

Studi Komparasi Struktur Gedung dengan Variasi Dilatasi Terhadap Beban Gempa Dengan Metode Analisis Respons Spektrum dan *Time History*

Nandha Daffa Imansyach* dan Dian Eksana Wibowo

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta 55281, Indonesia

Kata Kunci:

dilatasi
response spectrum
time history

Keywords:

dilatation
response spectrum
Time history

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) membandingkan displacement struktur gedung dilatasi dengan struktur gedung tanpa dilatasi sesuai SNI 1726:2019 akibat beban gempa menggunakan metode response spectrum dan time history, (2) membandingkan simpangan antar tingkat (drift) struktur gedung dilatasi dengan struktur gedung tanpa dilatasi sesuai SNI 1726:2019 akibat beban gempa menggunakan metode response spectrum dan time history, (3) membandingkan P-delta struktur gedung dilatasi dengan struktur gedung tanpa dilatasi sesuai SNI 1726:2019 akibat beban gempa menggunakan metode response spectrum dan time history. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan software berbasis FEM untuk menganalisis struktur bangunan. Analisis struktur bangunan dilakukan melalui pemodelan 3D pada software berbasis FEM. Pembebanan pada struktur sesuai SNI 1727:2020. Objek gedung yang telah dimodelkan lalu dianalisis menggunakan metode response spectrum dan time history berdasarkan SNI 1726:2019. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) displacement yang dihasilkan pada gedung dengan dilatasi variasi 1 dan gedung eksisting rata-rata menghasilkan nilai yang lebih besar dibandingkan displacement gedung dilatasi variasi 2 akibat gaya gempa response spectrum dan time history, (2) gedung dengan dilatasi variasi 1 dan 2 tidak ada nilai yang melampaui simpangan antar tingkat izin pada arah-x maupun arah -y akibat gaya gempa response spectrum, (3) pengaruh P-delta koefisien stabilitas pada gedung eksisting maupun gedung dengan dilatasi variasi 1 dan 2 baik itu arah-x ataupun arah-y pada gaya gempa response spectrum dan time history tidak melebihi batas koefisien stabilitas yang diizinkan

ABSTRACT

The purpose of this research are as follows: (1) to compare the displacement in building structures with dilatation to building structures without dilatation in accordance to SNI 1726:2019 due to earthquake load using response spectrum and time history method, (2) to compare the deviation between level (drift) in building structures with dilatation to building structures without dilatation in accordance to SNI 1726:2019 due to earthquake load using response spectrum and time history method, (3) to compare the P-delta in building structures with dilatation to building structures without dilatation in accordance of SNI 1726:2019 due to earthquake load using response spectrum and time history method. This research is done using FEM-based software to analyze building structure. Building structure analysis is done through 3D modeling with FEM-based software. Structural loading is in accordance to SNI 1727:2020. Building object that have been modeled is analyze using response spectrum and time history method in accordance to SNI 1726:2019. The result of the research are as follows: (1) the displacement of building with dilatation variation 1 and existing building is averagely higher in comparison to the value of the displacement of the building with dilatation variation 2 due to earthquake force of response spectrum and time history, (2) the deviation between levels (drift) of the building with dilatation variation 1 and 2 has no value that exceeds the permitted value of deviation between levels (drift) on both x and y direction due to earthquake force of response spectrum, (3) P-delta influenced value such as stability coefficient of existing building as well as building with dilatation variation 1 and 2 does not exceeds the permitted value of stability coefficient due to earthquake force of response spectrum and time history.



This is an open access article under the [CC-BY](#) license.

1. Pendahuluan

Gempa tektonik adalah fenomena pergeseran permukaan bumi yang timbul akibat pelepasan energi secara mendadak, yang disebabkan oleh gerakan lempeng di

dalam lapisan kerak bumi atau adanya rekahan pada kerak bumi. [16]. Salah satu wilayah yang rentan terhadap gempa bumi adalah Kebumen. Berdasarkan catatan sejarah pada tahun 2014 terjadi gempa bumi dengan magnitudo 6,1 Skala Richter (SR) pada ke dalam 66 km, yang dirasakan

*Corresponding author.

E-mail: nandhadaffa.2020@student.uny.ac.id

Available online 30 September 2024

di lima provinsi di pulau Jawa, termasuk DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan DI Yogyakarta. Getaran terbesar dirasakan di Kabupaten Cilacap dan Kabupaten Kebumen, sehingga sering disebut sebagai gempa Kebumen.

Sebagian besar kerusakan material dan korban jiwa disebabkan oleh kerusakan pada struktur gedung. Gempa bumi tektonik memiliki hubungan yang rapat dengan ketahanan struktur bangunan, baik gedung maupun non gedung. Guncangan akibat gempa bumi membuat bangunan bergoyang, namun konstruksi gedung jaman sekarang relatif bersifat kaku tak selalu mampu menyesuaikan diri dengan beban gempa. [16]. menyatakan bahwa keterbatasan material ketika terjadi guncangan menyebabkan kerusakan struktural. Kerusakan pada struktur dapat mengakibatkan risiko bagi keselamatan pengguna bangunan serta menimbulkan kerugian yang signifikan.

Untuk mengantisipasi dampak yang ditimbulkan oleh gempa bumi, diperlukan perencanaan bangunan yang efektif. Jika terjadi keruntuhan akibat beban berlebihan, penting bagi struktur bangunan untuk tetap stabil. Tindakan ini bertujuan agar memberi kesempatan kepada penghuni bangunan untuk menyelamatkan diri dalam situasi darurat, sehingga risiko terhadap jiwa manusia dapat diminimalkan.

