

Kajian Pemodelan Panel Zone Terhadap Deformasi Pada Struktur Srpm Baja

Wahyu Satria

¹Program Studi Teknik Sipil, ²Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan
Jl. Muchtar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara.

wahyusatria@gmail.com

Abstrak

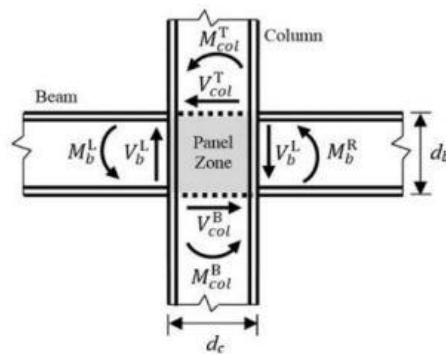
Pemilihan material merupakan salah satu aspek penting yang digunakan untuk konstruksi suatu bangunan karena diketahui setiap material memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Struktur baja dipertimbangkan sebagai alternatif desain karena material baja memiliki daktilitas yang lebih baik dan bobot yang lebih rendah daripada beton, dimana hal tersebut baik untuk bangunan tahan gempa. Pada struktur baja area pertemuan antara balok dan kolom sering terjadi momen lentur dan gaya geser yang disebut dengan panel zone. Pada area ini terjadi pergerakan dan ketidakseimbangan pada penampangnya disebabkan desakan dari gaya-gaya yang bekerja disekitar area panel zone tersebut. Deformasi yang terjadi terus menerus sampai titik kritisnya akan menyebabkan robek pada area tersebut, sehingga di perlunya melakukan pemodelan panel zone. Tujuan tugas akhir ini yaitu untuk mengetahui perbandingan nilai deformasi yang terjadi pada struktur bangunan terhadap gempa tunggal yang memiliki tinggi 16,5 m (4 lantai) dengan menggunakan 3 jenis pemodelan struktur, yaitu pemodelan centerline, pemodelan paralelogram dan pemodelan scissor. Dari hasil yang didapat diperoleh hasil nilai simpangan antar tingkat terbesar terdapat pada penskalaan rekaman gempa MCE non linier pada struktur pemodelan tanpa panel zone (centerline). Dan nilai rasio top displacement terbesar pada penskalaan rekaman gempa DBE pada struktur pemodelan tanpa panel zone (centerline) sebesar 2.686.

Kata Kunci: Panel Zone, gempa tunggal, deformasi.

1. PENDAHULUAN

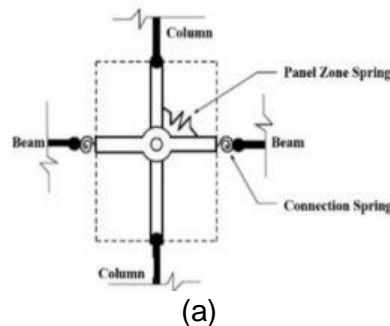
Indonesia adalah negara yang terletak di wilayah Cincin Api Pasifik (ring of fire) akibatnya Indonesia sering mengalami gempa tektonik ataupun letusan gunung berapi oleh karena itu kebutuhan akan bangunan tahan gempa merupakan sebuah hal yang harus terpenuhi, khususnya untuk daerah-daerah dengan tingkat kerawanan gempa tinggi. Untuk mengantisipasi bahaya gempa pada konstruksi bangunan maka diperlukan bangunan yang fleksibel dan kuat.

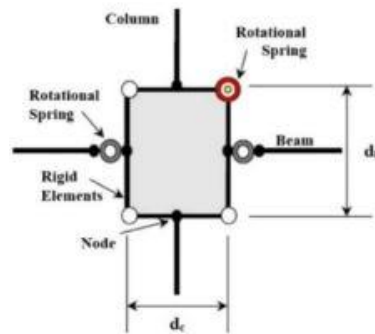
Penggunaan material baja untuk konstruksi bangunan bisa mengurangi risiko bangunan roboh saat diguncang gempa bumi dikarenakan tingkat fleksibilitasnya yang cukup tinggi dibandingkan material beton. Pada struktur baja area pertemuan antara balok dan kolom sering terjadi momen lentur dan gaya geser (Gambar 1.1) yang disebut dengan panel zone. Pada area ini terjadi pergerakan dan ketidakseimbangan pada penampangnya disebabkan desakan dari gaya-gaya yang bekerja disekitar area panel zone tersebut. Deformasi yang terjadi terus-menerus sampai titik kritisnya akan menyebabkan robek pada area tersebut.



