



Penerapan Base Isolation System Sebagai Alternatif Sistem Struktur Pada Bangunan RSUD Kota Manado Delapan Tingkat

Jessica B. Tio¹, Carter Kandou², dan Julius Tenda³

Program Studi Konstruksi Bangunan gedung, Jurusan Teknik Sipil,
Politeknik Negeri Manado, Manado^{1,2,3}
E-mail: tiojessica1@gmail.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang memiliki letak geografis yang strategis, tetapi Indonesia juga terletak pada zona cincin api dimana sering terjadi aktifitas vulkanik maupun aktivitas tektonik yang menyebabkan Indonesia sering terkena dampak gempa bumi, khususnya pada bangunan tinggi. Umumnya, struktur pada bangunan tinggi direncanakan untuk mengantisipasi gempa dengan memasang dinding geser dan pengaku. Seiring perkembangan teknologi telah dikembangkan sistem peredam pasif getaran gempa, yaitu dengan menggunakan sistem isolasi dasar pada struktur bangunan yang terletak diantara bangunan dengan pondasi dasar untuk mencegah getaran gempa langsung mengenai struktur. Dengan demikian, gaya gempa yang diterima oleh struktur atas berkurang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui keuntungan dari penggunaan base isolation system pada struktur bangunan. Untuk tujuan tersebut maka, struktur gedung yang menggunakan base isolation akan dibandingkan simpangan antar tingkat, desain penampang dan desain tulangan. Analisis dilakukan dengan metode dinamik yaitu respon spektrum dengan menggunakan program Etabs V20.1.0 Lisensi 30 Hari. Jenis base yang akan digunakan adalah LRB. Objek struktur yang ditinjau adalah bangunan RSUD Kota Manado 8 Tingkat dengan Panjang 60 meter dan Lebar 24 meter dan tinggi bangunan 35.25 meter. Sebagai hasil dari penelitian, didapatkan penggunaan base isolation system dapat mereduksi simpangan antar tingkat, dimensi penampang dan jumlah tulangan.

Kata kunci: sistem isolasi dasar, struktur jepit, Etabs

Abstract

Indonesia is a country that has a strategic geographical location, but Indonesia is also located in the ring of fire zone where volcanic activity and tectonic activity often occur which causes Indonesia to be frequently affected by earthquakes, especially in high-rise buildings. Generally, structures in high-rise buildings are designed to anticipate earthquakes by installing shear walls and stiffeners. Along with technological developments, a passive seismic vibration damping system has been developed, namely by using a base isolation system on the building structure which is located between the building and the basic foundation to prevent earthquake vibrations directly from hitting the structure. Thus, the seismic forces received by the superstructure are reduced. The purpose of this study was to determine the advantages of using a base isolation system in building structures. For this purpose, building structures that use base isolation will be compared with Story Drift, Sectional Design and Reinforcement Design. The analysis was carried out using a dynamic method, namely the response spectrum using the

Etabs V20.1.0 30 Day License program. The type of base to be used is LRB. The object of the structure in this research is the Manado City Hospital 8 stories with a length of 60 meters and a width of 24 meters and a building height of 35.25 meters. As a result of the research, it was found that the use of a base isolation system can reduce the story drift, cross-sectional dimensions and the amount of reinforcement.

Keywords: base isolation system, fixed base, Etabs

1. PENDAHULUAN

Indonesia berada pada wilayah pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki letak geografis strategis yaitu di antara dua benua dan dua samudera. Namun demikian, Indonesia juga terletak pada zona *Ring of Fire*. *Ring of fire* adalah zona dimana sering terjadi aktivitas vulkanik maupun aktivitas tektonik. Pada Zona ini memiliki 75% gunung aktif yang ada di dunia. Berdasarkan data dari *National Geographic*, 90% gempa bumi yang terjadi di bumi, terjadi pada zona itu. Hal inilah yang menyebabkan wilayah Indonesia sering mengalami gempa.

