

ANALISIS *BASE-SHEAR* STRUKTUR BETON BERTULANG KETIDAKBERATURAN VERTIKAL MASSA DENGAN ISOLATOR DASAR AKIBAT BEBAN GEMPA

Junaldo Obhetan¹ (aldoobhetan5@gmail.com)

Partogi H. Simatupang² (partogihsimatupang@gmail.com)

Elsy E. Hangge³ (elsy@staf.undana.ac.id)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan membandingkan respon struktur yaitu gaya geser dasar, perpindahan lateral, dan simpangan antar tingkat dari struktur beraturan tanpa isolator dasar terhadap struktur beraturan menggunakan isolator dasar dan struktur ketidakberaturan vertikal massa tanpa isolator dasar terhadap struktur ketidakberaturan vertikal massa menggunakan isolator dasar. Yang ditinjau adalah gedung perkantoran 10 lantai dengan tinggi setiap lantai 4 m dengan menggunakan program ETABS 2016. Perencanaan beban gempa menggunakan analisis dinamik respon spektrum didasarkan pada SNI gempa 2019. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan isolator dasar pada model 2 dapat mereduksi gaya geser dasar pada model 1 sebesar 22% pada arah x dan 24% pada arah y. Sedangkan penggunaan isolator dasar pada model 4 dapat mereduksi gaya geser dasar terhadap model 3 sebesar 25% pada arah x dan 27% pada arah y, menggunakan isolator dasar pada model 2 dapat mereduksi perpindahan tingkat terhadap model 1 sebesar 63% pada arah x dan 65% pada arah y, menggunakan isolator dasar pada model 2 dapat mereduksi simpangan antar tingkat terhadap model 1 sebesar 48% pada arah x dan 51% pada arah y. Sedangkan isolator dasar pada model 4 dapat mereduksi simpangan antar tingkat terhadap model 3 sebesar 51% pada arah x dan 54% pada arah y.

Kata Kunci: Analisis Dinamik Respon Spektrum, Isolator Dasar, Ketidakberaturan Vertikal Massa, Respon Struktur;

ABSTRACT

This study intend compare structural responses, namely basic shear forces, lateral displacements, and inter-story drift of a regular structure without basic insulator to regular structure using basic insulator and a mass vertical irregularity structure without basic insulator against a mass vertical irregular structure using basic insulator. Reviewed is 10-storey office building with 4 m of height on each floor using 2016 ETABS program. The seismic load planning uses dynamic analysis of response spectrum based on 2019 SNI earthquake. Research result that using basic insulator in model 2 can reduce basic shear force on model 1 by 22% in x direction and 24% in y direction. Basic insulator in model 4 can reduce basic shear force against model 3 by 25% in x direction and 27% in y direction, using a basic insulator in model 2 can reduce level displacement of model 1 by 63% in x direction and 65% in the y direction, using basic insulator in model 2 can reduce deviation between levels of model 1 by 48% in x direction and 51% in y direction. Basic insulator in model 4 can reduce deviation between levels of model 3 by 51% in x direction and 54% in y direction.

Key Words: *Dynamic Analysis of Spectrum Responses, Basic Insulators, Vertical Irregularities of Mass, Structural Responses;*

¹ Prodi Teknik Sipil, FST Undana (penulis korespondensi);

² Prodi Teknik Sipil, FST Undana;

³ Prodi Teknik Sipil, FST Undana.

PENDAHULUAN

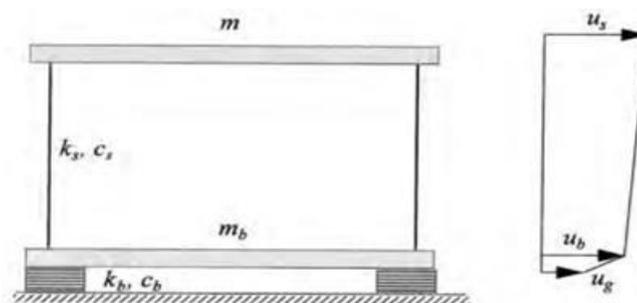
Indonesia adalah negara kepulauan yang merupakan daerah rawan gempa yang dilalui oleh tiga jalur gempa dunia, sehingga penting merencanakan suatu struktur yang tahan gempa agar meminimalisir kerusakan akibat gempa bumi. Upaya yang dapat dilakukan untuk mereduksi beban gempa ialah menggunakan teknologi isolator dasar (base isolator system) tipe HDRB, yang akan dimodelkan pada software ETABS 2016. Pemodelan ini ditujukan untuk membandingkan struktur beraturan dengan struktur ketidakberaturan vertikal massa dalam memperhitungkan pengaruhnya terhadap gaya gempa yang terjadi. Analisis gempa yang digunakan yaitu analisis dinamik respon spektrum. Pada analisis dinamik melibatkan respon spektrum desain dalam menganalisis suatu struktur untuk melihat pengaruhnya terhadap respon struktur. Kerusakan struktur dipengaruhi oleh karakteristik gempa, salah satunya adalah menimbulkan kerusakan pada bangunan bertingkat tinggi. Selain frekuensi, konfigurasi bentuk tidak beraturan pada bangunan bertingkat tinggi juga rentan terhadap kerusakan akibat gempa, terutama ketidakberaturan vertikal (Rekri Karunia dkk., 2020).

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui perbandingan respon struktur beraturan tanpa isolator dasar terhadap struktur beraturan menggunakan isolator dasar dan struktur ketidakberaturan vertikal massa tanpa isolator dasar terhadap struktur ketidakberaturan vertikal massa menggunakan isolator dasar berupa gaya geser dasar, perpindahan dan simpangan antar tingkat.

KAJIAN PUSTAKA

Isolator Dasar

Isolator dasar merupakan salah satu teknologi yang dibuat untuk menahan gaya gempa yang terjadi pada suatu bangunan. Prinsip utama cara kerja isolator dasar adalah memperpanjang waktu getar alami struktur diluar frekuensi dominan gempa sehingga gaya gempa yang diterima struktur bangunan menjadi lebih kecil. Sistem isolasi dasar yang menggunakan material khusus peredam getaran (*seismic isolator*) yang terletak diantara pondasi dasar dan kaki kolom untuk mencegah getaran gaya gempa yang diterima oleh struktur bangunan. Tujuannya untuk memperbesar waktu getar alami (i) akibat gempa, sehingga beban gempa yang mengenai struktur menjadi kecil dan tidak membahayakan struktur beserta isinya (tjakrodimuljo, 1993).

