

PARAMETER DESAIN STRUKTUR BANGUNAN KOMPOSIT BAJA-BETON DENGAN ISOLASI DASAR (STUDI KASUS HOTEL SUTAN RAJA MATARAM)
Structural Design Parameters of Composite Steel-Concrete with Base Isolation Buildings (Case Study: Sutan Raja Hotel Mataram)

Ni Nyoman Kencanawati*, Suparjo*, Rusdianto*, Desi Widianty
*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram,
Jl. Majapahit No 62, Mataram 83125 Indonesia

Email : nkencanawati@unram.ac.id, suparjo@unram.ac.id, widiantydesi@unram.ac.id

Manuscript received: 04 Agustus 2023

Accepted: 25 Oktober 2023

Abstrak

Pada daerah rawan gempa, struktur bangunan harus dirancang dengan desain yang teliti dan struktur terbangun dengan material yang kuat dan tahan gempa. Saat ini bangunan Hotel Sutan Raja Mataram menggunakan sistem struktur beton bertulang dan untuk meningkatkan ketahanan terhadap beban terutama gempa, maka direncanakan ulang dengan struktur komposit baja-beton dan dengan penambahan isolasi dasar. Bangunan terdiri atas delapan lantai. Bangunan eksisting menggunakan mutu beton 30 MPa dan bangunan komposit menggunakan baja profil mutu BJ 41 dengan tegangan leleh sebesar 250 MPa dan tegangan ultimit sebesar 410 MPa. Bangunan komposit direncanakan dengan isolasi dasar tipe High Damping Rubber Bearing (HDRB). Hasil menunjukkan bahwa struktur komposit baja-beton dengan isolasi dasar sangat mempengaruhi parameter desain bangunan meliputi pengurangan berat struktur, perpanjangan periode getaran struktur, pengurangan gaya geser dasar struktur dan pengurangan nilai penyimpangan antar lantai maksimum sebesar berturut-turut 35%, 61.8%, 63.7%, dan 49.8% bila dibandingkan dengan struktur eksisting.

Kata kunci : Komposit baja-beton, Isolasi dasar, Parameter desain.

PENDAHULUAN

Struktur gedung beton bertulang merupakan tipe bangunan yang lazim ditemukan saat ini. Walaupun desain dan pembuatan lebih mudah namun beton bertulang memiliki beban berat sendiri yang relatif besar. Secara umum beban gempa yang diterima bangunan sesuai dengan berat sendiri maka semakin besar berat bangunan menyebabkan beban gempa yang diterima juga semakin besar. Selain itu seringkali terjadi tingkat lunak (*soft story*). Kondisi tingkat lunak sebenarnya dapat dihindari dengan balok dan kolom berukuran sangat besar pada tingkat dasar namun penggunaan ruang gerak semakin terbatas dan berat struktur yang semakin besar. Dengan demikian diperlukan alternative tipe struktur yang lebih kuat menahan baik beban vertikal maupun beban lateral akibat beban gempa.

Struktur komposit baja-beton dapat memberikan kekuatan yang lebih besar dalam memikul beban dan terbukti mampu memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan struktur konvensional (beton bertulang); dengan demikian struktur ini dapat menjadi lebih populer dalam rekayasa struktur (Arifin, 2011). Konstruksi komposit baja-beton merupakan gabungan antara material profil baja dan material beton, dimana gaya tarik dipikul langsung oleh profil baja tersebut. Oleh karena itu, struktur komposit baja-beton memiliki kapasitas menahan beban yang lebih tinggi daripada struktur beton bertulang dan struktur baja biasa. Keuntungan konstruksi ini adalah bagian struktur komposit baja-beton dapat dikombinasikan dengan tujuan mengurangi berat profil baja yang digunakan, menurunkan tinggi profil baja, meningkatkan kekakuan lantai, dan memperpanjang bentang struktur (Setiawan, 2008).

