

Perencanaan Gedung 38 Lantai dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan *Bracing*, Menggunakan *Seismic Isolation*

Rega Febriana¹, Koespiadi², Hendro Sutowijoyo³

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Narotama Surabaya

Jl. Arief Rahman Hakim No. 51 Surabaya

E-mail: regafebrianaaa@gmail.com

ABSTRAK

Gempa bumi merupakan kejadian baik sifatnya alamiah maupun buatan manusia yang memiliki dampak kerusakan pada area tersebut, khususnya terhadap sebuah konstruksi bangunan. Untuk meminimalisir terjadinya suatu kerusakan akibat gaya gempa pada suatu struktur bangunan saat ini perkembangan yang dibuat memiliki karakteristik beragam, salah satunya merupakan teknologi *base isolator lead rubber bearing* yang ditempatkan pada fondasi bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan struktur gedung menggunakan material baja dengan tinggi lantai 133 m dalam merespon akibat beban gempa dinamik serta simpangan pada setiap tingkat. Dari hasil analisis akhir diketahui bahwa material *property* baja menggunakan BJ 50 dengan dimensi profil balok induk WF 500x300, balok anak WF 400x400, kolom WF 900x400 serta *breising* WF 500x300 dan didapat struktur *base isolator* akibat beban gempa sebesar 2664.6083 kgf arah x dan arah y sebesar 2644.997 kgf dengan nilai simpangan pada setiap lantai maksimum didapat sebesar 4.862 mm arah x dan arah y 4.862 mm tidak lebih besar dari persyaratan delta izin 52 mm.

Kata Kunci: Gempa Bumi, Base Isolator, Baja, Gedung, Dinamik, Simpangan

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peristiwa gempa bumi merupakan peristiwa dinamik yang akan menimbulkan getaran pada tanah, dan akan menggetarkan struktur yang ada di atas tanah tersebut. Bangunan bertingkat apabila terkena gaya gempa akan mempunyai pola goyangan (*mode shapes*) sebanyak jumlah tingkatnya. Selain itu akan terjadi deformasi pada lantai bangunan sehingga dapat merusak struktural. Kerusakan bangunan akibat gempa secara konvensional dicegah dengan memperkuat struktur bangunan terhadap gaya gempa yang bekerja padanya. Namun, hasil ini sering kali kurang memuaskan karena kerusakan elemen baik struktural maupun non-struktural umumnya disebabkan adanya *interstory drift* (perbedaan simpangan antar tingkat). Untuk memperkecil *interstory drift* dapat dilakukan dengan memperkaku bangunan dalam arah lateral. Namun, hal ini akan memperbesar gaya gempa yang bekerja pada bangunan (Teruna, 2005). Metode yang lebih baik adalah dengan meredam energi gempa sampai padat tingkat yang tidak membahayakan bangunan yakni menggunakan sistem *seismic isolation*. 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). Dari

berbagai permasalahan yang telah diuraikan diatas, maka melalui penelitian ini akan direncanakan sebuah Gedung 38 lantai menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan *Bracing* serta Sistem *Seismic Isolation* berupa *Lead rubber bearing*. Perencanaan gedung ini mengacu pada SNI 1729:2015 (Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural) dan SNI 1726:2019 (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung).

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang diambil adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh *base isolator* berupa *lead rubber bearing* pada struktur baja yang dikenai beban gempa?
2. Bagaimana nilai perilaku seismik antara sistem struktur baja dengan *bracing*?

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian ini membahas tentang struktur bangunan baja menggunakan *base isolation lead rubber bearing* dengan standar SNI 1726:2019 dan SNI 1729:2015 dengan memperhatikan tinjauan analisis sebagai berikut:

1. Displacement (perpindahan)
 - a. Periode efektif
 - b. Perpindahan Maksimum

$$D_M = \frac{g S_{M1} T_M}{4\pi^2 x B_M} \quad (1)$$

c. Perpindahan Rencana

$$D_D = \frac{g S_{D1} T_D}{4\pi^2 x B_D} \quad (2)$$

d. Perpindahan Total

$$D_{TM} = D_M \left(1 + y \frac{12 e}{b^2 + d^2} \right) \quad (3)$$

2. Kekakuan Efektif sistem isolasi

a. Kekakuan Efektif

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{W}{k_{m \min} x g}} \quad (4)$$