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengurangi dampak gempa bumi dengan mengembangkan bangunan tahan gempa. Upaya yang dilakukan berupa perkuatan struktur bangunan dengan membuat *Shear wall* ataupun perkuatan dengan bracing (pengaku). Namun seiring berjalannya waktu, mulai dikembangkan alternatif bangunan tahan gempa dengan prinsip pengurangan gaya gempa yang akan diterima struktur atas, yakni dengan penggunaan *Base isolation* atau seismic isolation.

Sistem *Base isolation* memiliki karakteristik untuk meningkatkan periode getar alami struktur dan mengurangi respons gaya pada struktur atastanwer

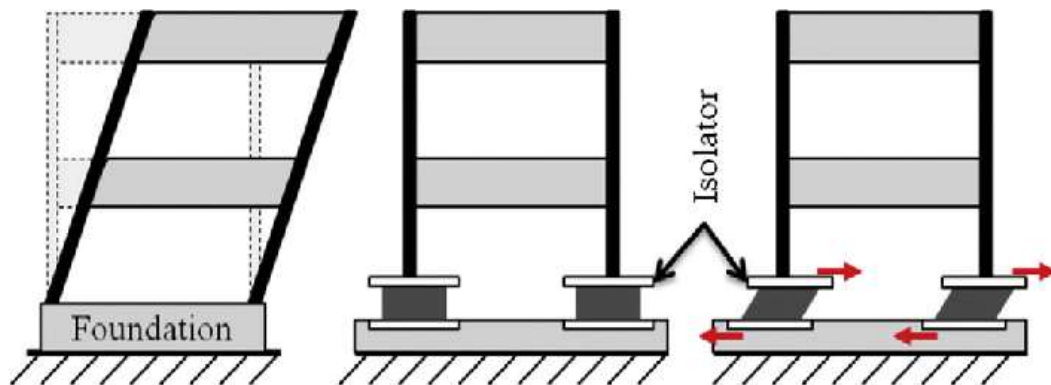
. Oleh karena itu, peneliti ingin mempelajari kinerja seismik teknologi perangkat tambahan berupa *Base isolation*. Penggunaan dari teknologi tahan gempa ini bertujuan meredam dari gaya gempa terhadap struktur sehingga mencegah struktur tidak mengalami keruntuhan. Dalam studi ini, akan digunakan *Base isolation* dengan jenis Lead Rubber Bearing yang adalah tipe paling efektif dalam mereduksi gaya gempa (Tanwer et al, 2018).

2. DASAR TEORI

2.1 Struktur dengan sistem isolasi dasar

Prinsip dari *Base isolation* dikemukakan oleh “Johannes Vetican Calantarients tahun 1909” didalam buku Naeim dan Kelly (1999), bahwa dalam pelaksanaan struktur hendaknya dipasang *free joint* antara struktur atas dan struktur bawah. Hal ini agar saat terjadi gempa, bangunan dapat bergerak secara horizontal pada bagian *free joint* itu. *Base isolation* atau *seismic isolation* menggunakan material khusus peredam getaran (*seismic isolation*) yang terletak diantara bangunan dengan pondasi dasar untuk mencegah getaran gempa langsung mengenai struktur. Dengan demikian, gaya gempa yang diterima oleh struktur atas berkurang (Chinchole et al, 2021). Menurut penelitian (Ismail, 2012), pemakaian isolator pada bangunan akan memberbesar deformasi pada lantai dasar namun akan memperkecil perbedaan simpangan /deformasi tiap lantai, sehingga membuat bangunan bergerak sebagai satu kesatuan struktur yang kaku (rigid) ketika terjadi gempa. Berdasarkan perhitungan diperoleh bahwa perpindahan lantai dapat direduksi hingga 30 %. Bahan yang digunakan yaitu pasir halus, plastik dan

