

Pengaruh Penggunaan Base Isolation High Damping Rubber Bearing pada Struktur Beton Bertulang

Syahnandito¹, Reni Suryanita*², Ridwan³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Jl. HR Subrantas Km. 12,5 Pekanbaru

Submitted : 9 September 2020;

Accepted: 25 September 2020

Abstrak

Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah menggunakan peredam beban gempa dengan sistem isolasi dasar (*base isolation system*). Penggunaan *base isolation system* pada bangunan dapat mengisolasi perambatan getaran akibat gempa dari tanah ke struktur atas bangunan menggunakan komponen berbahan karet. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penggunaan sistem isolasi dasar berupa *High Damping Rubber Bearing* pada periode dan gaya geser dasar struktur beton bertulang. Objek penelitian adalah bangunan hotel 15 lantai dengan ketinggian 62,9 m. Penelitian diawali dengan pemodelan struktur menggunakan aplikasi ETABS v2016 sehingga didapatkan periode dan gaya geser dasar struktur *fixbase*. Tahap selanjutnya memberikan gaya pada model struktur dengan isolasi dasar *High Dumper Rubber Bearing* sehingga didapatkan periode dan gaya geser dasar struktur dengan *base isolator*. Hasil analisis pada struktur *fixbase* didapatkan periode sebesar 4,212 detik, dengan gaya geser dasar didapatkan sebesar 1470,725 ton. Sedangkan hasil analisis pada struktur dengan *base isolator* didapatkan periode sebesar 5,500 detik, dengan gaya geser dasar didapatkan sebesar 1286,071 ton. Maka dapat disimpulkan bahwa pada struktur dengan base isolator terjadi peningkatan periode sebesar 30,58 %, sedangkan gaya geser dasar terjadi penurunan 12,56 %.

Kata Kunci : gempa bumi; mitigasi gempa; periode; gaya geser dasar; high damping rubber bearing

Abstract

One of the ways to mitigate damage to building structures due to earthquakes is to use earthquake load absorbers with a base isolation system. The base isolation system isolated the earthquake vibrations from the ground to the top structure of the building using rubber components. The use of essential insulation can increase the period of the building so that vibration can be minimized and reduce the fundamental shear forces that occur in the structure. The purpose of the study is to analyze the effect of the use of a basic insulation system in the form of High Damping Rubber Bearings in

*Corresponding author : reni.suryanita@eng.unri.ac.id

Another author email : syahnandito@grad.unri.ac.id

ridwan@eng.unri.ac.id

the period and the essential shear force of reinforced concrete structures. The object of research is a 15-storey hotel building with a height of 62.9 m. The study begins with modelling the building structure using the ETABS v2016 application to obtain the period and the shear-force of the fix base structure. The next step is to apply pressure to the structural model with the isolation of the High Dumper Rubber Bearing to obtain the period and the shear force of the structure with the base isolator. The analysis results of the fix base structure got a period of 4.212 seconds, with the essential shear force obtained at 1470.725 tons. The analysis results obtained 5,500 seconds for the period with the basic shear force obtained at 1286,071 tons. Therefore it can be concluded that the building structures with base isolator increased in the period of 30.58%, while the basic shear force decreased by 12.56%.

Keywords: *earthquake mitigation; periode; base shear, high damping rubber bearing*

A. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara rawan bencana alam gempa bumi sering mengalami getaran kuat yang dapat mengakibatkan banyaknya bangunan mengalami kerusakan bahkan keruntuhan. Untuk menghindari kerusakan struktur bangunan gedung akibat gempa bumi, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah menggunakan peredam beban gempa dengan sistem isolasi dasar (*base isolation system*). Ide dasar dari *base isolation system* ini adalah mengisolasi perambatan getaran akibat gempa dari tanah ke struktur bangunan.

Salah satu cara untuk mengisolasi perambatan beban gempa adalah dengan menggunakan isolator berbahan karet yang dipasang di antara struktur bawah dan struktur atas bangunan. Tujuan penggunaan isolator karet adalah memperpanjang periode struktur sehingga getaran dapat diminimalisir dan untuk memperkecil gaya geser dasar yang terjadi pada struktur. Di Daerah kota Pekanbaru sendiri belum ditemukan struktur bangunan khususnya yang bertingkat banyak yang mengaplikasikan isolasi karet tersebut, sehingga ahli struktur di Pekanbaru perlu lebih mempelajari dan mengaplikasikan teknologi tersebut demi menjamin

kemampuan struktur gedung di Pekanbaru dalam menahan gempa bumi kedepannya.

Mengacu pada permasalahan diatas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penggunaan sistem isolasi dasar berupa *High Damping Rubber Bearing* pada periode dan gaya geser dasar struktur beton bertulang salah satu bangunan bertingkat banyak di kota Pekanbaru.

