

Collapse Margin Ratio Srpm Baja 8 Lantai Akibat Gempa Berulang

DICKY HENDRAWAN

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

dickyhendrawan@gmail.com

ABSTRAK

Pada tugas akhir ini direncanakan sebuah struktur dengan 8 lantai yang dimodelkan terhadap 4 jenis penskalaan rekaman gempa yaitu penskalaan DBE dan MCE untuk analisis linier dan analisis non linier. Dari hasil analisis yang didapatkan dari hasil memodelkan struktur baja dengan kondisi tanah lunak (R8) terhadap gempa tunggal dan gempa berulang. Untuk mencegah runtuhnya struktur yang selalu menjadi perhatian. Runtuh berarti bahwa struktur tersebut tidak lagi dapat mentolerir beban gravitasi selama aksi seismik. Untuk alasan ini, kegagalan struktur akibat gempa akan menjadi salah satu tujuan utama kode seismik dan standar desain, dan akan lebih sistematis bila dilihat melalui parameter rasio margin keruntuhan (Collapse Margin Ratio). Pada hasil didapatkan nilai collapse margin ratio dimana hasil rasio pada gempa berulang lebih besar dibandingkan gempa tunggal dengan penskalaan MCE. Hasil analisis juga didapatkan nilai collapse margin ratio dimana nilai rasio yang didapat dari RSA Collapse dibagi dengan RSA MCE. Dengan hasil untuk gempa berulang adalah 1.9836 dan untuk gempa tunggal adalah 1.5576.

Kata Kunci: Gempa bumi, gempa berulang, Gempa Tunggal, baja, CMR.

Collapse Margin Ratio Srpm Steel 8 Floor Due To Repeat Earthquakes (Study Of Literature)

ABSTRACT

In this final project, a structure with 8 floors is planned which is modeled against 4 types of earthquake recording scaling, namely DBE and MCE scaling for linear analysis and non-linear analysis. From the analysis results obtained from the results of modeling steel structures with soft ground conditions (R8) against single earthquakes and repeated earthquakes. To prevent the collapse of structures that are always a concern. Collapsing means that the structure can no longer tolerate the gravity loads during seismic action. For this reason, structural failure due to earthquakes will be one of the main objectives of seismic codes and design standards, and will be more systematic when viewed through the Collapse Margin Ratio parameter. In the results, the value of the collapse margin ratio is obtained where the ratio results in repeated earthquakes are greater than single earthquakes with MCE scaling. The results of the analysis also showed the value of collapse margin ratio where the ratio value obtained from RSA Collapse was divided by RSA MCE. The result for repeated earthquakes is 1.9836 and for a single earthquake it is 1.5576.

Keywords: *Earthquake, recurring earthquake, Single Earthquake, steel, CMR.*

PENDAHULUAN

Indonesia termasuk negara yang sering tertimpa bencana gempa bumi. Gempa bumi baik yang skala kecil maupun skala besar pernah terjadi di Indonesia. Letak geografis Indonesia yang berada di pertemuan perbatasan 3 (tiga) lempeng tektonik yaitu lempeng Australia, lempeng Pacific dan lempeng Euroasia yang mengakibatkan Indonesia menjadi daerah yang rawan gempa. Akibat daripada itu diperlukan bangunan-bangunan gedung yang fleksibel sangat dibutuhkan di wilayah area rawan gempa dan juga struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen guna memaksimalkan kinerja daripada balok, kolom dan sambungan. Penggunaan Sistem Rangka Pemikul Momen agar meminimalisir momen yang terjadi pada elemen akibat gaya gempa. Dengan kondisi geografis yang seperti itu letak suatu gedung bisa saja berada tepat dilokasi patahan dan bisa saja berjauhan dari lokasi patahan yang mengakibatkan berbedanya respon gempa yang diterima oleh suatu gedung. Disamping itu gedung tersebut bisa saja mengalami kegempaan yang lebih dari sekali (gempa berulang) pada rentang umur layannya (50 tahun). Dengan kondisi seperti ini bangunan gedung dengan material baja lebih sesuai dibandingkan dengan material beton.

