

## DESAIN APARTEMEN 34 LANTAI (TIPE SOHO) DENGAN SISTEM GANDA, BERBASIS GAYA, MENGGUNAKAN SEISMIC ISOLATED STRUCTURE

**Christian Aji Perdana<sup>1</sup>, Koespiadi<sup>2</sup>, Hendro Sutowijoyo<sup>3</sup>**

*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas  
Narotama,*

*Jalan Arief Rahman Hakim No. 51 Surabaya, Indonesia*

*E-mail: [kristianadjie@gmail.com](mailto:kristianadjie@gmail.com)*

### ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang terletak pada daerah rawan gempa, untuk mengurangi dampak tersebut perlu konstruksi bangunan tahan gempa. Perencanaan ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan suatu bangunan apartemen terhadap gempa yang terjadi. Dengan adanya perencanaan ini diharapkan dapat mengurangi dampak kerusakan yang sulit diprediksi. Perencanaan Gedung struktur memperhitungkan beban hidup, beban gaya dan beban mati, dengan menggunakan *Lead Rubber Bearing* (LRB) sebagai bantalan yang telah teruji efektif untuk meredam guncangan saat terjadi getaran yang besar dan juga memperbesar periode getar struktur. Struktur dimodelkan dengan dua kondisi yaitu Fixed Base dan Isolated Base. Berdasarkan dengan gaya lateral yang terjadi pada kolom didapatkan dimensi *Lead Rubber Bearing*, yaitu diameter 600mm, ketebalan 600mm, dan modulus geser 0,385 MPa. Didapatkan kekanikan pada periode getar sebesar 86% dari sebelum pemasangan *Lead Rubber Bearing*. Berdasarkan hasil perhitungan struktur ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan *Lead Rubber Bearing* bekerja dengan baik untuk mereduksi gaya gempa.

**Kata kunci :** Bangunan Tahan Gempa, *Lead Rubber bearing*, Perletakan kaku

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Gempa bumi adalah suatu getaran ataupun serentetan getaran yang terjadi dari kulit bumi yang memiliki sifat sementara (tidak abadi) yang kemudian getaran tersebut menyebar ke segala arah. Getaran pada bumi terjadi akibat adanya pergeseran secara tiba-tiba pada lapisan kerak bumi. Di beberapa tempat sering terjadi gempa bumi dengan skala yang cukup besar, berdasar kan hasil penelitian oleh beberapa ahli seismolog kejadian ini disebabkan karena daerah yang terjadi gempa berada di atas daerah pertemuan antar lempeng yang menyusul kerak bumi atau disebut area patahan, menurut Howel dan Mulyo (2004).

Indonesia merupakan daerah rawan gempa bumi karena dilalui oleh jalur pertemuan 3 lempeng yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Lempeng Indo-Australia bergerak relatif ke arah utara dan menyusup kedalam lempeng Eurasia. Sementara lempeng Pasifik bergerak relatif ke arah barat. Jalur pertemuan lempeng berada di paut sehingga apabila terjadi gempa bumi besar pada kedalaman dangkal berpotensi tsunami. Selain berada di 3 lempengan, ini menyebabkan gempa bumi bisa saja terjadi sewaktu-waktu tanpa bisa diprediksi yang dapat menyebabkan dampak fatal terhadap bangunan gedung dan lain-lain yang mengalami kegagalan struktur atau kegagalan fondasi yang disebabkan oleh tidak adanya nilai kohesi atau nilai ikat tanah,

menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.

Seiring dengan berkembangnya ilmu Teknik Sipil, maka banyak negara maju yang mulai menggunakan system yang bisa mengurangi dampak akibat gempa bumi yaitu Sistem Pencegahan Pasif yang antara lain *Tuned Mass Dumper*, *Seismic Isolation Base*, dan *Energy Disasapation*. Pada penelitian ini sistem pencegahan pasif yang digunakan adalah *Seismic Isolation Base* dengan harapan tidak terjadi kegagalan pondasi ataupun kegagalan struktur saat terjadinya gempa bumi.