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. Gempa Rencana

Gempa rencana harus dikalikan dengan faktor keutamaan (I_e) untuk berbagai kategori resiko gedung. Berbagai kategori resiko gedung ditentukan pada Tabel 1 SNI 1726:2012 Pasal 4.1.2 dan faktor keutamaan (I_e) ditentukan pada Tabel 2 SNI 1726:2012 Pasal 4.1.2.

Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) dapat ditentukan dari peta gempa seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2, atau dapat ditentukan dengan bantuan Aplikasi Desain Spektra Indonesia dengan masuk ke situs www.puskim.pu.go.id.

Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_M = F_a \times S_S \quad (1)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_{S1} \quad (2)$$

Dengan S_{MS} = parameter respons spektral percepatan gempa $MCER$ terpetakan untuk periode pendek, S_{M1} = parameter respons spektral percepatan gempa $MCER$ terpetakan untuk periode 1 detik, F_a dan F_v = koefisien situs .

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

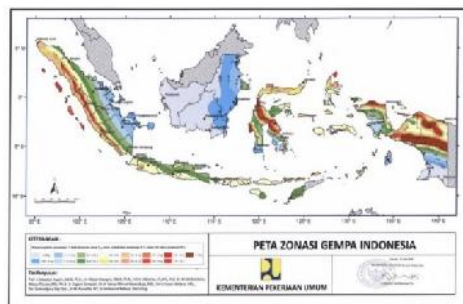
$$S_D = \frac{2}{3} S_M \quad (3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (4)$$

Dengan S_{DS} = parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, S_{D1} = parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek.



Gambar 1. Peta parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) (SNI 1726:2012)



Gambar 2. Peta parameter S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) (SNI 1726:2012)

Kurva respon spektrum dibuat dengan langkah sebagai berikut:

1. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan:

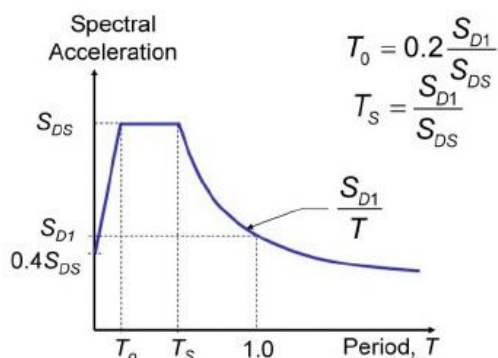
$$S_a = S_D \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (5)$$

Dengan S_a = spektrum respon percepatan desain

2. Untuk periode 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} . Dengan T = periode fundamental struktur, $T_0 = 0,2 S_{DS} / S_{D1}$, $T_s = 0,2 S_{D1} / S_{DS}$

3. Untuk periode lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (6)$$



Gambar 3. Spektrum respon desain (SNI 1726:2012)

2. Waktu Getar Alami dan Gaya Geser Dasar Seismik

Perhitungan waktu getar alami sesuai ketentuan pada SNI 1726:2012 menggunakan persamaan berikut:

$$T = C_t \times (H_n)^{3/4} \quad (7)$$

Dengan $C_t = 0,0731$ (untuk struktur beton bertulang), H_n = tinggi gedung

Geser dasar seismik, V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_s \times W \quad (8)$$

Dengan V = gaya geser dasar seismik, C_s = koefisien respons seismik, W = berat seismik efektif. Nilai C_s ditentukan sebagai berikut:

$$C_s = \frac{S_D}{(R/I_e)} \quad (9)$$

Dengan R = faktor modifikasi repons, I_e = faktor keutamaan gempa

3. Kombinasi Pembebanan

Pada kombinasi yang terdapat beban gempa di dalam persamaannya harus didesain berdasarkan pengaruh

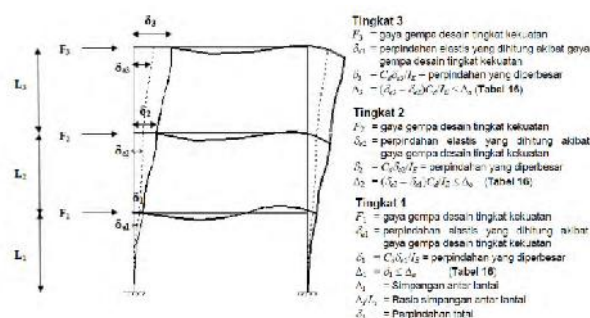
beban seismik, sehingga kombinasi pembebanan yang digunakan menjadi:

1. 1,4 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL
3. 1,2 DL + 1 LL ± 0,3 ($Q_E + 0,2 S_{DS}$ DL) ± 1 ($Q_E + 0,2 S_{DS}$ DL)
4. 1,2 DL + 1 LL ± 1 ($Q_E + 0,2 S_{DS}$ DL) ± 0,3 ($Q_E + 0,2 S_{DS}$ DL)
5. 0,9 DL ± 0,3 ($Q_E + 0,2 S_{DS}$ DL) ± 1 ($Q_E + 0,2 S_{DS}$ DL)
6. 0,9 DL ± 1 ($Q_E + 0,2 S_{DS}$ DL) ± 0,3 ($Q_E + 0,2 S_{DS}$ DL)

4. Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai adalah perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau.