Gempa berulang bisa saja terjadi tidak lama setelah gempa awal berlangsung yang dapat

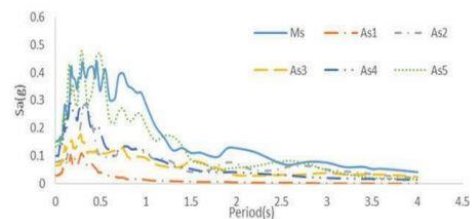
memberikan kerusakan lebih lanjut bahkan dapat mengakibatkan keruntuhan pada struktur bangunan. Pada beberapa kasus intensitas gempa berulang sering kali lebih besar daripada gempa awal yang mengakibatkan kemungkinan runtuhnya suatu struktur semakin besar.

Tabel 1.1 menunjukkan sejumlah kejadian-kejadian gempa yang berulang pada lokasi. Tampak bahwa magnituda antara dua (atau lebih) gempa tidak terlalu jauh perbedaannya.

Tabel 1.1: Contoh kejadian gempa yang berulang terjadi pada satu lokasi (Abdollahzadeh dkk. 2017)

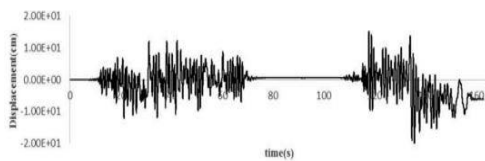
Earthquake name	Date	Time	M_s	Number of selected records
Hollister	4/9/61	7:23	5.6	1
Whittier Narrows	4/9/61	7:25	5.5	2
	10/01/8	14:42	6.0	
Irpinia, Italy	10/04/8	10:59	5.3	1
	11/23/8	19:34	6.9	
	11/23/8	19:35	6.2	
Livermore	1/27/80	19:00	5.8	1
	1/29/80	02:33	5.4	
Chi-Chi, Taiwan	9/20/99	9:20	7.6	28
	9/20/99	17:57	5.9	
	9/20/99	18:03	6.2	
	9/22/99	00:14	6.2	
	9/25/99	23:52	6.3	

Gambar 1.1 menjelaskan respon spektrum rekaman percepatan gempa yang terjadi berulang kali pada satu lokasi, yaitu Gempa Chi-Chi (Taiwan) yang terekam pada stasiun Chy088.



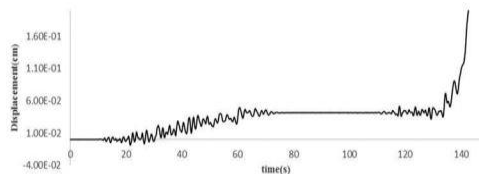
Gambar 1.1: Spektrum respon percepatan rekaman gempa Chi-Chi pada stasiun Chy088 yang terjadi berulang kali dalam rentang waktu dari 20-25 September 1999 (Abdollahzadeh dkk. 2017).

Gambar 1.2 menjelaskan respon struktur baja 20 lantai terhadap dua gempa yang terjadi berulang pada kasus Gempa Chi-Chi pada tahun 1999. Tampak bahwa pada getaran simpangan mengalami perubahan garis baseline akibat gempa yang kedua. Hal ini menunjukkan struktur baja tersebut mengalami sendi plastis yang cukup signifikan akibat getaran gempa yang kedua.



Gambar 1.2: Respon spektrum perpindahan 20 lantai metode PBD terhadap gempa TCU113N stasiun TCU113 (Abdollahzadeh dkk. 2017).

Pada Gambar 1.3 tampak jelas struktur baja 20 lantai mengalami keruntuhan akibat gempa yang kedua. Hal ini ditunjukkan oleh grafik simpangan yang secara drastis naik ke atas dan terputus.