sejenisnya yang memiliki daya redam (Naeim dan Kelly, 1999). Sistem *Base isolation* ini dinilai lebih unggul untuk meminimalisir dampak gempa apabila dibandingkan dengan perkuatan struktur seperti penambahan *bracing* (pengaku) ataupun *Shear wall* (dinding geser). Tujuannya untuk memperbesar waktu getar alami struktur yang lebih panjang gaya gempa pada struktur akan tereduksi (Irlan dan Sofyan, 2018; Syahnandito et al, 2020). Sehingga beban gempa yang mengenai struktur menjadi lebih kecil dan tidak membahayakan struktur beserta isinya (Tjokrodimuljo, 1993). Hal ini berkaitan dengan periode getar alami dikarenakan respon maksimum dalam suatu struktur dapat terjadi apabila periode atau waktu getar alaminya < 1 detik. Berarti sebaliknya apabila waktu getar alami dari suatu struktur > 1 detik maka respon dari suatu struktur akan kecil pula (Tjokrodimuljo, 1993). Berdasarkan hasil penelitian (Laurie, 2022) perbandingan desain tulangan pada struktur *fixed base*, didapatkan reduksi jumlah tulangan apabila menggunakan *base isolation*.



Gambar 1. Perilaku gedung dengan dan tanpa *Base isolation*

Setiap lantai memiliki batas rasio simpangan antar lantai maksimum. Untuk struktur di atas sistem isolasi, rasionya tidak boleh lebih dari 0,015 h_{sx} untuk Respon Spectrum Analysis (SNI 1726:2019 Pasal 12.6.4.4). Pada struktur fixed base, tidak boleh lebih dari 0,020 h_{sx} . sesuai kategori risiko bangunan (SNI 1726:2019 Tabel 20). Dimana h_{sx} adalah tinggi lantai di bawah tingkat yang ditinjau. Apabila tidak memenuhi syarat kontrol desain batas simpangan maka gedung terlalu fleksibel dan perlu dilakukan perubahan penampang. Partisipasi massa struktur harus diperhatikan dimana jumlah ragam harus disesuaikan sampai mendapatkan partisipasi massa minimal 100 persen dari massa sebenarnya. Hal ini berlaku untuk setiap arah yang ditinjau (SNI 1726:2019 Pasal 7.9)

3. METODE PENELITIAN

3.1 Data Struktur Bangunan

Nama Gedung	: Rumah Sakit Daerah Kota Manado
Lokasi Bangunan	: Jl. Tololiu Supit, Tingkulu, Kec. Wanea, Kabupaten : Minahasa, Sulawesi Utara
Tinggi Bangunan	: 35.25 Meter
Panjang Bangunan	: 60.00 Meter
Lebar Bangunan	: 24.00 Meter
Tinggi Lantai 1	: 4 meter

Tinggi Lantai 2-3 : 4,5 meter
 Tinggi Lantai 4 : 5 meter
 Tinggi Lantai 5 - 7 : 4,5 meter
 Jenis Tanah : Tanah Lunak

Dimensi Kolom

- K1 lt Basement – lt.3 : 80 x 100 cm
- K2 lt 4 : 60 x 80 cm
- K3 lt 5 - 7 : 60 x 40 cm