Gambar 1.1: Gaya momen dan gaya geser yang terjadi pada pertemuan balok dan kolom (Sepasdar, 2019).

Umumnya pemodelan panel zone dapat dilakukan dengan 2 metode, yaitu panel zone Metode Paralelogram (Krawinkler, 1978) dan Metode Gunting atau Seissor (Krawinkler dan Mohasheb, 1987) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.2a dan 1.2b

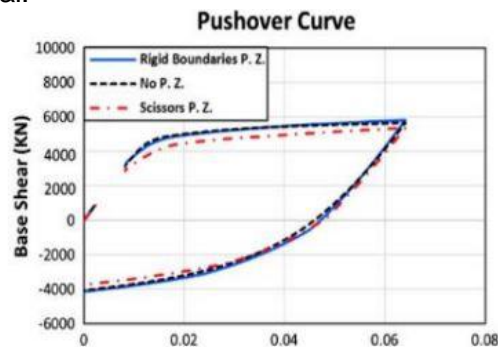




(b)

Gambar 1.2 : Jenis Panel Zone (a)Panel Zone Scissor, (b) Panel Zone Paralelogram .(Krawinkler dan Mohasseb, 1987)

Perbandingan hasil tes eksperimental dengan simulasi numerik (Metode Paralelogram dan Scissor) untuk panel zone ditunjukkan pada Gambar 1.3. Pada gambar tersebut jelas menunjukkan kedua metode pemodelan sangat mendekati hasil tes eksperimental.



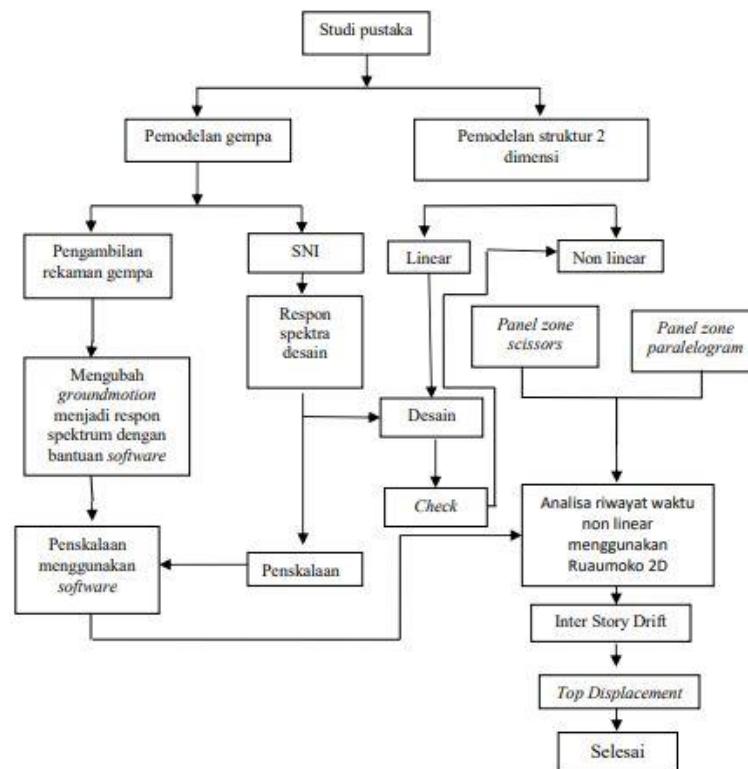
Gambar 1.3 : Rasio simpangan atap (Sepasdar, 2019)

Penelitian ini bertujuan Untuk mengetahui perbedaan simpangan antar tingkat akibat perbedaan pemodelan panel zone pada struktur SRPM baja dan Untuk mengetahui perbedaan simpangan atap (top displacement) akibat perbedaan pemodelan panel zone pada struktur SRPM baja.

Dari hasil perencanaan pada pemodelan Struktur Baja dengan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) maka diharapkan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat untuk mengetahui bagaimana cara merencanakan struktur gedung baja dengan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dan bagaimana memodelkan panel zone pada struktur baja serta pengaruhnya terhadap deformasi struktur.

