

ANALISIS PERBANDINGAN GAYA GESER TINGKAT, GAYA GESER DASAR, PERPINDAHAN TINGKAT DAN SIMPANGAN ANTAR TINGKAT AKIBAT BEBAN GEMPA BERDASARKAN PERATURAN GEMPA SNI 1726-2002 DAN SNI 1726-2012

Remigildus Cornelis (remi_cor@yahoo.com)

Dosen pada Jurusan Teknik Sipil FST Undana

Wilhelmus Bunganaen (wilembunganaen@yahoo.co.id)

Dosen pada Jurusan Teknik Sipil FST Undana

Bonaventura Haryanto Uumbu Tay (putra.umbutay@yahoo.com)

Penamat dari Jurusan Teknik Sipil FST Undana

ABSTRAK

Objek pada penelitian ini adalah model struktur delapan belas tingkat yang diletakkan pada enam lokasi yang memiliki karakteristik situs yang berbeda-beda berdasarkan SNI 1726-2012 dan berada pada wilayah gempa 5 berdasarkan SNI 1726-2002 dengan kondisi tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak. Struktur dimodelkan menggunakan program ETABS versi 9.0 dan dilakukan perhitungan dengan metode analisis dinamis respon spektrum 3D berdasarkan SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012 untuk memperoleh gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat. Hasil analisis menunjukkan bahwa dari enam lokasi yang ditinjau, pada kondisi tanah keras, nilai gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat untuk Bandar Lampung, Biak, Jayapura, Manado dan Padang berdasarkan SNI 1726-2002 lebih kecil dari SNI 1726-2012 sedangkan untuk Kupang nilai gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat berdasarkan SNI 1726-2002 lebih besar dari SNI 1726-2012. Pada kondisi tanah sedang, nilai gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat untuk Biak, Jayapura, Manado dan Padang berdasarkan SNI 1726-2002 lebih kecil dari SNI 1726-2012 sedangkan untuk Bandar Lampung dan Kupang nilai gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat berdasarkan SNI 1726-2002 lebih besar dari SNI 1726-2012. Kemudian pada kondisi tanah lunak, nilai gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat untuk Biak, Jayapura dan Padang berdasarkan SNI 1726-2002 lebih kecil dari SNI 1726-2012 sedangkan untuk Bandar Lampung, Kupang dan Manado nilai gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat berdasarkan SNI 1726-2002 lebih besar dari SNI 1726-2012.

Kata Kunci : gaya geser tingkat, gaya geser dasar, perpindahan tingkat, simpangan antar tingkat, beban gempa

ABSTRACT

The object of research is on the model structure of eighteen level placed on six location that have different site characteristics based on SNI 1726-2012 and is at five the earthquake area based on SNI 1726-2002 with hard soil, soil and soft soil condition. The structure is modeled using ETABS program version 9.0 and calculation with dynamic respon spektrum analysis method based on SNI 1726-2002 and SNI 1726-2012 to obtain a shear force, story displacement and story drift. The analysis result show that from those six observed location, at hard soil condition, the value of shear force, story displacement and story drift for Bandar Lampung, Biak, Jayapura, Manado and Padang based on SNI 1726-2002 are smaller than SNI 1726-2012, meanwhile for Kupang the value of shear force, story displacement and story drift based on SNI 1726-2002 is bigger than SNI 1726-2012. Beside on soil condition, the value of shear force, story displacement and story drift for Biak, Jayapura, Manado and Padang based on SNI 1726-2002 are smaller than SNI 1726-2012, meanwhile for Bandar Lampung and Kupang the value of shear force, story displacement and story drift based on SNI 1726-2002 is bigger than SNI 1726-2012. Later on soft soil condition, the value of shear force, story displacement and story drift for Biak, Jayapura

and Padang based on SNI 1726-2002 are smaller than SNI 1726-2012, meanwhile for Bandar Lampung, Kupang and Manado the value of shear force, story displacement and story drift based on SNI 1726-2002 is bigger than SNI 1726-2012.