Dimensi Balok

- B1 lt Basement-3 : 75 x 40 cm
- B2 lt 4 – 7 : 60 x 40 cm

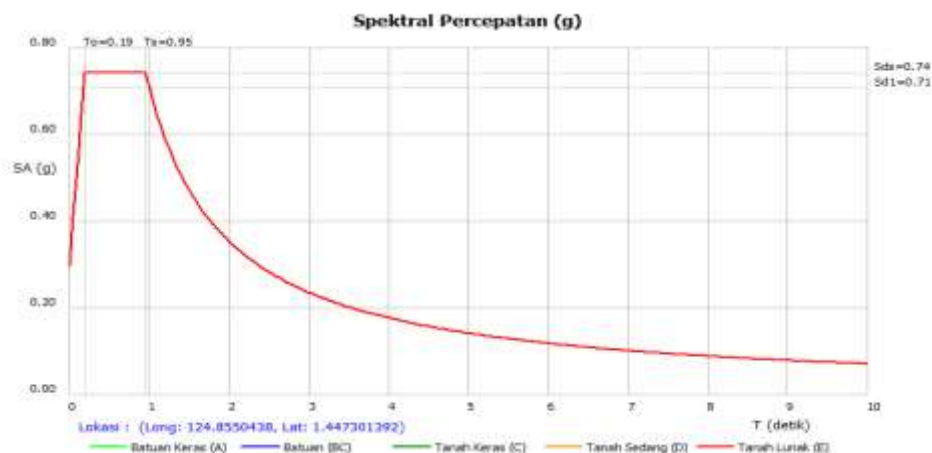
Jenis Tanah : Tanah Lunak

Kuat tekan beton f'_c : 25 Mpa

Respon spektrum yang akan digunakan diambil dari aplikasi RSA untuk spektrum respon desain berdasarkan SNI 1726:2019 untuk wilayah Manado dengan kondisi tanah lunak.

Tabel 1. Parameter Respon Spektrum

Parameter		Satuan
PGA	0,471173	g
S_s	1.050585	g
S_1	0,70792	g
S_{Ds}	0,7421	g
S_{D1}	0.7079	g
T_s	0.95396	detik
T_0	0.190792	detik
T_L	14	detik



Gambar 2. Respon Spektrum Manado Kondisi Tanah Lunak

3.2 Pemilihan Tipe LRB (Lead Rubber Bearing)

Pada penelitian ini dimodelkan bangunan dengan *base isolation system* berupa *Lead Rubber Bearing*. Kelebihan yang dimiliki adalah kapasitas redaman yang tinggi dan mampu mengembalikan struktur pada kondisi semula setelah gempa berakhir (Ginting, 2019). Pada penelitian ini, aksial kolom dari kedua tipe LRB dibandingkan dengan gaya aksial kolom yang dapat ditahan. Didapatkan tipe LRB yang digunakan untuk setiap kolom dasar yakni 27 LRB Tipe 1 dan 30 LRB Tipe 2.

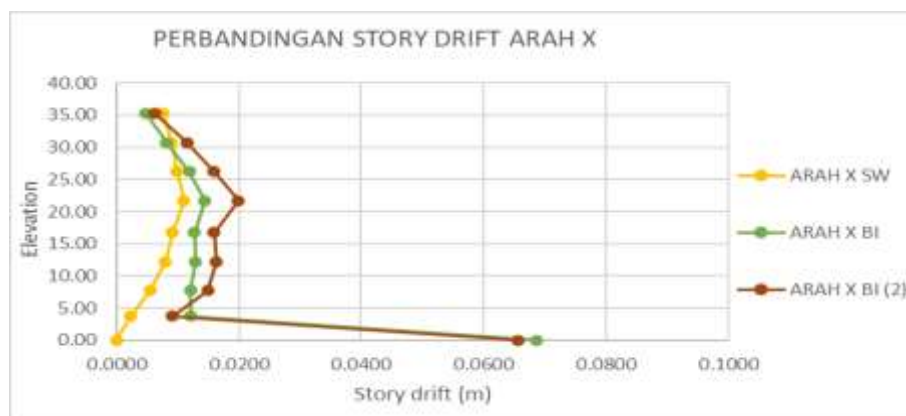
Tabel 2. Spesifikasi LRB (*Freysinett Catalog*)

Tipe 1		
Diameter LRB	550	Mm
Aksial Maksimum	4400	kN
H	187	Mm
K eff	1,53	kN/mm
D max	225	Mm
Kr	0,76	kN/mm
Qd	97	kN
Tipe 2		
Diameter LRB	500	Mm
Aksial Maksimum	3700	kN
H	168	Mm
K eff	1,05	kN/mm
Redaman eff	29	%
D max	210	Mm
Kr	0,65	kN/mm
Qd	79	kN

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perbandingan Story drift

Gambar 3 dan 4 menunjukkan perbandingan *Story Drift Struktur shear wall dan Base isolation* arah X dan Y.