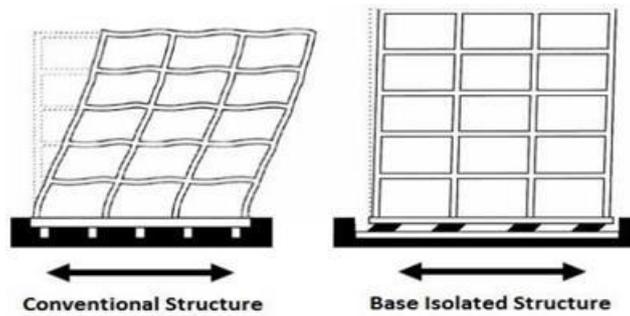


Gambar 1. Parameter untuk 2 DOF bangunan terisolasi

Isolator dasar merupakan bagian yang memisahkan struktur bawah pondasi dan struktur atas kaki kolom sehingga terjadi gempa maka isolator dasar berfungsi untuk meredam gempa.

Struktur Gedung tidak Beraturan

Berdasarkan SNI-1726-2019 pasal 7.3.2, struktur gedung dapat diklasifikasikan sebagai bangunan beraturan dan tidak beraturan, berdasarkan pada kriteria konfigurasi horizontal dan vertikal dari struktur.



Gambar 2. Model gedung yang tidak menggunakan dan menggunakan isolator dasar

Ketidakberaturan Vertikal

Struktur yang mempunyai satu atau lebih tipe ketidakberaturan harus dinyatakan mempunyai ketidakberaturan struktur vertikal. Struktur-struktur yang didesain untuk kategori desain seismik harus memenuhi persyaratan dalam pasal-pasal yang dirujuk dalam tabel 14 SNI-1727-2019.

Tabel 1. Ketidakberaturan Vertikal Massa

No	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan	Penerapan Kategori Desain Seismik
1	Ketidakberaturan Berat (Massa) didefinisikan jika ada massa efektif di sebarang tingkat lebih dari 150 % massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai di bawahnya tidak perlu ditinjau.	D, E dan F

METODE PENELITIAN

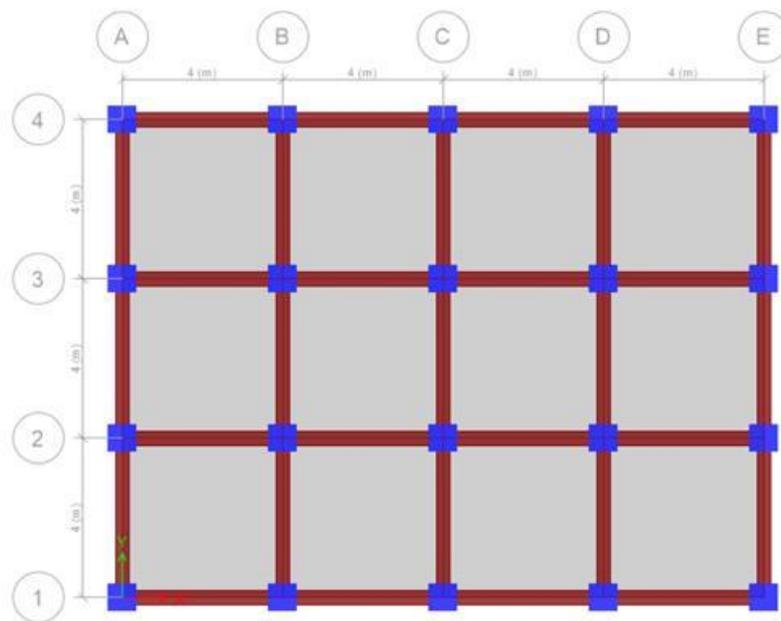
Penelitian dimulai dengan melakukan pengumpulan data yang terdiri dari layout bangunan, tinggi antar lantai, mutu bahan, pembebanan struktur, dimensi komponen struktur, data properti isolator dasar . Kemudian dilanjutkan dengan membuat pemodelan struktur gedung dengan software ETABS 2016, meliputi mendefinisikan material dengan menginput mutu bahan, menginput dimensi struktur, menginput data properti isolator dasar untuk struktur yang menggunakan isolator dasar, idealisasi reaksi perletakan untuk struktur tanpa isolator dasar, input beban dan kombinasi pembebanan. Selanjutnya mengecek kekuatan struktur untuk menentukan dimensi elemen struktur yang memenuhi (*capacity ratio*<1). Selanjutnya dilakukan analisis struktur untuk mengontrol pola ragam gerak struktur, partisipasi massa struktur berdasarkan SNI Beton 2019. Setelah itu dilakukan analisis gempa statik dan dinamik untuk melihat respon struktur terhadap gaya geser dasar, perpindahan, dan simpangan antar tingkat. Kemudian mencari perbandingan terhadap gaya geser dasar, perpindahan, dan simpangan antar tingkat.

Data Struktur

Data bangunan yang akan direncanakan sebagai yang dinyatakan dalam tabel dan gambar di bawah ini.