Sistem ini dapat mengurangi dampak getaran yang terjadi pada tanah, sehingga tidak berdampak cukup besar terhadap gaya yang terjadi pada fondasi ataupun struktur yang dapat berakibat fatal apabila terjadi kegagalan fondasi atau kegagalan struktur

### 1.2 LANDASAN TEORI

#### Spektrum Respon Desain

Berdasarkan RSNI 1726:201X bila spektrum *respons* desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum *respons* desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 3 dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

Untuk perioda yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum *respons* percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan;

$$S_a = S_{DS} \left( 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (1)$$

Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ ,spektrum *respons* percepatan desain,  $S_a$ , sama dengan  $S_{DS}$ ;

Untuk perioda lebih besar dari  $T_s$ , spektrum *respons* percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

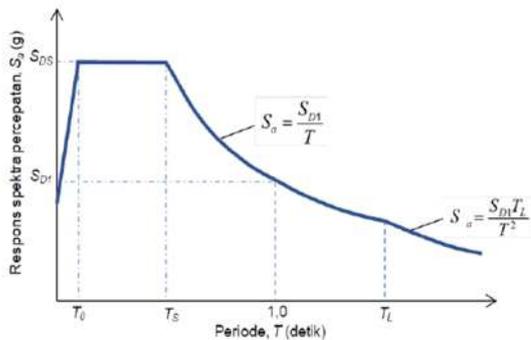
$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \tag{2}$$

Untuk perioda lebih besar dari  $T_L$ , spektrum *respons* percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}T_L}{T} \tag{3}$$

**Keterangan:**

$S_{DS}$  = parameter *respons* spektral percepatan desain pada perioda pendek;



$S_{D1}$  = parameter *respons* spektral percepatan desain pada perioda 1 detik;

$T$  = perioda getar fundamental struktur.

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$T_L$  = Peta transisi perioda panjang yang ditunjukkan pada gambar dibawah

**Metode Analisis Dinamis**

Analisis dinamis untuk perancangan struktur tahan gempa dilakukan jika diperlukan evaluasi yang lebih akurat dari gaya-gaya gempa yang bekerja pada struktur, serta untuk mengetahui perilaku dari struktur akibat pengaruh gempa. Pada struktur bangunan tingkat tinggi atau struktur dengan bentuk atau konfigurasi yang tidak teratur. Analisis dinamis dapat dilakukan dengan cara elastis maupun inelastis.

Pada cara elastis dibedakan Analisis Ragam Riwayat Waktu (*Time History Modal Analysis*), dimana pada cara ini diperlukan rekaman percepatan gempa dan Analisis Ragam Spektrum Respons (*Response Spectrum Modal Analysis*),dimana pada cara ini *respons* maksimum dari tiap ragam getar yang terjadi didapat dari Spektrum Respons

Rencana (*Design Spectra*). Sedangkan pada analisis dinamis inelastis digunakan untuk mendapatkan *respons* struktur akibat pengaruh gempa yang sangat kuat dengan cara integrasi langsung (*Direct Integration Method*). Analisis dinamik linier riwayat waktu (*time history*) sangat cocok digunakan untuk analisis struktur yang tidak beraturan terhadap pengaruh gempa rencana. Mengingat gerakan tanah akibat gempa di suatu lokasi sulit diperkirakan dengan tepat, maka sebagai input gempa dapat didekati dengan gerakan tanah yang disimulasikan. Dalam analisis ini digunakan hasil rekaman akselerogram gempa sebagai input data percepatan gerakan tanah akibat gempa.

**Lead Rubber Bearing**

*Lead Rubber Bearing* LRB adalah salah satu sistem anti seismik base isolator yang banyak digunakan pada bangunan untuk mereduksi gaya gempa. LRB ini terdiri dari beberapa lapisan karet alam atau sintetik yang mempunyai nisbah redaman kritis antara 2-5. Untuk dapat menahan beban vertikal tidak terjadi tekuk maka karet diberi lempengan baja yang dilekatkan ke lapisan karet dengan sistem vulkanisir. Untuk meningkatkan nisbah redaman sistem ini maka pada bagian tengahnya diberikan batangan bulat dari timah. Bantalan karet isolasi dipasang pada tiap-tiap bawah kolom diantara pondasi dan bangunan. Bantalan karet alam berfungsi untuk mengurangi getaran akibat gempa. Sedangkan lempengan baja digunakan untuk menambah kekuatan bantalan karet., sehingga penurunan bangunan saat bertumpu pada bantalan karet tidak terlalu besar.

