

Desain Struktur Gedung 24 Lantai, Dengan Sistem Bracing, Berbasis Gaya Menggunakan LRB (Lead Rubber Bearing)

Alfian Yudi Pradana Lepar¹, Koespiadi², Hendro Sutowijoyo³
Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Narotama Surabaya
Jl. Arief Rahman Hakim No. 51 Surabaya
E-mail: alfianyudi.p@gmail.com

ABSTRAKS

Salah satu upaya untuk mengurangi kerusakan akibat gempa adalah dengan menggunakan LRB (*Lead Rubber Bearing*). Oleh karena itu penggunaan teknologi *Lead Rubber Bearing* dalam mendesain gedung sangatlah diperlukan. Sistem ini akan mencegah struktur mengalami deformasi yang besar pada arah horizontal. Penelitian dilakukan dengan pemodelan struktur baja yang terdiri dari 24 lantai dengan menggunakan kolom profil WF (*Wide Flange*) dan balok profil WF. Metode berbasis gaya ini untuk memperkirakan berapa gaya geser saat gempa terjadi. Dalam mendesain dan menganalisis struktur gedung digunakan bantuan software ETABS dan dilakukan perhitungan secara manual berdasarkan SNI 1726:2019 dan SNI 1729:2015. Hasil yang diperoleh yaitu peningkatan periode getar struktur pada penggunaan sistem lead rubber bearing menjadi 2,946 detik dan simpangan antar lantai yang terjadi pada lantai 1 arah Y sebesar 1,769 mm, sedangkan struktur yang menggunakan sistem fixed base periode getar yang didapatkan adalah 2,866 detik dan simpangan antar lantai yang terjadi pada lantai 1 arah Y sebesar 0,71 mm.

Kata Kunci: lead rubber bearing, bangunan tahan gempa, berbasis gaya, struktur analisis

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan prinsip Manajemen Aset Infrastruktur dan Fasilitas, bangunan gedung harus dirancang sedemikian rupa sehingga pengoperasian bisa berjalan dengan selamat, ekonomis, efektif dan efisien. Dalam bangunan gedung didalamnya terdapat komponen infrastruktur dan komponen fasilitasnya (Soemitro & Suprayitno 2018; Suprayitno & Soemitro 2018).

Penggunaan sistem seismic isolation merupakan metode yang baik karena dapat meredam energi gempa yang dapat membahayakan bangunan. Sistem seismic isolation ini akan memisahkan struktur dari komponen horizontal pergerakan tanah dengan menyisipkan base isolator yang memiliki kekakuan horizontal relatif besar, antara struktur atas dan bawah (Kunde & Jangid, 2003).

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 % (Ismail, 2012).

Dalam analisis ini dipakai lead rubber bearing dikarenakan jenis base isolator tersebut memiliki kapasitas redaman yang tinggi (*high damping capacity*), fleksibilitas horizontal (*horizontal flexibility*) dan kekakuan vertikal yang tinggi (*high vertical stiffness*) (Buckle et al, 2006).

2.. STUDI PUSTAKA

2.1. Parameter Percepatan Gempa

Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dengan kemungkinan 2 % terlampaui dalam 50 tahun (MCER, 2 % dalam 50 tahun).

$$S_{ms} = F_a S_s \tag{1}$$

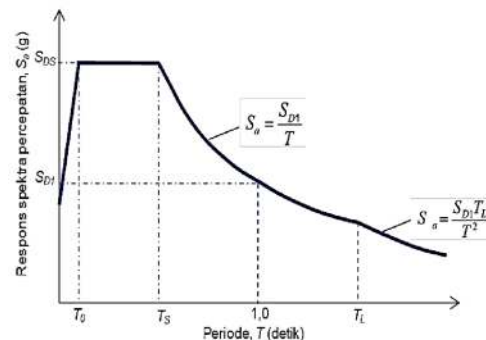
$$S_{m1} = F_v S_1 \tag{2}$$

2.2. Parameter percepatan spectral desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, S_{Ds} dan pada periode 1 detik, S_{D1} , harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{Ds} = \frac{2}{3} S_{Ms} \tag{3}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \tag{4}$$