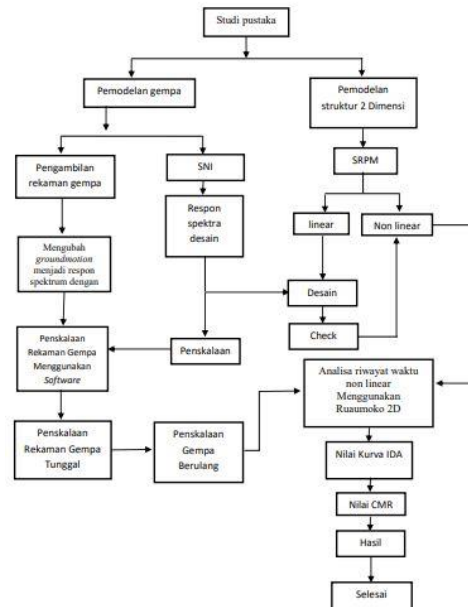
Gambar 1.3: Respon spectrum perpindahan 20 lantai metode ED terhadap gempa TCU113N stasiun TCU113 (Abdollahzadeh dkk. 2017).

Untuk mencegah runtuhnya struktur yang selalu menjadi perhatian. Runtuh berarti bahwa struktur tersebut tidak lagi dapat mentolerir beban gravitasi selama aksi seismik. Untuk alasan ini, kegagalan struktur akibat gempa akan lebih sistematis bila dilihat

melalui parameter rasio margin keruntuhan (Collapse Margin Ratio).

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 model dengan sistem rangka pemikul momen khusus pada bagian luar dan sistem rangka pemikul gravitasi pada bagian dalam. Model bangunan tersebut dianalisis secara Linear dan Non-Linear 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 simpangan yang ada ketika bangunan telah dikenakan gempa tunggal dan berulang. Kemudian nilai simpangan tersebut akan dibandingkan untuk setiap modelnya.

Pemodelan Struktur

Adapun data perencanaan struktur yang digunakan pada keempat pemodelan dalam Program Analisa Struktur, yaitu:

1. Jenis pemanfaatan gedung perkantoran.
2. Gedung terletak di Banda Aceh.
3. Klasifikasi situs tanah lunak (SE).
4. Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
5. Jenis portal struktur gedung adalah struktur baja.
6. Mutu baja yang digunakan adalah ASTM A992
 - Kuat leleh minimum (f_y) : 50 ksi (345 Mpa)
 - Kuat tarik minimum (f_u) : 65 ksi (450 Mpa)

Analisis Struktur

Analisis Dinamik Struktur Linier Analisis ini menggunakan Metode Respon Spektrum. Pada analisis ini, alat bantu software yang digunakan adalah Program Analisa Struktur.

Respon Spektrum Desain Gempa

Respon Spektrum Desain Gempa Banda Aceh (Tanah Lunak) Berdasarkan SNI 1726:2012, respon spektrum gempa didesain pada kondisi tanah lunak yang terletak di Kota Banda Aceh, kemudian dianalisis dengan 4 model yaitu

Linear MCE dan DBE serta Non Linear MCE dan DBE.

Kombinasi pembebanan yang digunakan dihitung berdasarkan ketentuan yang ditetapkan dalam SNI 1726:2012 tentang standar perencanaan bangunan tahan gempa, maka didapatkan untuk Faktor $R=8$ nilai $\rho = 1.3$ yang diperoleh dari kategori desain seismik D dan nilai $SDS = 1$, maka kombinasi pembebanannya dapat dilihat pada Tabel 3.2 untuk faktor $R=8$.