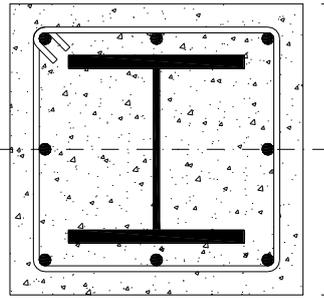
Untuk bangunan tinggi pada daerah yang rawan gempa seperti halnya Kota Mataram, kekakuan lateral gedung konvensional dapat dilakukan dengan menambahkan dinding geser (*shear wall*). Namun cara ini kurang efisien karena menambahkan dinding geser akan mengakibatkan berat sendiri struktur gedung semakin besar lagi. Untuk itu, diperlukan upaya untuk memperkecil atau meredam gaya gempa pada struktur bangunan. Salah satu upaya untuk mengurangi kerusakan akibat gempa bumi adalah menggunakan sistem isolasi dasar pada gedung tersebut. Konsep dari isolasi dasar yaitu memisahkan antara struktur atas bangunan dan struktur bawah bangunan agar getaran tanah akibat gempa tidak disalurkan ke struktur atas bangunan, sehingga diharapkan dapat memperkecil pengaruh gaya gempa dan mengurangi kerusakan dari bangunan tersebut.

Elastomeric bearing merupakan salah satu sistem isolasi berupa lapisan karet yang berfungsi sebagai peredam getaran gempa dan dikombinasikan dengan lempengan baja untuk menambahkan kekakuan pada lapisan karet. *Elastomeric bearing* memiliki dua tipe, yaitu *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) dan *Lead Rubber Bearing* (LRB). Studi perbandingan antara struktur konvensional dengan struktur yang memakai sistem *base isolation tipe* LRB pernah dilakukan sebelumnya pada gedung yang berada pada daerah Mataram (Kencanawati dkk, 2020). Akan tetapi, penggunaan *lead rubber bearing* (LRB) harus dikurangi karena menggunakan bahan timbal yang akan menyebabkan polusi. Penggunaan *base isolation tipe* HDRB merupakan salah satu alternatif untuk mengurangi penggunaan LRB (Kencanawati dkk, 2023). Dengan demikian diperlukan suatu kajian dalam meninjau parameter desain bangunan komposit beton-baja dengan *base isolator* dan membandingkannya dengan struktur gedung konvensional meliputi: kajian berat struktur, kajian periode getaran struktur, kajian gaya geser dasar struktur, dan kajian nilai penyimpangan antar lantai maksimum. Bangunan yang diambil dalam kajian ini adalah Hotel Sutan Raja Mataram yang merupakan gedung baru dibangun dengan jumlah lantai total sebanyak delapan lantai.

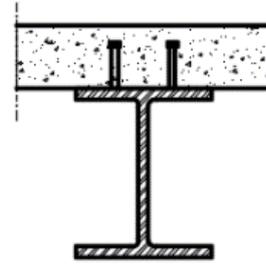
TINJAUAN PUSTAKA

Struktur Komposit

Struktur yang terdiri dari dua material dengan masing-masing sifat yang berbeda dan menjadi satu kesatuan sehingga menghasilkan struktur yang lebih baik dan ekonomis disebut dengan struktur komposit. Sistem komposit yang paling banyak dijumpai dalam dunia konstruksi adalah gabungan material baja dengan material beton. Komposit baja dan beton direncanakan berkerja sama dalam menahan gaya yang berkerja, sehingga membentuk struktur yang lebih kuat dan lebih ekonomis. Struktur komposit baja dan beton ditujukan untuk memikul beban tekan dan atau lentur. Balok komposit umumnya menahan beban lentur sedangkan kolom komposit menahan beban tekan atau kombinasi tekan dan lentur. Contoh struktur komposit terlihat pada **Gambar 1**.



Kolom komposit



Komposit balok baja dan slab beton

Gambar 1 Struktur komposit

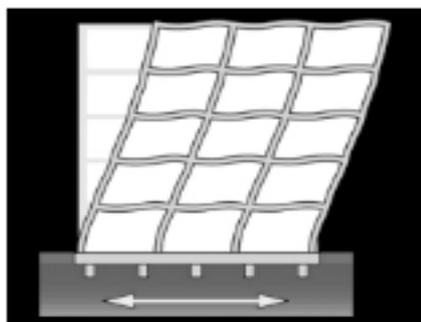
Desain struktur komposit pada studi ini berdasarkan ketentuan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK). Persyaratan DFBK tercantum pada Pasal B3.3 (SNI 1729:2015) bahwa persyaratan spesifikasi ini terpenuhi bila kekuatan setiap komponen struktural sama atau melebihi kekuatan perlu yang ditentukan berdasarkan kombinasi beban DFBK seperti terlihat pada Persamaan 1.