Gambar 1. Spektrum respons desain

2.3. Gaya lateral ekuivalen

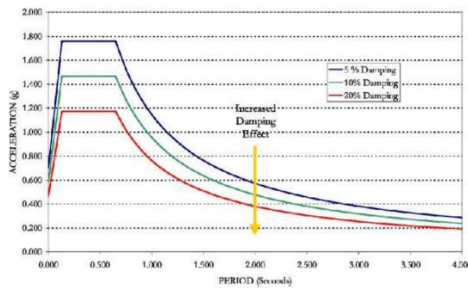
Berdasarkan SNI 1726-2019, Geser dasar seismic (V) dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut ini.
 $V = C_s W_t$ (5)

Dimana :

- C_s = Koefisien respons seismic yang ditentukan
- W_t = Berat total gedung

2.4. Konsep base isolation

Konsep dari base isolation adalah bagaimana memisahkan antara dasar bangunan yang berhubungan dengan tanah dan struktur bangunan atas, sehingga gerakan tanah tidak langsung ditransfer ke struktur bangunan atas. Pada gempa kuat, isolator dengan kekakuan horizontal yang relatif kecil, akan menyebabkan perioda alamiah bangunan lebih besar, (umumnya antara 2 s/d 3,5detik).



Gambar 2. Hubungan percepatan gempa dengan waktu getar

3. METODE PENELITIAN

3.1. Analisis struktur

Analisis struktur bangunan dilakukan menggunakan program bantu ETABS dan dilakukan kontrol dengan batasan sesuai SNI 1726:2019.

3.2. Data teknis

Data bahan

- Baja
- Modulus elastik baja = 200000 MPa
- Tegangan leleh baja = 290 MPa
- Tegangan sisa = 70 MPa
- Angka Poison = 0,3 MPa

Data tanah

Data tanah meliputi data boring dan Nspt yang di dapat dari owner proyek yang dilaksanakan oleh konsultan penyelidikan. Data tanah yang digunakan sedalam 29 m

Data gempa

Data gempa diambil sesuai dengan data tanah yang didapatkan yang berlokasi di Jl. Popoh, Ds Semambung, Wonoayu, Sidoarjo. Didapatkan nilai S_s dan S_1 dari situs Puskim.
 $SS = 0.675$
 $S1 = 0.266$

Dimensi Balok Induk

- Lantai 1 – 9 WF 500x300x16x18
- Lantai 10 – 18 WF 450x300x16x18
- Lantai 19 – 24 WF 350x250x16x22

Dimensi Kolom

- Lantai 1 – 9 WF 1000x402x38x48
- Lantai 10 – 18 WF 800x300x34x46
- Lantai 19 – 24 WF 700x300x30x40

Perencanaan Pondasi

Pondasi direncanakan menggunakan tiang pancang. Perhitungan daya dukung pondasi didasarkan pada Standart Penetration Test (SPT) terlampir dengan menggunakan persamaan Luciano Decourt (1982).

Spesifikasi tiang pancang yang digunakan:

- Diameter tiang : 800 mm
- Tebal tiang : 120 mm

- Perhitungan daya dukung

Didapat,
 $Q_p = 67,025 T$
 $Q_s = 247,69 T$

Dimana,
 $Q_u = Q_p + Q_s$ (6)

$Q_u = 314,715 T$

- Daya dukung tiang pancang

$P_{ijin\ 1\ tiang} = \frac{Q_u}{SF}$ (7)

$P_{ijin\ 1\ tiang} = 125,886 T$
 $n = 4\ buah$

Koefisien efisiensi
 $C_e = 0,9943$

Dimensi Base Isolation

Profil lead rubber bearing didapat dari brosur bridgeston.