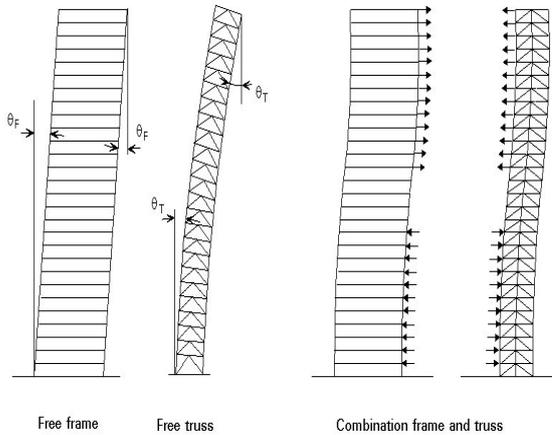
Mekanisme bantalan karet yaitu gaya horizontal yang besar ditahan oleh bantalan karet peredam. Gaya reaksi kolom yang sampai pada pondasi bangunan, dapat dikurangi melalui penggunaan bantalan karet tahan gempa ini. Pada saat gempa bantalan karet memungkinkan bangunan untuk bergerak bebas, tanpa terhalang oleh sifat kaku dari pondasi. Bantalan karet dapat mengurangi reaksi pondasi hingga 70%. Karena, secara alami karet memiliki fleksibilitas yang tinggi dan dapat menyerap energi. Peredam gempa berupa bantalan karet kini mulai banyak diaplikasikan pada bangunan-bangunan hunian.

**Struktur Sistem Ganda**

Sistem ganda atau *dual system* adalah salah satu sistem struktur yang beban gravitasinya dipikul sepenuhnya oleh *moment frame* (rangka) sedangkan beban lateralnya dipikul bersama oleh *moment frame* dan dinding geser atau rangka bresing. Menurut RSNI 03-1726-201x pasal 7.2.5.1, rangka pemikul momen sekurang-kurangnya mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul

momen dan dinding geser atau rangka bresing, dengan distribusi yang proposioal terhadap kekakuannya.

Karena rangka pemikul momen dengan



rangka bresing merupakan satu kesatuan dalam struktur *dual system* maka diharapkan keduanya dapat mengalami defleksi lateral yang sama atau setidaknya *moment frame* dapat mengikuti defleksi lateral yang terjadi. Ketika mengalami beban lateral (gempa), bresing berdeformasi seperti sebuah kantilever, sedangkan rangka pemikul momen berdeformasi geser. Sistem rangka bresing diperkuat oleh portal pada bagian atas bangunan, sedangkan bagian bawah bresing yang merupakan bagian kuat dari struktur bresing yang akan memperkuat portal pada bagian bawah portal seperti pada digambar bawah ini.

**Sistem Rangka Pemikul Momen**

Sistem Rangka Pemikul Momen mempunyai kemampuan menyerap energi yang baik, tetapi memerlukan terjadinya simpangan antar lantai yang cukup besar supaya timbul sendi sendi plastis pada balok yang akan berfungsi untuk menyerap energi gempa. Simpangan yang terjadi begitu besar akan menyebabkan struktur tidak kaku sehingga mengakibatkan kerusakan non-struktural yang besar disamping akan menambah pengaruh efek P-Δ terutama pada bangunan tinggi.

**Sistem Rangka BResing Konsentrik**

Sistem Rangka Bresing Konsentrik merupakan pengembangan dari sistem portal tak berpengaku atau lebih dikenal dengan *Moment Resisting Frames* (MRF). Sistem Rangka Bresing Konsentrik dikembangkan sebagai sistem penahan gaya lateral dan memiliki tingkat kekakuan yang cukup baik. Hal ini bertolak belakang dengan sistem MRF yang hanya bisa digunakan sebagai penahan momen. Kekakuan sistem ini terjadi akibat adanya elemen pengaku yang berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi pada struktur. Sistem ini

penyerapan energinya dilakukan melalui pelelehan yang dirancang terjadi pada pelat buhul. Sistem ini daktilitasnya kurang begitu baik sehingga kegagalannya ditentukan oleh tekuk bresing.

