

## PENGGUNAAN LEAD RUBBER BEARING (LRB) SEBAGAI DESAIN APARTEMEN 25 LANTAI BERBASIS GAYA, DENGAN SPECIAL MOMEN FRAME (SMF)

**Kelik Dwi Kresmon<sup>1</sup>, Koespiadi<sup>2</sup>, Hendro Sutowijoyo<sup>3</sup>**

*Teknik Sipil, Teknik, Universitas Narotama*

*Jl. Arief Rahman Hakim No. 51 Surabaya*

*Telp. (031)594-6404, Fax. (031)593-1213*

*E-mail: keliklike@gmail.com*

### ABSTRAKS

Beberapa tahun terakhir Indonesia sering terjadi gempa, oleh sebab itu penerapan salah satu sistem rangka untu k bangunan tahan gempa yaitu *special moment frame (SMF)* bisa menjadi modal alternatif demi menekan angka kerusakan pada bangunan yang terjadi. Perhitungan pada konstruksi baja dengan sistem *special moment frame* mengacu pada SNI 1729:2015 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, SNI 1726:2019 tentang Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan non gedung, dan untuk seismik menggunakan AISC 341-10. Selain penggunaan sistem *special moment frame (SMF)* pada struktur juga bisa menggunakan *base isolation system* yaitu *lead rubber bearing (LRB)* sebagai tambahan pada stuktur bawah. Penggunaan *lead rubber bearing* di daerah rawan gempa sangat membantu dalam menekan kerusakan pada sebuah bangunan. Perbandingan penggunaan *fixed base* dibandingkan *isolation base* cukup terlihat dalam segi keamanan. Pada perioda struktur getar meningkat sebesar 45% dibandingkan dengan *fixed base* dan dapat disimpulkan bahwa dengan *isolation base* bisa memberikan kekakuan yang lebih baik. Jika ditinjau dari simpangan antar lantai terjadi penurunan pada kedua arah. pada arah x mengalami penurun berkisar 65% sedangkan pada arah sebaliknya yaitu y mengalami penurunan sebesar 52%.

*Kata Kunci: bangunan tahan gempa, special moment frame, lead rubber bearing.*

### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi adalah sesuatu yang tidak mungkin bisa kita hindari, selama manusia berkembang maka teknologi di dunia akan semakin maju. Teknologi diciptakan untuk memudahkan dan memfasilitasi manusia menuju kehidupan yang sejahtera. Dalam bidang konstruksi pasti juga mengalami perkembangan teknologi yang sangat membantu dalam penyempurnaan sebuah struktur.

Kontrol Gempa (*Seismic Control*) merupakan metode yang terus berkembang. Sistem isolasi gempa yang digunakan pada dasar bangunan (Fondasi) disebut isolasi dasar (*Base Isolation*). *Lead Rubber Bearing* merupakan salah satu teknologi dari *Seismic Base Isolation* yang dimana bisa berguna untuk meredam pergerakan/getaran tanah terhadap struktur di atasnya.

Struktur yang bisa membantu metode *Seismic Base Isolation* salah satunya adalah *Special Moment Frame* yang dirancang untuk bisa menahan gempa. Balok, Kolom, Balok-Kolom pada struktur *Special Moment Frame* lebih terperinci untuk menahan aksi lentur, aksial, dan geser pada saat terkena gempa bumi yang kuat. Pada *Special Moment Frame* memiliki persyaratan khusus yang dapat meningkatkan karakteristik kekuatan dari frame di bandingkan dengan metode frame yang lain. Persyaratan pada metode ini berada pada ASCE/SEI 7-05 selanjutnya disebut ASCE7.