Penentuan simpangan antar lantai seperti tertera pada Gambar 4.

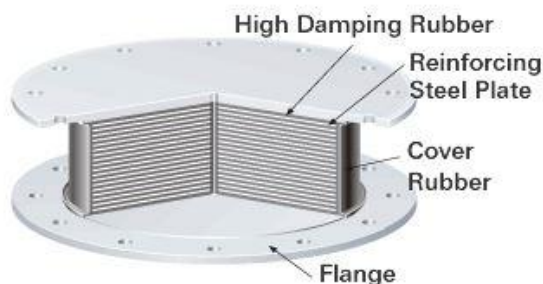


Gambar 4. Penentuan simpangan antar lantai (SNI 1726:2012)

5. High Damping Rubber Bearing (HDRB)

Jenis base isolator yang digunakan pada penelitian ini adalah *High damping rubber bearing* (HDRB) yang merupakan bahan anti seismik yang dikembangkan dari karet alam yang mempunyai kekakuan horizontal yang relatif kecil dan dicampur dengan *extra fine carbon block*, oli atau resin, serta bahan isian lainnya sehingga

meningkatkan damping antara 10% - 20%. HDRB diaplikasikan diantara pondasi dan struktur atas bangunan (Samsya et al., 2017).



Gambar 5. High Damping Rubber Bearing

6. Pemodelan Struktur dengan ETABS

Pada penelitian ini, pemodelan struktur gedung dibantu menggunakan program ETABS v2016. Pemodelan dilakukan 2 versi, yaitu:

- a. Struktur tanpa base isolator
- b. Struktur dengan base isolator

Dalam hal ini base isolator yang digunakan adalah *High Damping Rubber Bearing*. Struktur gedung diidealisasikan oleh ETABS sebagai rakitan dari luasan, garis, dan objek titik. Objek-objek ini merepresentasikan elemen-elemen dinding, lantai, kolom, balok, pengaku (*bracing*), dan pegas (Kurniawan M, 2016).

Dalam program ETABS, bagian-bagian fisik suatu struktur gedung direpresentasikan sebagai Objects, Members, dan Elements. Objects merepresentasikan elemen-elemen fisik dari struktur gedung (balok, kolom, plat, dll).

Secara garis besar langkah-langkah pemodelan struktur menggunakan aplikasi ETABS adalah sebagai berikut:

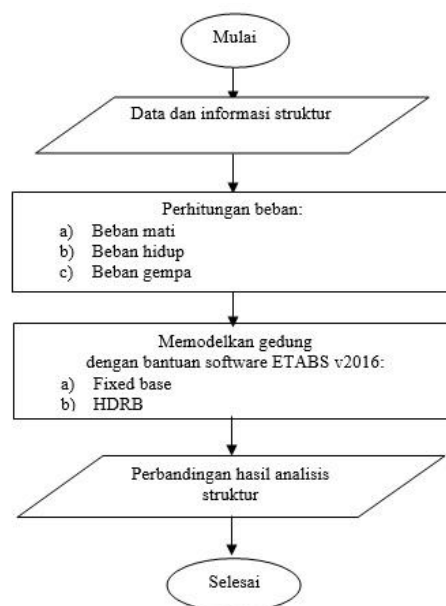
- a. Mendefinisikan *material properties* untuk beton maupun baja dan

mendefinisikan *section properties* berupa spesifikasi elemen-elemen struktur yang akan digunakan berpedoman pada SNI 03-2847-2002ooi.

- b. Memodelkan elemen-elemen struktur seperti kolom, balok, dan plat lantai pada grid.
- c. Memberikan beban-beban seperti beban mati, beban hidup, beban gempa, dan beban angin
- d. Melakukan *running* agar program melakukan analisis terhadap struktur yang telah dimodelkan.

