

PARAMETER DINAMIK STRUKTUR *BASE ISOLATION* DAN *FIXED BASE* PADA GEDUNG BERTINGKAT SEDANG DI KOTA PADANG

Fajri Yusmar¹, Dani Rezki², Eka Juliafad³

^{1,2,3}Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Email: fajriyusmar@ft.unp.ac.id

Abstrak: Peningkatan perioda alami struktur menggunakan *base isolation system* dapat mereduksi koefisien respon seismik, yang juga akan mempengaruhi hasil desain dari suatu struktur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persentase penurunan koefisien respon seismik, berdasarkan parameter dinamik pada struktur *base isolation system* dengan struktur sistem *fixed base* di area Kota Padang untuk bangunan gedung bertingkat sedang. Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah analisis dinamik spektrum respons ragam. Pemodelan struktur menggunakan aplikasi ETABS Ver. 18 dengan 2 bentuk model yaitu model 1 struktur 5 lantai menggunakan *fixed base*, dan model 2 struktur 5 lantai menggunakan *base isolation*. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan *base isolation* dapat meningkatkan perioda alami sebesar 2,5 kali dari perioda alami yang didapatkan oleh model *fixed base*. Sementara itu, peningkatan perioda struktur juga dapat mengurangi koefisien respon seismik dari 0,645 g menjadi 0,261 g atau turun mencapai 59,43 % untuk *mode 1* dan dari 0,787 g menjadi 0,289 g atau turun mencapai 63,29 % untuk *mode 2*. Peningkatan perioda struktur menyebabkan gaya gempa yang bekerja pada bangunan menjadi lebih kecil.

Kata kunci: Padang, bangunan bertingkat sedang, parameter dinamik, *fixed base*, *base isolation*

Abstract: Increasing the natural period of the structure using a *base isolation system* can reduce the seismic response coefficient, which will affect the design results of a structure. This study aims to determine the percentage decrease in the seismic response coefficient, based on the dynamic parameters of the *base isolation system* structure with a *fixed base system* structure in the Padang City area for medium-rise buildings. The method used for this research is dynamic analysis of the response spectrum. Structural modeling using the ETABS Ver. 18 with 2 models, namely model 1, a 5-storey structure using a *fixed base*, and a model 2 5-storey structure using *base isolation*. The results of the analysis show that the use of *base isolation* can increase the natural period by 2.5 times from the natural period obtained by the *fixed base* model. Meanwhile, the increase in the period of the structure can also reduce the seismic response coefficient from 0.645 g to 0.261 g or decrease to 59.43% for *mode 1* and from 0.787 g to 0.289 g or decrease to 63.29% for *mode 2*. The increase in the period of the structure causes the earthquake forces acting on the building to be smaller.

Keywords: Padang, medium-rise buildings, dynamic parameters, *fixed base*, *base isolation*

PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya pembangunan gedung yang menyebar ke seluruh kawasan di Indonesia yang ditandai dengan didirikannya berbagai bentuk bangunan bertingkat. Bangunan tersebut berfungsi

sebagai penunjang kebutuhan masyarakat akan tempat hunian yang layak dan melaksanakan berbagai kegiatan [1]. Pembangunan gedung bertingkat juga banyak dijumpai di Kota Padang. Menurut data dari Dinas Pekerjaan Umum dan

Penataan Ruang (PUPR) Kota Padang, banyak bangunan bertingkat di Kota Padang yang memiliki jumlah lantai melebihi dari 4 tingkat atau dapat dikategorikan sebagai bangunan bertingkat sedang. Peraturan Daerah Kota Padang No. 7 tahun 2015 pasal 7 ayat 7 tentang Bangunan Gedung, membagi bangunan bertingkat menjadi tiga kategori berdasarkan jumlahnya, yaitu bangunan bertingkat rendah yang memiliki jumlah lantai sebanyak 4 lantai, bangunan bertingkat sedang yang memiliki jumlah lantai antara 5-8 lantai, dan bangunan bertingkat tinggi yang memiliki jumlah lantai melebihi dari 8 lantai.