### 1.1 Tujuan Penelitian

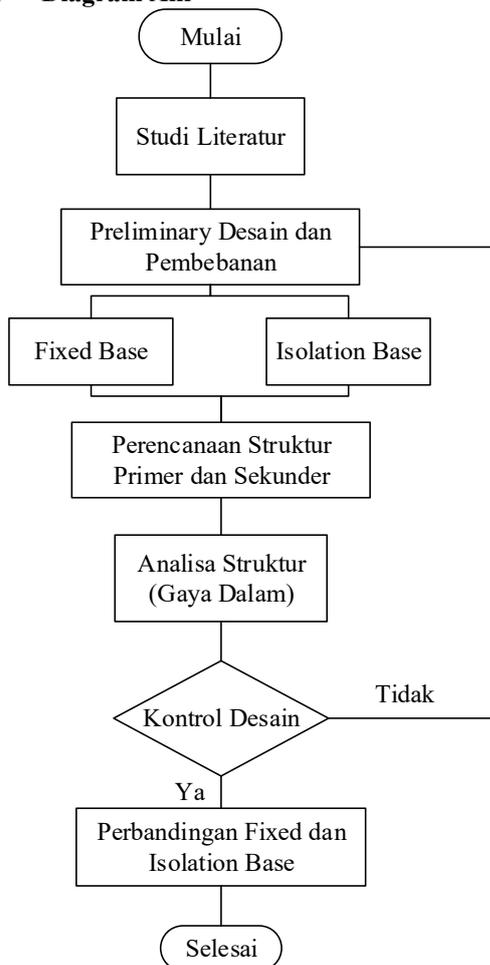
1. Mengetahui dimensi dan ukuran profil struktur yang akan digunakan.
2. Mengetahui ukuran Spesifikasi *Lead Rubber Bearing* yang akan dipasang.
3. Mengetahui perbandingan antara *fixed base* dan *isolation base*.

### 1.2 Batasan Masalah

1. Tidak menghitung sambungan.
2. Tidak menghitung biaya.
3. Analisa gempa menggunakan *Response Spectrum*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Diagram Alir



2.2 Special Moment Frame (SMF)

Special Moment Frame atau Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) untuk bangunan tinggi, biasanya digunakan sistem penahan lateral khusus seperti rangka pemikul momen khusus dan dinding struktural khusus. Rangka pemikul momen khusus merupakan elemen balok dan kolom yang mampu mendisipasi energi saat terjadi gempa kuat. Dinding struktural khusus yang biasanya saling bekerja sama dengan bantuan balok perangkai pun banyak dipakai sebagai elemen penahan gaya lateral pada struktur bangunan tinggi karena kekakuannya yang besar. Untuk mencapai struktur yang andal dan ekonomis, semua elemen struktur didesain sedemikian rupa agar memiliki daktilitas yang cukup untuk berdeformasi dan mendisipasi energi saat gempa kuat terjadi.

Special Moment Frame (SMF) atau struktur dengan tingkat daktilitas penuh. Struktur ini dapat digunakan untuk kategori desain seismik B, C, D, E dan F. Ada tiga prinsip yang memastikan bahwa respon inelastis dari struktur bersifat daktil, yaitu:

- Strong-Column Weak-Beam
- Tidak terjadi kegagalan geser terhadap balok, kolom, dan joint.

- Menyediakan detail yang memungkinkan perilaku daktil.

Tabel 1. Data SMF

Data SMF	
R	8
$\Omega_D$	3
$\rho$	1,3
$C_D$	5,5
$\Delta_A$	0,015
$C_t$	0,502778
x	0,8
$h_x$	75m
$c_u$	1,5
T	3,456
$c_{s,min}$	0,062625
$c_{s,max}$	0,011533

2.3 Isolation Base

Lead Rubber Bearing merupakan bahan anti seismik yang terbuat dari lapisan karet dan dipadu dengan lapisan baja, tetapi pada bagian tengahnya diberi rongga yang diisi dengan lead (perunggu). Lapisan karet yang divulkanisir bisa bergerak ke semua arah horizontal dilaminasi diantara lapisan baja yang mampu menahan beban aksial. Lead (perunggu) yang terletak pada bagian tengah berfungsi sebagai tempat penyerapan energi sehingga mampu mengurangi gaya gempa akibat perpindahan.