2. METODE PENELITIAN

Struktur dianalisis menggunakan 2 software bantuan, yaitu Program Analisa Struktur, dan RUAUMOKO2D versi 04. Secara umum, metode penelitian dalam Tugas Akhir ini dibuat dalam suatu diagram alir seperti yang tampak pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian

Berdasarkan Gambar 3.1, dapat dijelaskan bahwa dalam Tugas Akhir ini analisis dilakukan terhadap 2 pemodelan panel zone dengan sistem rangka pemikul momen. Kedua pemodelan Panel zone tersebut dianalisis secara Linear dan NonLinear dengan menggunakan Metode Analisis Respon Spektrum (Response Spectrum Analysis) dengan menggunakan Program Analisa Struktur serta Analisis Riwayat Waktu (Time History Analysis) dengan menggunakan software RUAUMOKO versi 04, untuk mendapatkan nilai deformasi yang ada ketika bangunan telah dikenakan gempa tunggal. Kemudian nilai deformasi tersebut akan dibandingkan untuk setiap modelnya.

3. HASIL

Hasil Analisa Linier

Respon Spektrum Ragam

Berdasarkan SNI 1726:2012, analisa harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisa harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respon yang ditinjau oleh model. persentase nilai perioda yang menentukan jenis perhitungan menggunakan CQC atau SRSS. Syarat : $SRSS > 15\%$, $CQC < 15\%$

Analisa menggunakan metode CQC (Complete Quadratic Combination), hasil persentase perioda rata-rata yang didapat lebih kecil dari 15% dan SRSS (Square Root of the Sum of Square) lebih besar dari 15%. Pada hasil analisa diperoleh hasil model 4 lantai didapat 12 mode dan hasil persentase nilai perioda lebih banyak dibawah 15 %.

Koreksi Gempa Dasar Nominal

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1, kombinasi respon untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V_1) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya dan simpangan antar lantai harus dikalikan dengan faktor skala yaitu:

$$0,85 \frac{V_1}{V_t} \geq 1$$

Dimana:

V_1 = Gaya geser dasar nominal statik ekuivalen

V_t = Gaya geser dasar kombinasi ragam

Tabel 4.1: Nilai gaya geser dasar nominal analisa statik ekuivalen (V_1) dan Nilai gaya geser dasar nominal analisa respon spektrum output Program Analisa Struktur V_t .

Struktur	Arah Gempa	V_1 (KN)	V_t (KN)
Lantai 4	Gempa X	3289,28	141,16

Untuk memenuhi syarat berdasarkan SNI 1726:2012, maka nilai faktor skala harus lebih kecil atau sama dengan 1.

Koreksi Faktor Redundansi Berdasarkan sub Bab 2.5.11, nilai gaya geser dengan redundansi 1 per lantainya harus dikoreksi dengan 35 persen gaya geser dasar dengan redundansi 1. Jika persyaratan tersebut tidak terpenuhi, maka nilai faktor redundansi 1 harus diganti dengan redundansi 1,3. Dari hasil koreksi untuk setiap gaya geser diperoleh beberapa lantai yang tidak memenuhi syarat 35 persen gaya geser dasar.

Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat Nilai V_1 dan gaya geser dasar nominal analisis respon spektrum (V_t) dapat dilihat pada Tabel 4.1. Kontrol Koreksi skala simpangan antar tingkat, yaitu: Syarat : $V_t \geq 0,85 C_s.W$

Berdasarkan Tabel 4.2 nilai V_t sb. x diperoleh :

Struktur	Arah Gempa	V_t (KN)	0,85 $C_s.W$	Cek
Lantai 4	Gempa X	141,16	2795,89	Not Oke

Dengan demikian syarat skala simpangan antar lantai telah terpenuhi, yaitu gaya geser dasar respon spektrum (V_t) lebih besar dari nilai $C_s.W$, sehingga simpangan antar lantai tidak perlu dikalikan dengan faktor skala.

Nilai Simpangan Gedung

Berdasarkan peraturan SNI 1726:2012, kontrol simpangan antar lantai hanya terdapat satu kinerja batas, yaitu kinerja batas ultimit. Simpangan antar lantai yang diizinkan yaitu 0,02 dikali tinggi lantai, nilai simpangan tidak boleh melebihi ketentuan tersebut. Pada hasil yang diperoleh, nilai simpangan antar lantai tidak melebihi batas izin atau memenuhi syarat.