Tabel 2. Data-data Umum Struktur

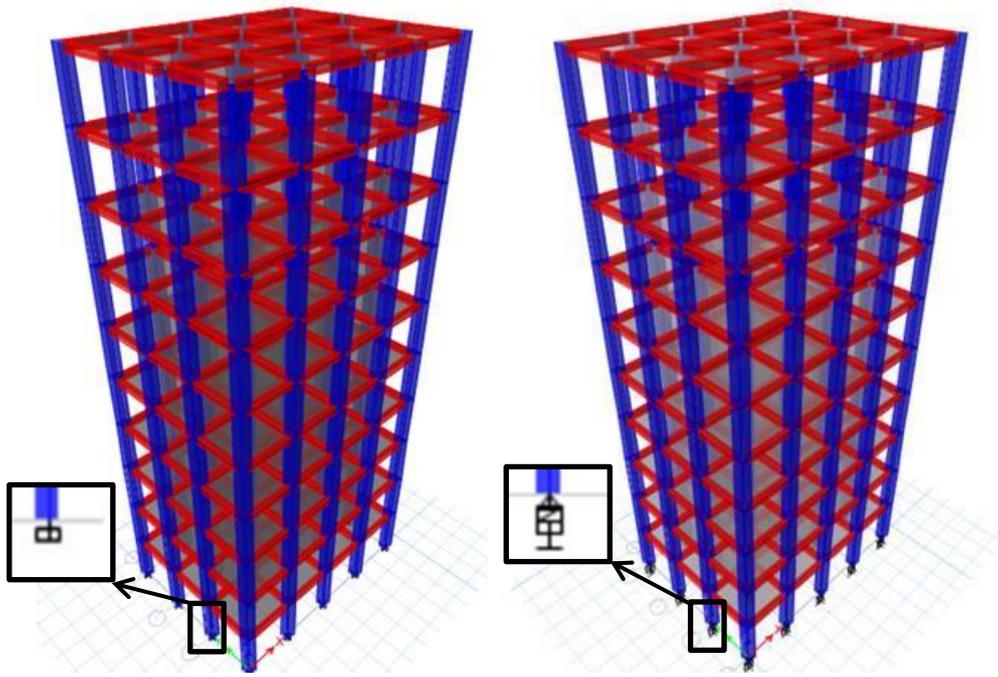
No	Deskripsi Gedung	Keterangan
1	Lokasi Bangunan	Kelapa Lima, Kota Kupang, NTT
2	Koordinat Bangunan	(10°9'3.26"S – 123°36'57.13"T)
3	Fungsional Bangunan	Gedung Perkantoran
4	Jenis Struktur	Open Frame Beton Bertulang
5	Jenis Tanah	Tanah Keras (SC)
6	Mutu Beton	$f_c' = 25 \text{ mpa}$
7	Mutu Baja Tulangan Logitudinal	$f_y = 400 \text{ mpa}$
8	Mutu Baja Tulangan Geser	$f_{ys} = 240 \text{ mpa}$
9	Balok	350 mm x 450 mm
10	Kolom	700 mm x 700 mm
11	Plat Lantai	120 mm
12	Tipe Isolator Dasar	High Damping Rubber bearing certificate number MVBR-0516 (XO-3R).



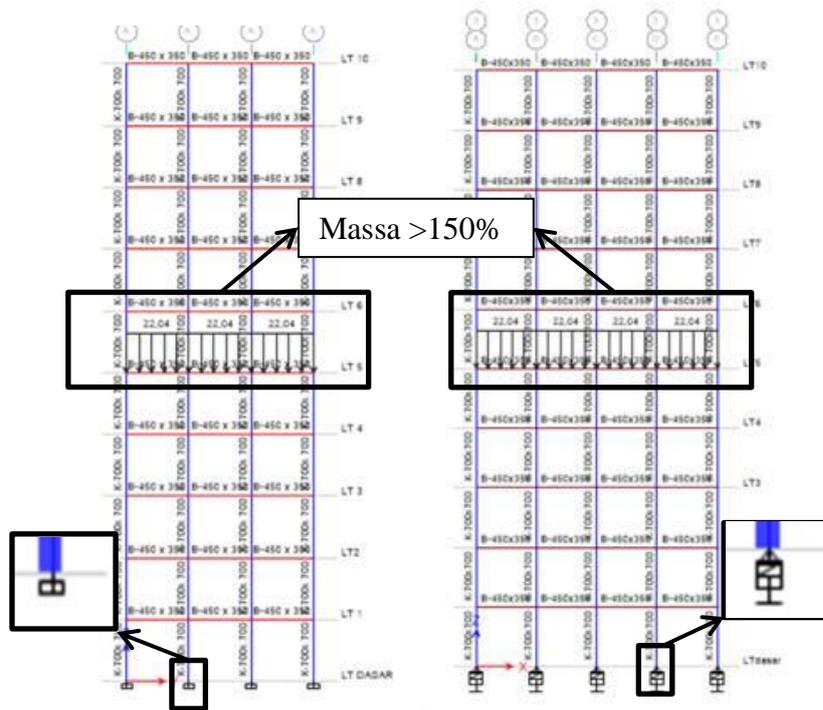
Gambar 2. Denah Gedung 4 Model (Lantai 1- 10)

Langkah-Langkah Teknik Analisis Data

1. Menentukan data-data awal berupa data mutu bahan bangunan, data elemen struktur, dan data spesifik isolator dasar tipe HDRB.
2. Prosedur perhitungan percepatan gempa
3. Membuat pemodelan keempat jenis struktur gedung 3 dimensi dengan software ETABS 2016.
4. Menginput data beban mati (dead load), beban hidup (live load), beban mati tambahan (super dead load) dan beban gempa statik.
5. Prosedur penginputan beban gempa statik.
6. Mendefenisikan dan menginput function percepatan gempa ke software ETABS 2016.



Gambar 3. Gedung Beraturan Tanpa Isolator Dasar dan Menggunakan Isolator Dasar



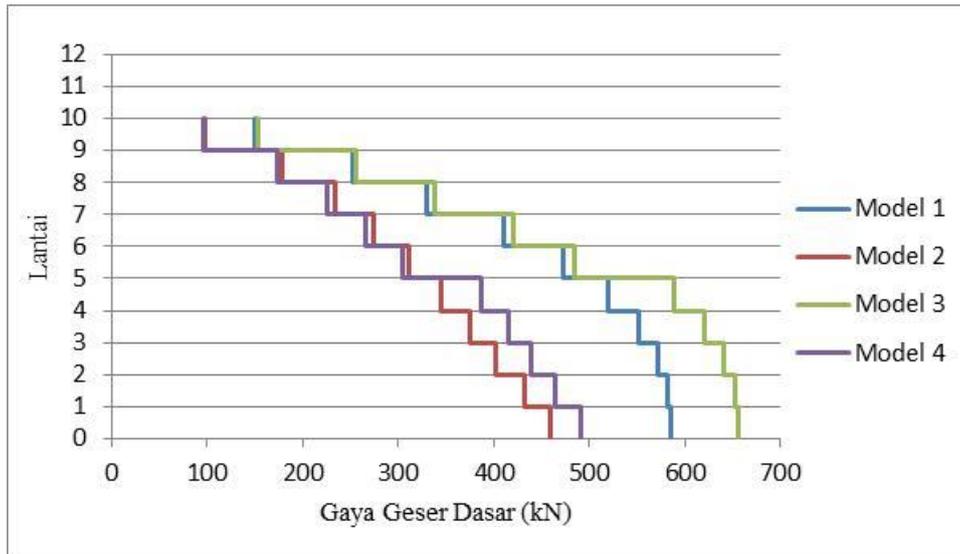
Gambar 4. Gedung Ketidakberaturan Vertikal Massa Tanpa Isolator Dasar dan Menggunakan Isolator Dasar