Tabel 1. Profil lead rubber bearing yang digunakan

Karakteristik		Satuan
Outer Diameter	700	mm
Lead plug diameter	130	mm
Fisrt Shape Factor	37,2	
Second Shape Factor	3,46	
Diameter of Flange	1000	
Height	388,3	mm
Weight	8,2	kN
Compressive stiffness	2250	$\times 10^3 kN/m$
Initial stiffness	9,7	$\times 10^3 kN/m$
Post yield stiffness	0,746	$\times 10^3 kN/m$
Characteristic Strength	106	kN
Shear stiffness	1,27	$\times 10^3 kN/m$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil output program bantu ETABS, didapatkan berat struktur bangunan sebagai berikut

Tabel 2. Berat struktur bangunan

Story	UX	UY
	kg	kg
Story24	1208,23	1208,23
Story23	1677,96	1677,96
Story22	1680,56	1680,56
Story21	1681,04	1681,04
Story20	1680,56	1680,56
Story19	1681,04	1681,04
Story18	1746,54	1746,54
Story17	1764,27	1764,27
Story16	1763,8	1763,8
Story15	1764,24	1764,24
Story14	1763,8	1763,8
Story13	1764,25	1764,25
Story12	1763,8	1763,8
Story11	1764,28	1764,28
Story10	1763,8	1763,8
Story9	1772,31	1772,31
Story8	1837,07	1837,07
Story7	1837,55	1837,55
Story6	1837,07	1837,07
Story5	1837,55	1837,55
Story4	1837,07	1837,07
Story3	1837,55	1837,55
Story2	1845,59	1845,59
Story1	1911,17	1911,17
Base	266,32	266,32
Total	42287,42	42287,42

4.1. Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726:2019, didapatkan nilai

$Cd = 4.$

- Perpindahan antar lantai dapat dihitung sebagai berikut :

$\delta_{xe} = \delta_e - \delta_{e-1}$ (8)

Didapatkan hasil : $7,347 - 7,034 = 0,313$

- Perhitungan nilai batas

$\Delta a < 0,02h_x$ (9)

- Perhitungan delta izin

$\Delta_{izin} = 0,02h_x$ (10)

Dimana:

δ_{xe} = Perpindahan (mm)

Δa = Delta total (mm)

Tabel berikut ini merupakan hasil perhitungan simpangan antar lantai.

Tabel 3. Simpangan antar lantai menggunakan fixed base arah X

Story	Delta Total	Delta xe	Delta x	Delta Izin	Cek
	mm	mm	mm	mm	
24	8,22	0,144	0,576	60	OK
23	8,076	0,196	0,784	60	OK
22	7,88	0,246	0,984	60	OK
21	7,634	0,287	1,148	60	OK
20	7,347	0,313	1,252	60	OK
19	7,034	0,303	1,212	60	OK
18	6,731	0,282	1,128	60	OK
17	6,449	0,294	1,176	60	OK
16	6,155	0,314	1,256	60	OK
15	5,841	0,333	1,332	60	OK
14	5,508	0,352	1,408	60	OK
13	5,156	0,37	1,48	60	OK
12	4,786	0,388	1,552	60	OK
11	4,398	0,408	1,632	60	OK
10	3,99	0,431	1,724	60	OK
9	3,559	0,428	1,712	60	OK
8	3,131	0,44	1,76	60	OK
7	2,691	0,451	1,804	60	OK
6	2,24	0,458	1,832	60	OK
5	1,782	0,459	1,836	60	OK
4	1,323	0,444	1,776	60	OK
3	0,879	0,407	1,628	60	OK
2	0,472	0,319	1,276	60	OK
1	0,153	0,153	0,612	70	OK