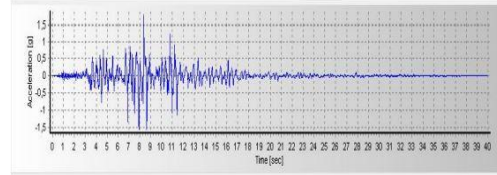
Kombinasi pembebanan yang digunakan dihitung berdasarkan ketentuan yang ditetapkan dalam SNI 1726:2012 tentang standar perencanaan bangunan tahan gempa, maka didapatkan untuk Faktor $R=8$ nilai $\rho = 1.3$ yang diperoleh dari kategori desain seismik D dan nilai $SDS = 1$, Setiap data rekaman gempa terdiri dari 2 data gempa horizontal (arah X dan Y) dan 1 data gempa vertikal (arah Z), namun dalam Tugas Akhir ini data rekaman gempa yang digunakan hanya gempa horizontal arah X, sementara gempa horizontal arah Y tidak digunakan karena bangunan yang direncanakan dalam bentuk 2 dimensi (2D) pada sumbu X dan gempa vertikal arah Z karena dalam analisis karena data relatif sangat kecil (atau dianggap sama dengan 0).

Selanjutnya data rekaman gempa yang diperoleh tersebut diskalakan terhadap respon spektrum desain. Pada proses penskalaan dibutuhkan data respon spektrum desain agar data rekaman gempa original disesuaikan dengan kondisi geologis pada Kota Banda

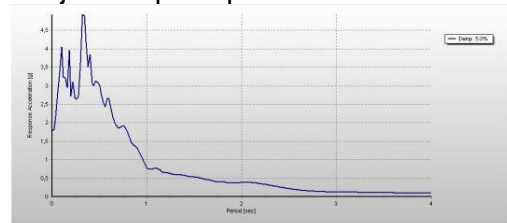
Aceh (tanah lunak). Selain itu, rentang perioda alami (T) juga dibutuhkan dalam proses penskalaan agar hasil skala lebih detail. Kemudian data rekaman gempa yang telah diskalakan digunakan sebagai input pada software RUAUMOKO versi 04. untuk Analisis Dinamik Non Linier Inelastis dengan Metode Analisa Riwayat Waktu.

Analisis Respon Riwayat Waktu Analisis ini merupakan tahap evaluasi yang dijadikan sebagai perbandingan terhadap analisis linear sebelumnya, sehingga tidak perlu seluruhnya memenuhi syarat-syarat SNI 1726:2012. Karena model yang digunakan merupakan model yang seluruhnya telah memenuhi syarat-syarat SNI 1726:2012 pada analisis linier sebelumnya yaitu dengan Metode Respon Spektrum. Pada Metode Respon Riwayat Waktu ini dianalisis secara dua dimensi. Alat bantu software yang digunakan adalah RUAUMOKO2D versi 04. Sebelum dianalisis dengan RUAUMOKO2D terdapat beberapa tahapan sebagai berikut :

- a. Pengambilan rekaman gempa dari PEER NGA dan COSMOS. Daerah- daerah rekaman yang diambil tertera pada tabel
- b. Mengubah rekaman gempa menjadi respon spektrum dengan bantuan software Seismosignal. Hal ini dilakukan untuk memudahkan proses penskalaan.



Gambar 3.5: Rekaman gempa Northridge-01 sebelum diubah menjadi respon spectrum.



Gambar 3.6: Rekaman gempa Northridge-01 setelah diubah menjadi respon spectrum.

- c. Mengubah rekaman gempa menjadi respon spektrum dengan bantuan software Seismosignal. Hal ini dilakukan untuk memudahkan proses penskalaan.
- d. Menskalakan rekaman gempa dengan menggunakan aplikasi komputer, rekaman gempa akan dijadikan gempa tunggal dan gempa berulang.

Data- data rekaman yang telah diskalakan dan digabungkan menggunakan aplikasi komputer akan digunakan sebagai input data pada analisis menggunakan RUAUMOKO2D.