Berdasarkan analisa menggunakan aplikasi Ruaumoko 2D didapatkan nilai simpangan antar lantai dan simpangan atap berdasarkan dari groundmotion yang diskalakan berdasarkan respon spektrum wilayah Indonesia. Pada gambar 4.1 sampai dengan gambar 4.5 menunjukkan beberapa grafik interstory drift dengan perbedaan skala respon gempa yang diberikan. Pada grafik interstory drift diambil nilai rata-rata tiap groundmotion.

Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak (Soft Story)

Berdasarkan SNI 1726:2012, kekakuan tingkat lunak (soft story) didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat dimana kekakuan lateralnya kurang dari 70 persen kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 persen kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya. Pada hasil kontrol ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah x untuk semua model, diperoleh nilai persentase kekakuan di atas batas yang ditentukan atau struktur yang direncanakan tidak mengalami Soft Story.

Pengaruh Efek P-Delta

Berdasarkan SNI 1726:2012, efek P-delta dapat diabaikan jika nilai stability ratio lebih kecil dari 1. Pada hasil perhitungan, nilai stability ratio dibawah nilai 1 untuk semua model atau dapat dikatakan kontrolnya memenuhi syarat yang ditentukan. Pada dasarnya efek p-delta dapat diabaikan jika syarat stability ratio sudah terpenuhi.

Hasil Analisa Non Linier

Pada tahap ini merupakan bagian dari evaluasi struktur baja yang telah di desain terhadap beban gempa yang telah direncanakan, dalam hal ini respon struktur akan ditinjau terhadap perbedaan jenis gempa, dan penskalaan rekaman gempa. Jenis gempa yang diberikan pada struktur baja yaitu gempa tunggal dan gempa berulang 2 kali yang dibedakan menjadi 2 jenis penskalaan yaitu DBE dan MCE. Setiap model struktur akan diambil data interstory drift dan top displacement setelah dianalisis, nilai tersebut dibandingkan terhadap faktor-faktor yang telah disebutkan diatas. Pada gambar 4.6 sampai 4.10 menunjukkan beberapa grafik hasil analisis interstory drift dengan perbedaan jenis penskalaan rekaman gempa. Pada grafik interstory drift yang ditampilkan merupakan hasil rata-rata dari beberapa groundmotion.

Tabel 4.3: Nilai ratio interstory drift berdasarkan perbedaan pemodelan panel zone pada struktur SRPM baja lantai 4 .

Model	T(s)	DBE linier	MCE linier	DBE non linier	MCE non linier
Centerline	1,62	0.233034137	0.179525214	0.417171121	0.426365278
Parallelogram	1,62	0.254529939	0.238857331	0.245994156	0.308541194
Scissor	1,62	0.224503099	0.160441569	0.319296737	0.392199715

Tabel 4.4: Nilai perbandingan interstory drift untuk masing- masing model penskalaan groundmotion.

Model	T(s)	DBE linier	MCE linier	DBE non linier	MCE non linier
Centerline	1,62	100%	77.04%	179%	183%
Parallelogram	1,62	100%	94%	97%	121%
Scissor	1,62	100%	71%	142%	175%

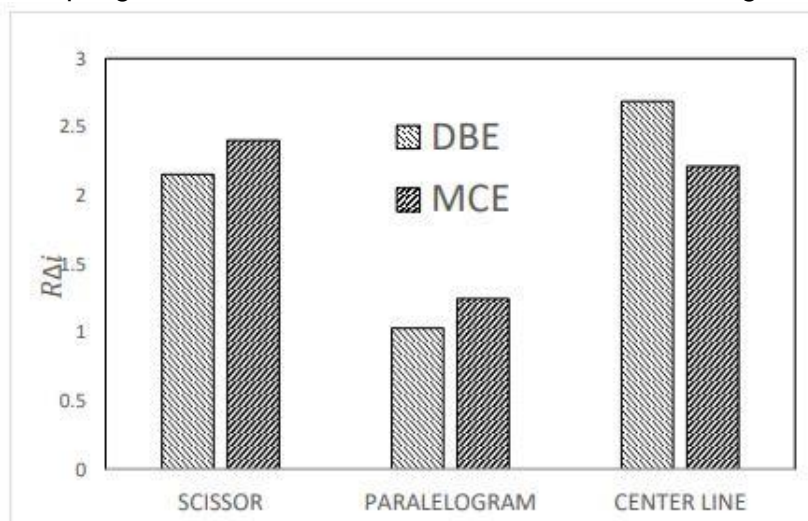
Pada tabel 4.3 terdapat beberapa nilai perbandingan interstory drift untuk ketiga jenis pemodelan struktur. Besarnya kenaikan yang terjadi dapat dilihat dengan nilai penskalaan DBE linier sebagai acuan (100%), dalam tabel tersebut maka pada penskalaan MCE linier nilai interstory drift centerline < paralelogram > scissor. Pada penskalaan DBE non linier centerline > paralelogram < scissor. Dan pada penskalaan MCE non linier nilai interstory drift centerline > paralelogram < scissor untuk setiap gempa yang dimodelkan terhadap struktur.