Kota Padang juga merupakan ibukota dari provinsi Sumatera Barat yang berbatasan langsung dengan laut, terletak di zona tumbukan lempeng yaitu berada di antara pertemuan lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia, serta patahan Semangko [2]. Di dekat pertemuan lempeng terdapat patahan Mentawai yang merupakan daerah seismik aktif. Adapun permasalahan utama pada bangunan bertingkat yang terletak pada kawasan dengan tingkat kegempaan tinggi adalah dampak bila terjadinya gempa. Bangunan bertingkat akan memiliki pola goyangan sebanyak jumlah tingkatannya yang menyebabkan dapat terjadinya deformasi pada lantai bangunan yang cukup besar, sehingga mengakibatkan kerusakan pada struktur maupun non struktural bangunan [3]. Untuk menghindari hal tersebut, maka dalam perencanaan struktur terhadap beban gempa, harus dihitung dengan tepat mengikuti kaidah perencanaan dan peraturan, sehingga struktur dapat memiliki kinerja yang baik [4].

Salah satu metode analisis beban gempa dinamik dalam penentuan besaran beban gempa pada struktur bangunan yang

direkomendasikan oleh SNI 1726 2019 adalah metode analisis spektrum respons ragam. Analisis harus dilakukan untuk mendapatkan ragam getar alami struktur dengan menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi 100 % dari massa struktur [5].

Struktur *fixed base* atau sistem bangunan konvensional yang mengalami kerusakan diakibatkan oleh gaya atau beban gempa, dapat dihindari dengan memperkuat struktur bangunan tersebut, akan tetapi hasil ini kurang efektif dan tidak memuaskan, dikarenakan terdapatnya kerusakan pada elemen struktural dan non struktural, yang dipengaruhi oleh kurangnya daktilitas yang dimiliki oleh struktur [6]. Prinsip dasar metode desain konvensional adalah dengan memanfaatkan sifat inelastik struktur dalam mendisipasikan energi gempa. Metode lain yang digunakan untuk proteksi bangunan terhadap beban gempa adalah dengan memberikan tambahan *base isolation* pada dasar struktur. Metode ini merupakan suatu metode pendekatan perencanaan struktur tahan gempa, untuk melindungi struktur dan komponen lainnya dari resiko kerusakan struktur maupun non struktural, dengan mereduksi gaya gempa. Prinsip dari sistem ini adalah dengan memisahkan struktur bawah dari struktur atas, sehingga gaya gempa yang diterima pondasi tidak masuk ke struktur atas bangunan [7]. Isolasi dasar merupakan suatu elemen fleksibel dan ditempatkan pada dasar bangunan yang mampu secara signifikan memperbesar nilai perioda alami serta redaman struktur [8], [9].

Peningkatan perioda alami struktur menggunakan *base isolation system* dapat mereduksi koefisien respon seismik, yang juga akan mempengaruhi hasil desain dari suatu struktur. Penelitian ini bertujuan untuk

mengetahui persentase penurunan koefisien respon seismik, berdasarkan parameter dinamik pada struktur *base isolation system* dengan struktur sistem *fixed base* di area Kota Padang untuk bangunan gedung bertingkat sedang. Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah analisis dinamik spektrum respons ragam.

METODE PENELITIAN

A. Diagram Alir

Pengumpulan data perencanaan untuk pemodelan struktur gedung mengacu kepada SNI 2847 2019, SNI 1727 2020 dan SNI 17296 2019. Langkah awal adalah melakukan *preliminary design* untuk mendapatkan dimensi struktur yang akan digunakan dalam pemodelan struktur. Pemodelan struktur menggunakan aplikasi ETABS Ver. 18 dengan 2 bentuk model yaitu model 1 struktur 5 lantai menggunakan *fixed base*, model 2 struktur 5 lantai menggunakan *base isolation*. Setelah melakukan pemodelan maka dilanjutkan dengan melakukan analisis struktur untuk mendapatkan parameter dinamik pada struktur.