Struktur yang digunakan menggunakan base isolation system tipe lead rubber bearing sesuai dengan peraturan pada SNI 1726:2019 tentang Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan non gedung, yaitu:

1. Perpindahan (Displacement)

- Perpindahan Rencana (Design Displacement)

$$D_D = \frac{g \cdot X_{SD1} \cdot X_{TD}}{4 \cdot \pi^2 \cdot X_{BD}} \quad (1)$$

- Perpindahan Maksimum (Maximum Displacement)

$$D_M = \frac{g \cdot X_{SD1} \cdot X_{TD}}{4 \cdot \pi^2 \cdot X_{BD}} \quad (2)$$

- Perpindahan Rencana Total (Total Design Displacement)

$$D_{TD} = D_D \left( 1 + y \frac{12f}{b^2 + d^2} \right) \quad (3)$$

- Perpindahan Rencana Maksimum Total (Total Maximum Displacement)

$$D_{TM} = D_M \left( 1 + y \frac{12f}{b^2 + d^2} \right) \quad (4)$$

2. Batas Izin Simpangan Lantai

Batas izin yang sudah diatur pada SNI 1726:2019 bahwa simpangan antar lantai maksimum dari

struktur terisolasi tidak boleh melebihi 0,015hx (hx= tinggi lantai di bawah level yang ditinjau)

**2.4 Etabs**

Program ETABS merupakan program analisis struktur yang dikembangkan oleh perusahaan *software Computers and Structures, Incorporated (CSI)* yang berlokasi di Barkeley, California, Amerika Serikat. Berawal dari penelitian dan pengembangan riset oleh Dr. Edward L. Wilson pada tahun 1970 di University of California, Barkeley, Amerika Serikat, maka pada tahun 1975 didirikan perusahaan CSI oleh Ashraf Habibullah.

Program ETABS digunakan secara spesialis untuk analisis struktur *high rise building* seperti bangunan perkantoran, apartemen, rumah sakit, dll. Program ETABS secara khusus difungsikan untuk menganalisis lima perencanaan struktur, yaitu analisis frame baja, analisis frame beton, analisis balok komposit, analisis baja rangka batang, analisis dinding geser. Penggunaan program ini untuk menganalisis struktur, terutama untuk bangunan tinggi sangat tepat bagi perencana struktur karena ketepatan dari output yang dihasilkan dan efektif waktu dalam menganalisisnya.

Adapun kelebihan program ETABS daripada Sap2000:

1. Fitur ETABS lebih simple, ringan, dan cepat dioperasikan (*fast loading*), karena fitur dan menunya yang hanya dikhususkan untuk desain Gedung saja.
  - Fitur/fasilitas yang lebih lengkap (untuk kasus perencanaan struktur gedung)
  - Lebih ringan dan cepat saat diinstal di komputer daripada SAP 2000
  - Lebih cepat dalam melakukan *running analysis* daripada SAP 2000
  - Lebih cepat saat melakukan pemodelan struktur
  - Tampilan 2D dan 3D yang bisa mencakup seluruh elemen
  - Tampilan yang hampir sama dengan SAP 2000, karena dibuat oleh perusahaan yang sama pula (*CSI*), sehingga Anda yang sudah biasa menjalankan SAP 2000 tidak akan bingung saat mengoperasikan ETABS

2. Data karakteristik gedung dapat diinput dengan lebih mudah, cepat, dan praktis yang meliputi :

- Jumlah lantai (*Number of Stories*)
- Ketinggian antar lantai yang sama (*Typical Story Height*)
- Ketinggian lantai bawah (*Bottom Story Height*)
- Penentuan satuan (*Units*) yang akan digunakan.

**2.5 Baja**

Berikut merupakan sifat-sifat mekanis baja struktural secara umum:

- Modulus Elastisitas, E = 200.000 mPa
- Modulus Geser, G = 80.000 mPa
- Angka Poisson = 0,30

- Syarat Elemen Struktur Baja

$$R_U \leq \phi b \times R_n \tag{5}$$

- Syarat Desain Balok dan Kolom Struktur Baja

Kondisi Lentur:

Jika  $\lambda \leq \lambda_p$ , maka disebut penampang kompak

Jika  $\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r$ , maka disebut penampang non-kompak

