

ANALISIS RESPONS STRUKTUR PORTAL BAJA BERTINGKAT AKIBAT KANDUNGAN FREKUENSI GEMPA YANG BERBEDA

Elly Afisha¹⁾, Reni Suryanita²⁾, Enno Yuniarto²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode 28293

email : elly.afisha@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Indonesia is one of the countries that located in the quake zone. But not all earthquakes that occur is a devastating earthquake. Some earthquake parameters that affect the level of damage from a building structure are the peak ground acceleration, response spectrum value, earthquake duration, and earthquake frequency content. The earthquake frequency content parameters were considered the most influential on structural damage. The objective of this research is to get the response from the structure of multilevel steel portals such as displacement, inter-story drift, velocity, acceleration, and to analyze the displacement limit based on SNI 1729-2012. The reviewed structure is an open frame steel building model that is into 5 levels, 10 levels, and 15 levels. This study use time history analyses with 9 earthquake recordings of the Kobe earthquake, Mexico earthquake, Nepal earthquake, Chile earthquake, New Zealand earthquake, Sumatera earthquake, Fredericksburg earthquake, Mentawai earthquake, and Northridge earthquake that has been grouped into low-frequency content, medium frequency content, and high-frequency content. The results showed that the structure responses such as displacement, velocity, and acceleration will increase with the increasing number of levels of the building structure. The inter-story drift the allowed level of the structure still qualified based on SN 1729-2012 where the allowed drift in 7 cm and the inter-story drift produced by the structure is still less than 7 cm. An earthquake with low-frequency content has an enormous influence on the structure response in all the level structure.

Keywords: *response structure, time history, frequency content*

A. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang berada di wilayah jalur gempa asia (*Trans Asiatic Earthquake Belt*) dan jalur gempa pasifik (*Circum Pasific Earthquake Belt*) sehingga sangat berpotensi mengalami gempa. Indonesia termasuk dalam jalur Cincin Api Pasifik (*Ring of Fire*) dimana terdapat berbagai gunung aktif di berbagai wilayah Indonesia yang menyebabkan Indonesia mengalami frekuensi gempa yang cukup sering. Namun tidak semua gempa yang terjadi tersebut merupakan gempa yang tergolong merusak. Ada beberapa parameter gempa bumi yang mempengaruhi tingkat kerusakan dari suatu struktur bangunan yaitu percepatan tanah

maksimum (*Peak Ground Acceleration*), nilai spektrum respon, durasi gempa, dan kandungan frekuensi gempa. Parameter kandungan frekuensi gempa merupakan yang paling berpengaruh dibandingkan parameter lainnya (Widodo, 2001).

Pengertian secara umum gempa bumi adalah getaran yang terjadi pada permukaan tanah yang dapat disebabkan oleh aktivitas tektonik, vulkanisme, longsoran termasuk batu, dan bahan peledak (Chen and Lui, 2005). Guncangan yang disebabkan oleh peristiwa tektonik merupakan penyebab utama kerusakan struktur dan perhatian utama dalam kajian tentang bahaya gempa.

Gempa bumi dapat terjadi karena fenomena getaran dengan kejutan pada kerak bumi. Faktor utama adalah benturan pergesekan kerak bumi yang mempengaruhi permukaan bumi (Schodek, 1999). Gempa bumi ini menjalar dalam bentuk gelombang dimana gelombang tersebut mempunyai suatu energi yang dapat menyebabkan permukaan bumi dan bangunan di atasnya menjadi bergetar. Getaran ini nantinya akan menimbulkan gaya-gaya pada struktur bangunan karena struktur cenderung mempunyai gaya untuk mempertahankan dirinya dari gerakan. Gempa yang terjadi juga memiliki kandungan frekuensi yang bervariasi sehingga akan mempengaruhi respon dinamik dari bangunan tersebut. Oleh karena itu perlu diteliti lebih lanjut mengenai respons struktur bangunan akibat pengaruh dari kandungan frekuensi.

Tulisan ini bertujuan untuk mengetahui respons struktur berupa perpindahan, kecepatan, dan percepatan dari struktur akibat gempa yang memiliki kandungan frekuensi yang berbeda menggunakan analisis riwayat waktu. Penelitian terdahulu yang berkaitan yaitu penelitian dari Restu Faizah (2105) yang menganalisis respons struktur dari gedung beton bertulang menggunakan analisis dinamik riwayat waktu dengan bantuan *software* Matlab. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin rendah frekuensi gempa, maka simpangan tingkat maksimum pada bangunan yang relatif tinggi akan semakin tinggi. Semakin rendah frekuensi gempa maka gaya geser dasar pada bangunan yang relatif tinggi akan semakin tinggi. Variasi dimensi kolom/balok dapat meningkatkan simpangan tingkat, tetapi dapat menurunkan gaya horizontal tingkat dan gaya geser dasar bangunan.

Analisis akan dilakukan dengan asumsi berikut:

1. Model struktur yang digunakan yaitu *open frame* dengan variasi tingkat 5, 10, dan 15 tingkat.

2. Beban yang digunakan adalah beban mati akibat berat sendiri struktur dan beban hidup dari pekerja karena struktur hanya berupa rangka terbuka.
3. Struktur diasumsikan sebagai Hotel yang akan dibangun di Kota Pekanbaru.
4. Menggunakan data gempa yang dikelompokkan menjadi 3 kategori yaitu gempa dengan kandungan frekuensi rendah, gempa kandungan frekuensi sedang, dan gempa kandungan frekuensi tinggi yang akan diskalakan untuk daerah Pekanbaru.
5. Analisis linier riwayat waktu dilakukan menggunakan *software* elemen hingga.

B. TINJAUAN PUSTAKAN

Analisis Riwayat Waktu

Metode analisis gempa yang digunakan untuk merencanakan bangunan tahan gempa dapat dikalsifikasikan menjadi dua, yaitu analisis statik dan analisis dinamik. Dalam menganalisis perilaku struktur yang mengalami gaya gempa, semakin teliti analisis yang dilakukan maka perencanaannya semakin ekonomis dan dapat diandalkan. Untuk bangunan satu tingkat dapat direncanakan hanya dengan menetapkan besarnya beban lateral yang dapat ditahan elemen struktur dan dengan mengikuti ketentuan-ketentuan dalam peraturan.

Kandungan Frekuensi Gempa

Kandungan frekuensi gempa dinyatakan dalam rasio antara percepatan tanah maksimum (A) dengan kecepatan maksimum (V) sehingga menjadi istilah A/V rasio. Parameter frekuensi gempa berdasarkan A/V rasio suatu gempa dapat digolongkan menjadi 3 kelompok (Tso, Zhu, & Heidebrecht, 1990) yaitu:

1. Gempa frekuensi tinggi apabila mempunyai rasio A/V lebih besar dari 1,2 g/m/dt.
2. Gempa frekuensi sedang apabila mempunyai rasio A/V antara 0,8 g/m/dt – 1,2 g/m/dt.