B. Data Penelitian

1. Data umum bangunan

- a. Nama bangunan : Gedung perkantoran
- b. Lokasi : Kota Padang
- c. Kondisi tanah : Tanah sedang (SD)
- d. Fungsi : Perkantoran
- e. Tinggi : 18,5 m
- f. Panjang : 30 m
- g. Lebar : 15 m
- h. Jumlah lantai : 5
- i. Material : Beton bertulang

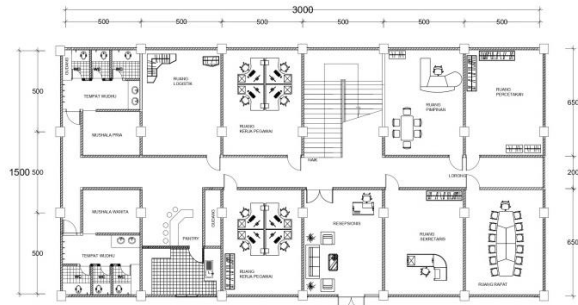
2. Properties Material

- a. Beton
f'c : 25 MPa

- E_c : 23.500 MPa
- γ beton : 24 kN/m³

b. Baja tulangan

- E_s : 200.000 Mpa
- γ baja : 78,60 kN/m³



Gambar 1. Denah struktur

C. Rancangan Penelitian

Struktur bangunan dirancang merupakan bangunan gedung beton bertulang. Pemodelan struktur terdiri dari 2 model yaitu :

1. Struktur 5 lantai menggunakan *fixed base*
2. Struktur 5 lantai menggunakan *base isolation*

D. Preliminary Design

Tahapan ini dilakukan untuk menentukan dimensi kolom, balok, dan plat lantai dari rangka pemikul momen. Untuk menentukan rumus dan ketentuan yang berlaku terkait tahap *preliminary design* dapat menggunakan aturan yang terdapat pada SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan.

E. Analisis Respon Spektrum

Menurut SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung, tahapan awal yang harus ditentukan yaitu menentukan kategori risiko bangunan yang akan direncanakan. Dalam penelitian ini bangunan yang akan digunakan sebagai

gedung perkantoran, dengan kategori risiko II dan faktor keutamaan gempa (I_e) adalah 1,0.

F. Desain Base Isolation

Tipe *base isolation* yang digunakan adalah *lead rubber bearing* (LRB). Untuk menentukan dimensi dan nilai *properties* yang digunakan, maka perlu untuk mendesain LRB yang sesuai dengan gedung yang dimodelkan. Rumus yang digunakan untuk prosedur desain LRB terdapat pada SNI 1726:2019.

G. Analisis Struktur

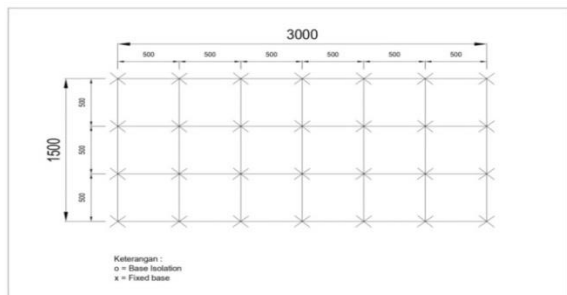
Setelah melakukan pemodelan struktur dan desain LRB, selanjutnya dilakukan analisis struktur untuk mengetahui parameter dinamik pada masing-masing model yang dibantu oleh aplikasi analisis struktur ETABS.

H. Evaluasi dan Hasil Komparasi

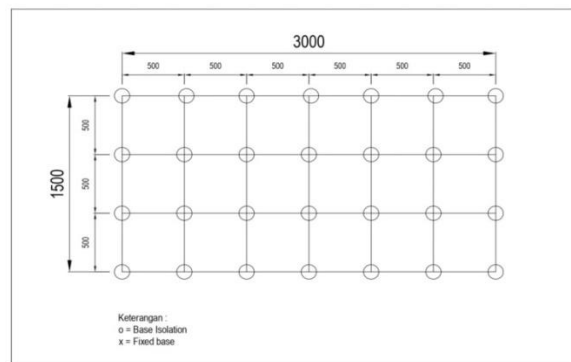
Setelah dilakukan analisis struktur, selanjutnya dilakukan analisis dan pembahasan terhadap setiap model. Dari kedua model maka akan dibandingkan parameter dinamik serta koefisien respon seismik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bangunan merupakan struktur beton bertulang dengan panjang 30 m dan lebar 15 m, dan jarak antar kolom 5 m.