Analisis Dinamik Struktur Nonlinear

Analisis ini menggunakan Metode Respon Riwayat Waktu dan dianalisis secara dua dimensi. Alat bantu software yang digunakan adalah RUAUMOKO2D versi 04. Menurut Faisal (2013), analisis nonlinear dapat dikerjakan setelah analisis linear selesai dikerjakan

berdasarkan SNI 1726:2012 dengan tahapan sebagai berikut: 1. Analisis modal (cek perioda; partisipasi massa > 90%; kekakuan tidak direduksi) 2. Analisis linear statik ekuivalen 3. Analisis linear dinamik respon spektrum 4. Analisis linear dinamik respon riwayat waktu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

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 8 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: $0,85 V_1/V_t \geq 1$ (4.1)

dimana:

V_1 = Gaya geser dasar nominal statik ekuivalen

V_t = Gaya geser dasar kombinasi ragam

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 : $V_t \geq 0,85 C_s.W$

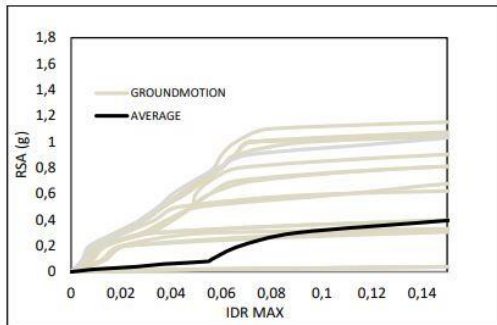
Nilai Simpangan Gedung

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.

Hasil Analisa Non Linier

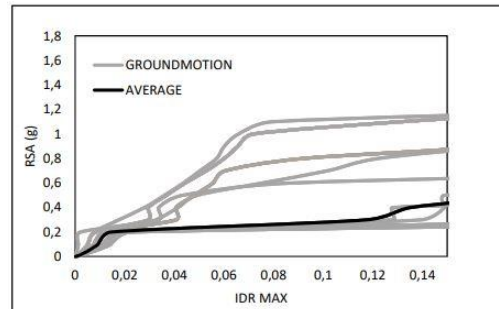
Incremental Dynamic Analysis (IDA)

Incremental Dynamic Analysis yang di lakukan pada model struktur menghasilkan gambaran respon dan kapasitas dari struktur yang selanjutnya dapat digunakan untuk membentuk kurva keruntuhan struktur. Analisis IDA menggunakan 20 bentuk rekaman gempa terdapat pada Tabel 3.3 gempa berulang dan dapat dilihat pada Gambar 4.1 untuk model gempa berulang dan Gambar 4.2 untuk model gempa tunggal.



Gambar 4.1: Nilai rata-rata IDA (Incremental Dynamic Analysis) untuk struktur SRPM baja lantai 8 akibat gempa berulang dengan perbedaan nilai penskalaan groundmotion.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pada penskalaan MCE Linear nilai IDA (Incremental Dynamic Analysis) pada gempa berulang yang mengalami tren yang lebih kecil diawal dan mengalami peningkatan yang tidak terlalu dominan dibanding dengan penskalaan groundmotion pada gempa berulang.

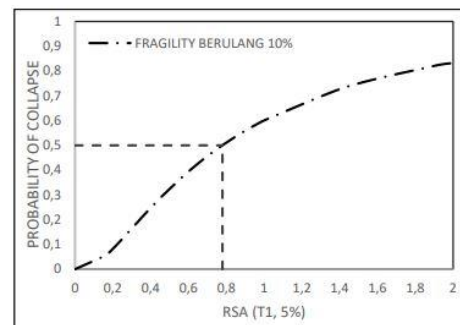


Gambar 4.2: Nilai rata-rata IDA (Incremental Dynamic Analysis) untuk struktur SRPM baja lantai 8 terhadap gempa tunggal dengan perbedaan nilai penskalaan groundmotion.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pada penskalaan MCE nilai rata-rata IDA (Incremental Dynamic Analysis) akibat gempa tunggal memiliki nilai RSA (g) lebih kecil dibanding dengan hasil nilai penskalaan groundmotion yang lebih dominan.