C. METODE PENELITIAN

Diagram alir metode penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6 sebagai berikut:



Gambar 6. Diagram alir metode penelitian

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data dan Informasi Struktur

Bangunan struktur beton yang akan dianalisis memiliki data sebagai berikut:

Fungsi Bangunan : Hotel
 Struktur utama : Beton bertulang
 Tinggi lantai : 62,9 m
 (1 basement+15 lantai+1 atap)
 Bahan struktur:

Mutu beton $f'c = 30$ Mpa, Mutu baja $D > 10$ BJTD 40, $D = 10$ BJTP 24
 Bentuk gedung existing dapat dilihat pada Gambar 7.



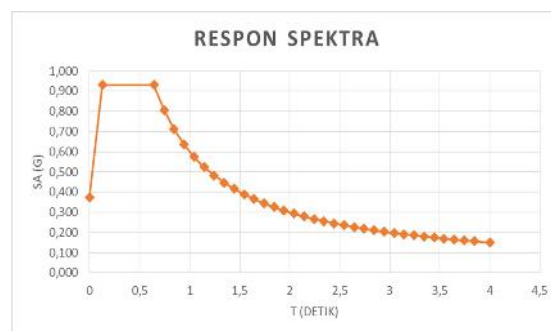
Gambar 7. Gedung objek penelitian

2. Pembebanan

Bangunan struktur beton yang akan dianalisis memiliki data sebagai berikut:

1. Beban Mati
2. Berat sendiri struktur (balok, kolom, pelat, dinding).
3. Beban mati tambahan (*superimposed*) berpedoman pada SKBI-1.3.53.1987, yaitu:
 - a. Plesteran keramik = 21 kg/cm tebal
 - b. Berat lantai keramik = 24 kg
 - c. Waterproofing = 14 kg/m²
 - d. Berat plafon = 10 kg/m²
 - e. *Mechanical electrical* = 20 kg/m²
 - f. Beban tembok = (tinggi tipikal lantai – tinggi balok) [m] x 200 [kg/m²] (untuk tembok beton ringan *precast* ketebalan 10 cm).

4. Beban Hidup
 Beban hidup pada pelat lantai struktur gedung ini adalah sebesar 250 kg/m² untuk perhotelan. Untuk plat lantai atap ditetapkan sebesar 100 kg/m².
5. Beban Gempa
 Dari hasil analisis, diperoleh nilai Periode Fundamental (T) dan Respon Spektra (S_a) seperti ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik respon spektra

3. Periode Struktur *Fixed Base*

Dari hasil analisis program ETABS, diperoleh periode struktur *fixed base* sebagai berikut:

Tabel 1. Output nilai T_c dari ETABS

Case	Mode	Periode detik
Modal	1	4,212
Modal	2	3,470
Modal	3	3,101

4. Berat Sendiri Struktur

Setelah dilakukan pemodelan struktur dengan bantuan program ETABS, diperoleh data berat sendiri struktur total sebesar 8.171,330 ton. Hasil lengkap dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Berat sendiri struktur

Level Lantai	Massa X	Massa Y	Kumulatif X	Kumulatif Y
	kg	kg	kg	kg
Atap lift	53.680,030	53.680,030	53.680,030	53.680,030
Lift Machine/Atap gym	133.905,870	133.905,870	187.585,900	187.585,900
Roof tank	93.343,280	93.343,280	280.929,190	280.929,190
Gym	51.884,190	51.884,190	332.813,370	332.813,370
Ruang bilas	8.386,570	8.386,570	341.199,950	341.199,950
Lantai atap	501.330,700	501.330,700	842.530,650	842.530,650
Lantai 15	457.693,590	457.693,590	1.300.224,240	1.300.224,240
Lantai 14	458.157,700	458.157,700	1.758.381,940	1.758.381,940
Lantai 13	458.157,700	458.157,700	2.216.539,640	2.216.539,640
Lantai 12	458.157,700	458.157,700	2.674.697,340	2.674.697,340
Lantai 11	458.157,700	458.157,700	3.132.855,030	3.132.855,030
Lantai 10	458.157,700	458.157,700	3.591.012,730	3.591.012,730
Lantai 9	458.157,700	458.157,700	4.049.170,430	4.049.170,430
Lantai 8	461.353,980	461.353,980	4.510.524,410	4.510.524,410
Lantai 7	464.774,930	464.774,930	4.975.299,340	4.975.299,340
Lantai 6	464.774,930	464.774,930	5.440.074,270	5.440.074,270
Lantai 5	468.273,660	468.273,660	5.908.347,930	5.908.347,930
Lantai 4	496.317,990	496.317,990	6.404.665,910	6.404.665,910
Lantai 3	642.474,900	642.474,900	7.047.140,820	7.047.140,820
Lantai 2	651.954,640	651.954,640	7.699.095,450	7.699.095,450
Lantai 1	472.235,140	472.235,140	8.171.330,590	8.171.330,590