Gambar 2. Denah struktur menggunakan *fixed base*



Gambar 3. Denah struktur menggunakan *base isolation*

Preliminary Design

1. Balok

Penentuan tebal minimum balok dapat ditentukan pada SNI 2847:2019 tabel 9.3.1.1 sebagai berikut :

Tabel 1. Tebal minimum balok

Kondisi Perletakan	Minimum h
Perletakan sederhana	$l/16$
Menerus satu sisi	$l/18,5$
Menerus dua sisi	$l/21$
Kantilever	$l/8$

Sumber : SNI 1726:2019

Dengan L merupakan panjang bentang, maka dapat digunakan ketentuan $L/10$ [10]. Maka bentang struktur direncanakan 5 m, sehingga tebal rencana balok (H) adalah 500 mm dan lebar balok ($H/2$) adalah 250 mm.

2. Pelat

Penentuan tebal minimum pelat dapat ditentukan menggunakan persyaratan pada SNI 2847:2019 tabel 8.3.12. sebagai berikut:

Tabel 2. Tebal minimum pelat

α_{fm}	h minimum, mm	
α_{fm}	Tabel 8.3.1.1 yang ada pada SNI 2847:2019 berlaku	
$0,2 < \alpha_{fm} \leq 2,0$	Terbesar dari :	$\frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$
		125
$\alpha_{fm} > 2,0$	Terbesar dari :	$\frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$
		90

Sumber : SNI 1726:2019

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh tebaluntuk pelat lantai adalah 125 mm.

3. Kolom

Penentuan dimensi awal kolom menggunakan persamaan berikut :

$$A_g \geq \frac{P_u}{0,25 \times f_c'} \quad (1)$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan diatas, maka dimensi kolom untuk struktur 5 lantai adalah 350x600 mm.

Pembebanan

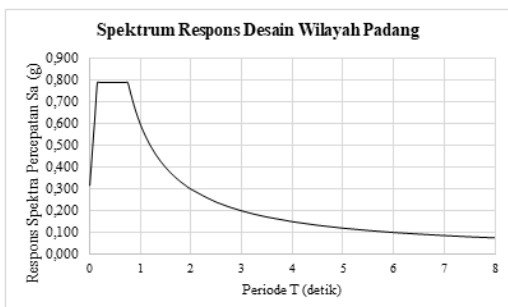
Terdapat dua jenis beban yang bekerja pada struktur, yaitu beban tetap dan beban lingkungan. Beban tetap terdiri dari beban mati struktur tersebut (*dead load*), beban mati tambahan pada struktur (*superimposed dead load*), dan beban hidup yang bekerja pada struktur (*live load*). Sedangkan beban lingkungan yang bekerja pada struktur bangunan diantaranya beban angin (*wind load*), beban gempa (*seismic load*).

Beban yang diperhitungkan dalam model adalah :

1. Berat sendiri struktur
2. Beban mati tambahan = 1,5 kN/m²
3. Beban hidup dan partisi = 3,12 kN/m²
4. Beban hidup atap = 0,96 kN/m²

Parameter Analisis Respon Spektrum

Untuk parameter respon spektrum, dapat ditentukan dengan memilih lokasi bangunan yang ditinjau di aplikasi puskim desain spektra Indonesia 2019.