3. Gempa frekuensi rendah apabila mempunyai rasio A/V lebih kecil dari 0,8 g/m/dt.

C. METODOLOGI PENELITIAN

Bangunan yang dianalisis merupakan model struktur portal baja yang berlokasi di Pekanbaru dengan kondisi tanah sedang. Penelitian ini dilakukan menggunakan analisis riwayat waktu dengan bantuan program elemen hingga.

Data Struktur

Pemodelan struktur bangunan dilakukan dengan program elemen hingga dengan data sebagai berikut:

1. Variasi jumlah tingkat sebanyak 5, 10, dan 15 tingkat.
2. Mutu baja yang digunakan adalah BJ 37.
3. Spesifikasi material yang digunakan yaitu:
 Modulus elastisitas, E = 200.000 MPa
 Modulus geser, G = 80.000 MPa
 Angka poisson = 0,3
 Berat jenis = 7850 kg/m³
4. Dimensi profil yang digunakan seperti pada Tabel 1.
5. Bangunan didesain dengan mengikuti peraturan yang ditetapkan SNI 1726-2012, SNI 1729-2002, SNI 1729-2015 dan mempertimbangkan LRFDnya.

Tabel 1. Dimensi Balok dan Kolom Struktur Gedung

Pemodelan	Jumlah Bentang		Panjang Bentang		Profil	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Balok	Kolom
	Model 1 (5 tingkat)	5	5	4	4	H 250.250.9.14
Model 2 (10 tingkat)	5	5	4	4	H 200.200.8.12	H 400.400.13.21
Model 3 (15 tingkat)	5	5	4	4	H 250.250.9.14	H 400.400.13.21

Data Beban Gempa

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respons struktur akibat perbedaan dari kandungan frekuensi gempa. Digunakan 9 data gempa yang dikelompokkan menjadi 3 kategori yaitu gempa kandungan frekuensi rendah, gempa kandungan frekuensi sedang, dan gempa kandungan frekuensi tinggi. Beberapa data gempa yang digunakan yaitu:

1. Gempa Mexiko 2015 (frekuensi rendah)
2. Gempa nepal 2015 (frekuensi rendah)
3. Gempa kobe (frekuensi rendah)
4. Gempa Chile 2015 (frekuensi sedang)
5. Gempa Sumatera 2007 (frekuensi sedang)
6. Gempa New Zealand (frekuensi sedang)
7. Gempa Mentawai 2007 (frekuensi tinggi)
8. Gempa Fredricksburg 2011 (frekuensi tinggi)
9. Gempa Northridge (frekuensi tinggi)

Tahapan *Time History Analysis*

Analisis *time history* dilakukan setelah memodelkan struktur portal baja sesuai data yang digunakan menggunakan program elemen hingga. Berikut penjelasan tahapan analisis *time history* yaitu:

1. Melakukan analisa ragam akibat berat sendiri.
2. Melakukan evaluasi perioda alami struktur dari hasil analisa ragam sesuai dengan yang ditetapkan SNI 1726-2012.
3. Pengecekan kapasitas kolom dan balok sesuai SNI 1729-2002.
4. Pengecekan penampang berdasarkan LRFD.
5. Memasukkan *accelerogram* gempa pada menu *function time history* sebagai beban gempa masukan sesuai dengan data gempa yang didapat.
6. Menganalisis perilaku struktur hasil analisis linier riwayat waktu berupa

perpindahan, simpangan antar tingkat, kecepatan, dan percepatan.

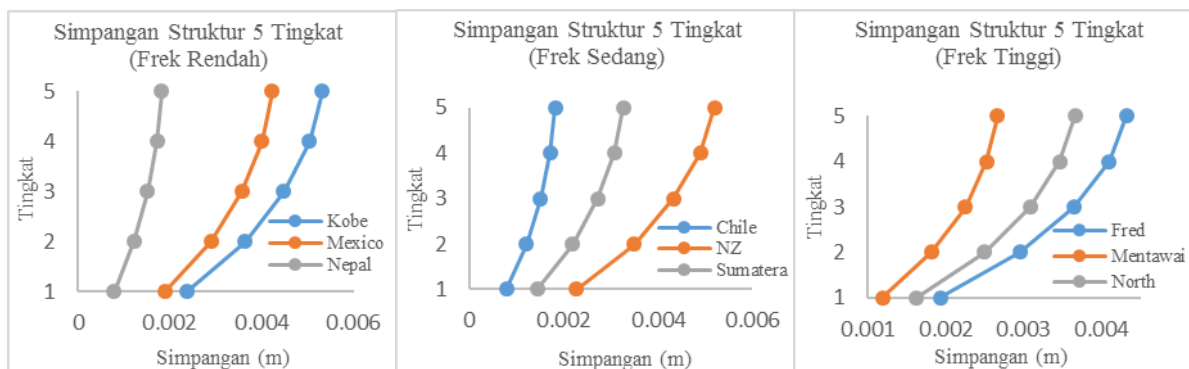
D. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan analisis *time history* pada model struktur dengan beban gempa kandungan frekuensi rendah, gempa kandungan frekuensi sedang, dan gempa kandungan frekuensi tinggi, diperoleh respons dari struktur berupa perpindahan, simpangan antar tingkat, kecepatan, dan percepatan. Respons struktur yang dianalisis akan ditampilkan dalam bentuk grafik dimana setiap lantai akan dianalisis responsnya dari lantai terendah hingga lantai tertinggi. Tiap lantai akan dipilih satu *joint* yang akan menjadi perwakilan dari lantai tersebut.