Gambar 3. Perbandingan *Story Drift Struktur shear wall dan Base isolation* Arah X



Gambar 4. Perbandingan *Story drift* Struktur, *shear wall* dan *Base isolation* Arah Y

Nilai hasil analisis dari output pada program Etabs menunjukkan bahwa *story drift* yang terjadi pada struktur *Base isolation* lebih besar daripada struktur *Shear wall*. Pada lantai dasar *Base isolation* cenderung lebih besar dari pada struktur *Shear wall* dikarenakan lantai dasar pada struktur *Base isolation* mengalami *displacement* akibat dari penggunaan LRB sedangkan pada struktur *Shear wall* tidak mengalami *Displacement*. Apabila acuan titik *displacement* pada struktur *Base isolation* adalah = 0, maka *story drift* pada struktur *Base isolation* akan cenderung lebih kecil dari struktur *Shear wall*. Simpangan terbesar terjadi pada lantai 5 dikarenakan tinggi lantai yang paling besar diantara tinggi tiap lantai lainnya.

4.2 Perbandingan Desain Penampang

Tabel 3 menunjukkan perubahan dimensi penampang yang terjadi. Dari tabel terlihat adanya perubahan dimensi kolom dan balok khususnya pada bagian tinggi (h). Dari penelitian yang dilakukan, didapatkan hasil perbandingan struktur dengan *Shear wall* dan struktur dengan *Base isolation* yakni: Simpangan antar tingkat pada struktur dengan *Base isolation* lebih kecil dari pada struktur dengan *Shear wall*, penggunaan *base isolation* dapat mereduksi gaya gempa yang terjadi pada struktur atas yaitu 37.60 % untuk arah x dan 63.66 % untuk arah y,. Simpangan antar tingkat pada arah x pada struktur *Shear wall* memenuhi syarat izin simpangan, sedangkan simpangan pada struktur *Shear wall* arah y tidak memenuhi syarat izin pada lantai 2-7 . Setelah digunakan struktur *Base isolation* struktur dinyatakan memenuhi syarat simpangan izin baik arah x maupun arah y. Dengan penggunaan *Base isolation*, elemen struktur pada kolom dan balok pada dimensi awal perencanaan dapat direduksi dimana didapatkan dimensi perubahan yaitu pada Kolom yaitu pada tipe K1= 800 mm x 800 mm, tipe K2= 600 mm x 600 mm, tipe K3= 400 mm x 400 mm, dan perubahan balok yaitu pada tipe B1= 400 mm x 700 mm, dan tipe B2= 400 mm x 550 mm.

Tabel 3. Perbandingan Perubahan Dimensi Penampang

Story	Nama	Dimensi Awal				Dimensi Perubahan			
		KOLOM		BALOK		KOLOM		BALOK	
		b (mm)	h (mm)	b (mm)	h (mm)	b (mm)	h (mm)	b (mm)	h (mm)
7F	K3	800	1000	40	75	800	800	40	70
6F	K3	800	1000	40	75	800	800	40	70
5F	K3	800	1000	40	75	800	800	40	70
4F	K2	600	800	40	75	600	600	40	70
3F	K1	400	600	40	60	400	400	40	55
2F	K1	400	600	40	60	400	400	40	55
1F	K1	400	600	40	60	400	400	40	55
BASE	K1	400	600	40	60	400	400	40	55

Pada pemodelan struktur *Shear wall* dan *Base isolation* digunakan dimensi kolom dan balok sesuai dimensi pada bangunan RSUD Kota Manado, dimana struktur dengan *Base isolation* memiliki displacement dan story drift yang lebih kecil dari pada struktur *Shear wall* dan memenuhi syarat simpangan izin. Maka masih dapat dilakukan reduksi dimensi pada elemen struktur kolom dan balok *Base isolation* (2) serta mendapatkan hasil drift yang memenuhi syarat simpangan izin seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5, dengan demikian hasil dari perubahan dimensi tersebut menjadi lebih ekonomis.