Jika  $\lambda > \lambda_r$ , maka disebut penampang dengan elemen langsing

Kondisi Tekan:

Jika  $\lambda \leq \lambda_r$ , maka disebut penampang dengan elemen non-langsing

Jika  $\lambda > \lambda_r$ , maka disebut penampang dengan elemen langsing

- Desain Komponen Terhadap Lentur

$$M_U \leq \phi b \times M_n \tag{6}$$

- Desain Komponen Terhadap Geser

$$V_U \leq \phi v \times V_n \tag{7}$$

- Desain Komponen Terhadap Gaya Tekan Aksial

$$P_U \leq \phi c \times V_c \tag{8}$$

- Desain Komponen Terhadap Gaya Lentur dan Gaya Aksial

Bila  $\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2$ , maka  $\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \times \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$  (9)

Bila  $\frac{P_r}{P_c} < 0,2$ , maka  $\frac{P_r}{2 \times P_c} + \frac{8}{9} \times \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$  (10)

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

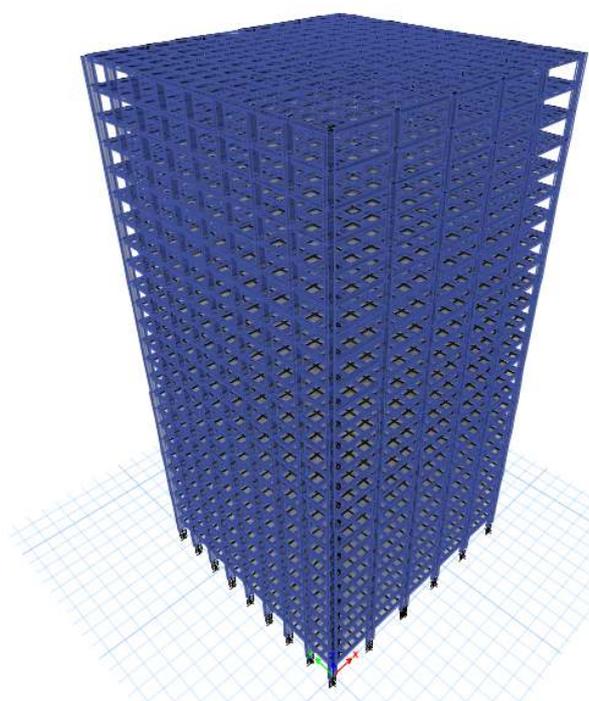
Struktur bangunan menggunakan struktur baja dan pemodelan bangunan dilakukan dengan software ETABS. Kondisi yang akan ditinjau ada 2 hal yaitu pada saat *fixed base* dan *isolation base type lead rubber bearing*. Data perencanaan dan data material bisa dilihat pada tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 2. Data Struktur

Data Struktur	
Jenis Bangunan	Struktur Baja
Fungsi Bangunan	Apartemen
Lokasi Bangunan	Surabaya
Jenis Tanah	Tanah Keras (C)
Jumlah Lantai	25 Lantai
Tinggi elevasi lantai	3 meter
Dimensi Bangunan (PxL)	36 m x 37,5 m
Sistem Struktur Bangunan	SMF

Tabel 3. Data Material

Data Material	
Mutu Baja, $F_y$	420 Mpa
Mutu Beton, $F_c$	25 Mpa
Dimensi Balok Anak	WF 450x300x18x26
Dimensi Balok Induk	WF 594x302x18x16
	WF 488x300x16x24
	WF 450x300x18x26
Dimensi Kolom	WF 1250x450x60x75
	WF 1000x400x55x70
	WF 950x400x50x60
Tebal Pelat	120 mm



Gambar 2. Struktur Bangunan Tampak 3D

Perhitungan hasil spesifikasi *lead rubber bearing* dimasukkan pada aplikasi ETABS untuk memberikan perbedaan pada *FIXED BASE*. Spesifikasi *lead rubber bearing* bisa dilihat pada tabel 3.