7. Menginput beban lateral yang sudah didapatkan dari ke beban gempa statik.
8. Melakukan run analysis pada software ETABS 2016.
9. Melakukan kontrol partisipasi massa dan kontrol jumlah ragam struktur.
10. Melakukan analisis dinamik respon spektrum.
11. Melakukan run analysis pada software ETABS 2016.
12. Melakukan Kontrol capacity ratio.

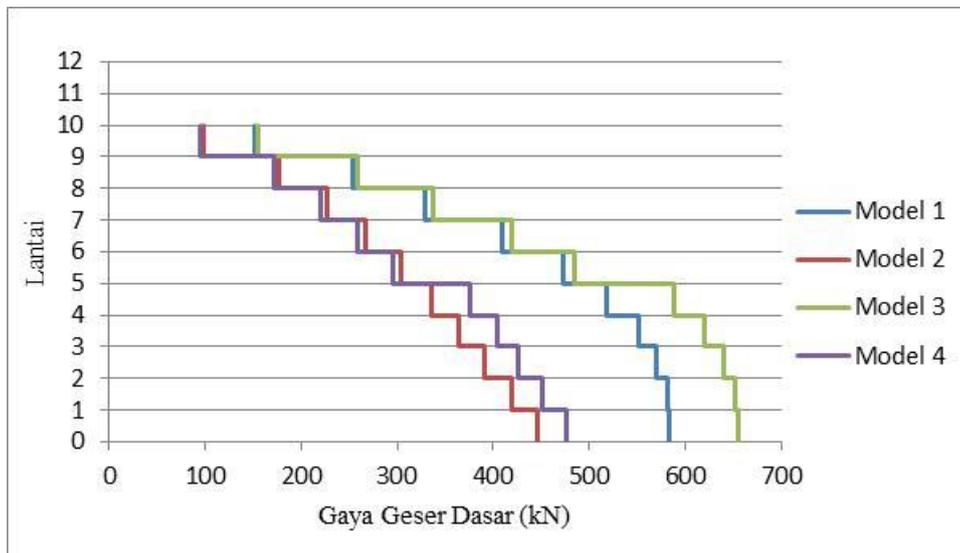
13. Melakukan kontrol respon struktur berupa gaya geser dasar, perpindahan dan simpangan antar lantai
14. Melakukan kontrol P-delta.
15. Membandingkan respon struktur berupa gaya geser dasar, perpindahan dan simpangan antar lantai.
16. Membuat kesimpulan dan saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

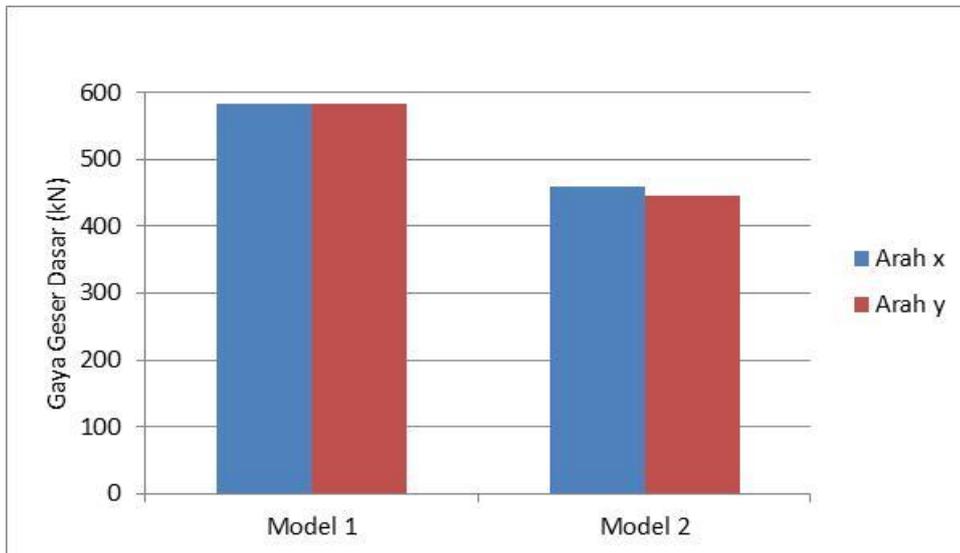
Gaya geser dasar



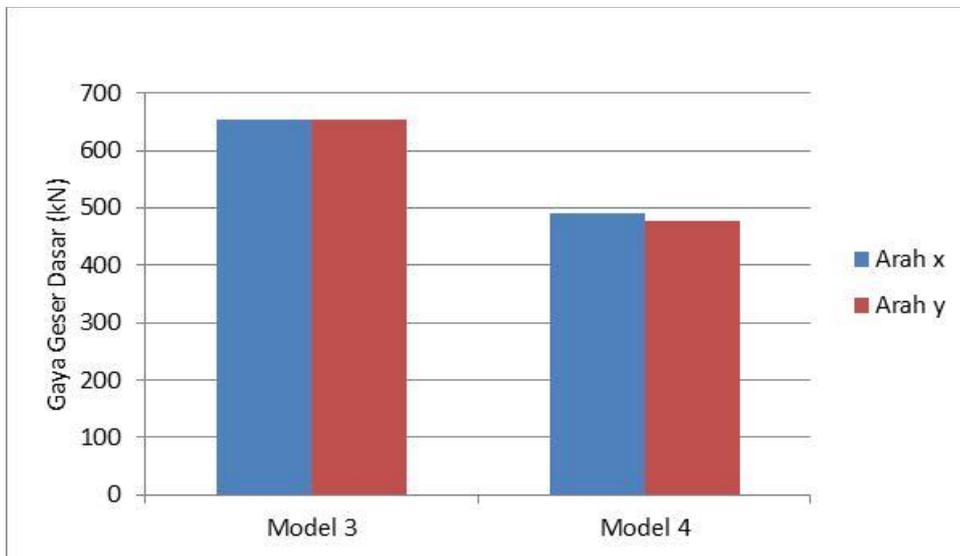
Gambar 5. Grafik Gaya Geser Dasar Tingkat Desain Arah X