Tabel 4. Cek syarat simpangan izin struktur *Base Isolation* (2) arah X

Elevation	Dir	Delta Total M	Delta xe m	Cd	Delta x m	Tinggi Tingkat m	Delta Izin M	Cek
35.25	X	0.168	0.0057	5.5	0.021	4.5	0.0675	OK
30.75	X	0.162	0.0094	5.5	0.034	4.5	0.0675	OK
26.25	X	0.152	0.0134	5.5	0.049	4.5	0.0675	OK
21.75	X	0.139	0.0177	5.5	0.065	5	0.075	OK
16.75	X	0.121	0.0149	5.5	0.055	4.5	0.0675	OK
12.25	X	0.107	0.0150	5.5	0.055	4.5	0.0675	OK
7.75	X	0.092	0.0142	5.5	0.052	4	0.06	OK
3.75	X	0.077	0.0160	5.5	0.053	3.75	0.05625	OK
0.00	X	0.061	0.0613	5.5	0.2	0	0.225	OK

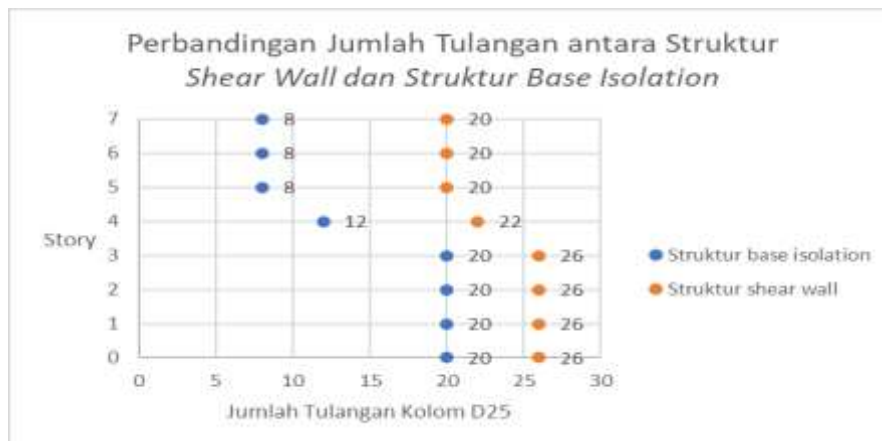
Tabel 5. Cek syarat simpangan izin struktur *Base Isolation* (2) arah Y

Elevation	Dir	Delta Total m	Delta ye m	Cd	Delta y m	Tinggi Tingkat m	Delta Izin M	Cek
35.25	Y	0.1758	0.0063	5.5	0.023	4.5	0.0675	OK
30.75	Y	0.1695	0.0115	5.5	0.042	4.5	0.0675	OK
26.25	Y	0.1579	0.0160	5.5	0.059	4.5	0.0675	OK
21.75	Y	0.1420	0.0199	5.5	0.073	5	0.075	OK
16.75	Y	0.1220	0.0159	5.5	0.058	4.5	0.0675	OK
12.25	Y	0.1061	0.0164	5.5	0.060	4.5	0.0675	OK
7.75	Y	0.0898	0.0149	5.5	0.055	4	0.06	OK
3.75	Y	0.0749	0.0092	5.5	0.034	3.75	0.05625	OK
0.00	Y	0.0657	0.0657	5.5	0.215	0	0.225	OK

4.3 Perbandingan Desain Tulangan

4.3.1. Perbandingan kebutuhan tulangan pada Kolom

Berdasarkan perhitungan desain tulangan kolom dan balok yang dilakukan pada struktur, terjadi pengaruh yang signifikan terhadap jumlah tulangan setiap pemodelan struktur, dimana perbandingan diambil dari struktur *shear wall* dan struktur *base isolation* yang tidak mengalami perubahan penampang.



Gambar 5. Perbandingan Kolom Struktur *Shear wall* dan Struktur *Base isolation*

Berdasarkan hasil analisis didapatkan hasil perbandingan pada jumlah tulangan antara Struktur *Shear wall* dan Struktur *Base isolation* (lihat pada Gambar 5) yakni jumlah tulangan pada Struktur *Base isolation* lebih sedikit dari Struktur *Shear wall*, total jumlah pengurangan pada tulangan kolom yaitu sebagai berikut (lihat Tabel 6).