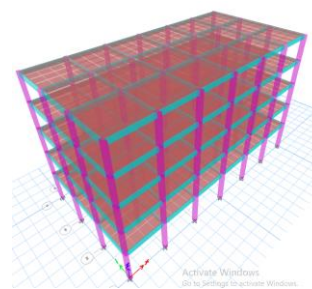


Gambar 4. Spektrum respons desain wilayah padang

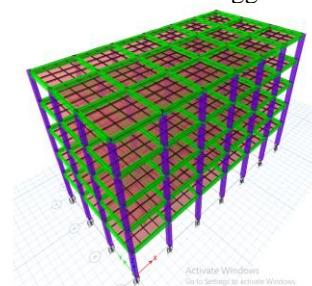
Parameter yang didapatkan adalah :

PGA	= 0,717 g
SS	= 1,124 g
S1	= 0,573
Fa	= 1,050
Fv	= 1,726
SMS	= 1,180 g
SM1	= 0,990 g
SDS	= 0,787 g
SD1	= 0,660 g
T0	= 0,167 sec
Ts	= 0,838 sec

Pemodelan Struktur Menggunakan *Fixed Base* dan *Base Isolation*



Gambar 5. Struktur 5 lantai menggunakan *fixed base*



Gambar 6. Struktur 5 lantai menggunakan *base isolation*

Desain *Base Isolation*

Tipe *base isolation* yang digunakan adalah *Lead Rubber Bearing* (LRB). Langkah-langkah penentuan nilai *properties* LRB yang akan digunakan berdasarkan SNI 1726 2019 Pasal 12 adalah:

1. Menentukan kekakuan efektif (K_{eff})

$$K_{eff} = K_{d\ total} + \frac{Q_{d\ total}}{D_M} \quad (2)$$
2. Menentukan perioda efektif struktur (T_M)

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{eff} g}} \quad (3)$$

3. Menentukan redaman efektif (β_M)

$$\beta_M = \frac{4Q_{d\ total} (D_M - D_Y)}{2\pi K_{eff} D_M^2} \quad (4)$$

Redaman efektif, β_M (persentase dari redaman kritis) ^{a,b}	Faktor B_M
≤ 2	0,8
5	1,0
10	1,2
20	1,5
30	1,7
40	1,9
≥ 50	2,0

Gambar 7. Koefisien redaman

4. Menentukan perpindahan desain (D_M)

$$D_M = \frac{g S_{M1} T_M}{4\pi B_M} \quad (5)$$

Berdasarkan perhitungan dan menyesuaikan dengan katalog dari *Bridgestone* 2017 maka untuk struktur 5 lantai menggunakan *base isolation* menggunakan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3. Spesifikasi properties model 3

Karakteristik		Satuan	LL060G4
Outer Diameter	Do	mm	600
Lead Plug Diameter	Di	mm	80
Shear Modulus	G	N/mm ²	0,385
Thickness of One Rubber Layer	tr	mm	4,0
Number of Rubber Layer	n		50
Thickness of Flange	tf	mm	22
Compressive Stiffness (U1)	K_{eff}	kN/m	1670000
Effective Damping	β_M		0,07597
Yield Strength	F_y	kN	43,332
Characteristic Strength	Q_d	kN	40
Post Yield Stiffness (U2,U3)	K_d	kN/m	549
Initial Stiffness (U2,U3)	K_u	kN/m	7140

Sumber : Bridgestone, 2017

Parameter Dinamik

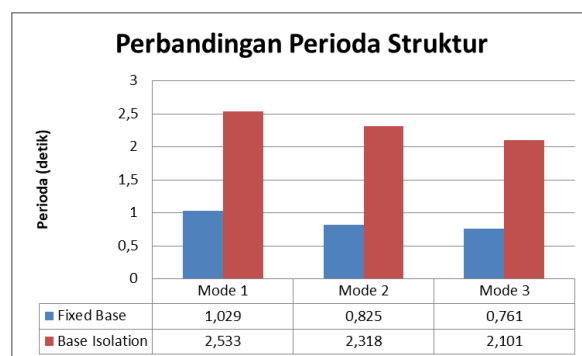
1. Periode (T)

Dari hasil analisis oleh program ETABS diperoleh periode fundamental setiap struktur sebagai berikut :