Tabel 4.5: Nilai ratio top displacement berdasarkan perbedaan pemodelan panel zone pada struktur SRPM baja lantai 4 .

Model	T(s)	DBE linier	MCE linier	DBE non linier	MCE non linier
Centerline	1,62	0.1085150	0.1627767	0.2915606	0.3599394
Parallelogram	1,62	0.2016983	0.2877717	0.2076561	0.3580106
Scissor	1,62	0.1035550	0.1501367	0.2229248	0.3607612

Hasil Analisa Simpangan Inelastic

Ratio simpangan inelastic adalah nilai rata-rata non linier dibagi dengan linier.

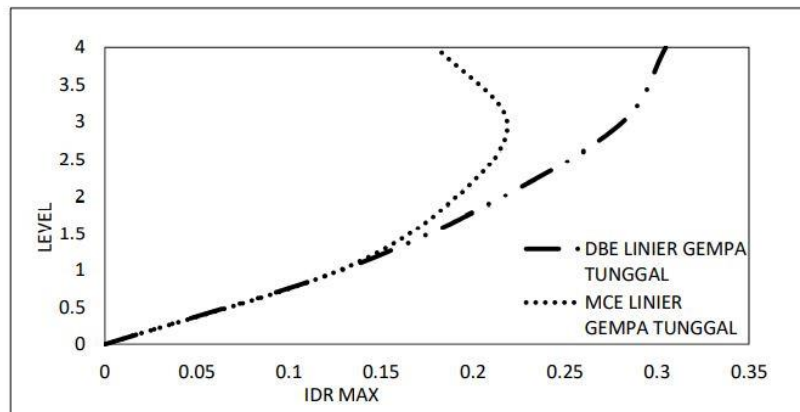


Gambar 4.11: Perbandingan nilai rasio simpangan inelastic.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa berdasarkan diagram batang hasil analisis simpangan inelastic bahwa rasio simpangan untuk struktur SRPM baja lantai 4 akibat dari gempa tunggal, penskalaan DBE centerline lebih besar dibandingkan dengan penskalaan DBE pemodelan paralelogram dan scissor. Dan pada penskalaan MCE, hasil analisis simpangan inelastic pemodelan scissor lebih besar dibandingkan dengan centerline dan paralelogram.