$$R_u \leq \phi R_n \dots\dots\dots (1)$$

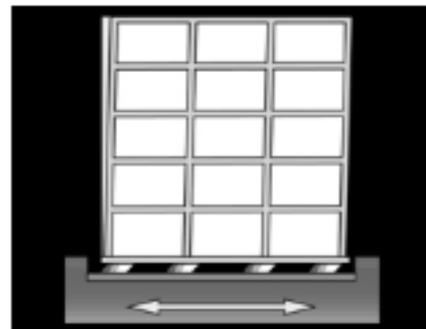
dengan R_u = kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, R_n = kekuatan nominal, Φ = faktor ketahanan, ϕR_n = kekuatan desain.

Sistem Isolasi Dasar

Isolasi dasar merupakan sebuah bantalan karet berkekuatan tinggi yang dipasang diantara pondasi dan bangunan. Sistem ini berkeja dengan menjaga struktur di atasnya sebagai satu kesatuan. Pada bangunan yang menggunakan base isolation, getaran yang terjadi pada pondasi akan melewati bantalan karet terlebih dahulu sebelum memasuki sistem struktur. Karena karet bersifat elastis maka arah getaran yang terjadi secara acak hanya akan mempengaruhi base isolation, sedangkan struktur di atasnya akan bergetar atau bergerak sebagai satu satuan struktur. Perbandingan gerakan struktur akibat getaran pada struktur konvensional dan struktur dengan isolasi dasar ditunjukkan pada **Gambar 2**.



a. Struktur konvensional



b. Struktur dengan isolasi dasar

Gambar 2 Perbandingan displacement struktur (Wang, 2002)

Sistem isolasi harus direncanakan dan dibangun untuk sekurang-kurangnya menahan perpindahan maksimum D_M , yang ditentukan menggunakan properti batas atas dan batas bawah,

bekerja pada arah yang paling menentukan dari respons horizontal, harus dihitung sesuai dengan Persamaan 2.

$$D_M = \frac{g \times S_{M1} \times T_M}{4 \pi^2 \times B_M} \dots\dots\dots (2)$$

dengan g = percepatan gravitasi (mm/detik²), S_{M1} = parameter percepatan spektral gempa maksimum yang dipertimbangkan dengan redaman 5% pada periode 1 detik dengan satuan g seperti yang ditentukan dalam Pasal 6.4.2 (SNI 1726-2019), T_M = periode efektif struktur dengan isolasi seismic (detik) pada perpindahan maksimum dalam arah yang ditinjau, dan B_M, B_D = koefisien numerik terkait dengan redaman efektif sistem isolasi.

Periode efektif struktur yang diisolasi pada perpindahan maksimum, T_M , harus ditentukan dengan menggunakan karakteristik deformasi batas atas dan batas bawah sistem isolasi dan sesuai dengan persamaan Persamaan (3).