Tabel 4. Hasil Analisa *Base Isolation System*

Hasil Analisa dengan <i>Base Isolation</i>	Nilai
<i>Design Period, T<sub>eff</sub></i>	3,546 Detik
<i>Effective Damping, β</i>	5%
<i>Design Displacement, DD</i>	0,25445 m
<i>Rubber shear Modulus, G</i>	0,4 Mpa
<i>Axial Load on LRB, W<sub>i</sub></i>	9182,25 kN
<i>Effective Stiffness, K<sub>eff</sub></i>	2309,51 kN/m

<i>Dissipated Energy per cycle, ED</i>	46,9773 kN/m
<i>Post-elastic tangent stiffness, K<sub>p</sub></i>	2128,12 kN/m
<i>Elastic Stiffness, K<sub>e</sub></i>	21281,2 kN/m
<i>Stiffness ratio. K<sub>e</sub>/K<sub>p</sub></i>	0,1
<i>Yield displacement. D<sub>y</sub></i>	0,00241 m
<i>Lead-Plug diameter, DL</i>	120 mm
<i>Thickness of Rubber, Tr</i>	300 mm
<i>Diameter LRB, Dt</i>	750 mm
<i>Total bearing diameter, L</i>	800 mm

Dari kedua mode antara *fixed base* dan *isolation base* memiliki nilai simpangan lantai yang masih dalam batas izin yaitu 45mm. Jika ditinjau dari simpangan antar lantai terjadi penurunan berkisar 65%.

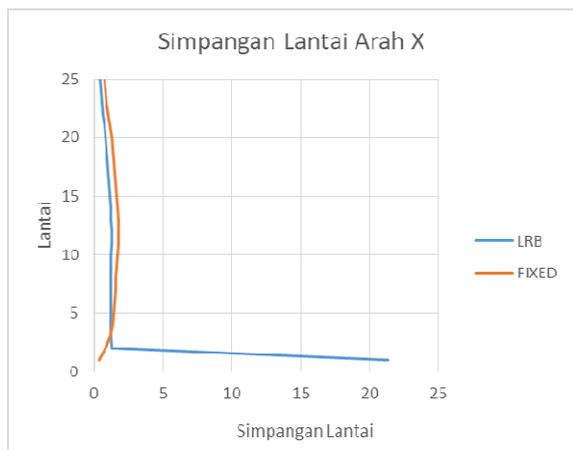
Tabel 5. Simpangan Lantai *Fixed Base*

Fixed Base			
Story	Load Case/Combo	Drift Ratio	Drift Izin
		mm	mm
25	Ex max	0,726	45
24	Ex max	0,814	45
23	Ex max	0,9185	45
22	Ex max	1,0285	45
21	Ex max	1,1495	45
20	Ex max	1,254	45
19	Ex max	1,3585	45
18	Ex max	1,4355	45
17	Ex max	1,507	45
16	Ex max	1,5785	45
15	Ex max	1,6445	45
14	Ex max	1,6995	45
13	Ex max	1,7435	45
12	Ex max	1,76	45
11	Ex max	1,738	45
10	Ex max	1,661	45
9	Ex max	1,6005	45
8	Ex max	1,5675	45
7	Ex max	1,5455	45
6	Ex max	1,518	45
5	Ex max	1,452	45
4	Ex max	1,3475	45
3	Ex max	1,1605	45
2	Ex max	0,8525	45
1	Ex max	0,374	45

Tabel 6. Simpangan Lantai *Isolation Base*

Fixed Base			
Story	Load Case/Combo	Drift Ratio	Drift Izin
		mm	mm
25	Ex max	0,44	45
24	Ex max	0,4895	45
23	Ex max	0,5665	45

22	Ex max	0,6435	45
21	Ex max	0,7315	45
20	Ex max	0,8195	45
19	Ex max	0,902	45
18	Ex max	0,968	45
17	Ex max	1,023	45
16	Ex max	1,089	45
15	Ex max	1,1495	45
14	Ex max	1,2045	45
13	Ex max	1,243	45
12	Ex max	1,2705	45
11	Ex max	1,276	45
10	Ex max	1,232	45
9	Ex max	1,2045	45
8	Ex max	1,1935	45
7	Ex max	1,2045	45
6	Ex max	1,21	45
5	Ex max	1,2265	45
4	Ex max	1,2265	45
3	Ex max	1,243	45
2	Ex max	1,276	45
1	Ex max	21,351	45



Gambar 3. Kurva Simpangan Lantai

Hasil perbedaan dari *fixed base* dan *isolation base* yang telah di running pada ETABS menghasilkan perioda getar alami dan partisipasi massa yang bisa ditinjau pada tabel 4. Dimana dalam kondisi *isolation base* memberikan getar alami yang lebih baik.