Tabel 4. Simpangan antar lantai menggunakan fixed base arah Y

Story	Delta Total	Delta ye	Delta y	Delta Izin	Cek
	mm	mm	mm	mm	
24	39,429	0,819	3,276	60	OK
23	38,61	1,073	4,292	60	OK

22	37,537	1,262	5,048	60	OK
21	36,275	1,462	5,848	60	OK
20	34,813	1,598	6,392	60	OK
19	33,215	1,66	6,64	60	OK
18	31,555	1,594	6,376	60	OK
17	29,961	1,719	6,876	60	OK
16	28,242	1,812	7,248	60	OK
15	26,43	1,923	7,692	60	OK
14	24,507	2,005	8,02	60	OK
13	22,502	2,091	8,364	60	OK
12	20,411	2,158	8,632	60	OK
11	18,253	2,212	8,848	60	OK
10	16,041	2,296	9,184	60	OK
9	13,745	1,649	6,596	60	OK
8	12,096	1,723	6,892	60	OK
7	10,373	1,761	7,044	60	OK
6	8,612	1,817	7,268	60	OK
5	6,795	1,839	7,356	60	OK
4	4,956	1,872	7,488	60	OK
3	3,084	1,692	6,768	60	OK
2	1,392	0,682	2,728	60	OK
1	0,71	0,71	2,84	70	OK

13	23,596	2,083	8,332	45	OK
12	21,513	2,149	8,596	45	OK
11	19,364	2,203	8,812	45	OK
10	17,161	2,284	9,136	45	OK
9	14,877	1,652	6,608	45	OK
8	13,225	1,723	6,892	45	OK
7	11,502	1,76	7,04	45	OK
6	9,742	1,813	7,252	45	OK
5	7,929	1,839	7,356	45	OK
4	6,09	1,879	7,516	45	OK
3	4,211	1,72	6,88	45	OK
2	2,491	0,722	2,888	45	OK
1	1,769	1,769	7,076	52,5	OK

Dapat dilihat perbandingan simpangan antar lantai dari tabel dibawah ini terjadi penurunan.

Tabel 6. Perbandingan simpangan antar lantai penggunaan fixed base dengan lead rubber bearing

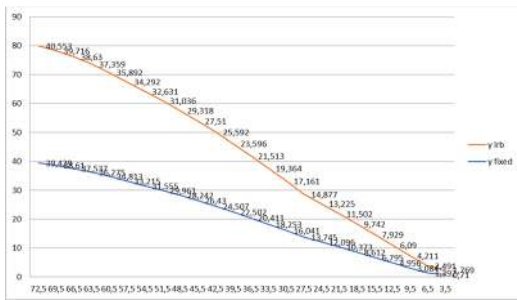
Ketinggian m	kombinasi	Fixed Base	LRB
		mm	mm
72,5	y	39,429	40,553
69,5	y	38,61	39,716
66,5	y	37,537	38,63
63,5	y	36,275	37,359
60,5	y	34,813	35,892
57,5	y	33,215	34,292
54,5	y	31,555	32,631
51,5	y	29,961	31,036
48,5	y	28,242	29,318
45,5	y	26,43	27,51
42,5	y	24,507	25,592
39,5	y	22,502	23,596
36,5	y	20,411	21,513
33,5	y	18,253	19,364
30,5	y	16,041	17,161
27,5	y	13,745	14,877
24,5	y	12,096	13,225
21,5	y	10,373	11,502
18,5	y	8,612	9,742
15,5	y	6,795	7,929
12,5	y	4,956	6,09
9,5	y	3,084	4,211
6,5	y	1,392	2,491
3,5	y	0,71	1,769

Tabel dibawah adalah tabel simpangan antar lantai yang menggunakan system lead rubber bearing, Untuk perhitungan delta izin (Δ_{izin}) menggunakan perhitungan sebagai berikut:

