

## **Pengaruh Arah Sudut Datang Gerakan Tanah Akibat Gempa Terhadap Kerusakan Struktur Bangunan Toko (Studi Kasus)**

**Fiqhi Al Chalif**

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

[fiqhialchalif0@gmail.com](mailto:fiqhialchalif0@gmail.com)

### **Abstrak**

*Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismic. Ada dua sesar yang menjadi sumber utama gempa tektonik yaitu sesar geser mendatar (strike-slip) Sumatera, di sepanjang jalur pegunungan Bukit Barisan, dan sesar lipatan (subduction) Sumatera di dasar lautan Hindia lepas pantai barat Sumatera. Dalam penelitian ini, ada 3 model rumah toko (ruko) yang akan dianalisis. Analisis model ini dilakukan dengan cara linier dan non-linier. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui arah sudut yang lemah dari bangunan toko akibat gempa, simpangan antar lantai, simpangan atap, dan pola keruntuhan yang terjadi dari ke tiga model ruko yang terdapat di Kota Prapat. Dari hasil analisis data, dapat diambil kesimpulan: nilai maksimum untuk simpangan antar lantai dalam analisa nonlinear maupun analisa linear terjadi pada ketiga model untuk semua arah sudut datang. Serta analisis pola keruntuhan, rata-rata elemen yang mengalami sendi plastis pertama kali pada ke tiga model ruko yang ditinjau terjadi di kolom dasar. Yang mengakibatkan terjadinya soft story pada ke tiga ruko tersebut.*

**Kata Kunci** : Gempa bumi, gerakan tanah, arah sudut datang, rumah toko (ruko).

## 1. PENDAHULUAN

Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Gempa Bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak Bumi (lempeng Bumi). Frekuensi suatu wilayah, mengacu pada jenis dan ukuran gempa Bumi yang di alami selama periode waktu. Moment magnitudo adalah skala yang paling umum di mana gempa bumi terjadi untuk seluruh dunia. Skala Rickter adalah skala yang di laporkan oleh observatorium seismologi nasional yang di ukur pada skala besarnya lokal 5 magnitudo.

Rumah toko atau ruko biasanya adalah sebutan sebuah bangunan yang pada umumnya bertingkat dua hingga lima lantai. Ini memiliki beberapa fungsi: fungsi perumahan dan komersial. Pada lantai dasar biasa digunakan untuk tempat usaha dan ruang kantor, dan lantai atas digunakan untuk tempat tinggal. Ruko pada umumnya dibuat berderet, tepat pada pinggir jalan yang membentuk satu blok.