$$T_M = 2 \pi \times \sqrt{\frac{W}{K_D \times g}} \dots\dots\dots (3)$$

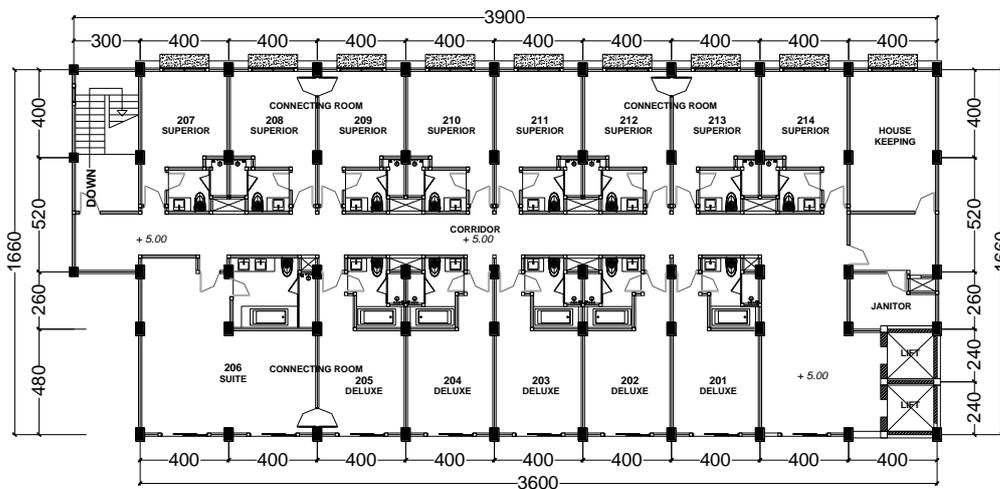
dengan W = berat seismik efektif struktur di atas pemisah isolasi, K_D = kekakuan efektif minimum sistem isolasi (kN/mm), dan g = percepatan gravitasi (mm/detik²)

METODE PENELITIAN

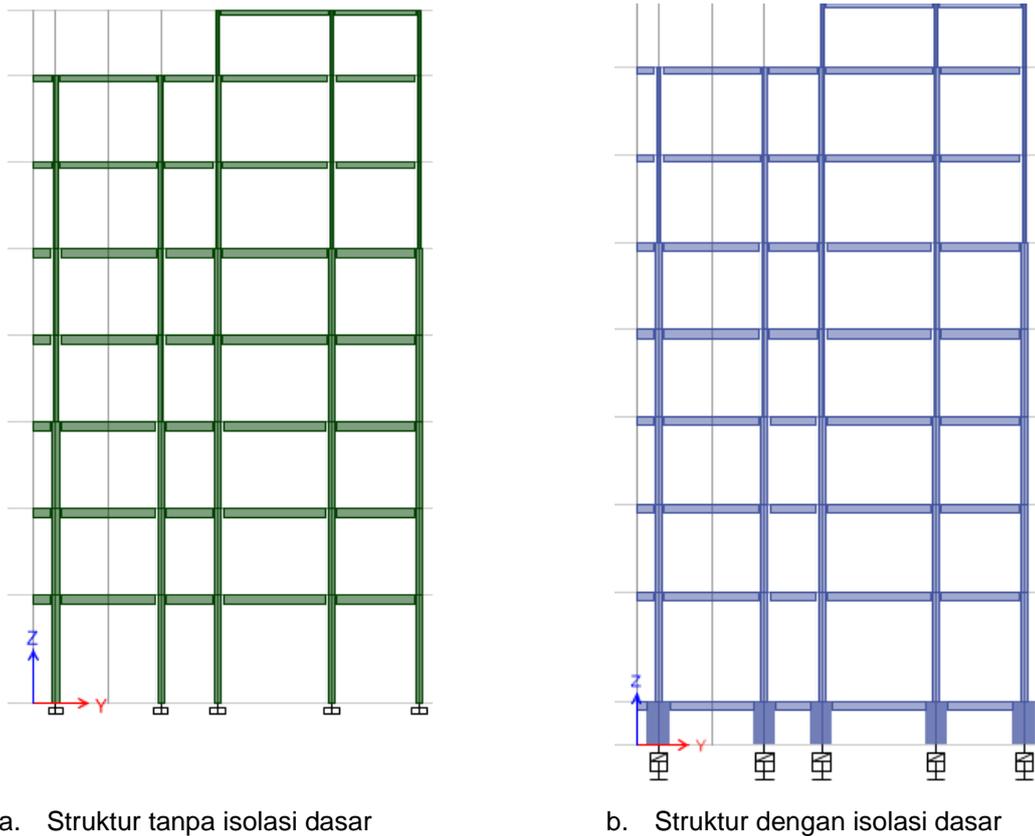
Data Perencanaan

Gedung hotel Sutan Raja Mataram yang terletak di daerah Kota Mataram pada kordinat latitude: - 8,5944190 dan longitude:116,0973210. Struktur bangunan terdiri dari delapan dan menggunakan kontruksi beton bertulang yang kemudian dilakukan modifikasi perencanaan dengan sistem komposit baja-beton dengan isolasi dasar. Mutu beton yang digunakan (f'_c) adalah 30 MPa, mutu profil baja (f_y) adalah 250 MPa (BJ 41), dan mutu baja tulangan (f_{yr}) adalah 410 MPa.