Tabel 4. Periode struktur model 1 dan model 2

Mode	Model 1		Model 2	
	T (det)	ω (rad)	T (det)	ω (rad)
1	1,029	6.11	2,533	2.48
2	0,825	7.62	2,318	2.71
3	0,761	8.26	2,101	2.99
4	0,331	18.98	0,426	14.75
5	0,255	24.64	0,369	17.03
6	0,237	26.51	0,339	18.53
7	0,189	33.24	0,215	29.22
8	0,136	46.20	0,174	36.11
9	0,13	48.33	0,166	37.85
10	0,128	49.09	0,158	39.77
11	0,104	60.42	0,158	39.77
12	0,087	72.22	0,157	40.02
13	0,083	75.70	0,157	40.02
14	0,064	98.17	0,156	40.28

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2022



Gambar 8. Grafik perbandingan periode mode

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa pada model 1, untuk *mode* 1 dan *mode* 2 diperoleh nilai periode fundamental yaitu 1,029 detik dan 0,825 detik, sedangkan model 2 untuk *mode* 1 dan *mode* 2 memiliki nilai periode fundamental yaitu 2,533 detik dan 2,318 detik.

2. Mass Participating Mass Ratio (MPMR)

Dari hasil analisis oleh program ETABS diperoleh MPMR yang didapatkan sebagai berikut :

Tabel 5. MPMR struktur dengan *fixed base*

Mode	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
1	0,9047	0	0	0	0,1171	0
2	0,9047	0,8658	0	0,16	0,1171	0
3	0,9047	0,8658	0	0,16	0,1171	0,8712
4	0,9791	0,8658	0	0,16	0,9266	0,8712
5	0,9791	0,9619	0	0,8803	0,9266	0,8712
6	0,9791	0,9619	0	0,8803	0,9266	0,964

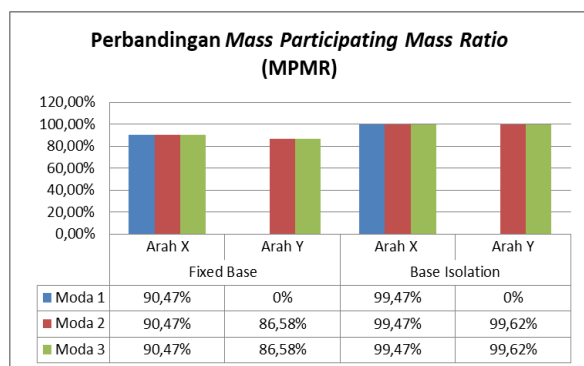
7	0,9951	0,9619	0	0,8803	0,9635	0,964
8	0,9951	0,9897	0	0,9481	0,9635	0,964
9	0,9992	0,9897	0	0,9481	0,9978	0,964
10	0,9992	0,9897	0	0,9481	0,9978	0,9903
11	1	0,9897	0	0,9481	1	0,9903
12	1	0,9983	0	0,9944	1	0,9903
13	1	0,9983	0	0,9944	1	0,9984
14	1	1	0	1	1	0,9984

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2022

Tabel 6. MPMR struktur dengan *base isolation*

Mode	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
1	0,9947	0	0	0	0,0039	0
2	0,9947	0,9962	0	0,0033	0,0039	0
3	0,9947	0,9962	0	0,0033	0,0039	0,9954
4	0,9978	0,9962	0	0,0033	0,9717	0,9954
5	0,9978	0,9992	0	0,9864	0,9717	0,9954
6	0,9978	0,9992	0	0,9864	0,9717	0,9987
7	0,9986	0,9992	0	0,9864	0,9749	0,9987
8	0,9986	0,9997	0	0,9887	0,9749	0,9987
9	0,9986	0,9997	0	0,9887	0,9749	0,9996
10	0,9989	0,9997	0	0,9887	0,9805	0,9996
11	0,9989	0,9997	0	0,9887	0,9805	0,9996
12	0,9989	0,9997	0	0,9887	0,9805	0,9996
13	0,9989	0,9997	0	0,9887	0,9805	0,9996
14	0,9989	0,9997	0	0,9887	0,9887	0,9996

Dari nilai MPMR untuk kedua model telah mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi mendekati 100 % dari massa struktur, sehingga persyaratan metode analisis spektrum respons ragam telah terpenuhi.