Keywords : *base shear, story shear, story displacement, story drift, earthquake load*

PENDAHULUAN

Indonesia termasuk daerah dengan tingkat risiko gempa yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena wilayah Indonesia berada di antara empat lempeng tektonik yang aktif yaitu lempeng Eurasia, lempeng Australia, lempeng Filipina dan lempeng Pasifik. Berdasarkan peraturan gempa Indonesia yang diterbitkan pada tahun 2002, Indonesia dibagi menjadi 6 wilayah gempa. Pembagian ini didasarkan atas kondisi seismoteknik, geografis, dan geologis setempat sehingga besarnya taraf pembebanan gempa tidak berlaku secara umum, melainkan sangat bervariasi dari satu wilayah ke wilayah yang lain.

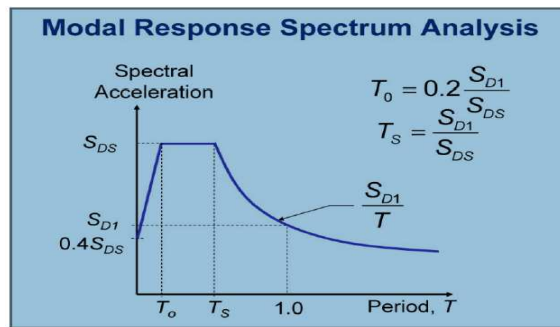
Dalam 10 tahun terakhir ini, beberapa wilayah di Indonesia mengalami gempa bumi yang cukup besar, beberapa di antaranya adalah gempa di Aceh dan Sumatera Utara pada tanggal 26 Desember 2004 (9,3 SR), gempa di Yogyakarta dan Klaten pada tanggal 27 Mei 2006 (5,9 SR), gempa di Tasikmalaya dan Cianjur pada tanggal 2 September 2009 (7,3 SR), gempa di Padang pada tanggal 30 September 2009 (7,6 SR), dan gempa di Sumatera Barat pada tanggal 25 Oktober 2010 (7,7 SR). Pada gempa Yogyakarta diperkirakan pengaruh gempa vertikal sangat besar. Gempa bumi tersebut telah menyebabkan ribuan korban jiwa, keruntuhan dan kerusakan ribuan infrastruktur dan bangunan. Hal ini disebabkan karena banyak infrastruktur dan bangunan yang tidak dapat mempertahankan strukturnya ketika terjadi gempa bumi.

Menyikapi hal di atas, para ahli di bidang teknik sipil merancang peraturan gempa Indonesia yang baru SNI 1726-2012 menggantikan SNI 1726-2002 dengan tujuan untuk memperbaharui peraturan gempa Indonesia. Perubahan peta wilayah gempa Indonesia dari SNI 1726-2002 ke SNI 1726-2012 menunjukkan adanya perubahan percepatan batuan dasar yang bervariasi dari SNI 1726-2002 ke SNI 1726-2012 untuk setiap daerah yang berada pada satu wilayah gempa. Percepatan batuan dasar yang bervariasi menimbulkan perubahan beban gempa yang bervariasi dari SNI 1726-2002 ke SNI 1726-2012. Di samping itu, pada SNI 1726-2012 diharuskan untuk memasukkan pengaruh gempa vertikal pada kombinasi pembebanan, sedangkan pada SNI 1726-2002 pengaruh gempa vertikal bersifat opsional. Dengan adanya pengaruh gempa vertikal maka koefisien pengali beban pada kombinasi pembebanan bertambah besar.

MATERI

Respon Spektrum Desain

Dalam menentukan gaya geser dasar, gaya geser tingkat, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat dengan metode dinamik respon spektrum, digunakan respon spektra desain yang merupakan spektrum respon gempa rencana. Menurut SNI 1726-2002, respon spektrum desain ditentukan berdasarkan wilayah gempa Indonesia dengan percepatan puncak batuan dasar periode ulang 500 tahun yang terdiri dari wilayah gempa 1 sampai wilayah gempa 6. Respon spektra desain tersebut dinyatakan dengan grafik C-T, dengan C adalah faktor respon gempa dalam g dan T adalah waktu getar alami struktur gedung dalam detik. Sedangkan menurut SNI 1726-2012, respon spektra desain ditentukan dengan parameter respon ragam yang disesuaikan dengan klasifikasi situs di mana bangunan tersebut akan dibangun dan ditentukan berdasarkan parameter S_s (parameter percepatan batuan dasar periode pendek) dan S_1 (parameter percepatan batuan dasar periode 1 detik).