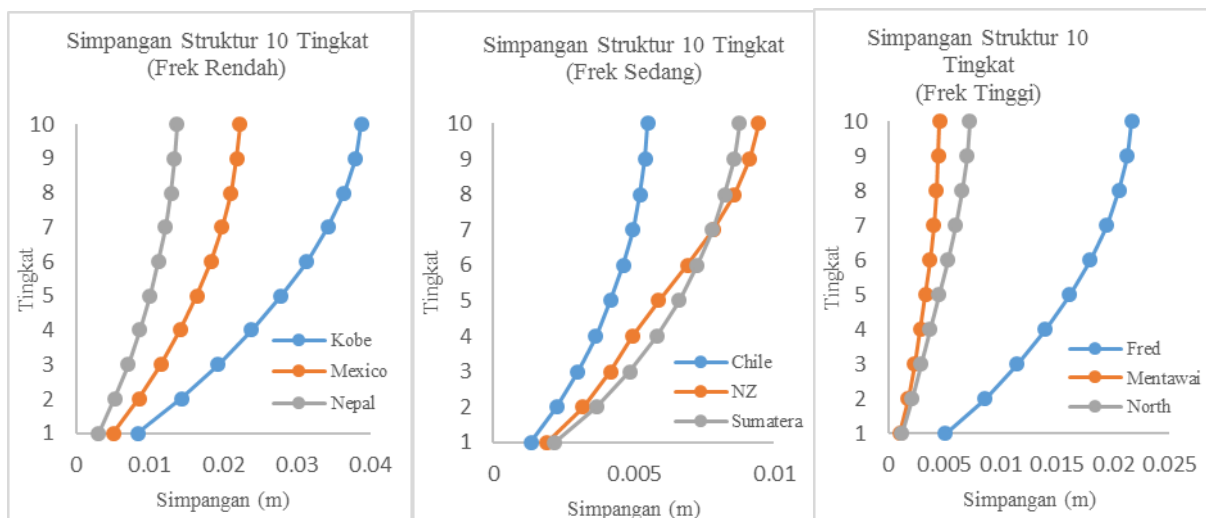
Perpindahan

Dari analisis yang dilakukan bisa dilihat bahwa perpindahan akan semakin

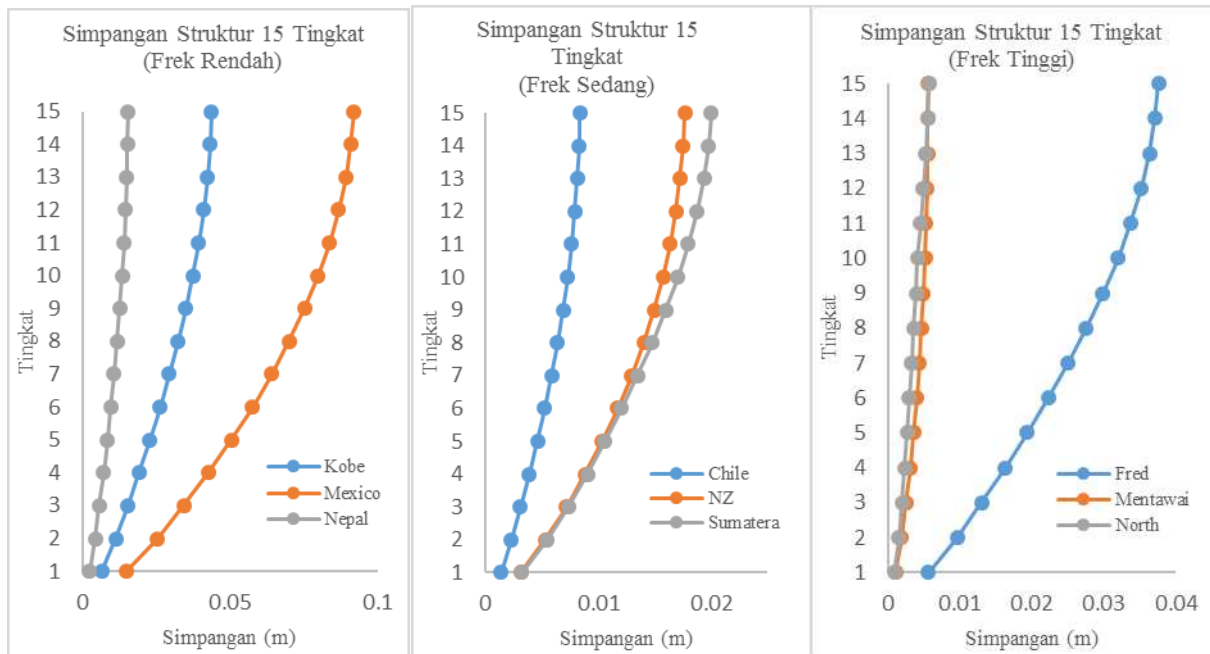
meningkat dari tingkat yang paling rendah hingga tingkat yang paling tinggi, bisa dilihat pada Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3 yang memperlihatkan besar perpindahan struktur yang terjadi untuk setiap model dengan kandungan frekuensi yang berbeda. Perpindahan struktur juga akan meningkat pada struktur yang lebih tinggi, bisa dilihat bahwa besar perpindahan pada tingkat 15 yang paling besar. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi bangunan, maka akan semakin fleksibel juga bangunan tersebut. Hal ini berbanding lurus dengan perpindahannya sehingga semakin fleksibel bangunan maka besar perpindahannya juga akan semakin besar. Terbukti pada hasil analisis yaitu perpindahan yang paling besar terjadi pada struktur 15 tingkat dimana besar perpindahan untuk gempa Mexico pada tingkat teratas sebesar 0,0919 m.



Gambar 1. Perbandingan Nilai Perpindahan Struktur 5 Tingkat



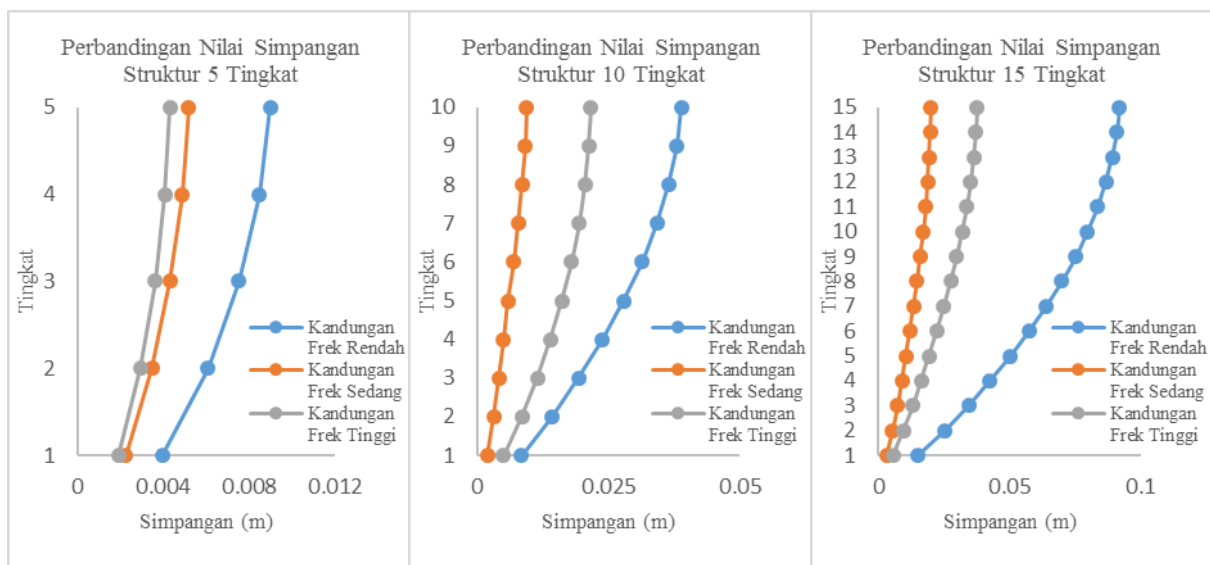
Gambar 2. Perbandingan Nilai Perpindahan Struktur 10 Tingkat