5. Gaya Geser Dasar *Fixed Base*

Setelah melakukan running program ETABS didapatkan output gaya geser dasar struktur *fixed base* seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Output gaya geser dasar dari ETABS

Case	Fx kN	Fy kN
E1	1470,725	131,311
E1	-1186,820	-171,666

6. Simpangan Antar Lantai *Fixed Base*

Berdasarkan Pasal 7.8.6 SNI 1726:2012, penentuan simpangan antar lantai tingkat desain () harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal,

dijijinkan untuk menghitung defleksi di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya. Hasil perhitungan kontrol simpangan antar lantai untuk setiap level tingkat dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Dari hasil perhitungan simpangan antar lantai untuk setiap level tingkat dapat dilihat pada struktur *fixed base* arah X maupun arah Y, simpangan antar tingkat ijin () masih memenuhi syarat simpangan antar tingkat maksimal yang diijijinkan (a).

Tabel 4. Simpangan Antar Lantai *Fixed Base* Arah

Level Tingkat	Tinggi tingkat (<i>hsx</i>)	Perpindahan (<i>e</i>)	Simpangan antar tingkat ()	Simpangan antar tingkat diperbesar ()	Simpangan antar tingkat ijin (<i>a</i>)
	mm	mm	mm	mm	mm
Atap lift	2500	90,795	0,563	1,126	62,5
Lift Machine	2850	90,232	7,74	15,48	71,25
Roof tank	4100	82,492	-6,787	-13,574	61,5
Gym	2350	89,279	5,38	10,76	58,75
Ruang bilas	1600	83,899	-4,566	-9,132	40,00
Lantai atap	3350	88,465	1,634	3,268	83,75
Lantai 15	3350	86,831	2,054	4,108	83,75
Lantai 14	3350	84,777	2,464	4,928	83,75
Lantai 13	3350	82,313	3,056	6,112	83,75
Lantai 12	3350	79,257	3,74	7,48	83,75
Lantai 11	3350	75,517	4,38	8,76	83,75
Lantai 10	3350	71,137	4,937	9,874	83,75
Lantai 9	3350	66,2	5,435	10,87	83,75
Lantai 8	3350	60,765	5,632	11,264	83,75
Lantai 7	3350	55,133	5,941	11,882	83,75
Lantai 6	3350	49,192	6,067	12,134	83,75
Lantai 5	3350	43,125	6,659	13,318	83,75
Lantai 4	4800	36,466	10,921	21,842	120,00
Lantai 3	4800	25,545	10,645	21,29	120,00
Lantai 2	5400	14,9	12,085	24,17	135,00
Lantai 1	3000	2,815	0	0	75,00

Tabel 5. Simpangan Antar Lantai *Fixed Base* Arah Y

Level Tingkat	Tinggi tingkat (hsx) mm	Perpindahan (e) mm	Simpangan antar tingkat () mm	Simpangan antar tingkat diperbesar () mm	Simpangan antar tingkat ijin (a) mm
Atap lift	2500	132,504	0,673	1,346	62,5
Lift Machine	2850	131,831	3,959	7,918	71,25
Roof tank	4100	127,872	-2,228	-4,456	61,5
Gym	2350	130,1	2,338	4,676	58,75
Ruang bilas	1600	127,762	0,092	0,184	40,00
Lantai atap	3350	127,67	4,836	9,672	83,75
Lantai 15	3350	122,834	5,786	11,572	83,75
Lantai 14	3350	117,048	6,737	13,474	83,75
Lantai 13	3350	110,311	7,637	15,274	83,75
Lantai 12	3350	102,674	8,431	16,862	83,75
Lantai 11	3350	94,243	9,067	18,134	83,75
Lantai 10	3350	85,176	9,497	18,994	83,75
Lantai 9	3350	75,679	9,683	19,366	83,75
Lantai 8	3350	65,996	55,97	111,94	83,75
Lantai 7	3350	10,026	-47,199	-94,398	83,75
Lantai 6	3350	57,225	47,812	95,624	83,75
Lantai 5	3350	9,413	-39,446	-78,892	83,75
Lantai 4	4800	48,859	40,409	80,818	120,00
Lantai 3	4800	8,45	-33,272	-66,544	120,00
Lantai 2	5400	41,722	34,413	68,826	135,00
Lantai 1	3000	7,309	0	0	75,00

7. Penentuan Dimensi Base Isolator

Dalam pemilihan profil base isolator *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) yang akan diaplikasikan, digunakan data dari analisa *Fixed Base Structure* berupa data reaksi vertikal dari masing-masing titik kolom yang didapatkan dengan bantuan aplikasi ETABS.