Seiring berkembangnya waktu dan kemajuan teknologi, perencanaan bangunan gedung bertingkat di Indonesia terus berkembang. Hal ini menyebabkan banyak perubahan dalam bentuk bangunan gedung bertingkat, mulai dari yang memiliki tata letak yang teratur hingga yang tidak teratur. Perubahan ini tidak bisa dihindari karena adanya keterbatasan lahan dan permintaan dalam hal arsitektur. Setiap wilayah di Indonesia mempunyai potensi akan gempa bumi, seperti yang tercantum dalam peta gempa [2]. Oleh karena itu, dalam pembangunan gedung bertingkat, penting untuk mempertimbangkan gaya gempa yang mungkin terjadi agar dapat meminimalkan kerusakan yang disebabkan oleh bentuk tata letak bangunan dengan tidak teratur.

Bangunan dengan tidak beraturan sesuai [2] dapat dibagi menjadi 2 kategori, yaitu ketidakberaturan secara horizontal dan vertikal. Standar tersebut menjelaskan bahwa ketidakberaturan secara horizontal mencakup ketidakberaturan pada sumbu-x dan sumbu-y, pada bangunan dengan denah bentuk U, L, H dan T. Sementara ketidakberaturan secara vertikal melibatkan ketidakberaturan dalam sumbu-y dan sumbu-z [17]. Sebaliknya, bangunan yang sesuai standar umumnya memiliki bentuk yang praktis dan tipikal [20].

Salah satu metode yang bisa mengatasi masalah bangunan yang tidak beraturan, seperti bangunan dengan denah bentuk U, L, H dan T, adalah dengan membagi bangunan menjadi struktur umum yang dipisahkan oleh jarak tertentu, yang biasanya disebut dengan dilatasi [1]. Implementasi dilatasi pada bangunan untuk mengurangi dampak rusak akibat beban gempa bumi dapat dilakukan melalui beragam jenis dilatasi, termasuk 1) dilatasi oleh dua kolom, 2) dilatasi oleh balok kantilever, 3) dilatasi oleh balok gerber, dan 4) dilatasi oleh konsol. Penggunaan dilatasi 2 kolom lebih umum karena sistem ini lebih mudah untuk dilaksanakan di lapangan dan bisa menopang gaya secara horizontal yang diterima [9]

[2] mengatur prosedur strategi ketahanan akan beban gempa pada struktur gedung, standar ini merujuk pada panduan yang diterbitkan oleh *American Society of Civil Engineers* (ASCE 7 – 16). Terdapat metode analisis statik dan dinamik pada saat melakukan analisis perbandingan struktur jika merujuk [2], dinamik diartikan pada perubahan waktu, sedangkan beban dinamik menggambarkan pada beban yang mengalami suatu perubahan dalam magnitudo, arah, dan posisi seiring berjalannya waktu. Dalam analisis dinamik, terdapat dua pendekatan yang dapat dilakukan, yaitu analisis *response spectrum* dan analisis *time history*. Dalam analisis *response spectrum*, diperlukan estimasi respon maksimum dari setiap jenis getaran yang mungkin terjadi, yang didapatkan melalui respon spectrum yang telah direncanakan. Di sisi lain, dalam analisis *time history*, diperlukan data riwayat percepatan gempa yang pernah terjadi sebelumnya. [18].

Bangunan Gedung Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Sruweng berlokasi di Jl. Raya Sruweng, Kecamatan Sruweng, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah. Gedung ini memiliki 6 tingkat dengan ketinggian total bangunan 30,6 m, sehingga gedung ini dapat digolongkan ke dalam bangunan tinggi karena memiliki ketinggian lebih dari 15 meter. Gedung Rumah Sakit ini memiliki denah gedung berbentuk L dan tergolong ke dalam bangunan yang memiliki ketidakberaturan horizontal, sehingga dalam perencanaan strukturnya harus dilakukan pemisahan pada struktur bangunan atau biasanya disebut dengan dilatasi. Bangunan ini berlokasi di kabupaten Kebumen yang rentan akan gempa, sebab itu sebaiknya bangunan ini harus dibangun berdasarkan standar yang sudah ditentukan dan menggunakan konsep bangunan tahan gempa.

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis tertarik melakukan perbandingan hasil respons struktur gedung tanpa dilatasi dengan dilatasi terhadap gaya gempa sesuai [2]. Respon struktur gedung yang dibandingkan berupa

displacement, simpangan antar tingkat (*drift*) dan pengaruh P-delta untuk mengetahui keamanan serta stabilitas struktur dengan menggunakan metode analisis dinamik *response spectrum* dan analisis dinamik time history. Penelitian ini akan berfokus pada bangunan eksisting gedung rumah sakit.

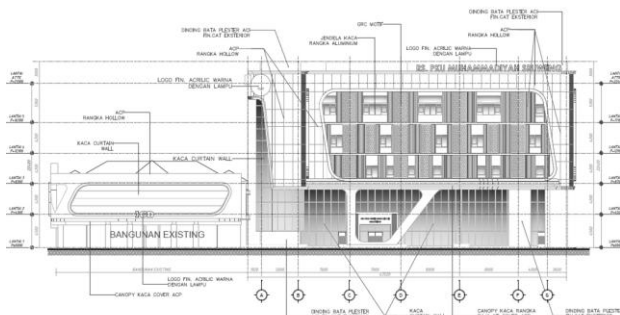
membandingkan *displacement* struktur gedung dilatasi dengan struktur gedung tanpa dilatasi sesuai SNI 1726:2019 akibat beban gempa menggunakan metode *response spectrum* dan time history, membandingkan simpangan antar tingkat (*drift*) struktur gedung dilatasi dengan struktur gedung tanpa dilatasi sesuai SNI 1726:2019 akibat beban gempa menggunakan metode *response spectrum* dan time history, membandingkan P-delta struktur gedung dilatasi dengan struktur gedung tanpa dilatasi sesuai SNI 1726:2019 akibat beban gempa menggunakan metode *response spectrum* dan time history.

2. Metode Penelitian

Studi ini difokuskan pada analisis respon struktural bangunan, membandingkan struktur dengan dilatasi dan tanpa dilatasi, dengan menerapkan metode analisis *response spectrum* dan time history pada gedung rumah sakit PKU Muhammadiyah Sruweng di Kabupaten Kebumen. Penelitian ini tergolong dalam kategori penelitian kuantitatif, yang menitikberatkan pada pemahaman fenomena, penyebab, dan konsekuensinya.