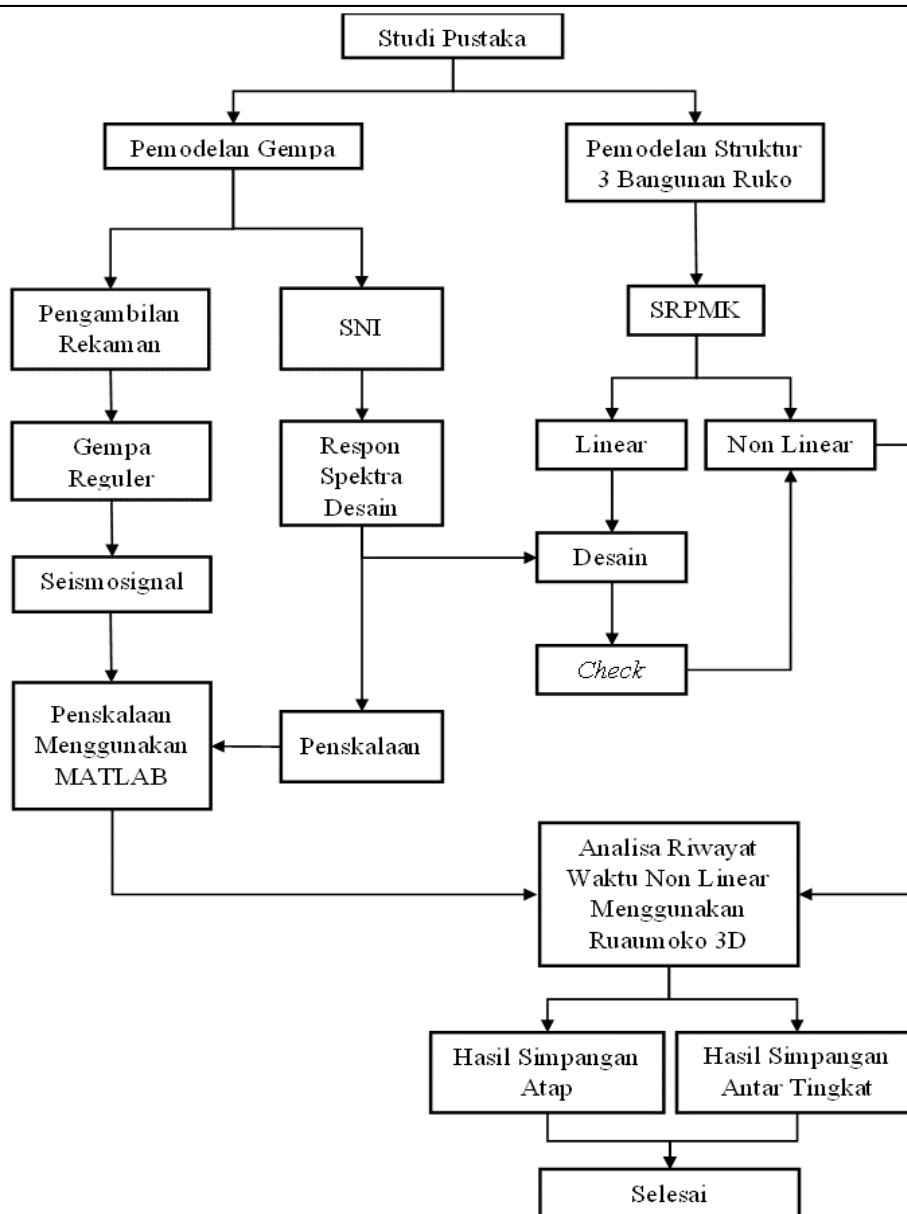
Di Sumatera Utara, ada dua sesar yang menjadi sumber utama gempa tektonik yaitu sesar geser mendatar (strike-slip) Sumatera, di sepanjang jalur pegunungan Bukit Barisan, dan sesar lipatan (subduction) Sumatera di dasar lautan Hindia lepas pantai barat Sumatera. Banyak kota yang dekat secara geometri dengan sesar-sesar gempa aktif ini, baik itu kota kecil maupun ibukota kabupaten, yang terancam dengan bahaya gempa. Gempa besar terjadi 27 tahun sekali tercatat secara rata-rata (Faisal, 2003). Gempa kuat sebesar  $M_w = 9.0$  terjadi di tahun 1833 di kawasan ini (Natawidjaja dan Triyoso, 2009).

Kejadian sebuah gempa umumnya dikaitkan kepada gempa utama yang dimilikinya. Sedangkan pada proses perencanaan, suatu bangunan hanya didesain untuk menahan gempa tunggal yang berasal dari gempa dengan magnitudo terkuat yang pernah terjadi sebelumnya. Pada kenyataannya struktur bangunan, yang telah rusak sebagian (tetapi bangunan tetap berdiri dan bisa dihuni) akibat sebuah gempa utama, dapat mengalami guncangan gempa susulan yang lebih kecil kekuatannya dari pada gempa utama, atau mengalami guncangan gempa utama lain di kemudian hari (gempa berulang). (Tondi Amirsyah Putra dkk., 2018).

Usaha-usaha yang bisa dilakukan untuk mengurangi resiko akibat bencana gempa salah satunya adalah dengan merencanakan dan membangun bangunan yang tahan gempa (Irsyam dkk., 2010). Untuk perencanaan bangunan yang tahan gempa memerlukan ground motion dan respon spektra di permukaan tanah. Parameter ground motion dan respon spektra di permukaan tanah merupakan salah satu parameter penting dalam dalam desain bangunan tahan gempa. Hingga kini, data ground motion masih sangat sedikit sehingga pada umumnya dalam analisis digunakan data ground motion gempa dari wilayah lain. Oleh karena data ground motion dan respon spectra merupakan parameter yang penting, maka penentuan ground motion harus sesuai dengan kondisi geologi, seismologi dan target parameter pergerakan batuan dasar (parameter ground motion), seperti percepatan gempa maksimum, kandungan frekuensi, dan durasi.