Gambar 6. Grafik Gaya Geser Dasar Tingkat Desain Arah Y



Gambar 7. Grafik Gaya Geser Dasar Desain Model 1 dan Model 2



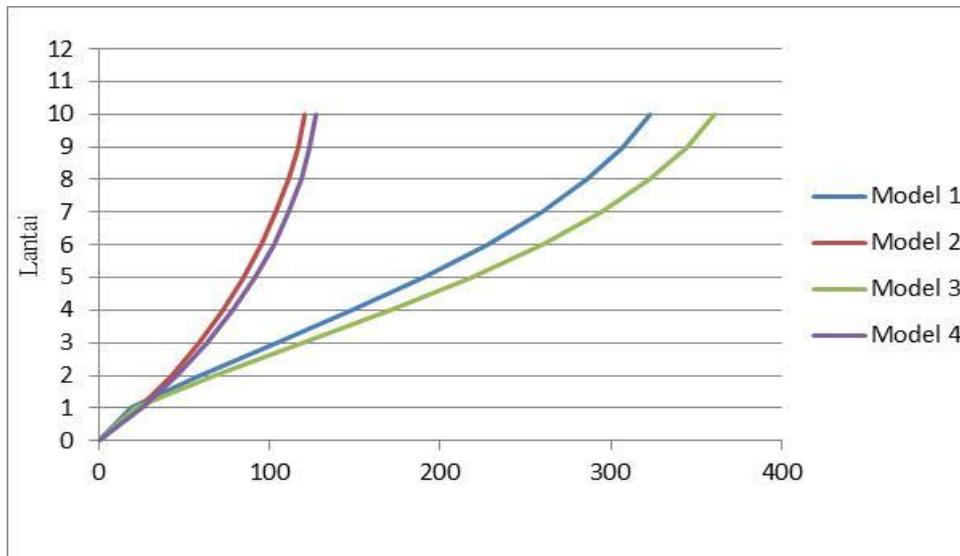
Gambar 8. Grafik Gaya Geser Dasar Desain Model 3 dan Model 4

Perbandingan gaya geser dasar desain yang ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6 merupakan tahanan gaya gempa pada masing-masing model struktur. Terlihat pada Gambar 5 bahwa gaya geser dasar desain pada arah x yang terbesar adalah model 1 diikuti model 2 yaitu 584,21 kN dan 458,58 kN. Sedangkan pada arah y yang terbesar adalah model 1 diikuti model 2 yaitu 584,21 kN dan 446,56 kN. Terlihat pada Gambar 6 bahwa gaya geser dasar desain pada arah x yang terbesar adalah model 3 diikuti model 4 yaitu 654,72 kN dan 490,05 kN. Sedangkan pada arah y bahwa gaya geser dasar desain yang terbesar adalah model 3 diikuti model 4 yaitu 654,72 kN dan 476,77 kN.

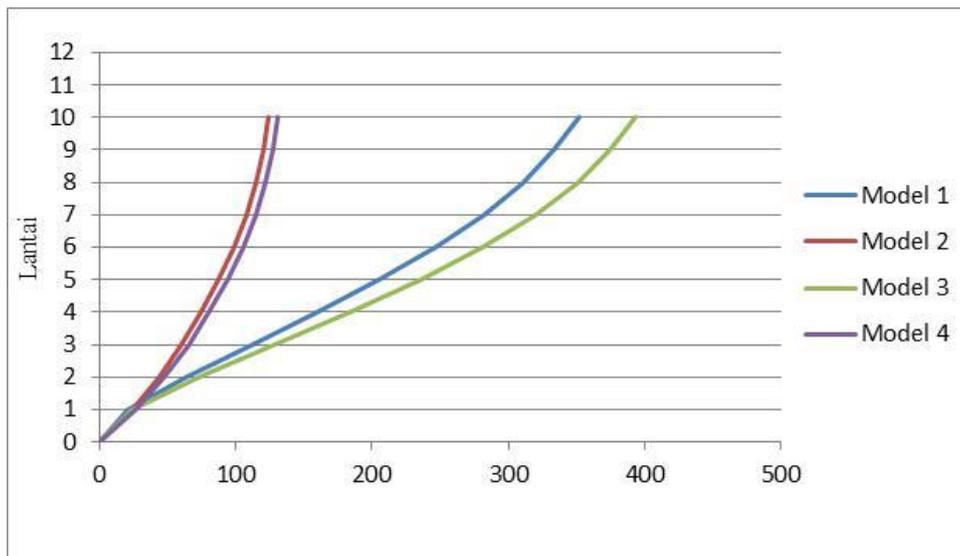
Berdasarkan Gambar 7 tersebut dapat dilihat bahwa untuk model 1 pada arah x memiliki gaya geser dasar yang lebih besar 22% dibandingkan dengan model 2, sedangkan pada arah y model 1 memiliki gaya geser dasar yang lebih besar 24% dibandingkan dengan model 2. Hal ini dikarenakan distribusi gaya gempa desain pada model 1 pada arah x lebih besar 7% dibandingkan dengan model 2, sedangkan pada arah y lebih besar 9%. Berdasarkan Gambar 8 untuk model 3 pada arah x memiliki gaya geser dasar yang lebih besar 25% dibandingkan dengan model 4, sedangkan pada arah y model 3 memiliki gaya geser dasar yang lebih besar 27% dibandingkan dengan model 4. Hal ini dikarenakan distribusi gaya gempa desain pada model 3 pada arah x lebih besar 13% dibandingkan dengan model 4, sedangkan pada arah y lebih

besar 15% dibandingkan model 4. Dengan kata lain dapat disimpulkan bahwa penggunaan isolator dasar pada struktur gedung beraturan dan struktur gedung tidakberaturan dapat mereduksi gaya gempa sehingga distribusi gaya geser tingkat menjadi lebih kecil.