**Batas Simpangan**

Rasio simpangan antar lantai maksimum dari struktur diatas sistem terisolasi tidak boleh melebihi  $0,015 h_s$  (tinggi lantai dibawah level yang ditinjau) sesuai dengan SNI 1726:2019

**1.3 Metodologi**

Metodologi yang akan dipakai pada penelitian ini adalah metode analisis dinamik respon spektrum dengan menggunakan software ETABS. Langkah-langkah dalam metode analisis ini yaitu pengumpulan data meliputi data tanah, data gempa area yang akan kita modelkan, dan studi literatur. Memodelkan bangunan secara 3D (tiga dimensi). Menghitung dan mengimput beban-beban yang berkerja pada struktur bangunan tersebut. Menghitung respon spektrum bangunan menggunakan data gempa yang telah didapat sebelumnya untuk di input ke dalam pemodelan bangunan itu. Melakukan analisis nilai Displacement, drift dan base shear. Pada tahap akhir peneliti melakukan control kinerja struktur bangunan untuk mengambil kesimpulan dari hasil analisis yang berhubungan dengan tujuan dari penelitian tersebut.

Tabel 1. Data Perencanaan

Data Struktur	
Jenis Struktur Bangunan	Struktur Baja
Fungsi Bangunan	Apartemen Hunian
Lokasi Bangunan	Jakarta
Jenis Tanah	Tanah Sedang
Jumlah Lantai	34 lantai
Tinggi Antar Lantai	3,2 meter
Dimesi Bangunan	32m x 40m
Sistem Struktur Bangunan	Sistem Rangka Ganda
Data Material	
Baja Fy	240 Mpa
Beton F'c	30 Mpa
Dimensi Balok Induk	
Lantai 1-9	WF 900x900
Lantai 10-18	WF 800x800
Lantai 19-27	WF 700x700
Lantai 28-34	WF 600x600
Dimensi Balok Anak	WF 300x300

Dimensi Kolom	
Lantai 1-9	WF 500x300
Lantai 10-18	WF 450x300
Lantai 19-27	WF 400x300
Lantai 28-34	WF 400x300
Tebal Pelat	120 mm

Tabel 2. Profil Lead Rubber Bearing

Profil Lead Rubber Bearing	
Effective Outer Diameter	600 mm
Shear Modulus	0.385 Mpa
Thickness of Rubber Layer	20 mm
Number of Rubber Layer	50
Inner of Lead Diameter	120 mm
Height	407,9 mm
Weight	6,8 kN
Normal Stress	15 N/mm
Shear Stiffness	7220 kN
Eff Damping Ratio	0.05
Compressive Stiffness	1670000 kN.m
Strength Yield	90.1 kN

**2. PEMBAHASAN**

**2.1 Hasil Displacement akibat beban kombinasi**

Hasil Displacement Akibat Beban Kombinasi

Hasil Displacement maksimum akibat beban kombinasi dari analisis dinamik respon spektrum yang menggunakan program ETABS dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah.

Tabel 3. Simpangan Horizontal Maksimum

Story	UX (mm)	UY (mm)
Atap	408.824	409.857
Lantai 33	408.146	408.675
Lantai 32	406.869	407.185
Lantai 31	405.268	405.333
Lantai 30	403.312	403.11
Lantai 29	400.99	400.517
Lantai 28	398.295	397.559
Lantai 27	395.209	394.251
Lantai 26	391.84	390.79
Lantai 25	388.195	387.038
Lantai 24	384.246	382.981
Lantai 23	379.993	378.62
Lantai 22	375.443	373.962

Lantai 21	370.62	369.022
Lantai 20	365.56	363.833
Lantai 19	360.332	358.476
Lantai 18	355.017	353.163
Lantai 17	349.822	348.151
Lantai 16	344.565	343.026
Lantai 15	339.166	337.735
Lantai 14	333.613	332.264
Lantai 13	327.914	326.616
Lantai 12	322.098	320.813
Lantai 11	316.223	314.909
Lantai 10	310.39	309.032
Lantai 9	304.74	303.481
Lantai 8	299.4	298.409
Lantai 7	294.167	293.369
Lantai 6	288.985	288.294
Lantai 5	283.881	283.178
Lantai 4	278.933	278.069
Lantai 3	274.287	273.099
Lantai 2	270.183	268.583
Lantai Dasar	267.092	265.201
Lt Pemeliharaan Base Isolator	264.657	263.596

**2.2 Hasil**

Hasil Base Shear maksimum akibat beban kombinasi dari analisis dinamik respon spektrum yang menggunakan program ETABS dapat dilihat pada Tabel dibawah.