Berdasarkan pada katalog Bridgestone Seismic Isolation Product Line Up, dapat digunakan base isolation tipe *High Damping Rubber Bearing* dengan klasifikasi sebagai berikut :

Digunakan tipe : MVBR-0520
 Rubber Code : XO.6R
 Shear Modulus : 0,62 N/mm²

Equivalent Damping Ratio : 0,240

Rubber Thickness : 200 mm

Pada Tabel 6 dapat dilihat nilai *joint reaction* pada setiap tumpuan. Nilai terbesar adalah 11.815,14 kN dan yang terkecil adalah 4.068,82 kN.

Dari nilai-nilai pada Tabel 6, maka dapat digunakan 3 tipe HDRB sebagai berikut:

Tipe A :

$$F_z = W = 11.815,14 \text{ kN}$$

Maka digunakan *base isolation* dengan *outer diameter* = 1000 mm, dengan *nominal long term column load* = 11.800 kN

Tipe B :

$$F_z = W = 9.021,19 \text{ kN}$$

Maka digunakan *base isolation* dengan *outer diameter* = 900 mm, dengan *nominal long term column load* = 9.540 kN

Tipe C :

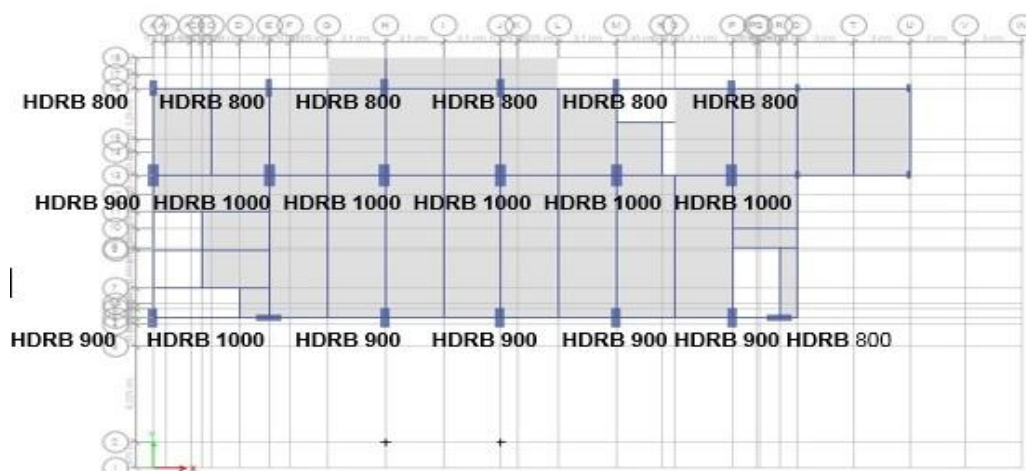
$$F_z = W = 6.036,00 \text{ kN}$$

Maka digunakan *base isolation* dengan *outer diameter* = 800 mm, dengan *nominal long term column load* = 6.050 kN.

Denah penggunaan HDRB dapat dilihat pada Gambar 9.

Tabel 6. Joint reactions

Story	Joint Label	Fz kN
Basement	1472	4.737,65
Basement	1474	4.068,82
Basement	1475	6.036,00
Basement	1476	5.711,64
Basement	1477	5.517,43
Basement	1478	5.171,76
Basement	1479	6.252,23
Basement	1480	11.815,14
Basement	1481	11.144,68
Basement	1482	10.676,86
Basement	1483	10.430,79
Basement	1484	10.798,54
Basement	1504	9.021,19
Basement	1528	8.507,62
Basement	1529	7.753,61
Basement	1530	6.342,15
Basement	1531	6.703,97
Basement	1532	9.959,50



Gambar 9. Denah penggunaan HDRB

8. Penentuan Dimensi Base Isolator

Setelah instalasi HDRB dan dilakukan running program ETABS, didapatkan output periode struktur *isolated base* seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Output nilai Tc dari ETABS

Case	Mode	Periode detik
Modal	1	5,500
Modal	2	3,973
Modal	3	3,623

9. Gaya Geser Dasar *Isolated Base*

Hasil output program ETABS, didapatkan gaya geser dasar struktur *isolated base* seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Output gaya geser dasar dari ETABS

Case	Fx kN	Fy kN
E1	1286,071	133,775
E1	-1014,100	-82,469

10. Simpangan Antar Lantai *Isolated Base*

Hasil perhitungan simpangan antar lantai ijin untuk struktur *Isolated Base* arah X maupun arah Y dapat dilihat pada Tabel 9 dan tabel 10.