## 2. METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang pemodelan struktur yang direncanakan. Struktur dianalisis menggunakan 2 software bantuan, yaitu Program Analisa Struktur, dan RUAUMOKO. Secara umum, metode penelitian dalam Tugas Akhir ini dibuat dalam suatu diagram alir seperti yang tampak pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan alur penelitian.

Berdasarkan Gambar 3.1 dapat dijelaskan bahwa dalam Tugas Akhir ini menganalisis terhadap 5 model, setiap model memiliki 3 sistem rangka pemikul momen yaitu sistem rangka pemikul momen khusus, sistem rangka pemikul momen menengah, dan sistem rangka pemikul momen biasa. Kelima model bangunan rumah toko tersebut dianalisis secara Linier dan Non-Linier dengan menggunakan Metode Analisa Respon Spektrum dengan menggunakan Program Analisa Struktur serta Analisis Riwayat Waktu (*Time History Analysis*) dengan menggunakan *Software* RUAMOKO, untuk didapatkan nilai simpangan yang ada ketika bangunan telah dikenakan Skenario Terburuk Gempa. Kemudian nilai simpangan tersebut akan dibandingkan untuk setiap modelnya.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil Model Linier dan Non Linier

Pada Bab ini akan membahas beberapa hasil analisa linier dan non linier oleh Program Analisa Struktur diantaranya, perioda getar, nilai simpangan dan gaya-gaya dalam struktur gedung, berdasarkan lima jenis model setiap modelnya menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Semua input

pembebanan serta kombinasi, zona gempa dan konfigurasi bangunan adalah sama. Serta perbandingan metode analisa pada tiap pemodelan, yaitu analisa respon spektrum ragam dan analisa respon riwayat waktu.

### HASIL ANALISA RAGAM

#### Respon Spektrum Ragam

Berdasarkan SNI 1726:2019, 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 periode yang menentukan jenis perhitungan menggunakan CQC atau SRSS. Syarat :

$$SRSS > 15\% , CQC < 15\%$$

Analisa menggunakan metode CQC (Complete Quadratic Combination), hasil persentase periode 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:

1. Model 1 untuk Rumah Toko 2 Pintu , didapat 6 mode dan hasil persentase nilai periode lebih banyak diatas 15%.
2. Model 2 untuk Rumah Toko 5 Pintu , didapat 6 mode dan hasil persentase nilai periode lebih banyak diatas 15%.
3. Model 3 untuk Rumah Toko 7 Pintu , didapat 6 mode dan hasil persentase nilai periode lebih banyak dibawah 15%.

Untuk Perhitungan Tertera pada Lampiran A.3.

#### Koreksi Gempa Dasar Nominal

Berdasarkan SNI 1726:2019 Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1.4.1, Apabila kombinasi respons untuk gaya geser dasar hasil analisis ragam ( $V_t$ ) kurang dari 100 % dari gaya geser ( $V$ ) yang dihitung melalui metode statik ekuivalen, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan faktor skala :

$$\text{Faktor skala} = 100\% V/V_t = V/V_t \geq 1$$

Dimana :

$V$  = gaya geser dasar statik ekuivalen yang dihitung

$V_t$  = gaya geser dasar dari hasil analisis kombinasi ragam.

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

Model	Arah Gempa	$V$ (kN)	$V_t$ (kN)
1	X	279,808	260,164
	Y	279,808	236,627
2	X	320,423	308,516
	Y	320,423	215,847
3	X	418,284	460,345
	Y	418,284	365,519

Untuk memenuhi syarat berdasarkan SNI 1726:2019, maka harus lebih besar dari 1. Untuk perhitungan tertera pada Lampiran A.6.

#### Koreksi Faktor Redundansi

Berdasarkan pasal 7.3.4.2 SNI 1726:2019 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.