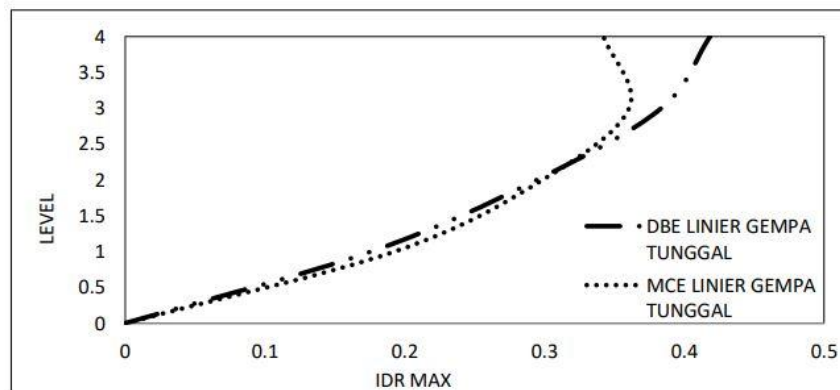
4. PEMBAHASAN

Nilai Simpangan Gedung



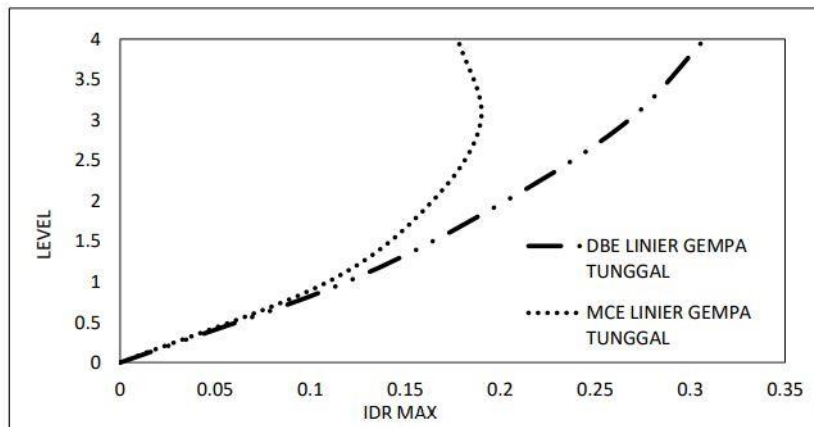
Gambar 4.1: Nilai rata-rata interstory drift untuk struktur SRPM baja lantai 4 tanpa pemodelan panel zone terhadap gempa tunggal dengan perbedaan nilai penskalaan groundmotion.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pada penskalaan DBE dan MCE nilai interstory drift relative sama pada lantai rendah dan pada lantai tinggi penskalaan DBE lebih dominan dibandingkan penskalaan MCE.



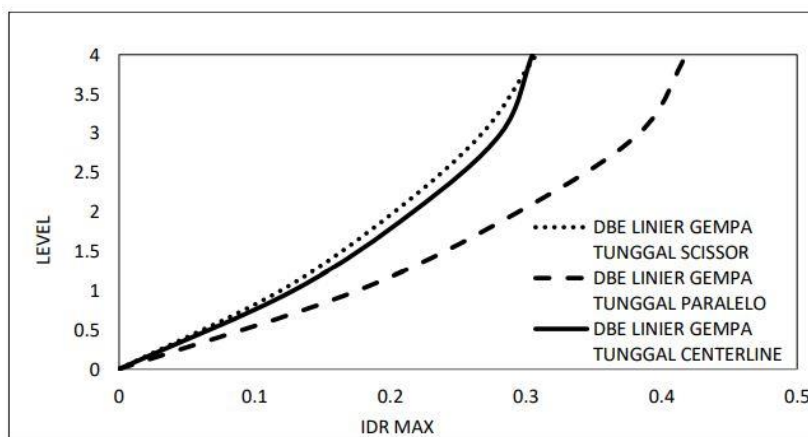
Gambar 4.2: Nilai rata-rata interstory drift untuk struktur SRPM baja lantai 4 pemodelan panel zone Paralelogram terhadap gempa tunggal dengan perbedaan nilai penskalaan groundmotion

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pada penskalaan MCE nilai interstory drift akibat dari gempa tunggal lebih besar pada lantai rendah dan pada lantai tinggi penskalaan DBE lebih dominan dibandingkan penskalaan MCE.



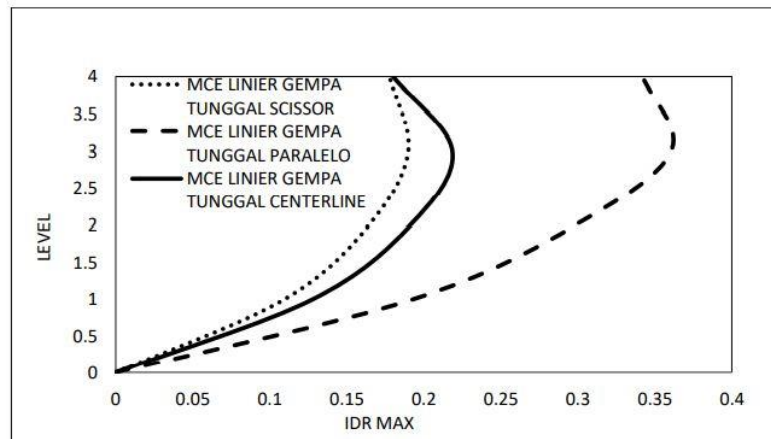
Gambar 4.3: Nilai rata-rata interstory drift untuk struktur SRPM baja lantai 4 pemodelan panel zone Scissor terhadap gempa tunggal dengan perbedaan nilai penskalaan groundmotion.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa nilai interstory drift dengan penskalaan DBE yang diakibatkan oleh gempa tunggal lebih dominan dari lantai rendah sampai lantai tinggi dibandingkan dengan nilai interstory drift dengan penskalaan MCE.



