). Kedua gedung diberikan pembenanan yang sama yaitu berdasarkan SNI 1727-2020 dan pembebanan gempa berdasarkan SNI 1726-2019.

d. Spesifikasi *Base Isolation*

Jenis dari *base isolation* yang digunakan adalah *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) berdasarkan dari brosur promosi yang dimiliki oleh Bridgestone dengan tipe MVBR - 0468 (X0-6R).

Tabel 4. Spesifikasi HDRB

Uraian	HDRB 800	HDRB 1200	HDRB 1400
Compressive Stiffnes (kN/m)	3.510.000	7.860.000	10.700.000
Initial Stiffness (kN/m)	9.230	20.700	28.300
Eqivalent Damping Ratio	0,24	0,24	0,24
Charateristic Streight (kN)	127	285	389

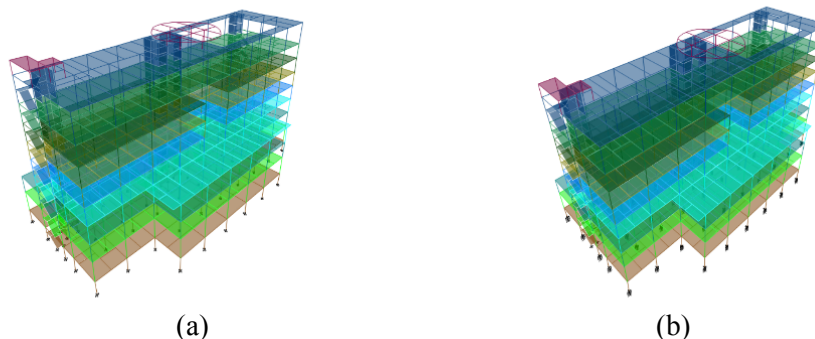
(Sumber : Bridgestone, diakses 2023)

e. Analisis

Proses analisis yang digunakan adalah metode statis ekuivalen dengan bantuan aplikasi ETABS V20. Pada analisis ini meninjau perilaku struktur antara lain *displacement*, *drift* dan *base shear*. Serta melakukan analisis statis nonlinear untuk menentukan level kinerja struktur.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pemabahasan hasil ini, gedung yang menggunakan stuktur *fix base* selanjutnya kita sebut sebagai model 1 dan gedung dengan struktur *base isolation* selanjutnya kita sebut sebagai model 2. Berikut ini merupakan Gambar 2 yang menunjukkan model 3D struktur gedung *fix base* dan struktur gedung *base isolation*.



Gambar 2. Struktur Gedung 3D (a) *Fix Base* dan (b) *Base Isolation*
(Sumber : Hasil Pemodelan ETABS, 2023)

a. Desain *Base Isolation*

Untuk parameter-parameter dari desain *base isolation* didapatkan rekapan hasil perhitungan adalah sebagai berikut :

- 1) Kekakuan aktual

“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

$$K_H^A = 4,762 \text{ MN/m}$$

$$K_H^B = 3,499 \text{ MN/m}$$

$$K_H^C = 1,557 \text{ MN/m}$$

2) Kekakuan struktur
 $K_H = 213,276 \text{ MN/m}$

$$T = 5,748 \text{ detik}$$

3) Perpindahan rencana
 $D_D = 0,506 \text{ m}$

4) Gaya geser di atas struktur isolasi
 $V_S = 53.983,32 \text{ kN}$

5) Gaya geser di bawah struktur isolasi
 $V_B = 107.966,64 \text{ kN}$

b. Periode (T)

Dari analisis yang telah dilakukan menggunakan bantuan program aplikasi ETABS diperoleh hasil periode fundamental antara struktur dengan sistem *fix base* dan struktur dengan sistem *base isolation* adalah sebagai berikut :

$$T_{fix \text{ base}} = 1,75 \text{ detik}$$

$$T_{base \text{ isolation}} = 5,01 \text{ detik}$$

Berdasarkan hasil di atas didapatkan bahwa periode fundamental struktur *base isolation* lebih besar daripada *fix base*. Hal ini dikarenakan struktur *base isolation* lebih fleksibel dalam bergerak sehingga pergerakan struktur ketika terjadi gempa menjadi lebih lama untuk mencapai 1 periode getaran.