2.1 Data Arsitektur

Data arsitektural berupa desain yang menggambarkan tujuan atau kegunaan dari setiap ruangan di tingkat tertentu. Dengan demikian, estimasi beban hitup dapat dilakukan secara tepat sesuai dengan fungsinya, sejalan dengan ketentuan yang tercantum dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 1727:2020.

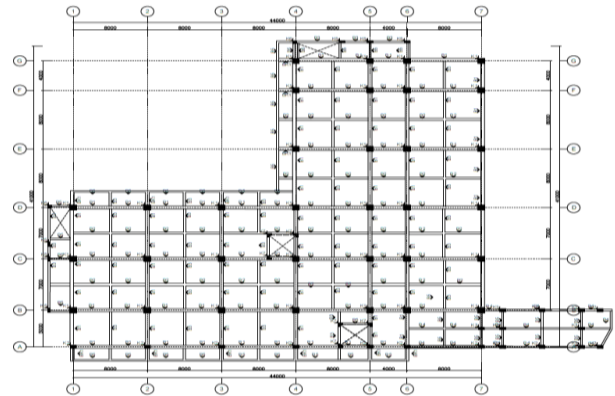


Gambar 1. Tampak Depan Bangunan [9]

2.2 Data Struktur

Data struktural mencakup ilustrasi dan detail mengenai komponen-komponen struktur bangunan di setiap tingkat

dan elevasi, termasuk fondasi, sloof, kolom, balok, dan pelat. Terlampir gambaran struktur bangunan Rumah Sakit PKU Muhammadiyah, Sruweng yang memiliki enam tingkat.



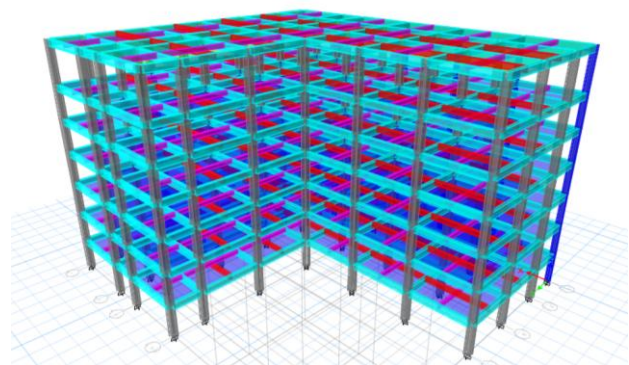
Gambar 2. Denah Rencana Balok [9]

2.3 Mutu Bahan

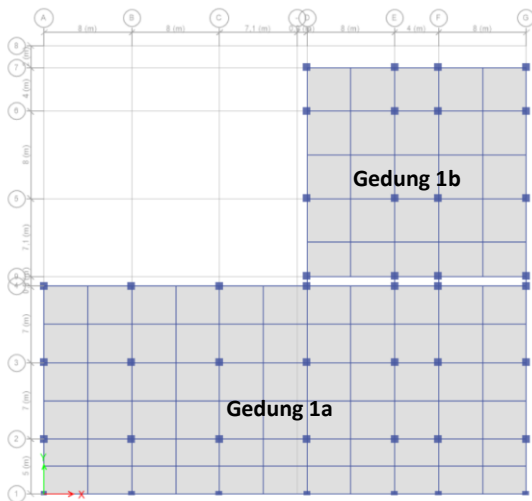
Pemilihan kualitas material bangunan adalah salah satu elemen yang signifikan dalam proses perencanaan. Dalam perencanaan ini, mutu bahan diperoleh dari data perencanaan, mutu beton yang digunakan adalah 29 Mpa. Sementara, mutu baja untuk tulangan lelehnya (f_y) adalah 420 Mpa dan 280 Mpa pada tulangan geser

2.4 Permodelan Struktur Bangunan

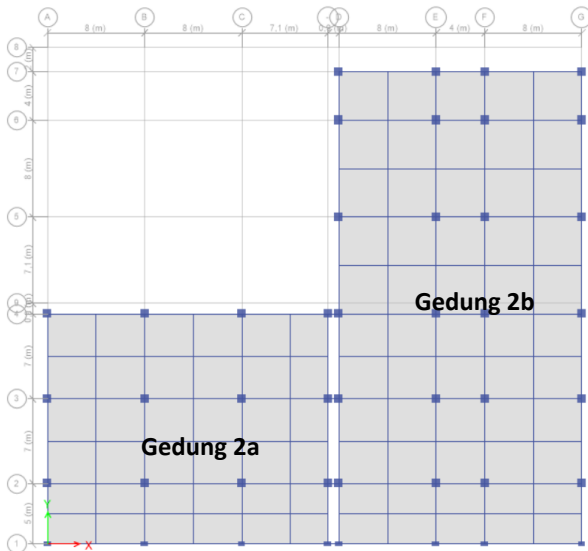
Struktur bangunan dimodelkan dengan *software FEM*. Pemodelan dilakukan dengan pemodelan 3D sesuai dengan data perencanaan yang diperoleh. Berikut adalah pemodelan gedung Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Sruweng pada *software FEM*