Untuk perhitungan terdapat pada Lampiran A.6.

### Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat

Nilai  $V$  dan gaya geser dasar nominal analisis respon spektrum ( $V_t$ ) dapat dilihat pada Tabel 4.1. Kontrol Koreksi skala simpangan antar tingkat berdasarkan pasal 7.9.1.4.1 SNI 1726:2019, yaitu:

Syarat :  $V_t \geq C_s.W$

Tabel 4.2: Koreksi skala simpangan antar tingkat.

Model	Arah Gempa	$V$ (kN)	$V_t$ (kN)	Cek
1	X	279,808	260,164	Tidak Oke
	Y	279,808	236,627	Tidak Oke
2	X	320,423	308,516	Tidak Oke
	Y	320,423	215,847	Tidak Oke
3	X	418,284	460,345	Oke
	Y	418,284	365,519	Oke

Dengan demikian beberapa skala simpangan tidak memenuhi syarat pasal 7.9.1.4.1 SNI 1726:2019 yaitu, gaya geser dasar hasil analisis ragam ( $V_t$ ) kurang dari 100 % dari gaya geser ( $V$ ) yang dihitung melalui metode statik ekuivalen.

### Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Gempa

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Bagi struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik C,D, E atau F yang memiliki ketidakberaturan horisontal Tipe 1a atau 1b pada Tabel 10 (SNI 1726-2019), simpangan antar lantai desain,  $\Delta$ , harus dihitung sebagai selisih terbesar dari defleksi titik-titik di atas dan di bawah tingkat yang diperhatikan yang letaknya segaris secara vertikal, di sepanjang salah satu bagian tepi struktur.

Untuk perhitungan terdapat pada lampiran A.

### Kontrol Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak (*Soft Story*)

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.3.3.4, 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 control ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak pada arah x untuk semua model, diperoleh nilai persentase kekakuan diatas batas yang ditentukan atau struktur yang direncanakan (*tidak*) mengalami *Soft Story*. Untuk hasil perhitungan terdapat pada Lampiran A.8.

### Pengaruh Efek P - Delta

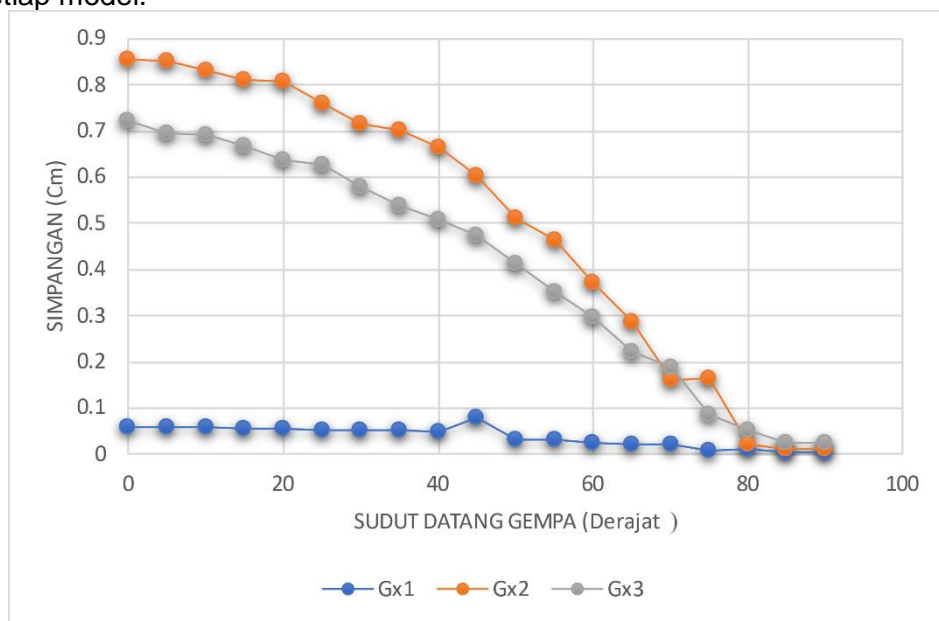
Berdasarkan SNI 1726:2012, efek P-delta dapat diabaikan jika nilai stability ratio lebih kecil dari 1. Pada hasil perhitungan, nilai *stability ratio* dibawah nilai 1 untuk semua model atau dapat dikatakan kontrolnya memenuhi syarat yang ditentukan. Pada dasarnya efek p-delta dapat diabaikan jika syarat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

Untuk perhitungan terdapat pada lampiran A.9.