Analisis Probability of Collapse

Dari proses Incremental Dynamic Analysis (IDA) didapatkan nilai IDR ratio pada RSA tertentu yang kemudian akan digunakan dalam menganalisa probabilitas keruntuhan struktur gedung terhadap nilai RSA. Hasil Probabilitas keruntuhan struktur untuk gempa berulang dan gempa tunggal dapat dilihat pada Gambar 4.2.

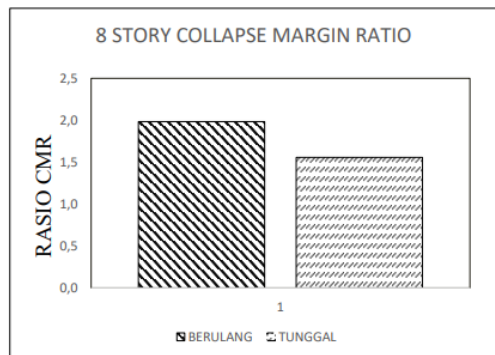


Gambar 4.5: Grafik probabilitas keruntuhan terhadap gempa berulang untuk struktur SRPM baja lantai 8.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa nilai probability of collapse dengan penskalaan MCE yang diakibatkan oleh gempa berulang didapat nilai 0.8 atau 80% keruntuhan terhadap RSA(T1).

Collapse Margin Ratio

Setelah didapat nilai probability of collapse maka dapat dilakukan perbandingan nilai collapse margin ratio pada gempa berulang dan gempa tunggal. Dapat dilihat untuk nilai keruntuhan dengan nilai = 10 % dengan nilai median 50% pada gempa berulang dan gempa tunggal. Pada gempa berulang memiliki nilai RSA(T1) yang lebih besar dari pada gempa tunggal. Pada gempa tunggal mengalami penurunan yang terhadap gempa berulang, tetapi gempa berulang memiliki nilai RSA(T1) yang tidak terlalu jauh berbeda.



Gambar 4.8: Diagram batang Collapse Margin Ratio nilai perbandingan pada gempa berulang dan gempa tunggal.

Tabel 4.3: Nilai perbandingan rasio collapse margin ratio pada gempa berulang dan gempa tunggal.

GEMPA	RSA	MCE	Median 50%	CMR
				RSAC/RSAmce
BERULANG	t1	0.393	0.779557	1.983605
TUNGGAL	t1	0.393	0.612145	1.557621

Pada tabel 4.3 terdapat nilai perbandingan collapse margin ratio untuk kedua jenis gempa dalam setiap penskalaannya. Besarnya kenaikan yang terjadi dapat dilihat dengan nilai gempa berulang yang lebih dominan dibandingkan gempa tunggal, dapat dilihat pada diagram batang Gambar 4.8

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis linear dan non linear yaitu pembahasan mengenai perbandingan incremental dynamic analysis dan collapse margin ratio sistem rangka pemikul momen (SRPM) terhadap getaran gempa berulang dan gempa tunggal, maka dapat diambil kesimpulan Hasil analisa pada struktur terhadap rekaman gempa tunggal dan gempa berulang berdasarkan penskalaan MCE linear, didapati bahwa nilai incremental dynamic analysis pada gempa berulang mengalami tingkat keruntuhan yang lebih besar dari pada gempa tunggal pada penskalaan rekaman gempa.

Pada hasil analisa pada struktur terhadap rekaman gempa tunggal dan gempa berulang berdasarkan penskalaan MCE linier, didapati bahwa nilai probability of collapse pada gempa berulang mengalami tingkat kerapuhan sebesar 0.8 atau 80% tingkat keruntuhan terhadap nilai RSA(T1). Dibandingkan dengan gempa tunggal dengan nilai probability of collapse sebesar 0.6 atau 60% tingkat keruntuhan terhadap nilai RSA(T1). Dengan

Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]
Vol 1 Nomor 2 Oktober 2021, hal: 1-10
ISSN:

kesimpulan bahwa pada struktur gempa berulang lebih cepat runtuh dibandingkan dengan gempa tunggal yang dimodelkan terhadap 20 rekaman gempa tunggal dan 20 rekaman gempa berulang.