Gambar 3. Perbandingan Nilai Perpindahan Struktur 15 Tingkat

Pengaruh kandungan frekuensi gempa terhadap besar perpindahan struktur yaitu gempa dengan kandungan frekuensi rendah memiliki pengaruh lebih besar terhadap perpindahan struktur, baik itu pada struktur 5 tingkat, 10 tingkat, maupun 15 tingkat. Dapat pula dikatakan bahwa gempa dengan kandungan frekuensi rendah akan mengakibatkan simpangan maksimum yang tinggi pada struktur yang relatif

tinggi. Hal ini dikarenakan struktur yang tinggi memiliki perioda fundamental besar atau frekuensi getar yang rendah sehingga apabila digoyang gempa dengan frekuensi rendah pula akan terjadi perpindahan yang besar. Perpindahan terbesar terjadi pada struktur 15 tingkat dengan gempa Mexico yang merupakan gempa dengan kandungan frekuensi rendah yaitu sebesar 0,09 m.



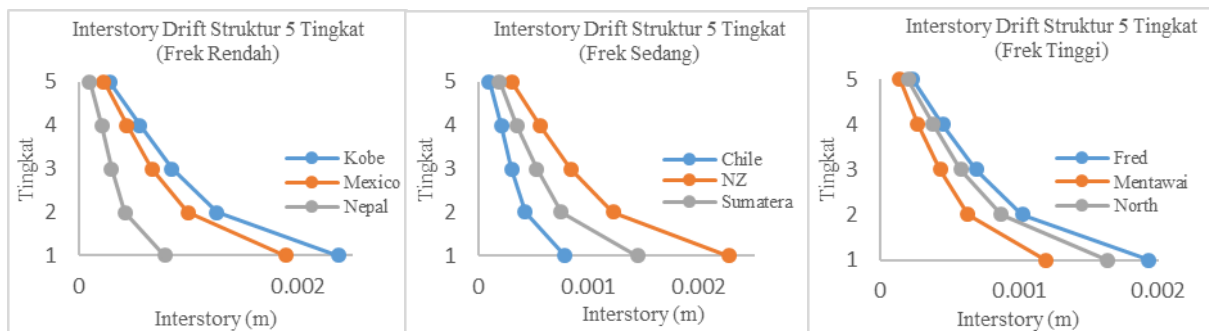
Gambar 4. Perbandingan Nilai Perpindahan Akibat Kandungan Frekuensi Gempa

Simpangan Antar Tingkat

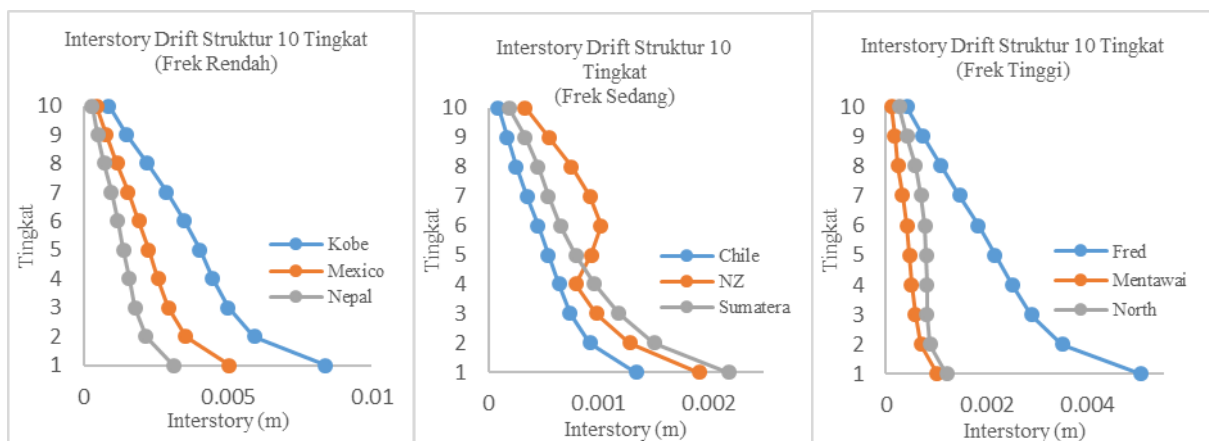
Simpangan antar tingkat (*inter-story drift*) didapat dengan cara mengurangi simpangan tingkat atas terhadap tingkat di bawahnya. Hasil analisis untuk simpangan antar tingkat disajikan pada Gambar 5 untuk struktur 5 tingkat, Gambar 6 untuk struktur 10 tingkat dan Gambar 7 untuk struktur 15 tingkat. Dari analisis yang dilakukan bisa dilihat bahwa simpangan antar tingkat struktur cenderung semakin mengecil dari tingkat bawah ke tingkat atas.

Pengaruh kandungan frekuensi gempa terhadap nilai simpangan antar tingkat struktur bangunan bisa dilihat pada