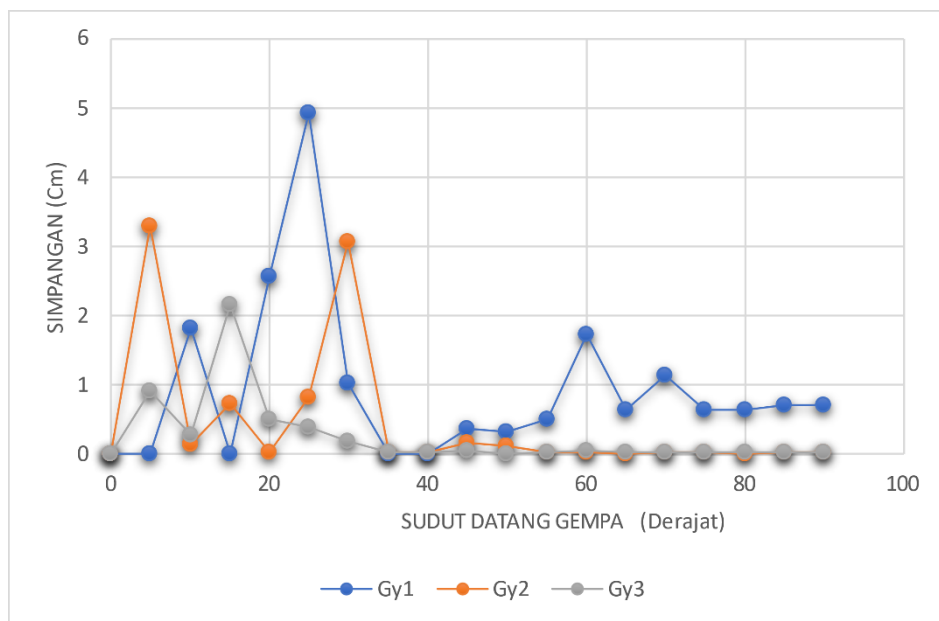
### Hasil Analisa Non Linier

Pada tahap ini merupakan bagian dari evaluasi struktur rumah toko yang telah di desain terhadap beban gempa yang telah direncanakan, dalam hal ini respon struktur akan ditinjau terhadap perbedaan jenis gempa. Jenis gempa yang diberikan pada struktur beton bertulang yaitu gempa *strike-slip*. Setiap model struktur akan diambil data simpangan antar lantai (*story drift*), simpangan atap (*top displacement*) dan pola keruntuhan bangunan. Setelah dianalisis, nilai tersebut dibandingkan terhadap faktor-faktor yang telah disebutkan diatas. Pada Gambar 4.1 sampai Gambar 4.6 menunjukkan

beberapa grafik hasil analisis *story drift* dengan pada beberapa rekaman gempa. Pada grafik *inter story drift* yang ditampilkan merupakan hasil dari beberapa sudut datang gempa. Kemudian nilai nilai dari hasil analisa nonlinear tersebut dibandingkan dengan hasil setiap model.