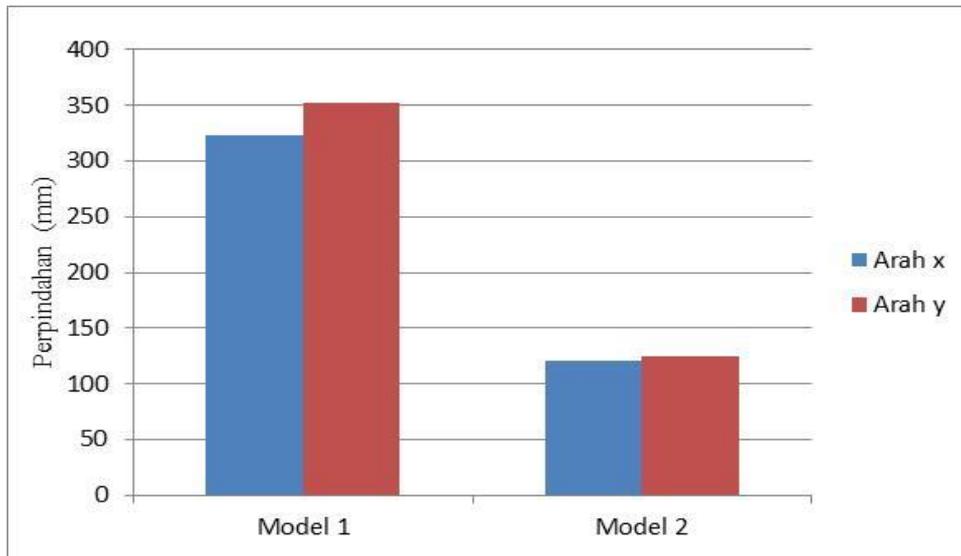
Perpindahan



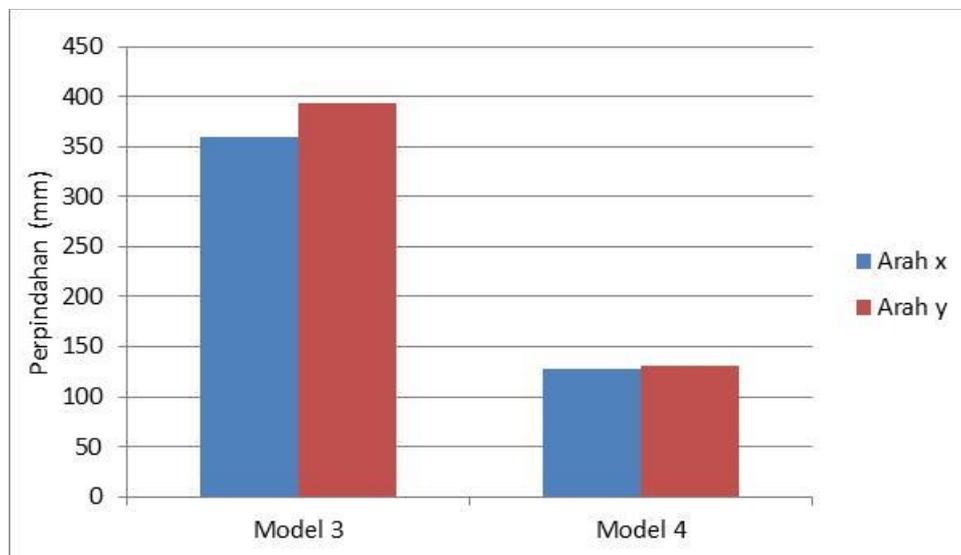
Gambar 9. Grafik Perbandingan Perpindahan Arah X



Gambar 10. Grafik Perbandingan Perpindahan Arah Y



Gambar 11. Grafik Perbandingan Perpindahan Model 1 dan Model 2



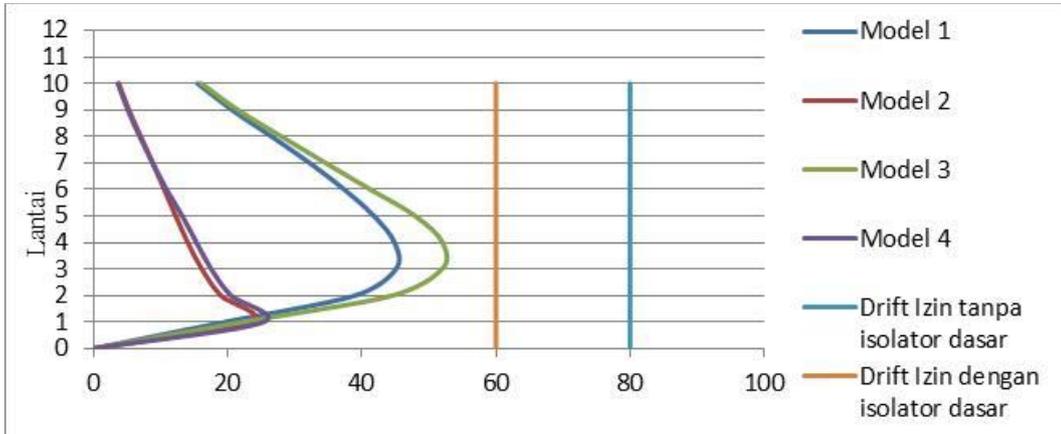
Gambar 12. Grafik Perbandingan Perpindahan Model 3 dan Model 4

Perpindahan tingkat yang ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10 merupakan perpindahan maksimum struktur pada *rooftop* yang ditimbulkan oleh gaya gempa lateral. Terlihat pada Gambar 11 bahwa perpindahan tingkat pada arah x yang terbesar adalah model 1 dan diikuti model 2 yaitu 322,66 mm, dan 120,34 mm. Sedangkan pada arah y bahwa perpindahan tingkat terbesar adalah model 1 dan diikuti model 2 yaitu 351,73 mm, dan 124,23 mm. Terlihat pada Gambar 12 bahwa perpindahan tingkat pada arah x yang terbesar adalah model 3 dan diikuti model 4 yaitu 360,21 mm dan 127,20 mm. Sedangkan pada arah y bahwa perpindahan tingkat terbesar hingga terkecil dari struktur model 3 dan diikuti model 4 yaitu 392,99 mm dan 131,15 mm.