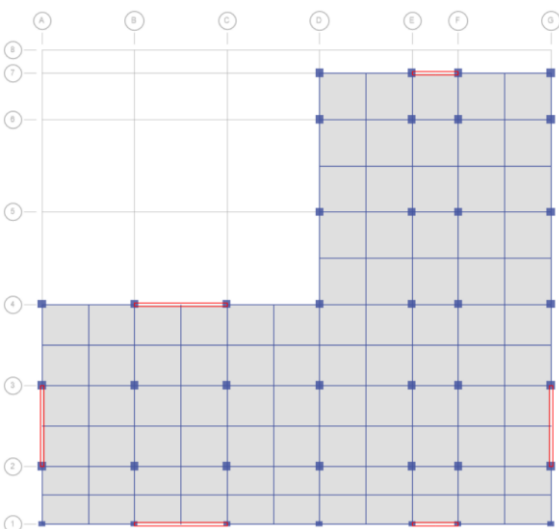
Gambar 3. Model 3D Struktur



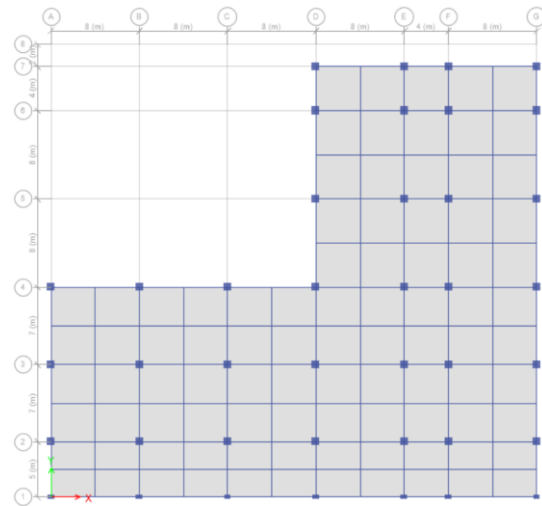
Gambar 4. Gedung Dilatasi Variasi 1



Gambar 5. Gedung Dilatasi Variasi 2



Gambar 6. Gedung Eksisting



Gambar 7. Gedung Eksisting Tanpa Shearwall (SW)

2.5 Response spectrum

Analisis *response spectrum* adalah penyajian hasil pemetaan atau plotting suatu spektrum yang didapatkan berbentuk grafik hubungan dari periode getaran struktur (T) dengan respon max yang terjadi, dari tingkat redaman dan karakteristik gempa yang spesifik. Grafik tersebut memiliki sumbu-x yang menyimbolkan frekuensi (periode/waktu) dan sumbu-y merupakan nilai respon max. Respon maksimum ini berupa percepatan maksimum, simpangan maksimum, atau kecepatan maksimum dari sistem SDOF (*Single Degree Of Freedom*).

2.6 Time History

Metode analisis ini termasuk ke dalam analisis dinamik pada struktur bangunan di mana pemodelan struktur dipengaruhi oleh gempa yang dihasilkan dari rekaman atau simulasi, untuk mengamati respons struktur terhadap time history tersebut. Menurut ketentuan di pasal 7.9.2.1 dalam SNI 1726:2019, pendekatan analisis time history diperlukan untuk melibatkan gambaran struktur agar menghasilkan responnya dengan penggunaan pendekatan integrasi numerik. Analisis ini dilakukan pada serangkaian riwayat percepatan, kemudian diselaraskan secara spektral untuk memastikan dengan *response spectrum* yang relevan dengan lokasi bangunan.

Data percepatan tanah atau PGA (Peak Ground Acceleration) berupa akselerogram yang merupakan grafik percepatan tanah yang dibandingkan dengan durasi gempa bumi. Data yang diperoleh dari grafik akselerogram akan digunakan sebagai parameter input gempa dalam desain atau dalam analisis. Input gaya gempa yang diterapkan adalah percepatan maksimal/puncak permukaan tanah, yang diperoleh dari pencatatan gempa asli. Menurut pasal 6.7.3 dalam SNI 1726:2019, untuk menentukan percepatan

tanah maksimum, perlu dilakukan studi khusus yang mempertimbangkan efek amplifikasi spesifik. Sebagai alternatif, percepatan tanah maksimum (PGAM) dapat diestimasi menggunakan persamaan berikut ini:

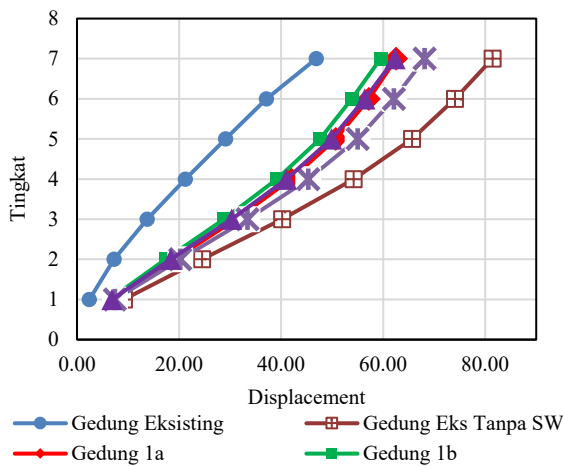
$$PGA_M = F_{PGA} \cdot PGA$$

Dimana PGA_M adalah percepatan tanah puncak yang telah disesuaikan, PGA adalah percepatan tanah puncak, dan F_{PGA} adalah koefisien situs.

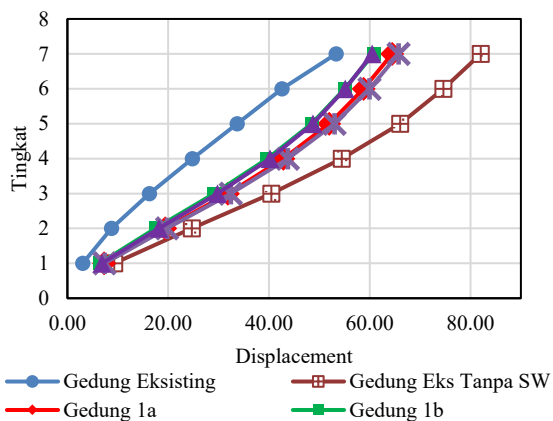
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Displacement

Berdasarkan data yang sudah diperoleh dari hasil analisis pada gempa *response spectrum* arah-x dan y ditampilkan hasil sebagai berikut.