c. Partisipasi Massa

Dari analisis yang telah dilakukan menggunakan bantuan program aplikasi ETABS diperoleh hasil partisipasi massa untuk struktur *fix base* dan *base isolation* ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 5. Partisipasi Massa (a) *fix base* dan (b) *base isolation*

Mode	<i>Fix Base</i>			<i>Base Isolation</i>		
	Periode Sec	Sum UX	Sum UY	Periode Sec	Sum UX	Sum UY
1	1,745	0,3649	0,0021	5,01	0,526	0,758
2	1,396	0,3732	0,6252	3,94	0,529	0,762
3	1,221	0,6543	0,6321	3,53	0,768	0,767
4	0,550	0,7386	0,6329	1,83	0,852	0,767
5	0,421	0,7702	0,7774	1,48	0,854	0,882
6	0,415	0,8350	0,8273	1,39	0,878	0,886
7	0,305	0,8436	0,8277	1,29	0,899	0,886
8	0,278	0,8645	0,8301	1,17	0,899	0,894
9	0,236	0,8653	0,8651	1,12	0,899	0,898

“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

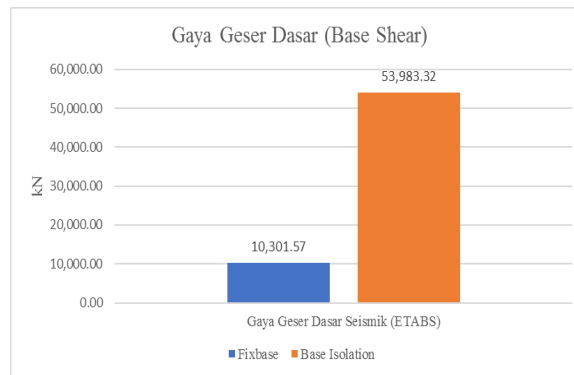
10	0,230	0,8785	0,8658	1,02	0,915	0,898
11	0,224	0,8847	0,8765	0,82	0,915	0,925
12	0,194	0,8899	0,8866	0,78	0,922	0,926
13	0,187	0,9032	0,8867	0,75	0,932	0,926
14	0,156	0,9037	0,8868	0,60	0,943	0,929
15	0,153	0,9043	0,9092	0,59	0,943	0,944

(Sumber : Rekapitan ETABS, 2023)

Berdasarkan hasil perhitungan permodelan numerik menggunakan ETABS didapatkan bahwa struktur telah mendapatkan hasil yang memenuhi dalam ketentuan yakni mencakup lebih dari 90% pada mode ke-11. Sehingga partisipasi massa pada sistem struktur *base isolation* lebih cepat dibandingkan dengan sistem struktur *fix base*.

d. **Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)**

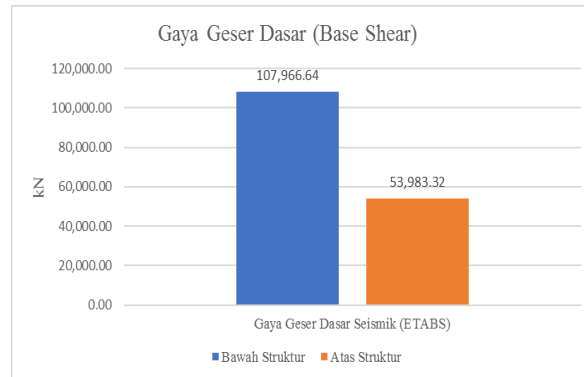
Berdasarkan pada hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya mendapatkan perbedaan *V base shear* pada sistem struktur *fix base* dan sistem struktur *base isolation* ditampilkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Gaya Geser Dasar (1)
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

Pada Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa terjadi kenaikan 5 kali lipat dari gaya geser rencana. Hal ini diakibatkan oleh struktur dengan sistem isolasi dimaknai sebagai struktur yang dapat menahan gaya geser lebih tinggi dari yang terjadi. Tetapi, *base isolation* mampu memperkecil gaya geser dasar pada sistem struktur terisolasi yang kemudian disalurkan menuju struktur atas bangunan.