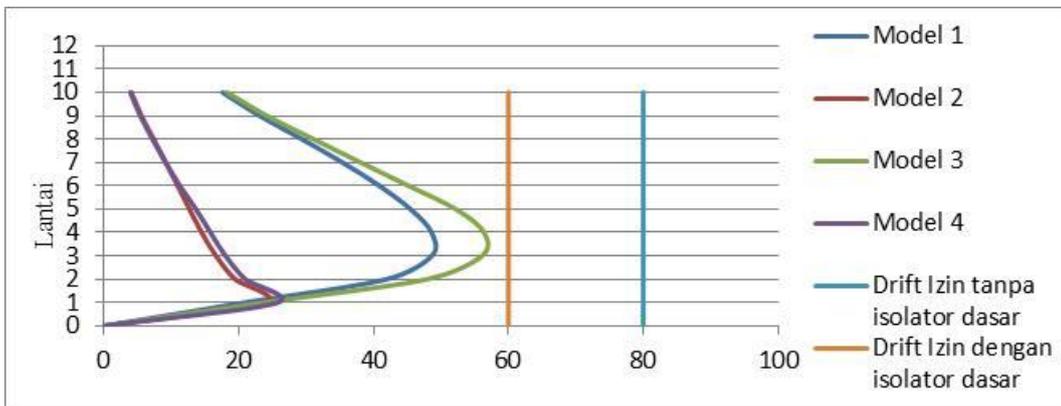
Dimana untuk model 1 arah x memiliki perpindahan tingkat lebih besar 63% dibandingkan dengan model 2, sedangkan pada arah y untuk model 1 memiliki perpindahan tingkat lebih besar 65% dibandingkan dengan model 2. Dimana untuk model 3 arah x memiliki perpindahan tingkat yang lebih besar 65% dibandingkan dengan model 4, sedangkan pada arah y untuk model 3 memiliki perpindahan tingkat yang lebih besar 67% dibandingkan dengan model 4. Hal ini karena dipengaruhi oleh faktor pembesaran simpangan lateral (C_d) dimana untuk struktur yang menggunakan isolator dasar nilai C_d sama dengan R_l yaitu 2 sedangkan untuk struktur tanpa isolator dasar nilai C_d yaitu 5,5. Nilai ini akan dikalikan dengan perpindahan awal yang timbul

akibat adanya gaya gempa lateral sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai C_d maka semakin besar perpindahan tingkat.

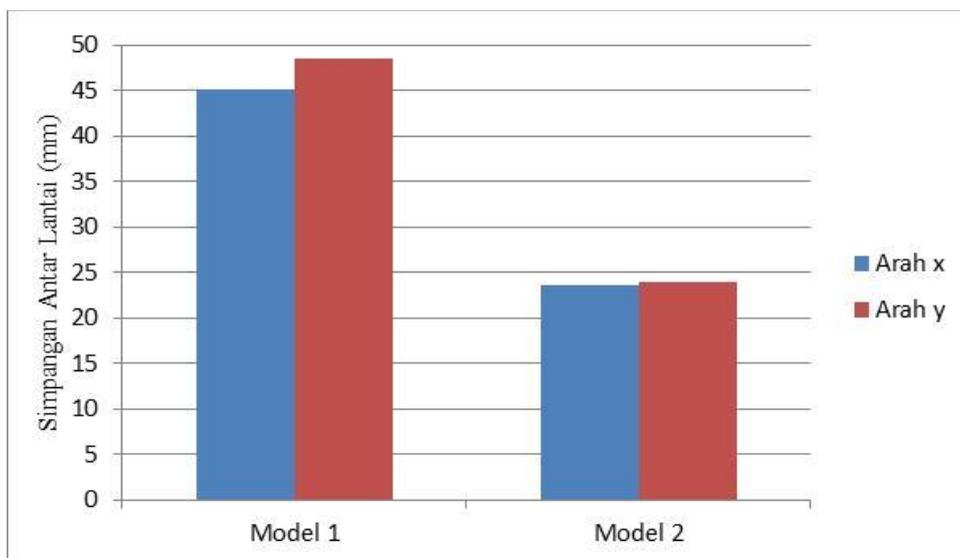
Simpangan Antar Lantai



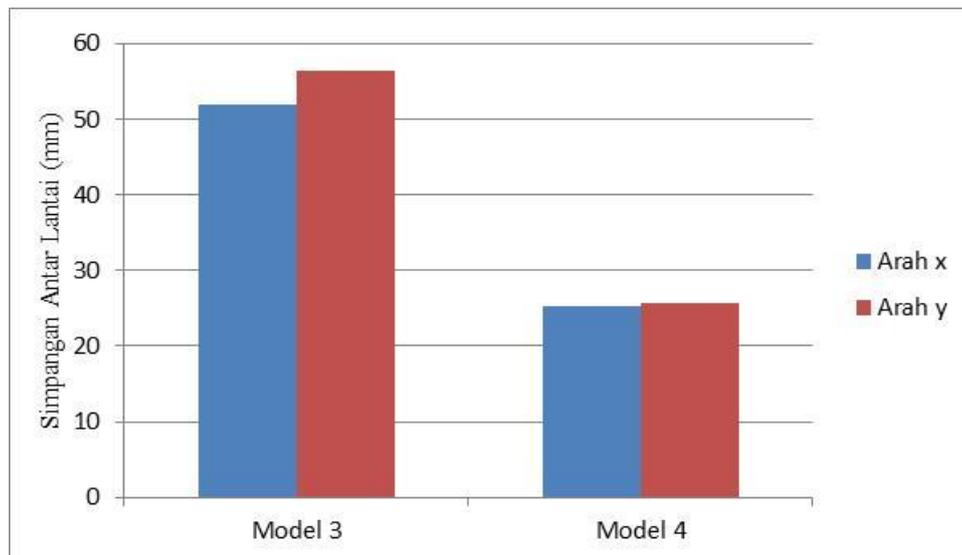
Gambar 13. Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah X