Denah lantai dasar dan tampak melintang struktur eksisting dan struktur dengan isolasi dasar ditampilkan pada **Gambar 3 dan 4**.



Gambar 3 Denah gedung



Gambar 4 Tampak melintang gedung

Sesuai dengan kapasitas aksial nominal terbesar pada kolom dasar yaitu $P = 2475,618 \text{ kN}$ maka diambil berat struktur maka diambil isolasi dasar tipe HDRB dengan diameter bearing 600 mm dari katalog Bridgestone-Japan (Bridgestone, 2017). Berikut data isolasi dasar yang dipakai terlihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Properti isolasi dasar

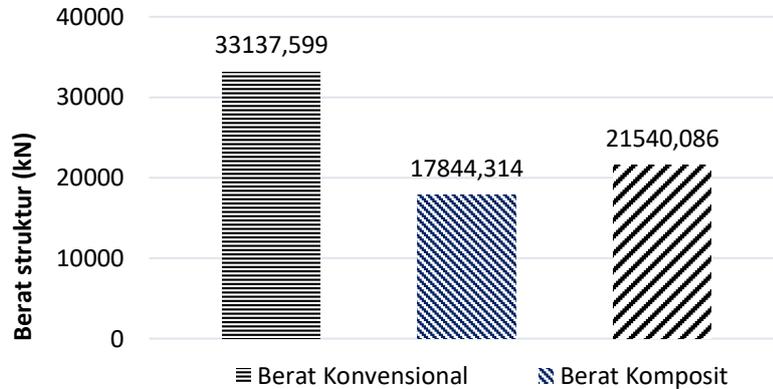
Properti	Nilai
Modulus geser (G)	0,620 MPa
Tebal lapisan rubber (t_r)	4,0 mm
Jumlah lapisan rubber (n_r)	50
Tebal pelat (t)	3,1 mm
Tinggi total (H_t)	407,9 mm
Rendaman efektif (B_{eff})	0,23 %
Kekakuan efektif (K_e)	37965,700 kN
Total berat isolator (W)	6,5 kN

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian Berat Struktur

Struktur yang menggunakan komposit dan komposit-isolator dapat mereduksi berat struktur. Berat struktur komposit dan komposit-isolator lebih ringan berturut-turut sebesar 46.51% dan 35.00 % jika dibandingkan dengan berat struktur konvensional yang terbuat dari beton bertulang. Didapatkan bahwa struktur gedung komposit memiliki berat struktur yang lebih kecil sebesar 17.16% dibandingkan dengan struktur komposit-isolator karena pada struktur komposit-isolator membutuhkan ruang untuk jalan akses

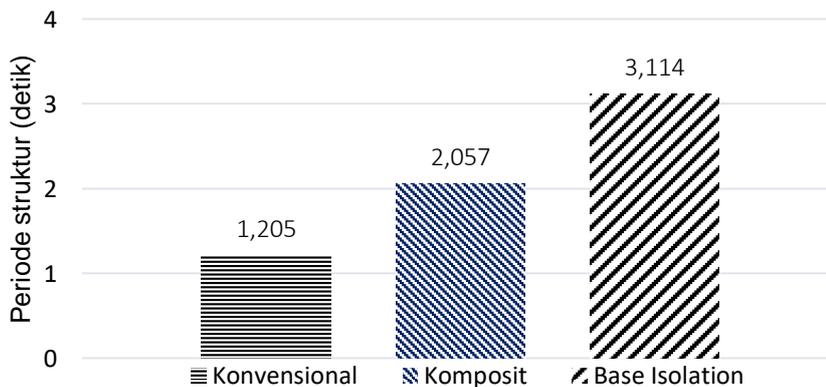
dan pemeliharaan komponen-komponen sistem isolasi sehingga berat gedung semakin bertambah. **Gambar 5** menunjukkan grafik batang untuk masing-masing berat struktur. Pembangunan rumah di lokasi ini terdiri dari beberapa tahap sesuai dengan rancangan dan kebutuhan masyarakat, dengan kondisi seperti pada **Gambar 5**.