Tabel 6. Jumlah Pengurangan Tulangan Kolom antara Struktur *Shear wall* dan Struktur *Base isolation*

Nama	Story	Jumlah Tulangan
K3	7F	-12
K3	6F	-12
K3	5F	-12
K2	4F	-10
K1	3F	-6
K1	2F	-6
K1	1F	-6
K1	BASE	-6

Berdasarkan perbandingan jumlah tulangan kolom pada struktur *Shear wall* dan *Base isolation* pada Tabel 6, nilai minus (-) pada keterangan menunjukkan bahwa terjadi pengurangan jumlah tulangan yang signifikan akibat dari penggunaan seismic isolator. Reduksi pada tulangan akibat penggunaan seismic isolator cukup menguntungkan karena hasil dari perubahan jumlah tulangan lebih ekonomis walaupun kedua struktur memiliki dimensi penampang yang sama.

4.3.2. Perbandingan kebutuhan tulangan pada Balok *Shear Wall* dan *Base Isolation*

Tabel 7 menunjukkan Perbandingan jumlah tulangan untuk Balok *Shear wall* dan *Base isolation*.

Tabel 7. Perbandingan Jumlah Tulangan pada balok *Shear wall* dan *Base isolation*

Nama	Story	Jumlah Tulangan <i>Shear wall</i>					
		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
		As	As'	As	As'	As	As'
B2	7F	8 D25	7 D25	7 D25	8 D25	8 D25	7 D25
	6F	8 D25	7 D25	7 D25	8 D25	8 D25	7 D25
	5F	8 D25	7 D25	7 D25	8 D25	8 D25	7 D25
	4F	8 D25	7 D25	7 D25	8 D25	8 D25	7 D25
	3F	8 D25	7 D25	7 D25	8 D25	8 D25	7 D25
B1	2F	8 D25	7 D25	7 D25	8 D25	8 D25	7 D25
	1F	8 D25	7 D25	7 D25	8 D25	8 D25	7 D25
	BASE	8 D25	7 D25	7 D25	8 D25	8 D25	7 D25
B2	7F	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
	6F	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
	5F	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
	4F	3 D25	2 D25	2 D25	2 D25	3 D25	2 D25
	3F	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25
B1	2F	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25
	1F	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25
	BASE	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25	3 D25

Tabel 8. Selisih Tulangan Balok antara Struktur *Shear wall* dan Struktur *Base isolation*

Nama	Story	Jumlah Tulangan					
		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
		As	As'	As	As'	As	As'
B2	7F	-6	-5	-5	-6	-6	-5
	6F	-6	-5	-5	-6	-6	-5
	5F	-6	-5	-5	-6	-6	-5
	4F	-5	-5	-5	-6	-5	-5
	3F	-5	-4	-4	-5	-5	-4
B1	2F	-5	-4	-4	-5	-5	-4
	1F	-5	-4	-4	-5	-5	-4
	BASE	-5	-4	-4	-5	-5	-4

Berdasarkan perbandingan jumlah tulangan balok pada struktur *Shear wall* dan *Base isolation* pada Tabel 8, nilai minus (-) pada keterangan menunjukkan bahwa terjadi pengurangan jumlah tulangan yang signifikan akibat dari penggunaan *seismic isolator*. Reduksi pada tulangan akibat penggunaan *seismic isolator* cukup menguntungkan karena hasil dari perubahan jumlah tulangan lebih ekonomis walaupun ke dua struktur memiliki dimensi penampang yang sama. Pada perbandingan desain tulangan struktur *Shear wall* dan *Base isolation* dengan dimensi penampang yang sama didapatkan reduksi yang signifikan pada jumlah tulangan kolom jika menggunakan *Base isolation* pada lantai base sampai lantai 3 berkurang sebesar 23.08 %, lantai 4 berkurang sebesar 45.45 %, dan pada lantai 5 sampai lantai 7 berkurang sebesar 60%. Kemudian pada balok lantai base sampai lantai 3 berkurang sebesar 62.5% dan 57.14 % masing-masing pada As dan As', dan lantai 4 sampai lantai 7 berkurang sebesar 75% dan 71.43%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa penggunaan *base isolation* menyebabkan perpindahan pada lantai dasar bangunan. Hal ini dikarenakan penggunaan *base isolation* yang bergerak selama periode gempa terjadi, sehingga geser terbesar yaitu pada lantai dasar tempat dipasangnya isolator. Hal ini dibuktikan dengan hasil *output* untuk struktur *base isolation* pada lantai dasar mengalami perpindahan atau perpindahan tidak sama dengan 0. Penggunaan *Base isolation* mempengaruhi baik simpangan antar tingkat (*story drift*), desain penampang dari struktur yang awalnya adalah struktur *Shear wall* yang memiliki perletakan jepit (*fixed base*). Berdasarkan hasil analisis dari perubahan dimensi penampang tersebut dinyatakan struktur memenuhi syarat simpangan izin. Dengan demikian penggunaan *Base isolation* dikatakan lebih ekonomis karena masih bisa dilakukan reduksi dimensi penampang. Demikian juga yang terjadi pada perubahan jumlah tulangan.