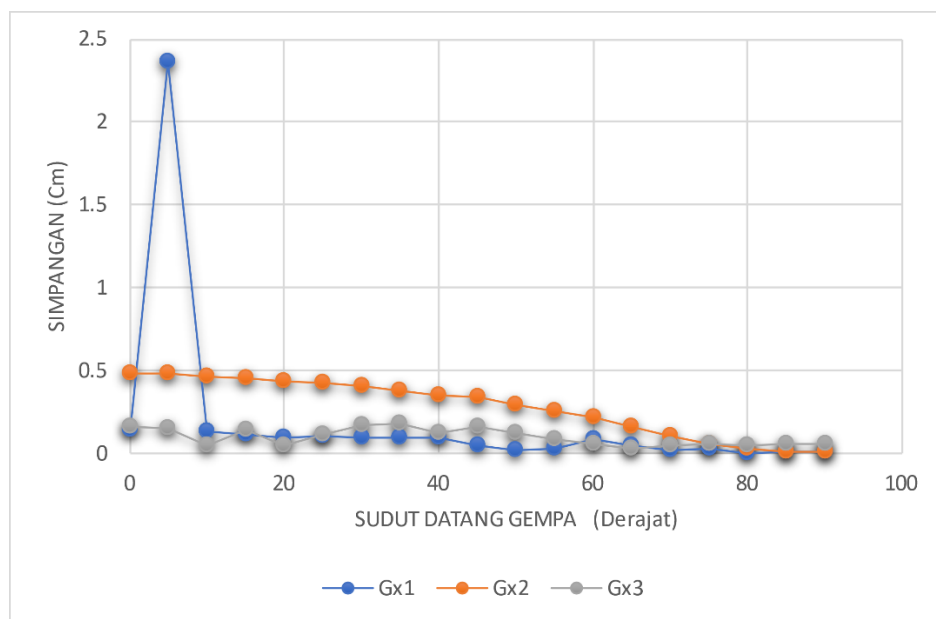


Gambar 4.1: Grafik Simpangan yang terjadi di pusat masa atap arah x untuk struktur rumah toko model 1.

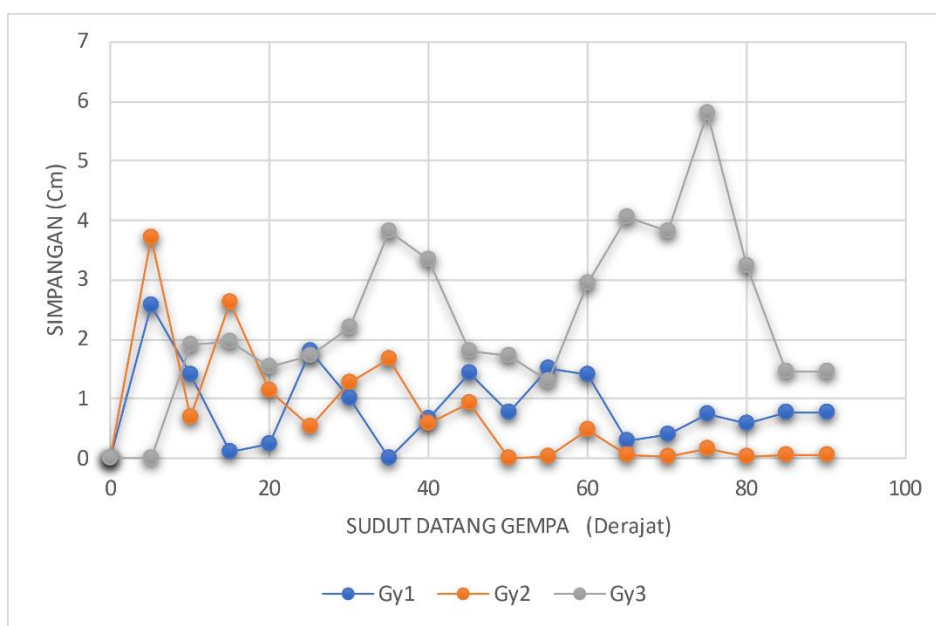


Gambar 4.2: Grafik Simpangan yang terjadi di pusat masa atap arah y untuk struktur rumah toko model 1.

Pada Gambar 4.1 dan 4.2 merupakan hasil dari simpangan pusat massa untuk struktur rumah toko model 1. Dapat dilihat dalam grafik bahwa simpangan terbesar terdapat pada sudut  $0^\circ$  pada *groundmotion* kedua dengan nilai arah x sebesar 0,855m dan arah y terdapat pada sudut  $25^\circ$  pada *groundmotion* pertama sebesar 4,942m.