Gambar 4.4: Perbandingan nilai rata-rata interstory drift untuk struktur SRPM baja lantai 4 tanpa panel zone dengan pemodelan panel zone paralelogram dan scissor terhadap gempa tunggal dengan nilai penskalaan DBE terhadap groundmotion.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa nilai interstory drift dengan penskalaan DBE yang diakibatkan oleh gempa tunggal pada struktur srpm baja lantai 4 dengan menggunakan pemodelan panel zone paralelogram lebih dominan dari lantai rendah sampai lantai tinggi dibandingkan dengan nilai interstory drift dengan penskalaan DBE dengan struktur SRPM baja lantai 4 dengan menggunakan pemodelan panel zone Scissor dan tanpa pemodelan panel zone.



Gambar 4.5: Perbandingan nilai rata-rata interstory drift untuk struktur SRPM baja lantai 4 terhadap gempa tunggal dan gempa berulang dengan nilai penskalaan MCE terhadap groundmotion.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa nilai interstory drift dengan penskalaan MCE yang diakibatkan oleh gempa tunggal pada struktur srpm baja lantai 4 dengan menggunakan pemodelan panel zone paralelogram lebih dominan dari lantai rendah sampai lantai tinggi dibandingkan dengan nilai interstory drift dengan penskalaan MCE dengan struktur SRPM baja lantai 4 dengan menggunakan pemodelan panel zone Scissor dan tanpa pemodelan panel zone. Pada lantai tengah nilai rata-rata interstory drift dengan penskalaan MCE yang diakibatkan oleh gempa tunggal pada struktur srpm baja lantai 4 tanpa pemodelan panel zone lebih dominan daripada nilai rata-rata interstory drift dengan penskalaan MCE yang diakibatkan oleh gempa tunggal pada struktur srpm baja lantai 4 dengan menggunakan pemodelan panel zone Scissor. Dan nilai interstory drift dengan penskalaan MCE yang diakibatkan oleh gempa tunggal pada struktur SRPM baja lantai 4 dengan pemodelan panel zone scissor relative sama dengan penskalaan DBE pada struktur SRPM baja lantai 4 tanpa panel zone pada lantai tinggi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis linear dan non linear yaitu pembahasan mengenai perbandingan simpangan antar tingkat dan simpangan atap berdasarkan perbedaan pemodelan panel zone pada struktur SRPM baja lantai 4 terhadap gempa tunggal, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisa pada struktur SRPM baja lantai 4 berdasarkan perbedaan pemodelan panel zone terhadap rekaman gempa tunggal berdasarkan penskalaan DBE linier, MCE linier, DBE non linier dan MCE non linier, diperoleh bahwa nilai rata-rata simpangan antar tingkat terbesar terdapat pada penskalaan rekaman gempa MCE non linier dan DBE nonlinier pada struktur pemodelan tanpa panel zone (centerline) yaitu sebesar 0.426 m.
2. Pada hasil analisa pada struktur SRPM baja lantai 4 berdasarkan perbedaan pemodelan panel zone terhadap rekaman gempa tunggal berdasarkan penskalaan DBE linier, MCE linier, DBE non linier dan MCE non linier didapati bahwa nilai top displacement diplot menjadi diagram analisis simpangan inelastic dimana pada diagram tersebut menunjukkan bahwa rasio simpangan untuk struktur SRPM baja lantai 4 akibat dari gempa tunggal,

penskalaan DBE centerline lebih besar dibandingkan dengan penskalaan DBE pemodelan paralelogram dan scissor. Dan pada penskalaan MCE, hasil analisis simpangan inelastic pemodelan scissor lebih besar dibandingkan dengan centerline dan paralelogram yang didapatkan dari nilai rata-rata simpangan atap yang dimodelkan terhadap 20 rekaman gempa tunggal.