Tabel 4. Analisis Gaya Geser Dasar

Load Case	FX	FY
	kN	kN
Ex Max	6576.8939	2050.0371
Ey Max	1924.8846	6582.3632

Daritabel diatas harus kita kontrol sesuai dengan peraturan dari SNI 1726:2019 yaitu  $\geq$  gaya geser yang dihitung. Hasil kontrol dapat kita lihat pada tabel 5 dibawah.

Tabel 5. Kontrol Base Shear

Load Case	FX	FY	Syarat	Kontrol
	kN	kN		
Ex Max	6576.89	2050.03	7734.87	OK
Ey Max	1924.88	6582.36	7734.87	OK

Hasil displacement dari output ETABS selanjutnya akan di kontrol dengan syarat sesuai SNI 1726:2019 yaitu simpangan antar lantai gedung base isolation tidak boleh lebih dari  $0,015h_{sx}$ . Hasil kontrol simpangan antar lantai dapat dilihat pada tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6. Simpangan antar lantai arah X

Story	Delta Total	Delta xe	Delta x	Delta Izin	Cek
	mm	mm	mm	mm	
Atap	408.82	0.68	2.71	48	OK
Lantai 33	408.14	1.28	5.11	48	OK
Lantai 32	406.86	1.6	6.4	48	OK
Lantai 31	405.26	1.96	7.82	48	OK
Lantai 30	403.31	2.32	9.29	48	OK
Lantai 29	400.99	2.7	10.8	48	OK
Lantai 28	398.29	3.09	12.3	48	OK
Lantai 27	395.2	3.37	13.5	48	OK
Lantai 26	391.84	3.65	14.6	48	OK
Lantai 25	388.19	3.95	15.8	48	OK
Lantai 24	384.24	4.25	17	48	OK
Lantai 23	379.99	4.55	18.2	48	OK
Lantai 22	375.44	4.82	19.3	48	OK
Lantai 21	370.62	5.06	20.2	48	OK
Lantai 20	365.56	5.23	20.9	48	OK
Lantai 19	360.33	5.32	21.3	48	OK
Lantai 18	355.01	5.2	20.8	48	OK
Lantai 17	349.82	5.26	21	48	OK
Lantai 16	344.56	5.4	21.6	48	OK
Lantai 15	339.16	5.55	22.2	48	OK
Lantai 14	333.61	5.7	22.8	48	OK
Lantai 13	327.91	5.82	23.3	48	OK

Lantai 12	322.09	5.88	23.5	48	OK
Lantai 11	316.22	5.83	23.3	48	OK
Lantai 10	310.39	5.65	22.6	48	OK
Lantai 9	304.74	5.34	21.4	48	OK
Lantai 8	299.4	5.23	20.9	48	OK
Lantai 7	294.16	5.18	20.7	48	OK
Lantai 6	288.98	5.1	20.4	48	OK
Lantai 5	283.88	4.95	19.8	48	OK
Lantai 4	278.93	4.65	18.6	48	OK
Lantai 3	274.28	4.1	16.4	48	OK
Lantai 2	270.18	3.09	12.4	52.5	OK
Lantai Dasar	267.09	2.44	9.74	48	OK
Lt Base Isolator	264.65	0	0	0	OK

Tabel 7. Simpangan antar lantai arah Y

Story	Delta Total	Delta ye	Delta y	Delta Izin	Cek
	mm	mm	mm	mm	
Atap	409.85	1.182	4.728	48	OK
Lantai 33	408.67	1.49	5.96	48	OK
Lantai 32	407.18	1.852	7.408	48	OK
Lantai 31	405.33	2.223	8.892	48	OK
Lantai 30	403.11	2.593	10.37	48	OK
Lantai 29	400.51	2.958	11.83	48	OK
Lantai 28	397.55	3.308	13.23	48	OK
Lantai 27	394.25	3.461	13.84	48	OK
Lantai 26	390.79	3.752	15.01	48	OK
Lantai 25	387.04	4.057	16.23	48	OK
Lantai 24	382.98	4.361	17.44	48	OK