Gambar 5 Berat struktur untuk masing-masing tipe

Kajian Periode Getar Struktur

Gambar 6 memperlihatkan perbandingan nilai periode struktur pada arah X. Struktur yang menggunakan struktur komposit- isolator dapat meningkatkan periode struktur bila dibandingkan dengan struktur konvensional. Pada arah melintang, struktur konvensional memiliki periode getar sebesar 1.23 detik, sedangkan pada struktur komposit tanpa isolator dan struktur komposit-isolator memiliki periode getar berturut-turut sebesar 2.05 detik dan 3.1 detik. Struktur dengan base isolator menunjukkan waktu getar alami terbesar dengan demikian dapat mereduksi percepatan gempa yang dialami struktur (Duggal, 2007).

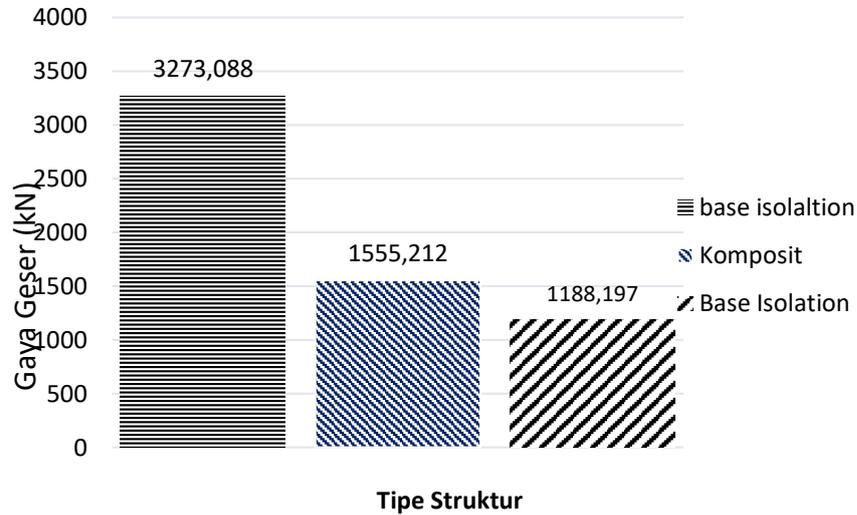


Gambar 6 Periode getar struktur

Kajian Nilai Gaya Geser Dasar (Base Shear)

Struktur komposit dan komposit-isolator menunjukkan nilai gaya geser dasar yang lebih kecil dibandingkan dengan struktur konvensional. Perbandingan nilai gaya geser ini ditampilkan pada **Gambar 7**. Berdasarkan grafik perbandingan gaya geser dasar struktur dapat dilihat bahwa struktur dengan komposit mampu mengurangi gaya gempa dasar secara signifikan yaitu sebesar 52.48% dibandingkan dengan nilai gaya geser dasar struktur konvensional. Lebih jauh lagi struktur komposit-

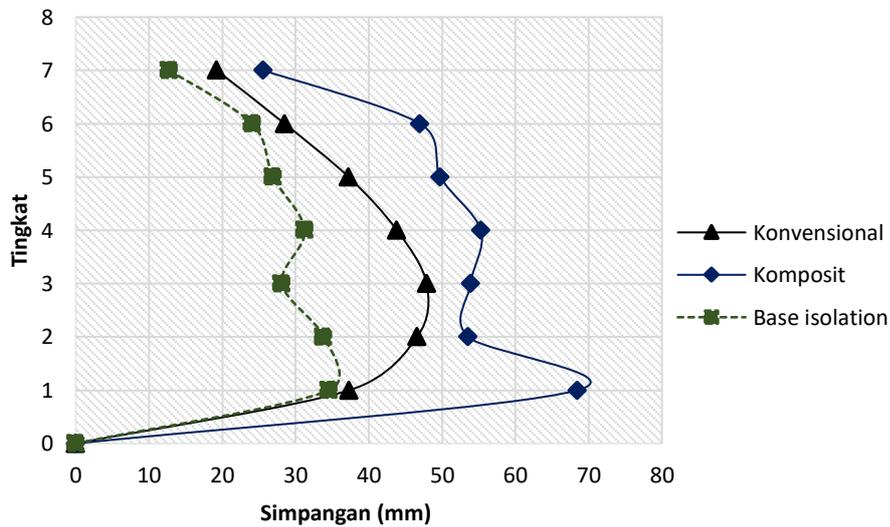
isolator bahkan dapat mereduksi gaya geser dasar sampai dengan 63.7%. Terlihat bahwa nilai gaya geser dasar struktur komposit yang ditambahkan isolasi dasar berbeda 23,599% dengan struktur komposit tanpa isolator. Baik struktur komposit dan komposit-isolator keduanya mampu mereduksi gaya geser dasar struktur.