REFERENSI

- Ardiansyah, F. 2012. Analisis Akurasi Hasil Pengolahan Baseline GPS dengan Perangkat Lunak Komersial untuk Studi Land Subsidence. Semarang: Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- Badan Standarisasi Nasional (2012) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2012. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Budiono, B. dan Supriatna, L (2011) Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa Dengan Menggunakan SNI 03-1726:2002 dan SNI 1726:2012. Bandung: ITB.
- Departemen Pekerjaan Umum (1987). Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung, Jakarta: Yayasan Badan Pen erbit PU.
- Darmawan, W. F., Suryanita, R., & Djauhari, Z. (2017). Evaluasi Kesehatan Struktur Bangunan Berdasarkan Respon Dinamik Berbasis Data Akselerometer. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 23(2), 142-148.
- Dewobroto, W. (2005). Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa dengan Analisa Pushover. Universitas Pelita Harapan.
- Dosen, F. Z. J., & Dosen, M. Z. S. J. (2016). The Innovative Performance of Polymer Modified Cement Systems for Use in Infrastructure Applications. *KUMPULAN JURNAL DOSEN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA*, 1(1).
- Faisal, A. (2007). Estimasi Respon Tanah Sedang di Beberapa Lokasi di Kota Medan Akibat Skenario Terburuk Gempa Sumatera. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 14(1), 15-26.
- Faisal, A. (2019). Perilaku Nonlinear Struktur Gedung Baja Dengan Bentuk Denah L, T Dan U Akibat Gempa. *Progress In Civil Engineering Journal*, 1(1), 63- 73.
- Faisal, A. (2019). Influence of repeated earthquakes on the ductility demand of inelastic RC buildings. *KUMPULAN JURNAL DOSEN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA*.
- Faisal, A. (2020). Evaluasi jarak aman antara struktur SRPM tinggi dengan struktur SRPM disebelahnya terhadap gempa. *KUMPULAN BERKAS KEPANGKATAN DOSEN*.
- Frapanti, S. (2018). Studi perhitungan kekakuan portal dinding bata pada bangunan bertingkat dari beberapa negara dengan pushover. *Educational Building Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil*, 4(1 JUNI), 1-10.
- Frapanti, S., Asfiati, S., & Hadipramana, J. (2020). Pendampingan Legalitas Mutu Berstandart SNI Guna Meningkatkan Pendapatan Home Industri Batu Bata Di Desa Sido Urip Kecamatan Beringin Kabupaten Deli Serdang. *JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 41-46.
- Goda, K., & Taylor, C. A. (2012). Effects of aftershocks on peak ductility demand due to strong ground motion records from shallow crustal earthquakes. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 41(15), 2311- 2330.
- Haqqi, M. K. F., Yuwono, B.D., Awaluddin, M. 2015. "Survei Pendahuluan Deformasi Muka Tanah dengan 60 Pengamatan GPS Di Kabupaten Demak (Studi Kasus : Pesisir Pantai Kecamatan Sayung)". Semarang: Jurnal Teknik Geodesi UNDIP.Joetomo. 2013.
- Nugraha, L. A. A., & Fauzy, A. (2014, August). Interval Konfidensi Untuk Satu Parameter Distribusi Eksponensial Di Bawah Sensor Tipe-II (Studi kasus data waktu tunggu gempabumi besar di Indonesia). In *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika* (Vol. 5, No. 1, pp. 371-376).
- Mamesah, H. Y., Wallah, S. E., & Windah, R. S. (2014). Analisis Pushover pada Bangunan dengan Soft First Story. *Jurnal Sipil Statik*, 2(4).

- Muliadi, M., Afifuddin, M., & Aulia, T. B. (2018). Analisis Simpangan Antar Lantai Pada Bangunan Menggunakan Base Isolator Di Wilayah Gempa. *Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi*, 3(4).
- Rashidi, A., Majid, T. A., Fadzli, M. N., Faisal, A., & Noor, S. M. (2017, October). A Comprehensive Study on the Influence of Strength and Stiffness eccentricities to the On-plan Rotation of Asymmetric Structure. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1892, No. 1, p. 120013). AIP Publishing LLC.
- Riza, F. V., Rahman, I. A., & Zaidi, A. M. A. (2011). Preliminary study of compressed stabilized earth brick (CSEB). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(9), 6-12.
- Siswanto, A.B, dan Salim, M.,2018,Rekayasa Gempa, K-Media, Yogyakarta.
- Zulkarnain, F. (2021, August). Pengembangan dan Analisis Campuran Beton Mutu Tinggi untuk Struktur Dermaga di Indonesia. In *Seminar Nasional Teknologi Edukasi Sosial dan Humaniora* (Vol. 1, No. 1, pp. 54-58).
- Zulkarnain, F. (2021). KONTRAK, PETELITAIN PENELITIAN TERAPAIN (PT) Tahun Anggaran 2018. *KUMPULAN BERKAS KEPANGKATAN DOSEN*.