Gambar 14. Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai Arah Y



Gambar 15. Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai Model 1 dan Model 2



Gambar 16. Grafik Perbandingan Simpangan Antar Lantai Model 3 dan Model 4

Pada Gambar 15 menunjukkan bahwa simpangan antar tingkat pada arah x yang terbesar adalah model 1 dan diikuti model 2 yaitu 45,08 mm dan 23,54 mm. Sedangkan pada arah y bahwa simpangan antar tingkat terbesar adalah model 1 dan diikuti model 2 yaitu 48,61 mm dan 23,95 mm. Pada Gambar 16 menunjukkan bahwa simpangan antar tingkat pada arah x yang terbesar adalah model 3 dan diikuti model 4 yaitu 52,04 mm dan 25,33 mm. Sedangkan pada arah y bahwa simpangan antar tingkat terbesar adalah model 3 dan diikuti model 4 yaitu 56,30 mm dan 25,74 mm.

Dimana untuk model 1 arah x memiliki simpangan antar tingkat yang lebih besar 48% dibandingkan model 2, sedangkan pada arah y memiliki simpangan antar tingkat yang lebih besar 51%. Untuk model 3 arah x memiliki simpangan antar tingkat yang lebih besar 51% dibandingkan model 4 sedangkan pada arah y memiliki simpangan antar tingkat yang lebih besar 54%, perbedaan dari keempat model struktur tersebut terlihat pada Gambar 4.11 bahwa pada struktur yang menggunakan isolator dasar pada model 2 dan model 4 memiliki simpangan antar tingkat yang paling terkecil dibandingkan struktur yang tanpa menggunakan isolator dasar pada model 1 dan model 3. Hal ini disebabkan oleh perpindahan tingkat struktur yang tanpa menggunakan isolator dasar lebih besar dibandingkan perpindahan tingkat struktur yang menggunakan isolator dasar. Secara keseluruhan dari hasil di atas dapat disimpulkan bahwa respon struktur bangunan pada keempat model tersebut yang menggunakan isolator dasar nilai simpangan antar tingkat lebih kecil dibandingkan struktur yang tanpa menggunakan isolator dasar.

KESIMPULAN

1. Gaya geser dasar dengan menggunakan isolator dasar pada model 2 dapat mereduksi gaya geser dasar pada model 1 sebesar 22% pada arah x dan 24% pada arah y. Sedangkan penggunaan isolator dasar pada model 4 dapat mereduksi gaya geser dasar terhadap model 3 sebesar 25% pada arah x dan 27% pada arah y.
2. Perpindahan tingkat dengan menggunakan isolator dasar pada model 2 dapat mereduksi perpindahan tingkat terhadap model 1 sebesar 63% pada arah x dan 65% pada arah y. Sedangkan penggunaan isolator dasar pada model 4 dapat mereduksi perpindahan tingkat terhadap model 3 sebesar 65% pada arah x dan 67% pada arah y.
3. Simpangan antar tingkat dengan menggunakan isolator dasar pada model 2 dapat mereduksi simpangan antar tingkat terhadap model 1 sebesar 48% pada arah x dan 51%

pada arah y. Sedangkan isolator dasar pada model 4 dapat mereduksi simpangan antar tingkat terhadap model 3 sebesar 51% pada arah x dan 54% pada arah y.

SARAN

1. Pada penelitian selanjutnya, menambahkan pemodelan struktur yang memiliki ketidakberaturan horizontal.
2. Pada penelitian selanjutnya, dilakukan perbandingan analisis respon struktur dengan kombinasi tipe isolator dasar yaitu High damping rubber bearing (HDRB), Laminated rubber lead containing bearing (LRB), dan Natural rubber bearing (NRB).
3. Pada penelitian selanjutnya, menambahkan rencana anggaran biaya pada isolator dasar yang hendak digunakan.

Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung*. SNI 1726-2019. BSN, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2018). *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur lain*. RSNI2 1727-2018. BSN, Jakarta.
- Bridgestone. (2017). *Seismic Isolation Product Line-UP*. Tokyo: Bridgestone Corporation
- Dwiyanto, E., Bayzoni., & Purwanto, E. (2017). *Analisis Dinamik Struktur Bangunan Gedung Yang Menggunakan Seismic Isolation Lead Rubber Bearing*. Lampung: Universitas Lampung.
- Firmando, N. (2019). *Analisis Respon Bangunan Gedung Lima Lantai Tidak beraturan Menggunakan Base Isolator Di Kota Medan*. Medan: Universitas Muhammadiyah.
- F. Naeim., & Kelly M.J. (1999). *Design Of Seismic Isolated Structure*. Canada.
- Ibrahim, A., Desmaliana E., & Pribadi, A. (2019). *Kajian Respon Bangunan Menggunakan Base Isolator Pada Gedung Bertingkat Sistem Pracetak dan Sistem Cast in Situ*. Bandung : Institut Teknologi Nasional
- Ismail, A.F. (2012). *Pengaruh Penggunaan Seismic Isolation System Terhadap Respon Struktur Gedung Hotel Ibis Padang*. Padang: Universitas Andalas.
- Karunia, R., Baehaki., & Fathonah, W. (2020). *Pengaruh Variasi Model Ketidakberaturan Vertikal pada Gedung Bertingkat Tinggi terhadap Respon Seismik dengan Analisis Respon Spektrum*. Cilegon: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Muliadi., Afifuddin M., & Aulia, B. (2017). *Analisis Perpindahan Pada Struktur Bangunan Menggunakan Base Isolator di Wilayah Gempa Kuat*. Aceh: Universitas Syiah Kuala.
- Nggaba, N.D. (2021). *Base Shear Struktur Beton Bertulang yang Menggunakan Base Isolator Akibat Beban Gempa dengan Menggunakan Etabs*. Kupang : Universitas Nusa Cendana
- PPIUG. (1983). *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk gedung 1983*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Siagian, R.A., Wesli., Chandra Y., & Akbar, J.S. (2017). *Studi Komparasi Base Shear Pada Gedung Menggunakan Base Isolator dan Non Base Isolator*. Universitas Malikussaleh, Aceh Utara.