Tabel 9. Simpangan Antar Lantai *Isolated Base* Arah X

Level Tingkat	Tinggi tingkat (hsx) mm	Perpindahan (e) mm	Simpangan antar tingkat () mm	Simpangan antar tingkat diperbesar () mm	Simpangan antar tingkat ijin (a) mm
Atap lift	2500	120,327	0,691	1,382	37,50
Lift Machine	2850	119,636	0,907	1,814	42,75
Roof tank	4100	118,729	0,09	0,18	61,50
Gym	2350	118,639	0,654	1,308	35,25
Ruang bilas	1600	117,985	0,244	0,488	24,00
Lantai atap	3350	117,741	1,583	3,166	50,25
Lantai 15	3350	116,158	2,114	4,228	50,25
Lantai 14	3350	114,044	2,712	5,424	50,25
Lantai 13	3350	111,332	3,346	6,692	50,25
Lantai 12	3350	107,986	3,985	7,97	50,25
Lantai 11	3350	104,001	4,605	9,21	50,25
Lantai 10	3350	99,396	5,171	10,342	50,25
Lantai 9	3350	94,225	5,623	11,246	50,25
Lantai 8	3350	88,602	5,664	11,328	50,25
Lantai 7	3350	82,938	6,089	12,178	50,25
Lantai 6	3350	76,849	6,49	12,98	50,25
Lantai 5	3350	70,359	6,934	13,868	50,25
Lantai 4	4800	63,425	11,313	22,626	72,00
Lantai 3	4800	52,112	11,638	23,276	72,00
Lantai 2	5400	40,474	14,05	28,1	81,00
Lantai 1	3000	26,424	0	0	45,00

Tabel 10. Simpangan Antar Lantai *Isolated Base* Arah Y

Level Tingkat	Tinggi tingkat (<i>hsx</i>)	Perpindahan (<i>e</i>)	Simpangan antar tingkat ()	Simpangan antar tingkat diperbesar ()	Simpangan antar tingkat ijin (<i>a</i>)
	mm	mm	mm	mm	mm
Atap lift	2500	138,726	0,441	0,882	37,50
Lift Machine	2850	138,285	12,077	24,154	42,75
Roof tank	4100	126,208	-11,019	-22,038	61,50
Gym	2350	137,227	6,976	13,952	35,25
Ruang bilas	1600	130,251	-5,628	-11,256	24,00
Lantai atap	3350	135,879	2,373	4,746	50,25
Lantai 15	3350	133,506	2,397	4,794	50,25
Lantai 14	3350	131,109	2,934	5,868	50,25
Lantai 13	3350	128,175	3,537	7,074	50,25
Lantai 12	3350	124,638	4,203	8,406	50,25
Lantai 11	3350	120,435	4,93	9,86	50,25
Lantai 10	3350	115,505	4,681	9,362	50,25
Lantai 9	3350	110,824	5,204	10,408	50,25
Lantai 8	3350	105,62	5,349	10,698	50,25
Lantai 7	3350	100,271	6,123	12,246	50,25
Lantai 6	3350	94,148	7,227	14,454	50,25
Lantai 5	3350	86,921	8,427	16,854	50,25
Lantai 4	4800	78,494	13,951	27,902	72,00
Lantai 3	4800	64,543	15,088	30,176	72,00
Lantai 2	5400	49,455	18,01	36,02	81,00
Lantai 1	3000	31,445	0	0	45,00

Dari hasil perhitungan simpangan antar lantai untuk setiap level tingkat dapat dilihat pada struktur *isolated base* arah X maupun arah Y, simpangan antar tingkat ijin () masih memenuhi syarat simpangan antar tingkat maksimal yang diijinkan (*a*).

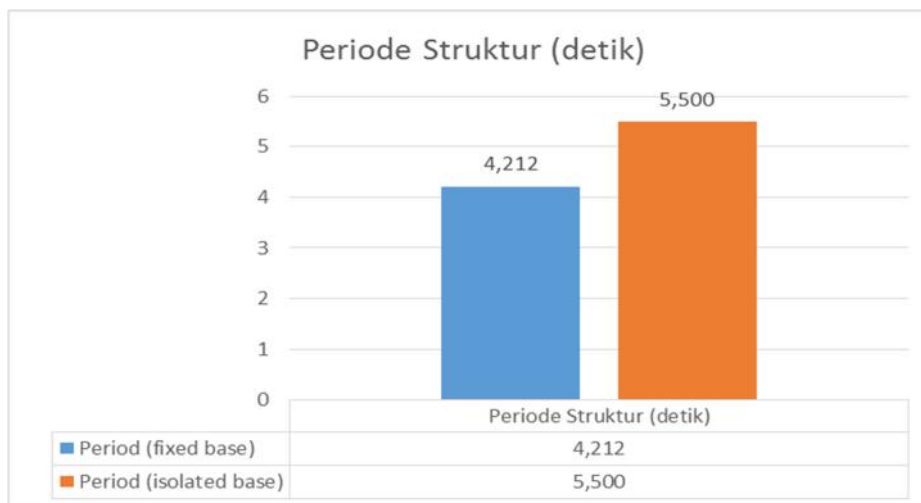
11. Komparasi Respon Struktur *Fixed Base* dan Struktur *Isolated Base*