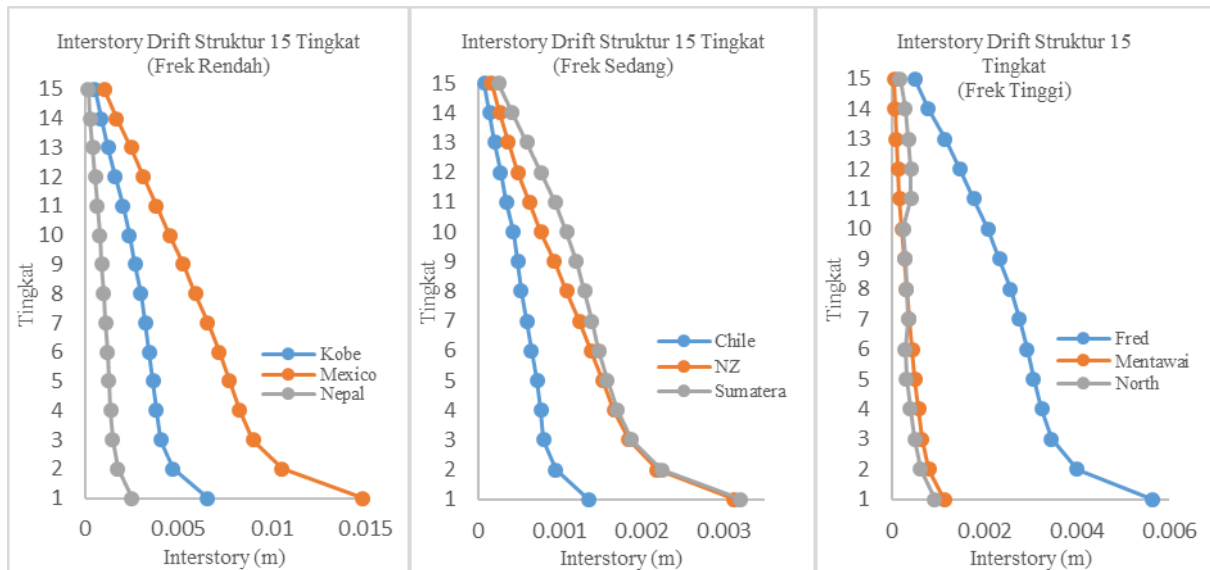
Gambar 8 yaitu gempa dengan kandungan frekuensi rendah memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap respons struktur, baik itu pada struktur 5 tingkat, 10 tingkat, ataupun 15 tingkat. Hal ini disebabkan struktur bangunan yang ada bergetar dengan frekuensi yang rendah juga. Semakin tinggi struktur bangunan maka akan semakin fleksibel bangunan tersebut. Terbukti pada hasil analisis yang ada, nilai simpangan antar tingkat yang paling besar yaitu pada struktur 15 tingkat. Nilai simpangan antar tingkat yang paling besar yaitu pada gempa Mexico yaitu sebesar 0,015 m.



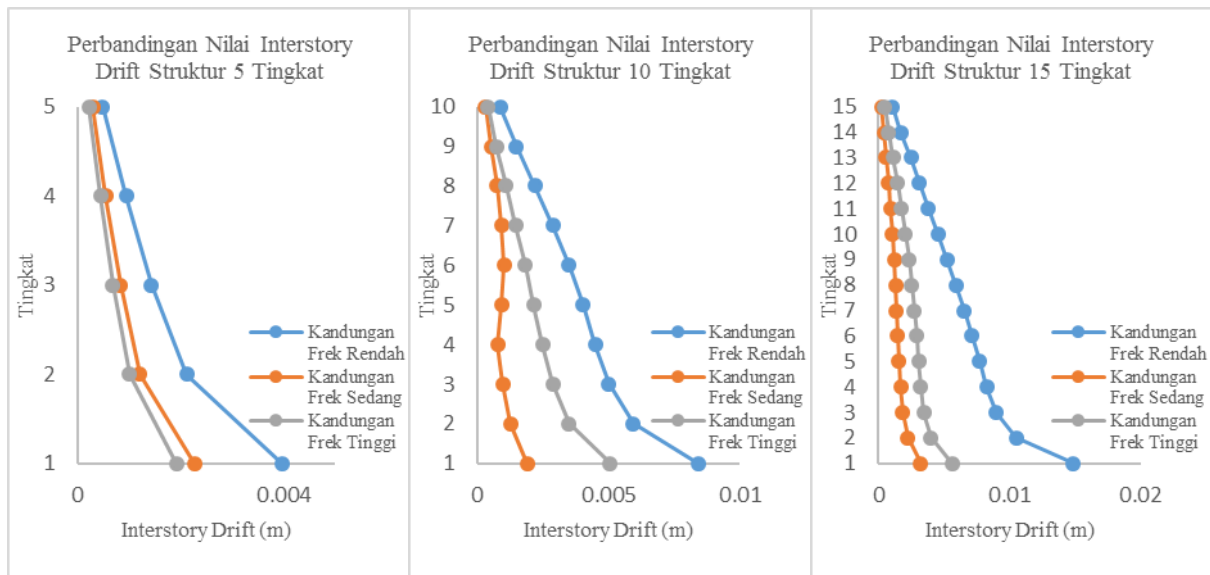
Gambar 5. Perbandingan Nilai Simpangan Antar Tingkat Struktur 5 Tingkat



Gambar 6. Perbandingan Nilai Simpangan Antar Tingkat Struktur 10 Tingkat



Gambar 7. Perbandingan Nilai Simpangan Antar Tingkat Struktur 15 Tingkat



Gambar 8. Perbandingan Nilai Simpangan Antar Tingkat Akibat Kandungan Frekuensi Gempa

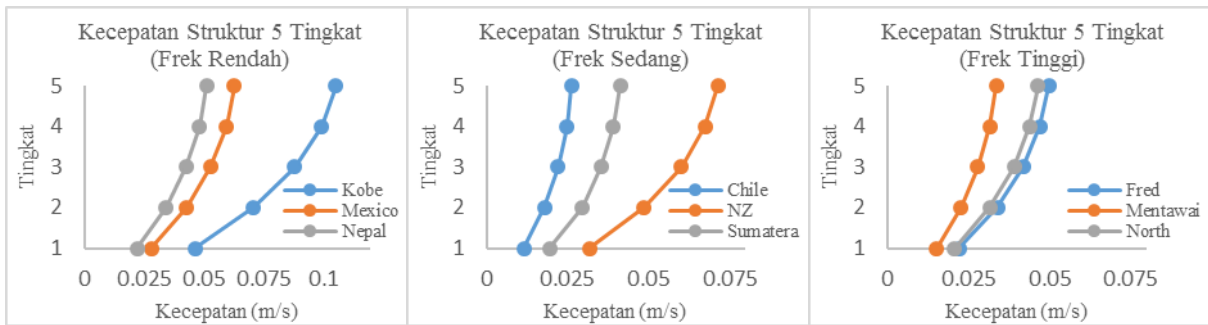
Kecepatan

Dari analisis yang dilakukan bisa dilihat bahwa kecepatan struktur akan semakin meningkat dari tingkat yang paling rendah hingga tingkat yang paling tinggi, bisa dilihat pada Gambar 9, Gambar 10 dan Gambar 11 yang memperlihatkan besar kecepatan struktur yang terjadi untuk setiap model dengan kandungan frekuensi yang berbeda. Kecepatan struktur juga akan meningkat pada struktur yang lebih tinggi. Bisa dilihat bahwa besar simpangan pada tingkat 15 yang paling besar. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi

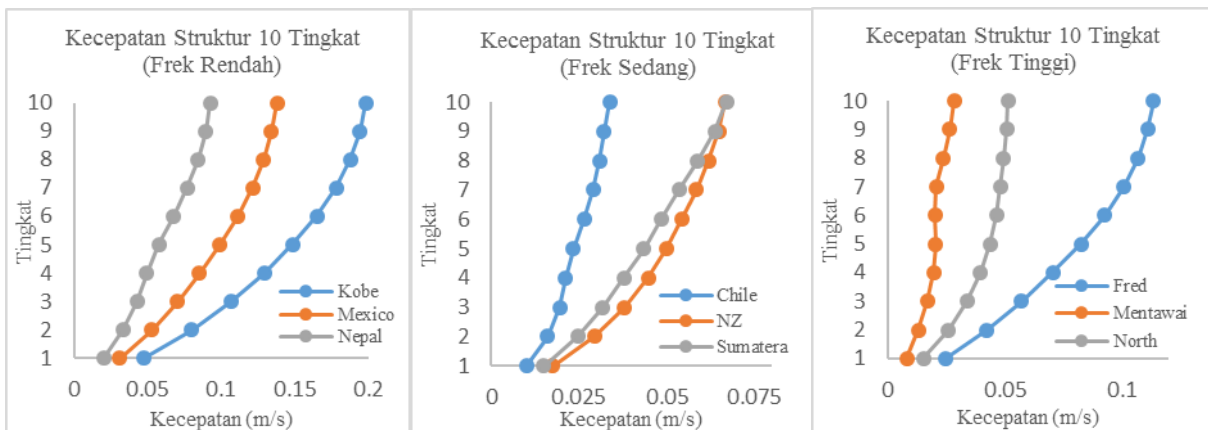
bangunan, maka akan semakin fleksibel juga bangunan tersebut. Terbukti pada hasil analisis yaitu kecepatan struktur yang paling besar terjadi pada struktur 15 tingkat yang digoyang dengan gempa Mexico sebesar $0,379 \text{ m/s}^2$.

Pengaruh kandungan frekuensi gempa terhadap kecepatan struktur bangunan bisa dilihat pada Gambar 12 yaitu gempa dengan kandungan frekuensi rendah memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap respons struktur, baik itu pada struktur 5 tingkat, 10 tingkat, ataupun 15 tingkat. Hal ini disebabkan struktur

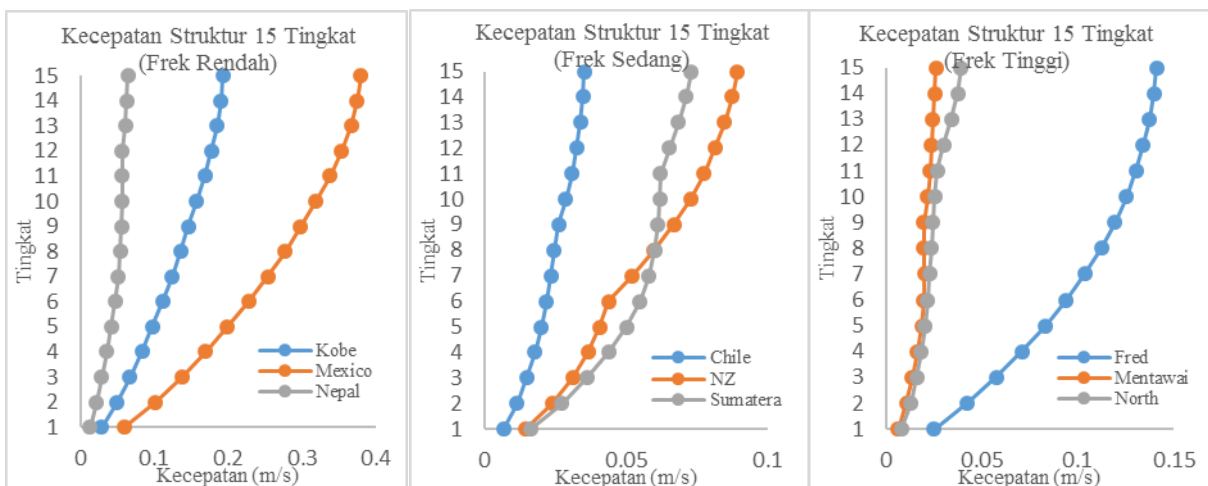
bangunan yang ada bergetar dengan frekuensi yang rendah juga. Semakin tinggi struktur bangunan maka akan semakin fleksibel bangunan tersebut.



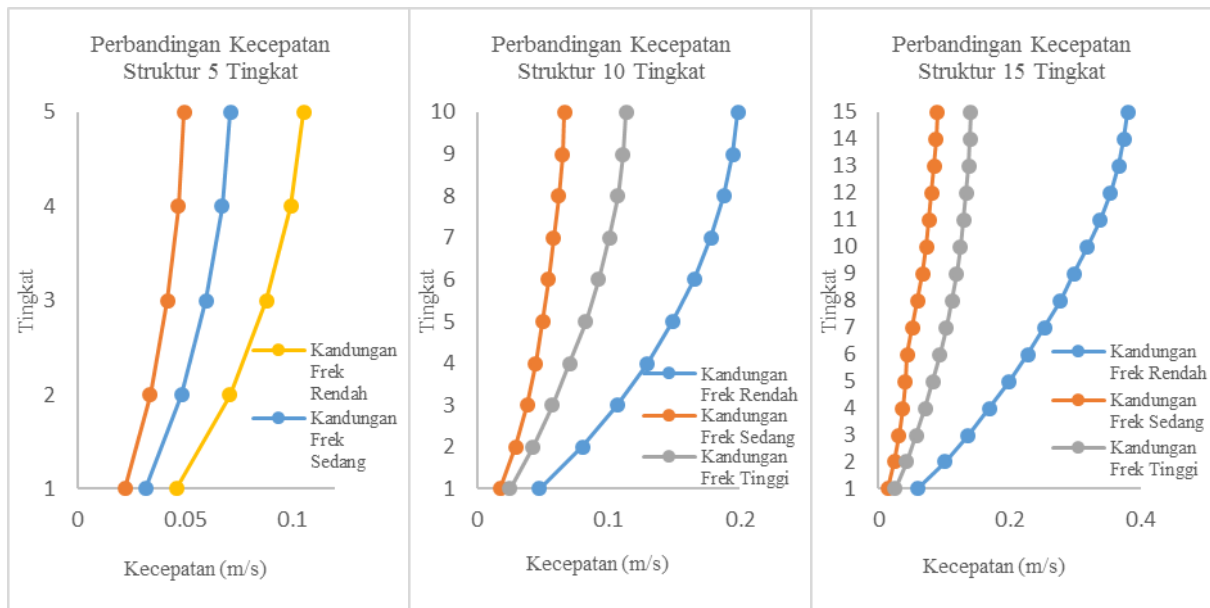
Gambar 9. Perbandingan Kecepatan Struktur 5 Tingkat