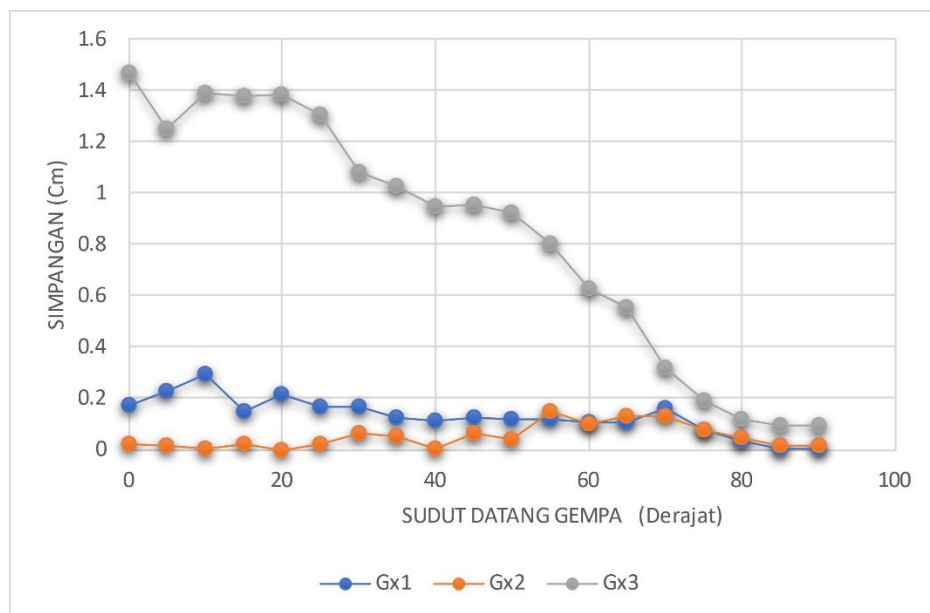


Gambar 4.3: Grafik Simpangan yang terjadi di pusat masa atap arah x untuk struktur rumah toko model 2.

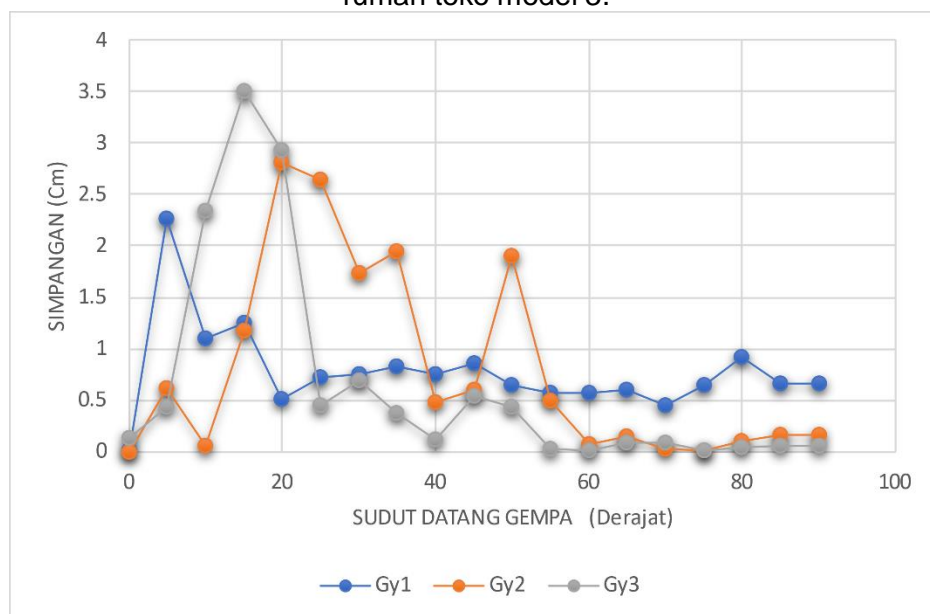


Gambar 4.4: Grafik Simpangan yang terjadi di pusat masa atap arah y untuk struktur rumah toko model 2.

Pada Gambar 4.3 dan 4.4 merupakan hasil dari simpangan pusat massa untuk struktur rumah toko model 2. Dapat dilihat dalam grafik bahwa simpangan terbesar terdapat pada sudut  $5^\circ$  pada *groundmotion* pertama dengan nilai arah x sebesar 2,365m dan arah y terdapat pada sudut  $75^\circ$  pada *groundmotion* ketiga sebesar 5,809m.