DAFTAR PUSTAKA
JURNAL

- Anonim. (2018). Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain. Bsn.
- BSN. (2013). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Bandung: Badan Standardisasi Indonesia, 1–265. www.BSN.go.id
- BSN. (2015). SNI-1729-2015: Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural Badan Standardisasi Nasional. Badan Standarisasi Nasional. www.bsn.go.id
- Cintac. (2010). Manual Técnico Instadeck. 7. https://www.cintac.cl/pdf/manual_instadeck.pdf
- Colaborante, P. (2004). Instadeck. Departemen Pekerjaan Umum. (2002). Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung. Standar Nasional Indonesia.
- Frapanti, S. (2018). Analisa Portal yang Memperhitungkan Kekakuan Dinding Bata dari Beberapa Negara Pada Bangunan Bertingkat Dengan Pushover. Kumpulan Jurnal Dosen Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- 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.
- Hadipramana, J., & Syahputra, J. (2021). PERBANDINGAN SIMULASI GAYA AKSIAL DAN LATERAL PLAIN WALL BETON RINGAN ANTARA CAMPURAN STYROFOAM DENGAN LAPISAN COATING DAN ABU SEKAM PADI DENGAN FLY ASH. PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL, 1(2).
- Hadipramana, J., Aguslinar, A., Pratiwi, D. N., & Ginting, N. W. (2019, October). Program Pendampingan Remaja Terhadap Dampak Teknologi Digital Terhadap Gaya Hidup di Desa Sidodadi Ramunia, Kabupaten Deli Serdang. In Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan (Vol. 1, No. 1, pp. 378-383).
- Lantai, P., Slab, D., Jenis, B., & Tulangan, D. (n.d.). 1823_Chapter_V. 132–332.
- Lubis, S., Damanik, W. S., & Siregar, M. A. (2021, January). DESIGN OF QIBLAT DIRECTION USING HMc 5883L SENSOR. In Proceeding International Seminar of Islamic Studies (Vol. 2, No. 1, pp. 178-184).
- Lubis, S., Pasaribu, F. I., Harahap, P., Damanik, W. S., Siregar, R. S., Siregar, M. A., ... & Batubara, S. S. (2020). Pelatihan Penggunaan Sensor HMC 5883L Sebagai Petunjuk Arah Kiblat Sumatera Utara. IHSAN: JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT, 2(2), 229-237.
- Lubis, S. (2018). Analisa Tegangan Keluaran Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif. RELE: Rekayasa Elektrikal dan Energi Jurnal Teknik Elektro <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RELE>.
- Lubis, S. (2019). Analisis Pengaruh Besar Gesekan Terhadap Tegangan Thermal Pada Sepatu Rem Mobil Ketebalan 8 mm Menggunakan Perangkat Lunak Msc. Nastran V. 9. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, 2(1), 44-53.
- Lubis, S. (2019). Analisis Pengaruh Besar Gesekan Terhadap Tegangan Thermal Pada Sepatu Rem Mobil Ketebalan 2 mm Menggunakan Perangkat Lunak Msc. Nastran V. 9. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, 2(2), 104-114.