“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”



Gambar 4. Gaya Geser Dasar (2)
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

Berdasarkan dari hasil pada Gambar 5, nilai gaya geser pada struktur di atas *base isolation* mengalami pengurangan nilai sebesar :

$$\frac{V_{atas} - V_{bawah}}{V_{bawah}} \times 100\% = \frac{107.966,64 - 53.983,32}{53.983,32} = 50\%$$

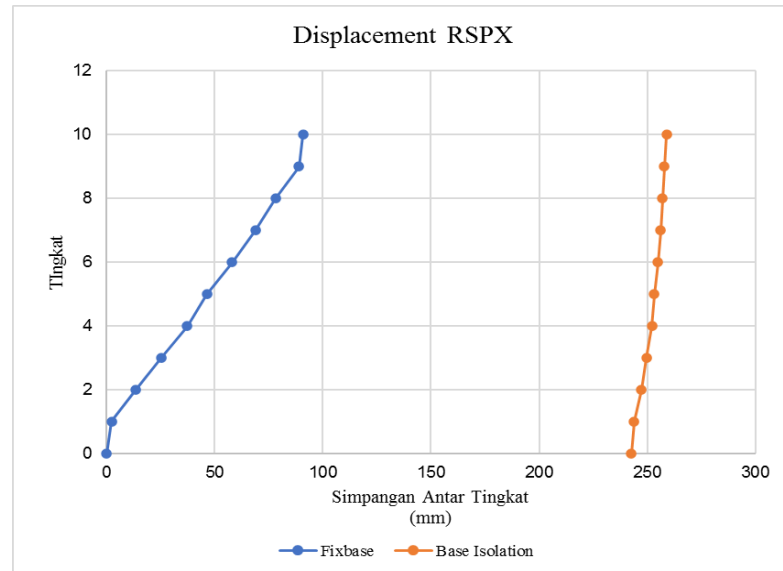
Hal ini membuktikan bahwa *base isolation* mampu memperkecil gaya gempa yang terjadi pada gaya geser yang direncanakan sesuai struktur dengan sistem terisolasi. Gaya geser yang digunakan dalam perencanaan masih lebih besar sistem struktur *base isolation* terhadap sistem struktur *fix base* yaitu pada 19,08%.

Merujuk pada SNI 1726-2019 pasal 12.5.4.3 menyebutkan bahwa, nilai V_s isolasi dasar harus lebih besar daripada struktur terjepit di dasar, Sehingga nilai V_s pada struktur *base isolation* telah memenuhi syarat.

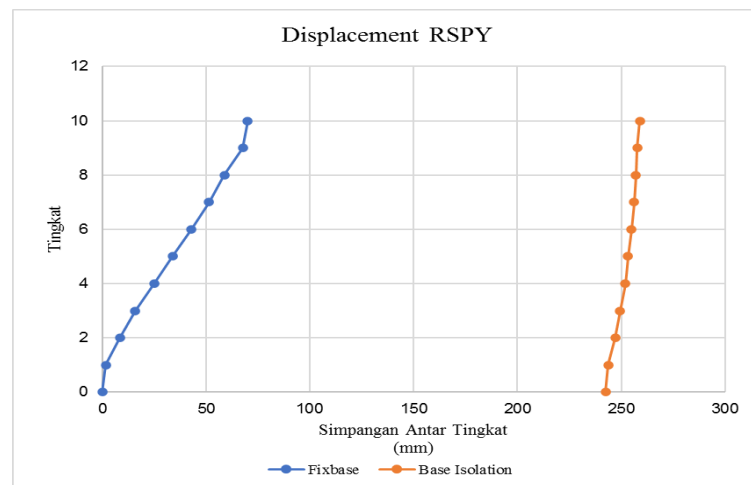
e. *Displacement*

Berdasarkan pada Gambar 6 dan Gambar 7 didapatkan hasil perbedaan yaitu terjadi kenaikan nilai displacement pada struktur *base isolation* memiliki nilai yang lebih kecil daripada struktur *fix base*. Tetapi pada lantai basement struktur *base isolation* menghasilkan simpangan yang lebih tinggi dibandingkan struktur *fix base* dan ini wajar sebab karakter dari *base isolation* yang fleksibel dalam bergerak jika mendapatkan beban gempa. Hal ini menjelaskan gaya geser gempa diredam terlebih dahulu oleh *base isolation* sebelum diteruskan pada bangunan atas.