Gambar 4.5: Grafik Simpangan yang terjadi di pusat masa atap arah x untuk struktur rumah toko model 3.



Gambar 4.6: Grafik Simpangan yang terjadi di pusat masa atap arah y untuk struktur rumah toko model 3.

Pada Gambar 4.5 dan 4.6 merupakan hasil dari simpangan pusat massa untuk struktur rumah toko model 3. Dapat dilihat dalam grafik bahwa simpangan terbesar terdapat pada sudut  $0^\circ$  pada *groundmotion* ketiga dengan nilai arah x sebesar 1,464m dan arah y terdapat pada sudut  $25^\circ$  pada *groundmotion* ketiga sebesar 3,502m.

#### 4. KESIMPULAN

- 1) Beberapa model struktur telah mencapai sendi plastis, yaitu Soft Story. Bila terkena gempa tunggal.
- 2) Arah sudut datang getaran gempa yang lemah dari ketiga model struktur rumah

toko yaitu :

- a. Terhadap struktur rumah toko model 1 adalah  $0^\circ$  untuk arah x terjadi pada getaran gempa kedua dan  $25^\circ$  untuk arah y terjadi pada getaran gempa pertama.
- b. Terhadap struktur rumah toko model 2 adalah  $5^\circ$  untuk arah x terjadi pada getaran gempa pertama dan  $75^\circ$  untuk arah y terjadi pada getaran gempa ketiga.
- c. Terhadap struktur rumah toko model 3 adalah sudut  $0^\circ$  untuk arah x pada getaran gempa ketiga dan  $25^\circ$  untuk arah y pada getaran gempa ketiga.

## 5. REFERENSI

- Efrida, R. (2018). Pengaruh Setback Pada Bangunan Dengan Soft Story Terhadap Kinerja Struktur Akibat Beban Gempa. *Educational Building: Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil*, 4(1 JUNI), 62-69.
- Efrida, R. (2021, November). Pelatihan Pembuatan Pestisida Alami Menggunakan Bahan Utama Bawang Putih Dan Daun Sirih. In *Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan* (Vol. 2, No. 1, pp. 1230-1233).
- Efrida, R., & Utami, C. (2019). Evaluasi Kinerja Dinding Pengisi Bata Merah Dengan Openings Pada Struktur Beton Bertulang Akibat Beban Gempa Kuat. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 24-29.
- Efrida, R., Putra, T. A., & Utami, C. (2019). Pembangunan Irigasi Air Tanah Dangkal Untuk Peningkatan Produktivitas Usaha Tani Desa Sambirejo Kabupaten Langkat. *IHSAN: JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT*, 1(2), 196-202.
- Faisal, A. (2007). Estimasi Respon Tanah Sedang di Beberapa Lokasi di Kota Medan Akibat Skenario Terburuk Gempa Sumatera. *None*, 14(1), 15-26.
- Nurzanah, W. (2022). Analisis Resapan Tanah Dengan Sistem Biopori Sebagai Alternatif Pengendalian Banjir. *Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun*, 8(1), 88-96.
- Oktrialdi, B., & Harahap, P. (2022, July). Sistem Pentanahan Berdasarkan Perbedaan Lapisan Tanah Untuk Di Aplikasikan Pada Gardu Induk. In *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU* (Vol. 5, No. 1, pp. 117-125).
- Pane, Y., & Suhelmi, S. (2019). Pemanfaatan Sedimen Tanah Sungai Bahorok Akibat Dari Perluasan Volume Di Kawasan Bukit Lawang. *Ready Star*, 2(1), 423-428.
- Purwadi, A., Utomo, D. T., & Harahap, P. (2023). Sistem Mitigasi Bencana Tanah Longsor Berbasis Gelombang Radio. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 5(2), 70-75.
- Putera, T. A., Efrida, R., & Pasaribu, H. M. (2018). Deformasi Struktur Bangunan Rumah Toko Di Medan Akibat Gempa Berulang. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 10(1).