Setelah dilakukan analisis terhadap struktur *fixed base* dan struktur *isolated base*, diperoleh data periode struktur,

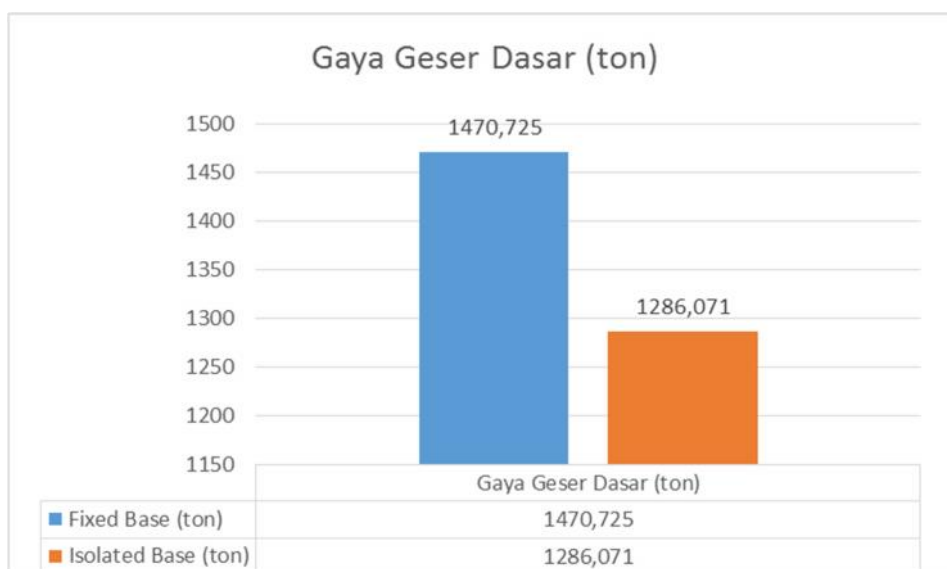
gaya geser dasar, dan simpangan antar lantai untuk masing-masing jenis struktur. Komparasi periode struktur *fixed base* dan struktur *isolated base* dapat dilihat pada Gambar 10.

Dari grafik pada Gambar 10 dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan periode struktur dari 4,212 detik (*fixed base*) menjadi 5,500 detik (*isolated base*) atau sebesar 30,58 %.

Komparasi gaya geser dasar struktur *fixed base* dan struktur *isolated base* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 10. Periode struktur *fixed base* vs *isolated base*



Gambar 11. Gaya geser dasar struktur *fixed base* vs *isolated base*

Dari grafik pada Gambar 11 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan gaya geser dasar dari 1.470,725 ton (fixed base) menjadi 1.286,071 ton (isolated base) atau sebesar 12,56 %.

E. KESIMPULAN

Hasil analisis struktur pada struktur gedung *fixed base* dan struktur *isolated*

base menunjukkan perbedaan periode struktur, gaya geser dasar, dan simpangan antar lantai, sehingga dapat disimpulkan :

1. Penggunaan *base isolator* memperbesar periode struktur yang berarti dapat memperkecil simpangan antar tingkat.

2. Periode struktur meningkat sebesar 30,58 % jika menggunakan *base isolator* dibandingkan tanpa *base isolator*.
3. Penggunaan *base isolator* pada bangunan dapat mereduksi *base shear* (gaya geser dasar). Gaya geser dasar tereduksi sebesar 12,56 % jika menggunakan *base isolator* dibandingkan tanpa *base isolator*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bridgestone Corporation. (2015). *Bridgestone Seismic Isolation Product Line Up*. Bridgestone Corporation, Tokyo.
- Kurniawan, M. (2016). Modul Pelatihan Perencanaan Struktur Bangunan Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa Menggunakan Program Etabs. Riau Civil engineering Training, Pekanbaru.
- Samsya, I. Tavio & Raka. I. G. P. (2017). Evaluasi Aplikasi Penggunaan Base

Isolation Pada Gedung Grand Keisha Menggunakan Analisa Pushover. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Novermber, Surabaya.

SKBI-1.3.53.1987. (1987). Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

SNI 03-2847-2002. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional, Bandung.

SNI 1726:2012. (2012). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.



© 2020 Siklus Jurnal Teknik Sipil All rights reserved. This is an open access article distributed under the terms of the CC BY Licens (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)