Gambar 7 Gaya geser dasar (base shear)

Kajian Simpangan Antar Tingkat

Struktur komposit dengan isolasi dasar memiliki nilai simpangan antar lantai yang lebih kecil dibandingkan dengan struktur komposit biasa dan struktur beton bertulang. Perbandingan nilai simpangan antar lantai dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Simpangan antar tingkat

Simpangan antar lantai maksimum yang terjadi pada struktur komposit dan struktur komposit-isolator dapat mereduksi simpangan antar lantai maksimum berturut-turut sebesar 25.288 % dan 49.809% bila dibandingkan dengan struktur bangunan konvensional.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

- 1) Struktur komposit dan komposit-isolator memiliki berat seismik efektif yang lebih ringan yaitu berturut-turut sebesar 46.51% dan 35.00 % jika dibandingkan dengan berat struktur konvensional.
- 2) Waktu getar alami gedung struktur komposit dan komposit-isolator dapat meningkatkan periode struktur.
- 3) Struktur komposit dan komposit-isolator mampu mengurangi gaya gempa dasar secara signifikan yaitu berturut-turut sebesar 52.48% dan 63.7% dibandingkan dengan nilai gaya gempa dasar struktur konvensional.
- 4) Simpangan antar lantai yang terjadi pada struktur komposit dan struktur komposit-isolator berkurang sebesar 25.288 % dan 49.809% bila dibandingkan dengan struktur bangunan konvensional.

Saran

Perlu dilakukan analisis lebih lanjut tentang performance based bangunan pada ketiga tipe bangunan yang dibahas pada artikel ini dengan menggunakan metode *push-over analysis*.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Z. (2011). *Modifikasi Perancangan Struktur Komposit Baja dan Beton pada gedung RSUD Kepanjen-Malang*. Tugas Akhir. ITS, Surabaya.
- Bridgestone. (2017). *Seismic Isolation Product Line-up*. Bridgestone Corporation. Jepang.
- Duggal, S. K. (2007). *Earthquake resistant design of structures*. New Delhi: Oxford university press.
- Elnashai, AS, Di Sarno, L. (2008). *Fundamentals of Earthquake Engineering*. Willey, UK.
- Kencanawati, N. N., Hariyadi, H., & Wathoni, S. (2020). *Study on Seismic Design Parameters of Lead Rubber Bearing Type Base Isolation Structure*. *Spektrum Sipil*, 7(1), 51-60.
- Kencanawati, N. N., Aprianingsih, L., Hariyadi, H., Ngudiyono, N., Mahmud, F., & Widianty, D. (2023). *Perbandingan Respon Seismik Struktur Gedung Sistem Konvensional Dengan Sistem Isolasi Dasar (Studi Kasus: Gedung Tempat Evakuasi Sementara, Bangsal, Kabupaten Lombok Utara)*. *Spektrum Sipil*, 10(1), 49–60.
- Setiawan, A. (2008). *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*. Erlangga: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *SNI 1726-2019. Indonesia National Standard Code: Earthquake Resistance for Structures of Buildings and Non-Buildings*. BSN: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). *SNI 1729:2015. Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*, BSN: Jakarta.
- Wang, Y. P. (2002). *Fundamentals of Seismic Base Isolation. International Training Programs For Seismic Design Of Building Structures*. Seminar of National Center of Research on Earthquake Engineering, Taiwan.