Lantai 23	378.62	4.658	18.63	48	OK
Lantai 22	373.96	4.94	19.76	48	OK
Lantai 21	369.02	5.189	20.76	48	OK
Lantai 20	363.83	5.357	21.43	48	OK
Lantai 19	358.48	5.313	21.25	48	OK
Lantai 18	353.16	5.012	20.05	48	OK
Lantai 17	348.15	5.125	20.5	48	OK
Lantai 16	343.03	5.291	21.16	48	OK
Lantai 15	337.74	5.471	21.88	48	OK
Lantai 14	332.26	5.648	22.59	48	OK
Lantai 13	326.62	5.803	23.21	48	OK
Lantai 12	320.81	5.904	23.62	48	OK
Lantai 11	314.91	5.877	23.51	48	OK
Lantai 10	309.03	5.551	22.2	48	OK
Lantai 9	303.48	5.072	20.29	48	OK
Lantai 8	298.41	5.04	20.16	48	OK
Lantai 7	293.37	5.075	20.3	48	OK
Lantai 6	288.29	5.116	20.46	48	OK
Lantai 5	283.18	5.109	20.44	48	OK
Lantai 4	278.07	4.97	19.88	48	OK
Lantai 3	273.1	4.516	18.06	48	OK
Lantai 2	268.58	3.382	13.53	52.5	OK
Lantai Dasar	265.2	1.605	6.42	48	OK
Lt Base Isolator	263.6			0	

Hasil hitungan kontrol simpangan antar lantai struktu Gedung arah X dan Arah Y pada table 5 dan table 6 memenuhi syarat yang telah ditetapkan di SNI 1726:2019 yaitu kurang dari 0,015h

**2.3 Periode Getar Bangunan**

Hasil periode gear ini didapat dari hasil base isolation di ETABS yang dapat dilihat pada ditabel 8 dibawah ini.

Tabel 8. Tabel Periode Getar

Mode	Period	Sum UX	Sum UY
	sec		
1	8.692	0.7647	0.1833
2	8.665	0.9446	0.981
3	7.622	0.9816	0.9815
4	2.502	0.9829	0.9972
5	2.481	0.9979	0.9986
6	2.164	0.9986	0.9986
7	1.232	0.9987	0.9995
8	1.224	0.9996	0.9997
9	1.087	0.9997	0.9997
10	0.805	0.9997	0.9999
11	0.783	0.9999	0.9999
12	0.704	0.9999	0.9999

**3. KESIMPULAN**

**3.1 Kesimpulan**

Setelah melakukan analisis struktur Gedung Apartemen ini menggunakan metode respon spektrum, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan analisis ragam respon spektrum pada arah X dan Arah Y menghasilkan  $V_i \geq V$ , maka dapat disimpulkan bahwa nilai akhir respon dinamik struktur gedung terhadap pembebanan nominal akibat pengaruh beban gempa rencana telah memenuhi syarat yang telah ditetapkan di SNI 1726:2019.
2. Berdasarkan hitungan simpangan gaya aksial yang terjadi didapat kan profil dari Lead Rubber Bearing yang digunakan iatu 600mm dan menggunakan Lead Plug Diameter 120mm.
3. Berdasarkan hasil analisis ragam respon spektrum pada top displacement pada arah X dan arah Y, gedung ini Telah memenuhi syarat displacement yang telah ditetapkan pada SNI 1726:2019.

**3.2 Saran**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat berguna secara umum dalam hal perkembangan ilmu Teknik sipil yang diterapkan dalam dunia praktisi. Diharapkan penelitian ini dapat di kembangkan oleh peneliti- peneliti berikutnya. Untuk madsut tersebut disarankan beberapah hal sebagai berikut :

1. Sebaiknya sebelum dilakukan penelitian terhadap *base isolation* sebaiknya dilakukan studi terlebih dahulu tentang system isolasi yang ditetapkan oleh SNI. Sehingga diharapkan perencana dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi sesungguhnya yang terjadi dilapangan.

#### PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction*. 2010. Ketentuan Seismik untuk Baja Struktural Bangunan.
- American Institute of Steel Construction*. 2011. Konstruksi Baja Manual. Edisi Keempat belas.
- ASCE. 2010. Beban Desain Minimum untuk Bangunan dan Struktur lain. ASCE/SEI 7-10. ASCE, Reston. Virginia.
- ASCE. 2013. Rehabilitasi Seismik Bangunan yang Ada.
- Computer and Structure*. 2001. ETABS Manual: *Integrated Building Design Software*. California.
- RSNI3 1726:201X. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung
- SNI 1729:2015. Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.
- Tavio. Usman Wijaya. 2018. Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja. Edisi 2. Surabaya. Andi Publisher.

Halaman ini sengaja dikosongkan