5. SARAN

Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan jenis *base isolator* lain seperti *Friction Pendulum System*, dapat dilakukan analisis *time history* menggunakan 7 pasang *ground motion* terhadap struktur *base isolator* agar perbandingan lebih akurat, dapat dilakukan perhitungan biaya dari pemasangan *base isolator* pada bangunan, dan untuk perhitungan

struktur yang menggunakan computer, penulis menyarankan untuk menggunakan *software* yang berlisensi agar hasil yang didapat lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Bridgestone Catalog, (2015). *Seismic Product Line Up*. [catalog_201710.pdf \(bridgestone.com\)](#)
- Chinchole, A, Tumrate, C.S, and Mishra, D. (2021). Design of Base Isolation System for a Six Storey Reinforced Concrete Building, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 796, 012034, Doi:10.1088/1755-1315/796/1/012034.
- Chopra, A. K. (1995). *Dynamics of Structure: Theory and Applications to Earthquake Engineering*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Freyssinet Catalog, (2018). *Earthquake Protection Devices ISOSISM Range*.
- Ginting, T,J, (2019). Studi Parametrik Efektifitas *Lead Rubber Bearing (LRB)* Pada Jembatan Beton Bertulang, THESIS Program Master, Institut Teknologi Bandung, Juni 2019.
- Irlan, A.O, dan Sofyan, M. (2018) Sistem Isolasi Seismik Struktur Gedung Rumah Sakit Pratama Enrekang Sulawesi Selatan, *Indonesian Journal on CESD*, Vol 01, No.01, Juni 2018.
- Ismail, F.A, (2012). Pengaruh Penggunaan Seismic *Base Isolation* System Terhadap Respons Struktur Gedung Hotel Ibis Padang. *Jurnal Rekayasa Sipil*, Universitas Andalas, DOI: <https://doi.org/10.25077/jrs.8.1.45-60.2012>
- Laurie, C.V. (2022). Studi Perbandingan Perilaku Struktur Gedung Bertingkat Yang Menggunakan *Base Isolation* Terhadap Fixed Base, SKRIPSI, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanegara.
- Naeim, F, and Kelly, J.M. (1999). *Design of Seismic Isolated Structures. From Theory to Practice*. ISBN : 9780471149217.
- SNI1726:2019. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, Badan Standardisasi Nasional
- SNI 2847:2019. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan, Badan Standardisasi Nasional
- SNI1727:2020 (2020) Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain, Badan Standarisasi Nasional
- Syahnandito, Suryanita, R, Ridwan, (2020). Pengaruh Penggunaan Base Isolation High Damping Rubber Bearing pada Struktur Beton Bertulang, *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 6, No. 2, pp. 181-194.
- Tamim Tanwer, M., Kazi, T. A., and Desai, M. (2019). A study on different types of base isolation system over fixed based, *Proceedings of Information and Communication Technology for Intelligent Systems (ICTS)*, Vol. 1, SPRINGER, ISBN: 978-981-13-1742-2.
- Tjokrodimuljo, K. (1993). Teknik Gempa. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.