3. Gaya Geser dasar

a. Sistem isolasi, fondasi, dan semua elemen-elemen struktural di bawah tingkat dasar harus direncanakan dan dibangun untuk menahan gaya seismik lateral minimum, V_b , dengan menggunakan semua persyaratan yang berlaku untuk struktur tanpa isolasi sesuai dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_b = K_M D_M \quad (5)$$

b. Struktur di atas tingkat dasar harus direncanakan dan dibangun untuk menahan gaya geser minimum, V_s , menggunakan semua persyaratan yang berlaku untuk struktur tanpa isolasi, ditentukan menggunakan batas atas dan batas bawah dari properti sistem isolasi sesuai persamaan berikut:

$$V_s = \frac{V_{st}}{R1} \quad (6)$$

4. Struktur Lentur

a. Desain lentur $\phi_b M_n$ dengan desain lentur izin M_n / Ω_b harus digunakan metode DFBK untuk lentur (ϕ_b) 0.90 dan faktor keamanan (Ω_b) 1.67

5. Struktur Geser

a. Desain geser $\phi_v V_n$ dan desain lentur izin V_n / Ω_v harus digunakan metode DFBK untuk lentur (ϕ_v) 0.90 dan faktor keamanan (Ω_b) 1.67

6. Struktur Tekan

a. Desain struktur tekan ditinjau dari faktor kuat tekan desain $\phi_c P_n$. kekuatan tekan nominal, P_n , ditentukan berdasarkan keadaan batas dari tekuk lentur.

7. Struktur Tarik

a. Desain struktur tarik ditinjau dari faktor kuat tarik desain harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh tarik pada penampang bruto dan keruntuhan tarik pada penampang netto.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang mana hasil dari penelitian ini berupa angka dan bilangan. Pada lokasi penelitian ini, gedung yang direncanakan merupakan gedung apartemen 38 lantai yang terletak di wilayah Sidoarjo.

3.2 Data Perencanaan

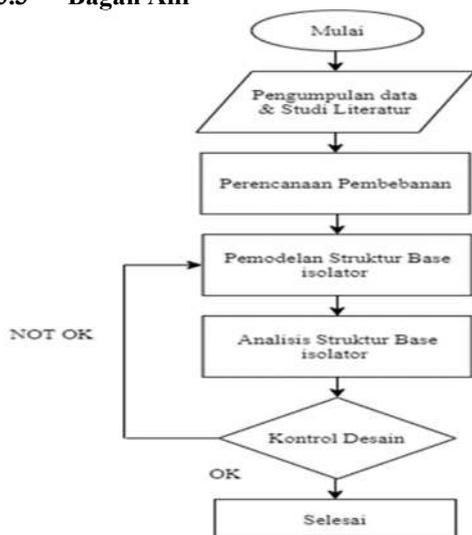
Tabel 1. Data Perencanaan

Data Struktur	
Jenis Struktur	Baja
Fungsi Bangunan	Apartemen
Lokasi Bangunan	Sidoarjo
Jenis Tanah	Tanah Keras (SC)
Jumlah Lantai	38 buah
Tinggi Tipikal Lantai	3.5m
Dimensi Bangunan	66 m x 30 m
Sistem Struktur	SRPMM

Tabel 2. Data Material

Material Property	
Dimensi Balok Induk	500x300 mm
Dimensi Balok Anak	450x450 mm
Dimensi Kolom	900x400 mm
Pelat lantai	120 mm
Pelat Atap	100 mm
Baja	BJ 50
Beton	Fc' 25 MPa

3.3 Bagan Alir



Gambar 1. Flow Chart/Bagan Alir Penelitian

Berdasarkan Gambar 1. Bagan alir bahwa terkait analisis struktur gedung tersebut dilakukan cara pedekatan penelitian yang akan digunakan sebagai berikut:

1. Memulai pengumpulan data dan studi literatur
2. Perhitungan pembebanan
3. *Preliminary design* struktur gedung
4. Analisis dinamik struktur gedung akibat beban gempa
5. Cek gaya geser yang terjadi beserta waktu getar struktur
6. Kontrol gaya maksimum yang terjadi pada lokasi batang struktur
7. Kontrol Simpangan pada setiap lantai
8. *Design system base isolator*
9. *Cek Lead rubber bearing*
10. Hasil Penelitian