Gambar 10. Perbandingan Kecepatan Struktur 10 Tingkat



Gambar 11. Perbandingan Kecepatan Struktur 15 Tingkat



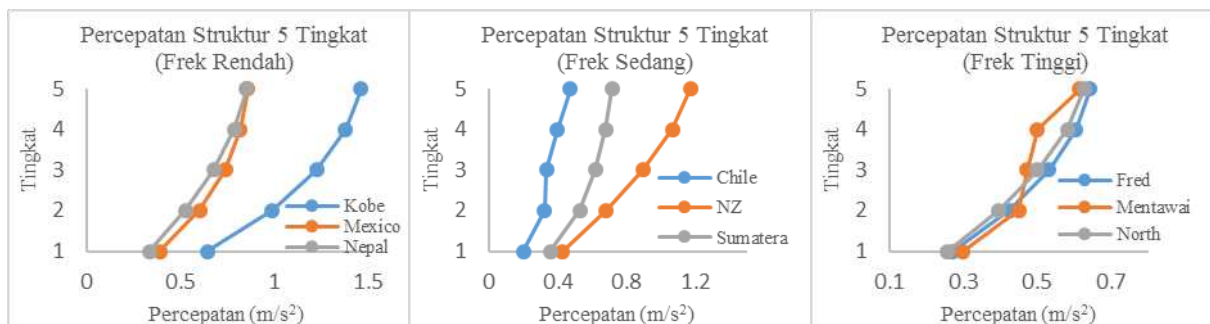
Gambar 12. Perbandingan Kecepatan Struktur Akibat Kandungan Frekuensi Gempa

Percepatan

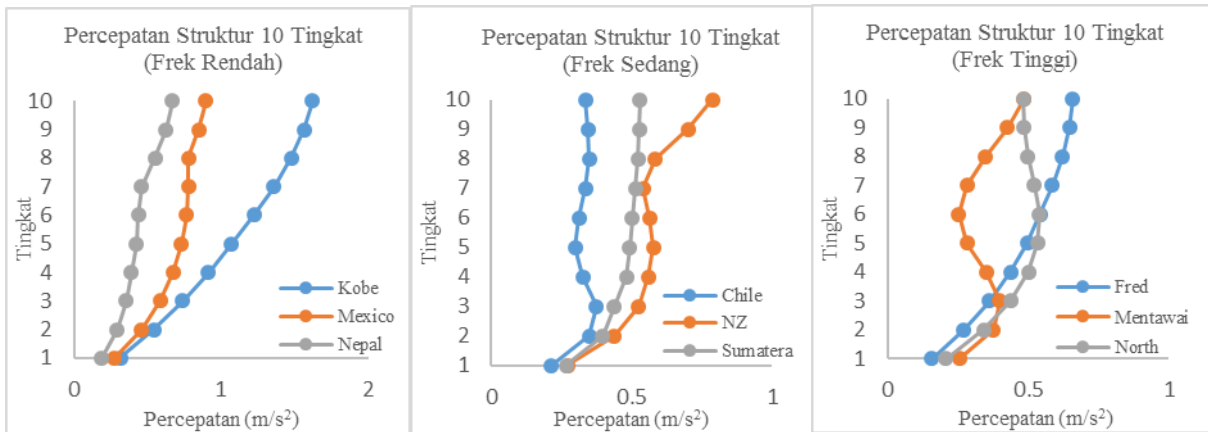
Hasil analisis percepatan struktur bisa dilihat pada Gambar 13 untuk struktur 5 tingkat, Gambar 14 untuk struktur 10 tingkat, dan Gambar 15 untuk struktur 15 tingkat. Dari gambar yang disajikan terlihat bahwa percepatan struktur cenderung semakin besar dari tingkat bawah ke tingkat atas pada gempa dengan kandungan frekuensi rendah. Sedangkan untuk

kandungan gempa frekuensi sedang dan kandungan frekuensi tinggi lebih fluktuatif.

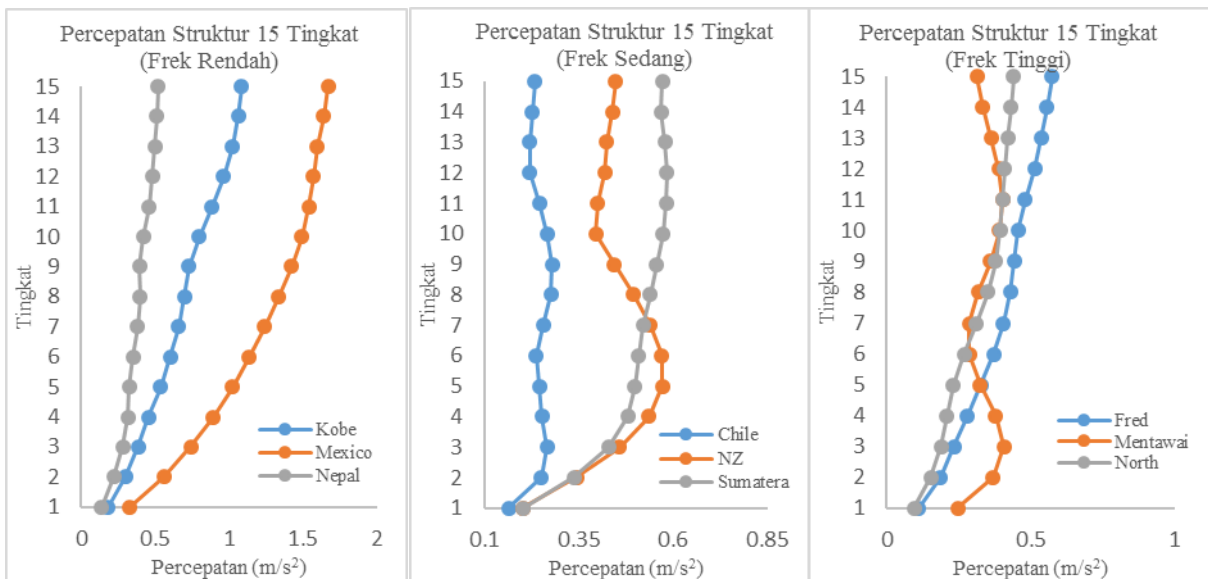
Pengaruh kandungan frekuensi gempa terhadap percepatan struktur dapat dilihat pada Gambar 16. Gempa dengan kandungan frekuensi rendah memiliki pengaruh yang paling besar terhadap percepatan struktur baik pada struktur 5 tingkat, struktur 10 tingkat ataupun struktur 15 tingkat.