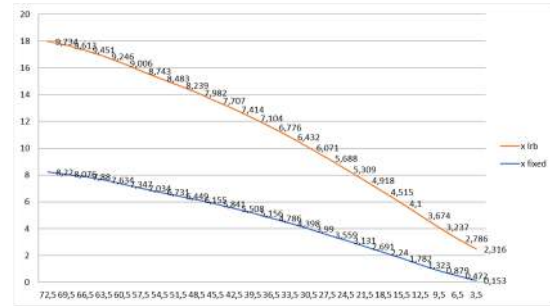
$$\Delta_{izin} = 0,015h_x \tag{11}$$

Tabel 5. Simpangan antar lantai menggunakan lead rubber bearing arah Y

Story	Delta Total	Delta ye	Delta y	Delta Izin	Cek
	mm	mm	mm	mm	
24	40,553	0,837	3,348	45	OK
23	39,716	1,086	4,344	45	OK
22	38,63	1,271	5,084	45	OK
21	37,359	1,467	5,868	45	OK
20	35,892	1,6	6,4	45	OK
19	34,292	1,661	6,644	45	OK
18	32,631	1,595	6,38	45	OK
17	31,036	1,718	6,872	45	OK
16	29,318	1,808	7,232	45	OK
15	27,51	1,918	7,672	45	OK
14	25,592	1,996	7,984	45	OK



Gambar 3 Grafik Simpangan Antar Lantai Arah Y



Gambar 4 Grafik Simpangan Antar Lantai Arah X

Tabel 8. Perbandingan simpangan antar lantai penggunaan fixed base dengan lead rubber bearing

Ketinggian m	kombinasi	Fixed Base	LRB
		mm	mm
72,5	x	8,22	9,734
69,5	x	8,076	9,613
66,5	x	7,88	9,451
63,5	x	7,634	9,246
60,5	x	7,347	9,006
57,5	x	7,034	8,743
54,5	x	6,731	8,483
51,5	x	6,449	8,239
48,5	x	6,155	7,982
45,5	x	5,841	7,707
42,5	x	5,508	7,414
39,5	x	5,156	7,104
36,5	x	4,786	6,776
33,5	x	4,398	6,432
30,5	x	3,99	6,071
27,5	x	3,559	5,688
24,5	x	3,131	5,309
21,5	x	2,691	4,918
18,5	x	2,24	4,515
15,5	x	1,782	4,1
12,5	x	1,323	3,674
9,5	x	0,879	3,237
6,5	x	0,472	2,786
3,5	x	0,153	2,316

Periode getar

Dapat dilihat pada tabel 7, bahwa periode getar bangunan yang menggunakan base isolation akan meningkat

Tabel 7. Periode getar

Modal	LRB (detik)	Fixed base (detik)
1	2,946	2,866
2	2,457	2,043
3	2,088	2,009
4	1,016	0,991
5	0,842	0,705
6	0,722	0,695
7	0,601	0,586
8	0,481	0,406
9	0,418	0,401
10	0,409	0,399
11	0,318	0,303
12	0,314	0,273

5. KESIMPULAN

Dari analisis dan diskusi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Penggunaan *system base isolation* akan memberikan kekakuan struktur bangunan bagian bawah dan juga meningkatkan periode getar struktur.
2. Terjadinya penurunan simpangan antar lantai.
3. Pemasangan *bracing* pada bangunan akan memperkecil gaya geser yang terjadi pada kolom.

PUSTAKA

American Institute of Steel Construction. 2010. Ketentuan Seismik untuk Baja Struktural Bangunan. Budiono, Bambang. Lucky Supriatna. 2016. Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan RSNi 03-1726-201X. Bandung, ITB

Press.

Dwiyanto, Efri. Bayzoni Eddy. Purwanto. 2017.

Analisis Dinamik Struktur Bangunan
Gedung yang Menggunakan Sistem
Seismic Isolation Lead Rubber Bearing.
Universitas Lampung.

SNI 1726:201. 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 Publis