4. HASIL DAN BAHASAN

4.1 Pembebanan

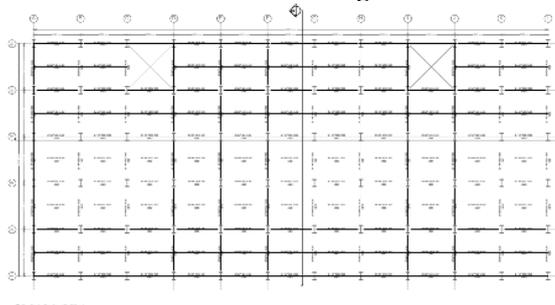
4.1.1 Beban mati, pada perencanaan struktur gedung untuk lantai sebesar 129 Kg serta beban mati pada atap diterima 90 kg.

4.1.2 Beban Hidup, untuk beban hidup struktur gedung yang diterima oleh pelat lantai sebesar 250 kg serta beban hidup pelat atap sebesar 100 Kg.

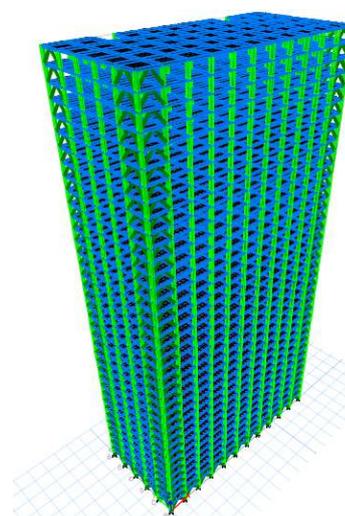
4.1.3 Beban gempa, ditinjau dari perhitungan untuk koefisien gempa wilayah sidoarjo dengan nilai $I_e = 4.5$, S_s Kota Sidoarjo = 0.677, $S_1 =$

$0.264 S_{DS} = 0.51$, $S_{D1} = 0.27$ dan Zona gempa II = 0.19

4.2 Pemodelan Struktur Gedung



Gambar 2. Denah Gedung



Gambar 3. Model 3D Struktur bangunan base isolation

4.3 Dinamik Respons Spektrum

Beban gempa Respons spektrum untuk perencanaan gedung dapat dilihat dari tabel sebagai berikut:

Tabel 3. Dinamik Respons Spektrum Tabel Support Reaction Struktur bangunan SRPMM, Breising LRB

Case	Ket	EQX	EQY
Gempa x	Max	2644.6083	2644.6083
Gempa y	Max	2644.5977	2644.5977

4.4 Gaya Maximum Struktur

Gaya dalam yang terjadi pada elemen struktur gedung 38 lantai dari hasil analisis struktur menggunakan software ETABS V.18 dapat dilihat dari tabel sebagai berikut:

Tabel 4. Gaya dalam Balok Induk (B1) Lantai 1-5

Lantai	Mub (kN)	Ø Mn (kN)	Ratio	Check < 1.0
1	262887	67830657	0.00388	OK
2	467223	67830657	0.00689	OK
3	602633	67830657	0.00888	OK

ITEM	BESARAN
Design period, T_{eff}	4.362 detik
Effective Damping, β	25%
Design Displacement, D_D	0.230 m
Rubber shear Modulus, G	0.5 Mpa
Axial Load on LRB, W_i	107.806 kN
Effective Stiffness, K_{eff}	10634.21 kN/m
Elastic Stiffness, K_e	3.805 kN/m
Stiffness Ratio, K_e/K_p	0.1
Yield displacement, d_y	0.276 m
Lead-Plug Diameter, D_L	130 mm
Thickness of rubber, T_r	200 mm
Diameter of Lrb, D_l	11600 mm
Lead plug stiffness, K_L	555 kN/m
Total rubber stiffness, K_r	12997.37 kN/m

4	672789	67830657	0.00992	OK
5	721839	67830657	0.01064	OK

Tabel 5. Gaya dalam Kolom (K1) Lantai 1-5

Lantai	Mu.x (kN)	Mu.y (kN)	Ratio	Check < 1.0
1	15027010	33359200	0.39	OK
2	1624382	628021	0.32	OK
3	941096	436296	0.13	OK
4	623365	442481	0.08	OK
5	434761	459037	0.05	OK