- Lubis, S., Siregar, I., & Siregar, A. M. (2020). Karakteristik Unjuk Kerja 2 Pompa Sentrifugal Dengan Susunan Seri Sebagai Turbin Pat. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, 3(2), 85-92.
- Lubis, S., Siregar, C. A., Siregar, I., & Hasibuan, E. S. (2020). Kajian Eksperimen Defformasi Tekanan Pada Struktur Sarang Lebah Dengan Variasi Ukuran Hexagonal Yang Diuji Secara Statis. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, 3(1), 01-10.
- Made Budiwati, I. (2012). Pengujian Kekuatan Penghubung Geser Yang Terbuat Dari Baja Tulangan Berbentuk $\hat{\text{A}}\text{E}\hat{\text{U}}$ Terbalik. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, 16(2), 212–221.
- OLLGAARD JG, SLUTTER RG, & FISHER JW. (1971). Shear strength of stud connectors in lightweight and normalweight concrete. Eng J Amer Inst Steel Constr, 8(2), 55–64.
- Pade, M. M. M., Kumaat, E. J., Tanudjaja, H., & Pandaleke, R. (2013). Pemeriksaan Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Beragregat Kasar Batu Ringan Ape Dari Kepulauan Talaud. Jurnal Sipil Statik, 1(7), 479–485.
- PU, D. (1987). PPPURG_1987.pdf.
- Riza, F. V., & Ariani, R. (2019, October). Pelatihan Manajemen Keuangan Berbasis Excel pada Unit Up2k di Desa Galang Suka. In Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan (Vol. 1, No. 1, pp. 373-377).
- Riza, F. V., Lubis, D. S., & Manurung, F. V. B. (2021). ANALISIS MEKANIS BETON BUSA DENGAN KOMBINASI SERAT SABUT KELAPA SERTA BAHAN TAMBAHAN ABU SEKAM PADI DAN SERBUK CANGKANG TELUR. PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL, 1(2).
- Rozi, M. F. (2012). Pengaruh Panjang Daerah Pemasangan Shear Connector Pada Balok Komposit Terhadap Kuat Lentur Muhammad Fakhrrur Rozi. 1–7.
- Sumampouw, F. M., Wallah, S. E., Ointu, B. M. M., & Dapas, S. O. (2018). Dengan Plat Beton. 6(7), 449–460.
- Tumimomor, M. E., Dapas, S. O., & Mondoringin, M. R. I. A. J. (2016). Analisis Penghubung Geser (Shear Connector) Pada Balok Baja Dan Pelat Beton. Jurnal Sipil STatik Vol.4 No.8 Agustus 2016 (461-470), 4(8), 461–470.
- Wijaya, Y., Sipil, D., Teknik, F., & Indonesia, U. (2008). Akibat Beban Semi Siklik Behavior Study of Partially Prestress Concrete Beam Under Semi - Cyclic Loads With Numerical Method.
- Zulkarnain, F., & Dewi, I. (2021). Bimbingan Dan Pelatihan Kepada Masyarakat Tentang Pembagian Harta Warisan Menurut Islam Di Ranting Tanjung Gusta Medan. JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat, 6(1), 70-81.
- Zulkarnain, F., & Dewi, I. D. (2020). PKM Pembuatan Saluran Drainase Dusun li Jln Inpres Desa Tanjung Gusta Untuk Mengatasi Banjir. JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat, 5(1), 1-5.
- Zulkarnain, F. (2021). KONTRAK, PETELITIAIN PENELITIAN TERAPAIN (PT) Tahun Anggaran 2018. KUMPULAN BERKAS KEPANGKATAN DOSEN.
- Zulkarnain, F. (2021). KONTRAK PENELITIAN RISET TERAPAN/MATERIAL MAJU (PPT) TAHUN ANGGARAN 2017. KUMPULAN BERKAS KEPANGKATAN DOSEN.
- Zulkarnain, F. (2021). SURAT PERJANJIAN PENUGASAN PELAKSANAAN HIBAH PROGRAM

Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik [JIMT]
Vol 1 Nomor 2 Oktober 2021, hal: 1-10
ISSN:

IPTEK BAGI MASYARAKAT TAHUN
ANGGARAN 2017. KUMPULAN
BERKAS KEPANGKATAN DOSEN.
Zulkarnain, F. (2021). SURAT
PERJANJIAN PENUGASAN
PELAKSANAAN HIBAH PROGRAM
IPTEK BAGI MASYARAKAT TAHUN
ANGGARAN 2017. KUMPULAN
BERKAS KEPANGKATAN DOSEN.