“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”



Gambar 5. Grafik Perbandingan *Displacement RSP X*
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

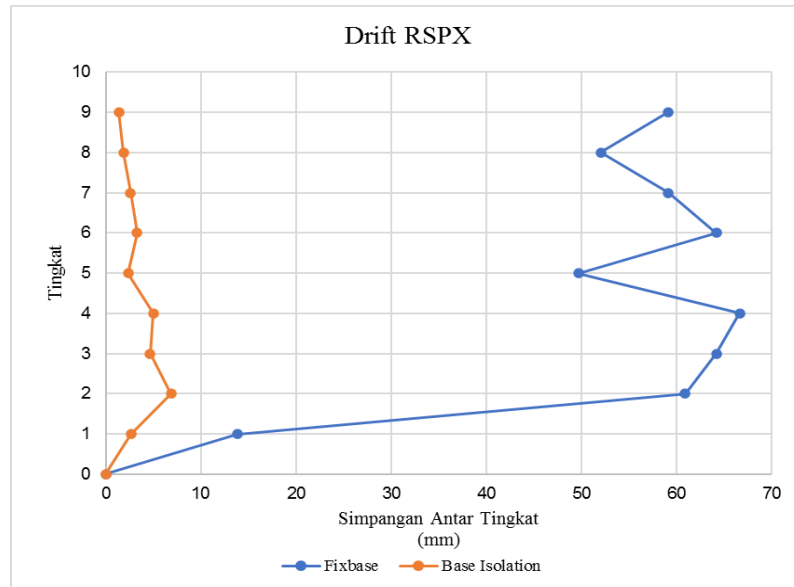


Gambar 6. Grafik Perbandingan *Displacement RSP Y*
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

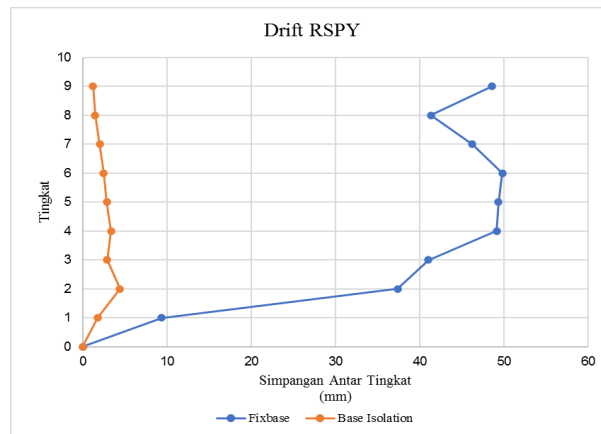
f. *Drift Antar Lantai*

Berdasarkan pada perhitungan yang dilakukan dalam analisis mendapatkan perbedaan *drift* pada sistem struktur *fix base* dan sistem struktur *base isolation* dinyatakan pada Gambar 7 dan Gambar 8.

“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”



Gambar 7. Grafik Perbandingan *Drift* RSP X
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)



Gambar 8. Grafik Perbandingan *Drift* RSP Y
(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

Berdasarkan gambar di atas didapatkan *drift* pada struktur yang menggunakan sistem *base isolation* memiliki nilai yang lebih kecil pada setiap lantainya. Hal ini menjelaskan bahwa *base isolation* dapat memperkecil nilai *drift* yang terjadi. Sehingga perbandingan *drift* terbesar secara keseluruhan untuk sistem struktur *base isolation* terhadap *fix base* ditinjau dari arah gempa adalah pada lantai 9 yaitu :

Arah x = 97,67%

Arah y = 97,50%

g. Level Kinerja Struktur

Berdasarkan dari analisis, didapatkan perbandingan dari hasil level kinerja struktur antara sistem *fix base* dan sistem *base isolation* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Level Kinerja Struktur

Model	Perpindahan Maks (m)		Tinggi Gedung (m)	Ratio		Tingkat Kinerja Struktur
	X	Y		X	Y	
<i>Fix Base</i>	0,06744	0,09425	43,25	0,00156	0,00218	IO
<i>Base Isolation</i>	0,05434	0,08315	43,25	0,00126	0,00192	IO

(Sumber : Hasil Analisis, 2023)

5. KESIMPULAN

Setelah pemaparan hasil analisis pada penelitian ini. Maka dapat ditarik kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut :

- a. Perbandingan nilai *base shear*, nilai *displacement* dan nilai *drift* dengan sistem struktur gedung yang menerapkan sistem struktur *fix base* dan sistem struktur *base isolation* Gedung Kantor Gubernur Provinsi Papua adalah sebagai berikut :
 - 1) *Base Shear* yang terjadi pada struktur dapat direduksi sebesar 50%. Dengan gaya geser (*base shear*) rencana gedung dengan system struktur *base isolation* menghasilkan nilai yang lebih tinggi daripada sistem struktur *fix base*. Dengan peningkatan nilai gaya geser sistem struktur *base isolation* berbanding dengan sistem struktur *fix base* adalah 19,08%.
 - 2) *Displacement* yang terjadi untuk sistem struktur *base isolation* berbanding dengan sistem struktur *fix base* terjadi peningkatan yaitu 185,20% pada arah x dan 210,62% pada arah y.
 - 3) *Drift* pada bangunan dengan sistem struktur *fix base* dan *base isolation* mengalami selisih terbesar pada lantai 9 yaitu 57,73 mm arah x dan 47,33 mm arah y. Atau dengan kata lain *base isolation* dan mengurangi *drift* yang terjadi sebesar 82,82% arah x dan 83,35% arah y.
- b. Perbandingan level kinerja antara sistem struktur gedung *fix base* dengan sistem struktur gedung *base isolation* Kantor Gubernur Provinsi Papua pada Gedung Kantor Gubernur Provinsi Papua dengan acuan FEMA 356 analisa pushover adalah sebagai berikut :
 - 1) Level kinerja struktur *fix base* mendapatkan hasil yaitu masuk ke dalam kategori IO (*Immidiata Occupancy*) yang dimana apabila setelah terjadi gempa tidak terjadi kerusakan yang berarti pada struktur, komponen nonstruktur masih berada pada tempatnya dan Sebagian besar masih berfungsi jika utilitasnya tersedia. Bangunan dapat kembali digunakan setelah terjadi gempa dan tidak perlu perbaikan khusus.
 - 2) Level kinerja struktur Base Isolation mendapatkan hasil yaitu masuk ke dalam kategori IO (*Immidiata Occupancy*) yang dimana apabila setelah terjadi gempa tidak terjadi kerusakan yang berarti pada struktur, komponen non struktur masih berada pada tempatnya dan Sebagian besar masih berfungsi jika utilitasnya tersedia. Bangunan dapat kembali digunakan setelah terjadi gempa dan tidak perlu perbaikan khusus.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2020 Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Bangunan Gedung (SNI 1723:2020). Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. Tata Cara Perencanaan Beton Bertulang untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 2847:2019). Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019). Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- FEMA 356. 2000. *Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings*. Washington : Federal Emergency Management Agency.
- Firmansjah, Jodi. 2001. “Usulan Structural Reduction Factor (R) dan Structural Overstrength (Ω) untuk SNI1726-1988”. Bandung: HAKI Vol. 2.
- Hamdi, F., Lopian, F. E. P., Tumpu, M., Mabui, D. S. S., Raidyarto, A., Sila, A. A., & Rangan, P. R. (2022). Teknologi Beton. Tohar Media.
- Irianto, I., Mabui, D. S., Andung, Y., Lopian, F. E., Iis Roin, W., Reny, R., ... & Astari, M. D. (2022). HaKI Buku dan Jurnal.
- Jangid, R. S., and J. M. Kelly. "Base isolation for near-fault motions." *Earthquake engineering & structural dynamics* 30.5 (2001): 691-707.
- Mwafy, A. M., and Amr S. Elnashai. "Static pushover versus dynamic collapse analysis of RC buildings." *Engineering structures* 23.5 (2001): 407-424.
- Mwafy. Elnasai. 2001. “Static pushover versus dynamic collapse analysis of RC buildings”. *Engineering Structures* 23, 407–424.
- Naeim, Farzad, and James M. Kelly. *Design of seismic isolated structures: from theory to practice*. John Wiley & Sons, 1999.
- Oguz S. 2005. “Evaluation of Pushover Analysis Procedures for Frame Structures”. Turkey : Middle East Technical University.
- Ricky, Vicky. 2013. “Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Dengan Pushover Analisis Akibat Beban Gempa Padang”. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Trevor E Kelly. 2001. *Base Isolation of Structures-Design Guidelines*. New Zealand: Holmes Consulting Group.