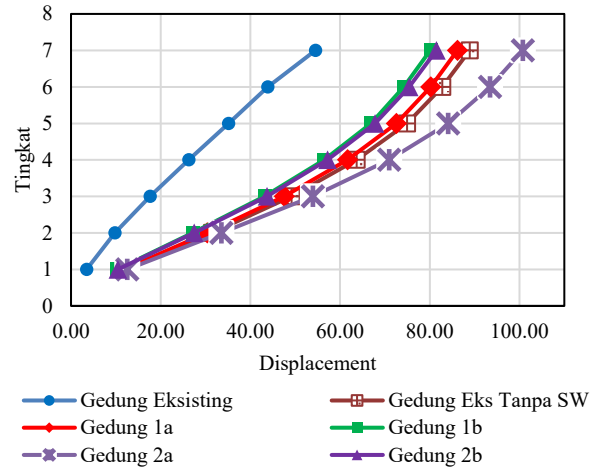
Gambar 8. Displacement Response spectrum arah-x



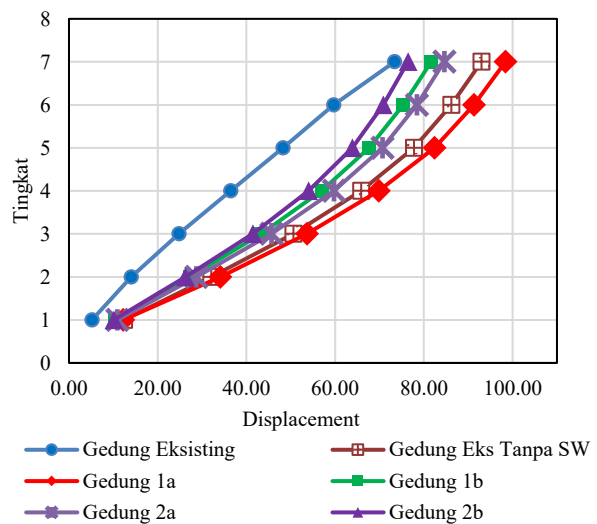
Gambar 9. Displacement Response spectrum arah-y

Berdasarkan pada grafik *displacement* di atas menunjukkan hasil output *displacement* arah X dan Y terhadap beban gempa *response spectrum* pada gedung eksisting, gedung eksisting tanpa *shearwall* dan gedung dengan dilatasi pada tingkat 1 hingga tingkat 7. *Displacement* yang terjadi pada variasi 1 gedung a dan variasi 2 gedung b, secara signifikan

membentuk pola yang serupa pada variasi 1 gedung b dan variasi 2 gedung a. *Displacement* yang dihasilkan pada gedung eksisting tanpa *shearwall*, dan gedung dengan dilatasi secara umum memperoleh nilai yang lebih besar dibandingkan *displacement* gedung eksisting.

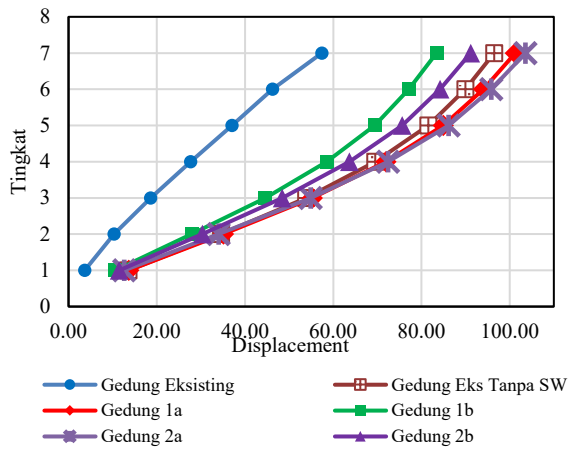


Gambar 10. Grafik Displacement TH-Imperial Valley X

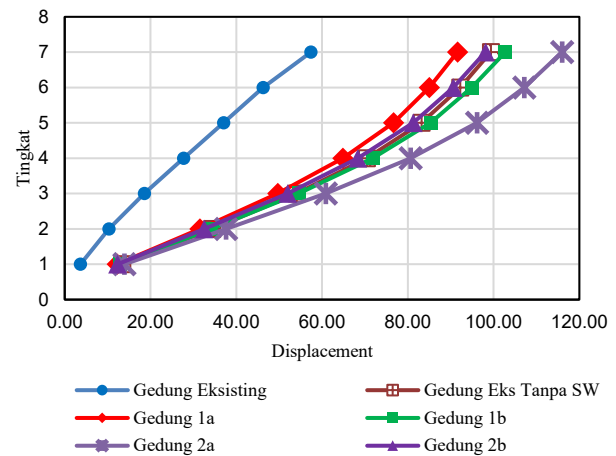


Gambar 11. Grafik Displacement TH-Imperial Valley Y

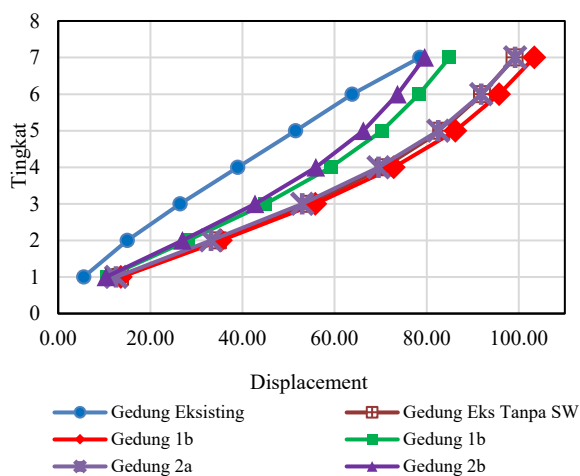
Berdasarkan Tabel 26 di atas menunjukkan hasil output *displacement* arah X dan Y terhadap beban gempa time history *Imperial Valley* pada gedung eksisting, gedung eksisting tanpa *shearwall* dan gedung dengan dilatasi. *Displacement* yang terjadi pada gedung dengan dilatasi variasi 1 dan gedung eksisting tanpa *shearwall* memiliki nilai yang lebih besar pada arah-y. Sedangkan untuk variasi 2 memiliki nilai lebih besar pada arah-x. Untuk gedung dengan dilatasi variasi 1 memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan *displacement* gedung dengan dilatasi variasi 2. *Displacement* gedung eksisting memiliki nilai yang lebih kecil dibanding gedung eksisting tanpa *shearwall* dan gedung dengan dilatasi.