Tabel 6. Gaya dalam Breising Lantai 1-5

Lantai	Pu breising		Ratio	Check < 1.0
	Tekan	Tarik		
1	1829118	1829118	0.9455	OK
2	1787431	1787431	0.9239	OK
3	2779614	2779614	0.0001	OK
4	3147436	3147436	0.0002	OK
5	3044081	3044081	0.0002	OK

Tabel 7. Kontrol Sistem Rangka Momen Lantai 1-5

Lantai	ΣM_{pc} (kN)	ΣM_{pb} (kN)	Ratio	Check > 1.0
1	4684.479	13383161	3.5	OK
2	4630.648	19384866	2.3	OK
3	3466.104	21236970	1.63	OK
4	2229.358	22486510	9.9	OK
5	1143.089	23257243	4.91	OK

Tabel 8. Perhitungan Lead Rubber Bearing

4.5 Kontrol Struktur Base Isolation

4.5.1 Nilai waktu getar

Nilai perioda efektif didapat dari hasil analisis struktur $T = 5.505 dt$ dan perioda rencana $T_2 = 4.362 dt$

4.5.2 Gaya lateral minimum

Sistem isolasi, fondasi, dan semua elemen-elemen struktural di bawah tingkat dasar harus direncanakan dan dibangun untuk menahan gaya seismik lateral minimum untuk nilai didapatkan sebesar = 1182761.01 kg (untuk keseluruhan lokasi yang ditinjau)

4.5.3 Simpangan lantai

Simpangan tingkat ditinjau dari perbedaan simpangan antar pusat massa diatas dan dibawah tingkat. Untuk simpangan yang terjadi pada arah x dan y ditinjau dari nilai maksimum dapat dilihat dari tabel sebagai berikut:

Tabel 9. Simpangan lantai sturktur base isolator

Dir	Tinggi (t)	δ_{xe}	δ_x	Drift gempa (Δnx)	Syarat	Cek
	mm	mm	mm	mm	Δa	
X	3500	78.472	156.944	1.56	52	OK
y	3500	60.757	121.514	2.012	52	OK

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis penelitian diatas maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Desain struktur gedung (*High rise building*) yang memakai teknologi *seismic isolation lead rubber bearing* mampu untuk menahan terjadinya deformasi lateral.
2. *Material property* untuk struktur yang menggunakan baja berdasarkan analisis software ETABS v.18 dengan metode DAM (*Direct analysis method*) dan perhitungan manual dapat diketahui bahwa material memenuhi persyaratan.
3. Dinamik respons spektrum pada struktur bangunan dengan nilai $S_s = 0.677$, $S_1 =$

- 0.264 SDS = 0.51 , SD1 = 0.27 memiliki karakteristik tanah keras sehingga untuk terjadinya deformasi dan beban yang bekerja sangat besar.
4. Periode getar struktur *base isolator* berdasarkan analisis ETABS V.18 didapat untuk nilai $T= 4.362 dt$ sehingga dapat diketahui bahwa penggunaan teknologi *base isolator lead rubber bearing* meningkatkan periode getar mencapai 90%.
 5. Simpangan lantai pada lokasi lantai tingkat dengan nilai maksimum didapat 4.862 mm dan 3.814 mm telah memenuhi persyaratan oleh delta izin dengan nilai 52 mm.
 6. Penggunaan teknologi *seismic isolation lead rubber bearing* pada struktur bangunan (*High rise building*) mampu menahan gaya-gaya yang bekerja, tentunya pada lokasi zona gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- American National Standard ANSI/AISC 360-10: Specification for Structural Steel Buildings.*
- Badan Standardisasi Nasional SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung.
- Badan Standardisasi Nasional SNI 1729:2015 Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
- Badan Standardisasi Nasional SNI 1727:2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
- Christy Sukirno¹ dan Sugeng Wijanto², Analisis Desain Lead Rubber Bearings Pada Bangunan Struktur Baja Enam Lantai, April 2019, hal:255-260, ISBN : 978-623-91368-0-2, FTSP, Universitas Trisakti
- Desain Spektra Indonesia, diakses 17 Februari 2020. http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desa_in_spektra_indonesia_2020/
- F. Neim and J.M Kelly 1999, Design Of Seismic Isolated Structure: From Theory to Practice.*
- FEMA P-751 2009, NEHRP Recommended Seismic Provisions: Design Examples.*
- Wiryanto Dewabroto 2015, Struktur Baja – Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010

Halaman ini sengaja dikosongkan