Gambar 9. Grafik *Mass Participating Mass Ratio* (MPMR)

Dari tabel dan grafik di atas juga dapat dilihat bahwa pada model 2 atau struktur yang menggunakan *base isolation* mengalami peningkatan partisipasi massa

pada *mode* pertama sebesar 9% untuk arah x dan 14,04% untuk arah y. Hal ini berarti bahwa penggunaan *base isolation* pada *mode* pertama sangat dominan, sehingga untuk *mode* yang lain hampir tidak ada kontribusi.

Pembahasan

1. Penambahan *base isolation* terbukti dapat meningkatkan perioda struktur. Hal ini sesuai dengan tujuan dari penggunaan *base isolator* yaitu untuk memperbesar perioda alami struktur bangunan. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan *base isolation* dapat meningkatkan perioda alami sebesar 2,5 kali dari perioda alami yang didapatkan oleh model *fixed base*. Sementara itu, peningkatan perioda struktur juga dapat mengurangi koefisien respon seismic dari 0,645 g menjadi 0,261 g atau turun mencapai 59,43 % untuk *mode* 1 dan dari 0,787 g menjadi 0,289 g atau turun mencapai 63,29 % untuk *mode* 2. Peningkatan perioda struktur menyebabkan gaya gempa yang bekerja pada bangunan menjadi lebih kecil.
2. Penambahan *base isolation* dapat meningkatkan partisipasi massa pada struktur. Struktur menggunakan *base isolation* mencapai partisipasi massa sebesar 99% untuk kedua arah, bila dibandingkan dengan struktur menggunakan *fixed base* yang hanya mengalami partisipasi massa sebesar 90,47% untuk arah *mode* 1 dan 86,58% untuk *mode* 2.

KESIMPULAN

1. Penggunaan *base isolator* dapat memperbesar perioda dari struktur tanpa redaman yaitu sebesar 2,5 kali lebih besar dari struktur 5 lantai menggunakan *fixed base*.

2. Struktur dengan *base isolation* mampu mengalami peningkatan partisipasi massa untuk *mode* pertama mencapai lebih besar dari 10 % bila dibandingkan dengan struktur yang menggunakan *fixed base*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nugraha, I. M. (2019). Perencanaan Gedung Koperasi PRIMKOPPOL (Primer Koperasi Polisi) Polres Sumenep.
- [2] L. J. Restu, E. Juliafad, and F. Yusmar, "Evaluasi Struktur Bangunan Pasar Inpress Blok Iv Gedung B Dengan Metode Pushover," 2021. [Online]. Available: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/cived/index>
- [3] E. Dwiyanto, "Analisis Dinamik Struktur Bangunan Gedung yang Menggunakan Sistem *Seismic Isolation Lead Rubber Bearing*,"
- [4] F. Yusmar, A. Prita Melinda, N. Sandra, and J. T. Sipil, "Jurnal Teknik Sipil".
- [5] Badan Standarisasi Indonesia, "Penetapan Standar Nasional Indonesia 1726;2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung," no. 8, 2019.
- [6] Muliadi, "Analisis Periode Bangunan Dinding Geser Dengan *Base Isolator* Akibat Gaya Gempa,"
- [7] M. Irwansyah, "Analisis Kinerja Struktur Pada Gedung Rumah Sakit Yang Menggunakan *Base Isolator* Dengan *Modal Analysis* (Studi Kasus: Gedung Rumah Sakit Umum Daerah Kab. Labuhanbatu Utara)," 2012.
- [8] B. Budiono and A. Setiawan, "Studi Komparasi Sistem Isolasi Dasar *High-Damping Rubber Bearing* dan *Friction Pendulum System* pada Bangunan Beton Bertulang,"
- [9] B. Budiono *et al.*, "Penggunaan Isolasi Dasar *Single Friction Pendulum* dan *Triple Friction Pendulum* pada Bangunan Beton Bertulang," *Agustus*,
- [10] I. Imran, E. Yuniarsyah, F. Edrea, S. N. Piranti, F. Faiza, and G. Binarandi, "Pedoman Teknik Perancangan Struktur Bangunan Tempat Evakuasi Sementara (Tes) Tsunami,"