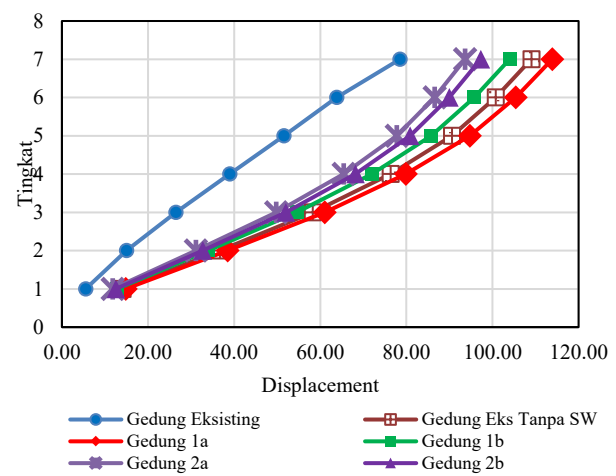
Gambar 12. Grafik Displacement TH-Loma Prieta X



Gambar 14. Grafik Displacement TH Northridge X



Gambar 13. Grafik Displacement TH-Loma Prieta Y



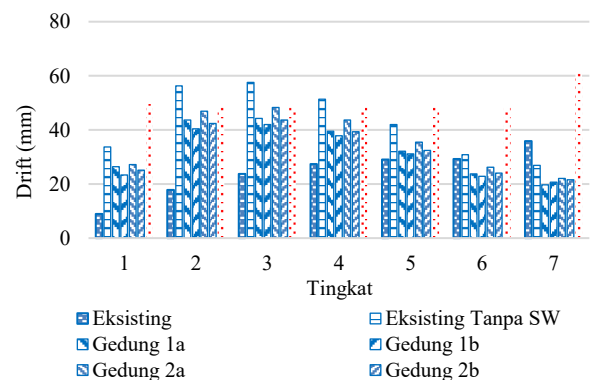
Gambar 15. Grafik Displacement TH-Northridge Y

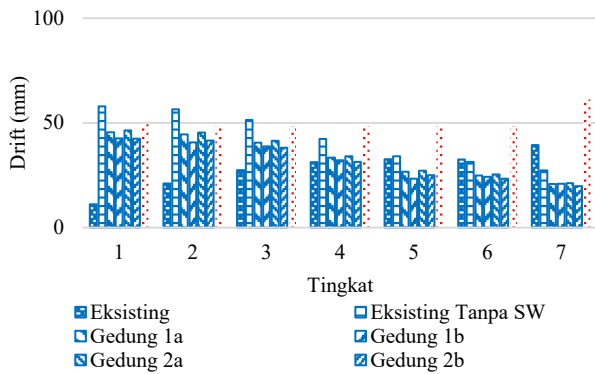
Gambar 12 dan Gambar 13 menunjukkan hasil *displacement* arah-x dan y terhadap beban gempa time history *Loma Prieta* pada gedung eksisting, gedung eksisting tanpa *shearwall* dan gedung dengan dilatasi. *Displacement* yang terjadi pada gedung dengan dilatasi variasi 1 memiliki nilai yang lebih besar pada arah-y dan untuk variasi 2 lebih besar pada arah-x, sedangkan *displacement* pada gedung gedung eksisting tanpa dilatasi nilai terbesar terjadi pada arah-y, namun secara umum nilai *displacement* gedung eksisting memiliki nilai yang lebih kecil dibanding gedung eksisting tanpa *shearwall* dan gedung dengan dilatasi.

Gambar 14 dan Gambar 15 menunjukan hasil output *displacement* arah-x dan y terhadap beban gempa time history *Northridge* gedung eksisting, gedung eksisting tanpa *shearwall* dan gedung dengan dilatasi pada tingkat 1 hingga tingkat 7. *Displacement* yang terjadi pada gedung dengan dilatasi variasi 1 memiliki nilai lebih besar pada arah-y dan untuk variasi 2 lebih besar pada arah-x. sedangkan *displacement* pada gedung eksisting nilai

terbesar terjadi pada arah-y, tetapi secara umum *displacement* pada gedung eksisting memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan *displacement* gedung eksisting tanpa *shearwall* dan gedung dengan dilatasi.

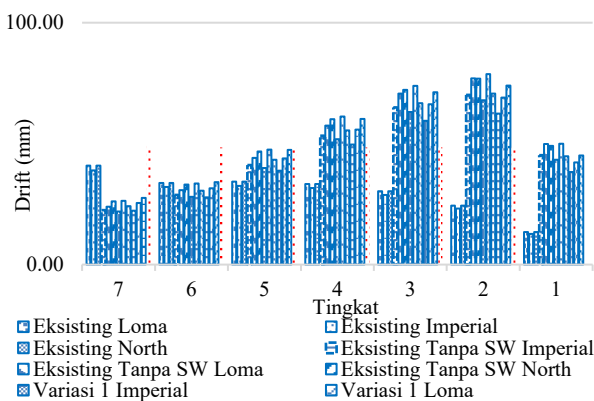
3.2 Simpangan antar tingkat (*drift*)

Gambar 16. Grafik Simpangan antar tingkat *response spectrum* X

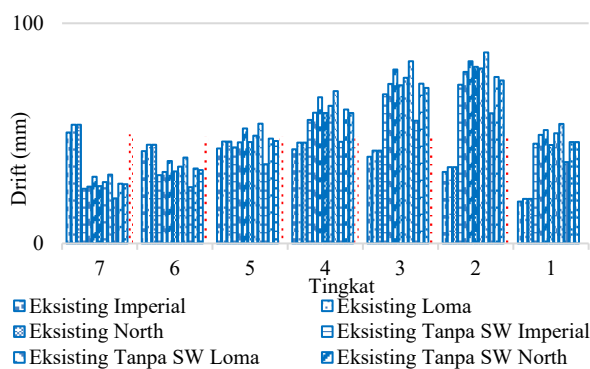


Gambar 17. Grafik Simpangan antar tingkat *response spectrum Y*

Berdasarkan grafik di atas simpangan antar tingkat (*drift*) gedung dengan dilatasi variasi 1 dan 2 tidak ada nilai yang melampaui simpangan antar tingkat izin pada arah-x maupun arah-y akibat gaya gempa *response spectrum*.