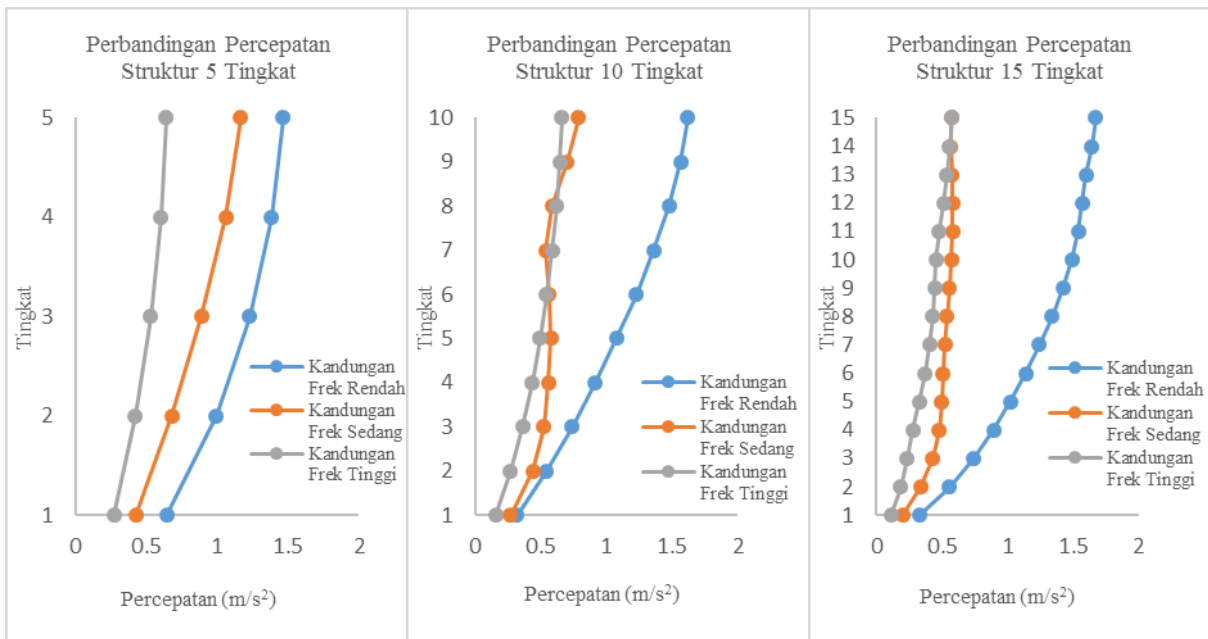
Gambar 13. Perbandingan Percepatan Struktur 5 Tingkat



Gambar 14. Perbandingan Percepatan Struktur 10 Tingkat



Gambar 15. Perbandingan Percepatan Struktur 15 Tingkat



Gambar 16. Perbandingan Percepatan Struktur Akibat Kandungank Frekuensi Gempa Berbeda

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu:

- a. Respons struktur berupa perpindahan, kecepatan, dan percepatan akan bertambah besar seiring meningkatnya jumlah tingkat suatu struktur bangunan. Hal ini terjadi karena semakin tinggi bangunan maka akan semakin berat bangunan tersebut dan besar pula gaya yang diterima lantai tersebut untuk berdeformasi.
- b. Percepatan tanah maksimum tidak serta merta memberikan pengaruh paling besar terhadap respons struktur, terbukti dari respons yang dihasilkan oleh gempa Northridge yang memiliki PGA 1 g lebih kecil dibandingkan respons struktur yang dihasilkan oleh gempa Fredericksburg yang memiliki PGA hanya 0,135 g.
- c. Pada gempa kandungan frekuensi rendah, gempa Kobe merupakan gempa yang memberikan respons terbesar pada bangunan model 1 (5 tingkat), dan bangunan model 2 (10 tingkat), namun pada bangunan model 3 (15 tingkat) yang paling berpengaruh terhadap respons struktur yaitu gempa Mexico.
- d. Gempa dengan kandungan frekuensi rendah memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap respons struktur baik pada struktur 5 tingkat, struktur 10 tingkat, maupun struktur 15 tingkat.

DAFTAR PUSTAKA

Agus. (2002). *Rekayasa Gempa untuk Teknik Sipil*. Padang: Institut Teknologi Padang

American Society of Civil Engineers. (2000). *Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings FEMA 356*. Washington, D.C.: Kris Ingle.

Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2002. Standar Nasional Indonesia*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. (2015). *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural SNI 03-1729-2015. Standar Nasional Indonesia*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. (2012). *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung SNI 03-1726-2012*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.

Chen and Lui. (2005). *Earthquake Engineering for Structural Design*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.

Chopra, A. K. (1995). *DYNAMICS OF STRUCTURES: Theory and Application to Earthquake Engineering (Fourth)*. Berkeley: Prentice Hall.

Diredja, N. V., Pranata, Y. A., & Simatupang, R. (2009). *Analisis Dinamik Riwayat Waktu Gedung Beton Bertulang Akibat Gempa Utama dan Gempa Susulan*. Departemen Teknik Sipil. Universitas Kristen Maranatha. Departemen Pekerjaan Umum. (1983). *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG) tahun 1983*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.

Faizah, R. (2015). *Pengaruh Frekuensi Gempa Terhadap Respons Bangunan Struktur*. Departemen Teknik Sipil. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Lindburg and McMulin. (2008). *Seismic Design of Building Structures*. California: Professional Publication Inc.

Pratama, F. (2014). *Evaluasi Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai dengan Analisis Time History pada Tinjauan Drift dan Displacement Menggunakan Software ETABS*. Departemen Teknik Sipil. Universitas Sebelas Maret.

Schodek, D. L. (1999). *Struktur Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.

Setiawan, A. (2008). *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Sesuai SNI 03-1729-2002)*. (L. Simamarta, Ed.). Jakarta: Penerbit Erlangga.

- Stiawan, Y. A. (2015). *Analisis Pengaruh Kandungan Frekuensi Terhadap Respons Struktur Bangunan Dengan Kekakuan Muto*. Departemen Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia.
- Tso. W.K, Zhu, T.J, Heidebrecht, A.C. (1992). Soil Dynamics and Earthquake Engineering. In *Engineering Implication of Ground Motion A/V Ratio* (pp. 133-144). Canada: Departemen of Civil Engineering and Engineering Mechanics, McMaster University.
- Vomania. (2016). *Respons Struktur dan Tingkat Kerusakan Portal Baja Akibat Variasi Pembebanan Dinamik Dengan Analisis Riwayat Waktu Non Linier*. Laporan Tugas Akhir. Departemen Teknik Sipil. Universitas Riau.
- Wibowo. A.S. (2011). *Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat Tidak Beraturan dengan Analisis Dinamik Menggunakan Metode Analisis Riwayat Waktu*. Laporan Tugas Akhir. Departemen Teknik Sipil. Universitas Sebelas Maret.
- Widodo (2001). *Respon Dinamik Struktur Elastik*. Yogyakarta: UII Press.