Tabel 7. Kontrol Partisipasi Massa dan Getar Alami *Fixed Base*

Mode	Kontrol Partisipasi Massa dan Getar Alami		
	<i>FIXED BASE</i>		
	Perioda Detik	SUM X	SUM Y
1	3,546	0,0003	0,7364
2	3,167	0,6244	0,7373
3	3,041	0,7103	0,7382
4	1,225	0,7105	0,8704
5	1,078	0,7362	0,8715
6	1,025	0,8398	0,8715

7	0,708	0,8399	0,9153
8	0,622	0,843	0,9162
9	0,55	0,8912	0,9162
10	0,468	0,8914	0,9377
11	0,409	0,8926	0,9386
12	0,346	0,8928	0,9541
13	0,341	0,9195	0,9542

Tabel 8. Kontrol Partisipasi Massa dan Getar Alami *Isolation Base*

Mode	Kontrol Partisipasi Massa dan Getar Alami		
	<i>ISOLOATION BASE</i>		
	Perioda Detik	SUM X	SUM Y
1	5,153	0,0025	0,9249
2	4,889	0,8195	0,9342
3	4,681	0,9506	0,9457
4	1,717	0,9506	0,9939
5	1,574	0,988	0,9941
6	1,512	0,9951	0,9943
7	0,871	0,9951	0,9983
8	0,788	0,996	0,9984
9	0,75	0,999	0,9984
10	0,565	0,999	0,9994
11	0,508	0,999	0,9995
12	0,455	0,9997	0,9995
13	0,406	0,9997	0,9997

**4. KESIMPULAN**

Dari analisa yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan:

1. Perhitungan yang telah dilakukan pada struktur sekunder dan primer telah sesuai dengan syarat kontrol elemen struktur baja yang ada pada SNI 1729:2015.
2. Perhitungan yang telah dilakukan pada struktur bawah telah sesuai dengan syarat dimensi dan geser.
3. Perbandingan pada saat menggunakan *isolation base* dengan *fixed base* mendapatkan perbedaan yang cukup baik. pada perioda struktur getar meningkat sebesar 45% dibandingkan dengan *fixed base*. dapat disimpulkan bahwa dengan *isolation base* bisa memberikan kekakuan yang lebih baik pada struktur bawah sehingga menyebabkan perioda struktur bergeser lebih panjang.
4. Jika ditinjau dari simpangan antar lantai terjadi penurunan pada kedua arah. pada arah x mengalami penuran berkisar 65% sedangkan pada arah sebaliknya yaitu y mengalami penurunan sebesar 52%

**PUSTAKA**

ASCE 7-10. *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*

- Computer and structure, 2001. *ETABS Manual integrated Building Design Software*, California.
- SNI 1726:2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non-gedung.
- SNI 1727:2013. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain.
- SNI 1729:2015. Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.
- SNI 2847:2013. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung.
- Sukirno, Christy., dan Sugeng Wijanto. 2019. Analisis Desain *Lead Rubber Bearings* pada Bangunan Struktur Baja Enam Lantai
- Dianamoko, Prawidya Khairina. 2017. Perhitungan Struktur dan Metode Pelaksanaan Gedung At-Tauhid Universitas Muhammadiyah Surabaya dengan Konstruksi Baja Sistem Rangka Bresing Eksentris (Srbe)
- Ramadhani, Mega Widya. 2017. Perhitungan Struktur dan Metode Pelaksanaan Gedung B Rusunawa Gunungsari Surabaya Menggunakan Konstruksi Baja Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dengan Balok *Honeycomb*