Gambar 18. Grafik Simpangan antar tingkat *time history X*



Gambar 19. Grafik Simpangan antar tingkat *time history Y*

Berdasarkan grafik simpangan antar tingkat (*drift*) dapat dilihat bahwa terdapat beberapa nilai simpangan antar tingkat yang melampaui drift izin baik pada arah-x maupun arah-y. Berikut merupakan pembahasan simpangan antar tingkat berdasarkan masing-masing gaya gempa.

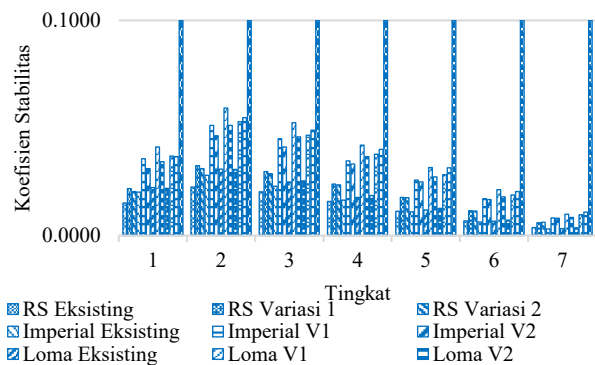
Akibat gaya gempa *time history Imperial Valley* terjadi simpangan yang melampaui simpangan antar tingkat izin. Hasil ini terjadi pada gedung eksisting dan gedung dengan

dilatasi variasi 1 dan 2 pada tingkat 2, 3 dan 4 untuk gempa arah-x dan arah-y. nilai simpangan antar tingkat pada gedung dengan dilatasi variasi 2 memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan pada gedung eksisting dan gedung dilatasi variasi 1.

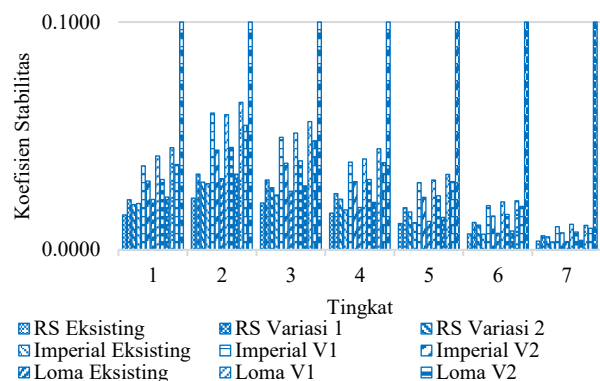
Akibat gaya gempa *time history Loma Prieta* terjadi simpangan yang melampaui simpangan antar tingkat izin. Secara umum terjadi pada tingkat 1, 2, 3, dan 4 untuk gempa arah-x dan arah-y. Nilai simpangan tingkat pada gedung dilatasi variasi 2 memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan nilai simpangan antar tingkat gedung eksisting dan gedung dilatasi variasi 1.

Akibat gaya gempa *time history Northridge* terjadi simpangan yang melampaui simpangan antar tingkat izin. Hasil ini terjadi pada gedung eksisting dan gedung dilatasi variasi 1 dan 2 pada tingkat 2, 3, dan 4 untuk gempa arah-x, sedangkan pada arah-y terjadi pada tingkat 1, 2, 3, dan 4 untuk gedung eksisting dan gedung dilatasi variasi 1. Gedung dilatasi variasi 2 terjadi pada tingkat 2, 3, dan 4 untuk gempa arah-y, maka dari itu bisa disimpulkan nilai simpangan antar tingkat gempa *time history Northridge* pada gedung dilatasi variasi 2 memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan pada gedung eksisting dan gedung dilatasi variasi 1.

3.3 Pengaruh P-delta



Gambar 20. Grafik Pengaruh P-delta X



Gambar 21. Grafik Pengaruh P-delta Y

Dari hasil perhitungan seperti pada grafik di atas, menunjukkan koefisien stabilitas baik itu arah x ataupun arah y pada gedung eksisting dan gedung dengan dilatasi variasi 1 dan 2 oleh gaya gempa *response spectrum* dan *time history* tidak melebihi batas koefisien stabilitas yang diizinkan, maka dari itu dapat dibandingkan gedung eksisting dan gedung dilatasi variasi 1 dan 2. Nilai koefisien stabilitas pada gedung dilatasi variasi 2 memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan gedung eksisting dan gedung dilatasi variasi 1.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil perbandingan analisis Gedung Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Sruweng dari 2 model dengan dilatasi dan 1 model tanpa dilatasi menggunakan metode analisis *response spectrum* dan *time history*, maka kesimpulan yang dapat diambil sebagai berikut:

Nilai *displacement* yang dihasilkan pada gedung dengan dilatasi variasi 1 dan gedung eksisting rata-rata menghasilkan nilai yang lebih besar dibandingkan *displacement* gedung dilatasi variasi 2, akibat gaya gempa *response spectrum* dan *time history*.

Nilai simpangan antar tingkat (*drift*) gedung eksisting akibat gaya gempa *response spectrum* terjadi simpangan antar tingkat yang melampaui drift izin pada arah-x dan arah-y terjadi di tingkat 2, 3, dan 4. Sedangkan untuk gedung dengan dilatasi variasi 1 dan 2 tidak ada nilai yang melampaui simpangan antar tingkat izin pada arah-x maupun arah-y akibat gaya gempa *response spectrum*, maka dari itu struktur gedung dilatasi dapat dikatakan aman jika ditinjau dari nilai simpangan antar tingkat metode *response spectrum*. Akibat gaya gempa *time history Imperial Valley, Loma Prieta, dan Northridge* untuk gedung eksisting, variasi 1 dan 2 secara umum terjadi simpangan yang melampaui simpangan antar tingkat izin pada tingkat 2, 3, 4 dan 5 pada arah x- dan arah-y, sehingga dapat dibandingkan jika nilai simpangan antar tingkat pada gedung latasi memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan gedung eksisting tanpa dilatasi.

Berdasarkan hasil dari nilai pengaruh P-delta koefisien stabilitas pada gedung eksisting maupun gedung dengan dilatasi variasi 1 dan 2 baik itu arah-x ataupun arah-y pada gaya gempa *response spectrum* dan *time history* tidak melebihi batas koefisien stabilitas yang diizinkan, sehingga struktur gedung eksisting dan gedung dilatasi dapat dikatakan aman jika ditinjau dari nilai koefisien stabilitas.

Daftar Rujukan

[1] Anom, L. H., Wibowo, & Sunarmasto (2013). “Analisis Kinerja Struktur Dengan Metode Performance Based

Deign Terhadap Gedung Ketidakberaturan Vertikal”. e-Jurnal matriks teknik sipil 1. (3). Hal 227-234.

- [2] Badan Standarisasi Nasional Indonesia SNI 1726 (2019). “Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung”. Badan Standarisasi Nasional Indonesia 8
- [3] Badan Standarisasi Nasional Indonesia SNI 2847 (2019). “Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan. Badan Standardisasi Indonesia, 8.
- [4] Badan Standardisasi Nasional SNI 1727 (2020). “Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain”. In Standar Nasional Indonesia. (8). 1–336.
- [5] Ekaputri, J. J., Shahib, M., & Bari, A. (2020). Perbandingan Regulasi Fly Ash sebagai Limbah B3 di Indonesia dan Beberapa Negara. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 26(2), 150–162.
- [6] BMKG. (2019). Peta Aktivitas Gempa Indonesia
- [7] Ertanto, B. C., Satyarno, I., & Suhendro, B (2017). “Performance Based Design Bangunan Gedung. INERSIA: Informasi dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur”, 189–204. <http://dx.doi.org/10.21831/inersia.v13i2.17182>
- [8] Firdaus, M., Pratama, W., Faisal, E., & Hidayatullah, N (2021). “Perancangan Ulang Struktur Atas Gedung Kantor Otoritas Jasa Keuangan Surakarta Menggunakan Baja Konvensional”. INERSIA: Informasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur 17. (2).
- [9] Feroz, arcadia. 2023. Shopdrawing Gedung Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Sruweng.
- [10] Juwana, J. S. 2005. Panduan Sistem Bangunan Tinggi. Jakarta: Erlangga.
- [11] Lesmana, Yudha, 2020. Handbook Prosedur Analisa Beban Gempa Struktur Bangunan Gedung Berdasarkan SNI 1726-2019. Edisi Pertama. Makassar. CV. Nas Media Pustaka.
- [12] Masnawari Rahmadani (2017). “Analisa Perilaku Bangunan Tidak Beraturan Secara Horizontal dengan Dilatasi Terhadap Gempa”. 1–158.
- [13] Mukmin, Kencanwati, N., & Suparjo. (2020). Studi Perbandingan Pembebanan Gempa Dinamik *Response spectrum* Dan Dinamik *Time history* Pada Gedung Di Mataram.
- [14] Murty, C. V. R., Goswami, R., Vijayanarayanan, A . R., & Mehta, V. V. (2012). Some Concepts in Earthquake Behaviour of Building. Gujarat State Disaster Management Authority.
- [15] Nurrahman, Jamil Sayyid (2023). “Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Gedung Terhadap Beban Gempa

- Dengan Metode Analisis Respon Spektrum Dan Time history.” 1–155.
- [16] Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Pustaka Pelajar.
- [17] Purba, H. L. (2014). “Analisis Kinerja Struktur Pada Bangunan Bertingkat Beraturan Dan Ketidakberaturan Horizontal sesuai SNI 03-1726-2012”. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* 2. (4). 710-711.
- [18] Rendra, R., dkk (2015). *Kinerja Struktur Akibat Beban Gempa Dengan Metode Response spectrum Dan Time history (Studi Kasus : Hotel Ska Pekanbaru)*. 2. (2). 1–15.
- [19] Reza, F. 2012. Pengaruh Dilatasi Terhadap Gaya Dalam Kolom Dan Balok Pada gedung Berlantai Empat Dengan Denah Berbentuk H. [tugas akhir]. Banda Aceh: Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Darussalam.
- [20] Schodek, D. L. 1998. *Struktur*. Bandung: PT Refika Aditama.
- [21] Simamora, J., dkk (2020). “Analisis Perpindahan Lateral Struktur Beton Bertulang pada Bangunan Bertingkat Beraturan dan Ketidak Beraturan Horizontal”. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil* 3. (1), 19-23.
- [22] Sunarto, A. (2018). “Perbandingan Respons Struktur Gedung Tidak Beraturan Horizontal Akibat Gempa dengan Analisis Statik dan Dinamik (The Comparison of Irregular Horizontal a Building Structure’s Response Effect of Earthquake With Static and Dinamic Analysis”. Universitas Islam Indonesia.
- [23] Suyanto, I. R. (2020). “Perbandingan Perilaku Bangunan Bertingkat Menengah Dengan Material Cross-Laminated Timber (CLT) Berdasarkan Sni 1726:2012 Dan Sni 1726:2019”. *INERSIA: INformasi dan Ekspose hasil Riset teknik Sipil dan Arsitektur* 16. (2), 130–143. <https://doi.org/10.21831/inersia.v16i2.36899>
- [24] Tajunnisa, Y., dkk (2014). “Perbandingan evaluasi kinerja bangunan gedung tahan gempa antara metode SRPMM dan SRPMK”. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil* 12. (1), 1-16.
- [25] Tajunnisa, Y., dkk (2014). “Perbandingan evaluasi kinerja bangunan gedung tahan gempa antara metode SRPMM dan SRPMK”. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil* 12. (1), 1-16.