Gambar 1. Spektrum Respon Desain

Gaya Geser Dasar, Gaya Geser Tingkat, Perpindahan Tingkat dan Simpangan Antar Tingkat

Gaya geser dasar merupakan pengganti atau penyederhanaan dari getaran gempa bumi yang bekerja pada dasar bangunan dan selanjutnya digunakan sebagai gaya gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung. Menurut SNI 1726-2002, gaya geser dasar pada struktur gedung beraturan dapat ditentukan dengan metode statik ekuivalen, sedangkan untuk struktur gedung tidak beraturan ditinjau dengan metode dinamik.

Gaya geser dasar akan didistribusikan secara vertikal sepanjang tinggi struktur sebagai gaya horizontal tingkat yang bekerja pada masing-masing tingkat bangunan. Dengan menjumlahkan gaya horizontal pada tingkat-tingkat yang ditinjau dapat diketahui gaya geser tingkat yaitu gaya geser yang terjadi pada dasar tingkat yang ditinjau. Akibat dari gaya yang terjadi pada tingkat-tingkat tersebut maka akan mengakibatkan terjadinya perpindahan dan simpangan pada tingkat-tingkat tersebut.

Metode Dinamik Respon Spektrum

Perhitungan respon dinamik struktur gedung tidak beraturan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dapat dilakukan dengan metode analisis dinamik respon spektrum. Nilai untuk masing-masing parameter yang ditinjau kemudian dihitung untuk berbagai ragam dan harus dikombinasikan menggunakan metode Akar Kuadrat Jumlah Kuadrat (SRSS) atau metode Kombinasi Kuadrat Lengkap (CQC).

METODE PENELITIAN

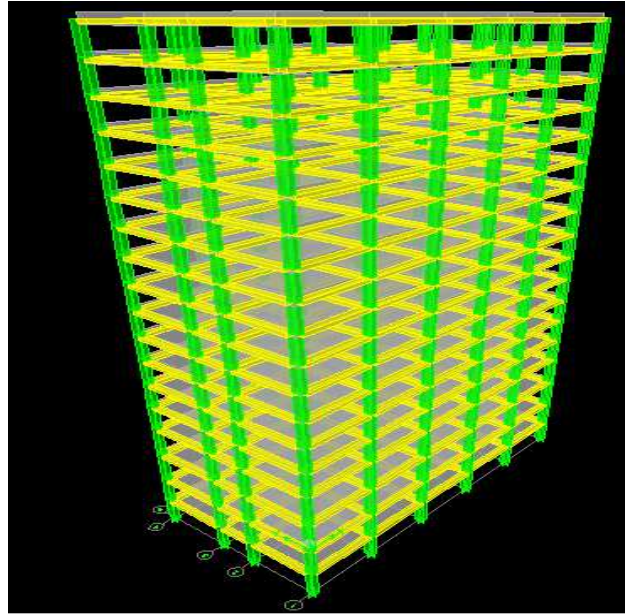
Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pada tahap awal dilakukan perhitungan beban gempa berdasarkan SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012.
2. Pada tahap selanjutnya dilakukan analisis dinamis dengan metode spektrum respon dengan mengambil respon spektrum menurut SNI 1726-2002 untuk penentuan berapa besar gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat yang dihasilkan dengan menggunakan program ETABS.
3. Pada tahap selanjutnya dilakukan analisis dinamis dengan metode spektrum respon dengan membuat respon spektrum menurut SNI 1726-2012 untuk penentuan berapa besar gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat yang dihasilkan dengan menggunakan program ETABS.
4. Tahap berikutnya membandingkan hasil gaya geser dan simpangan dari hasil analisis dinamis dengan metode spektrum respon antara SNI 1726-2002 dengan SNI 1726-2012.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Struktur

Analisis dilakukan pada model struktur 18 tingkat dengan analisis dinamik 3D menggunakan bantuan software ETABS. Dimensi balok 400/700 mm, kolom 500/800 mm, tebal pelat 100 mm, 120 mm dan 150 mm.

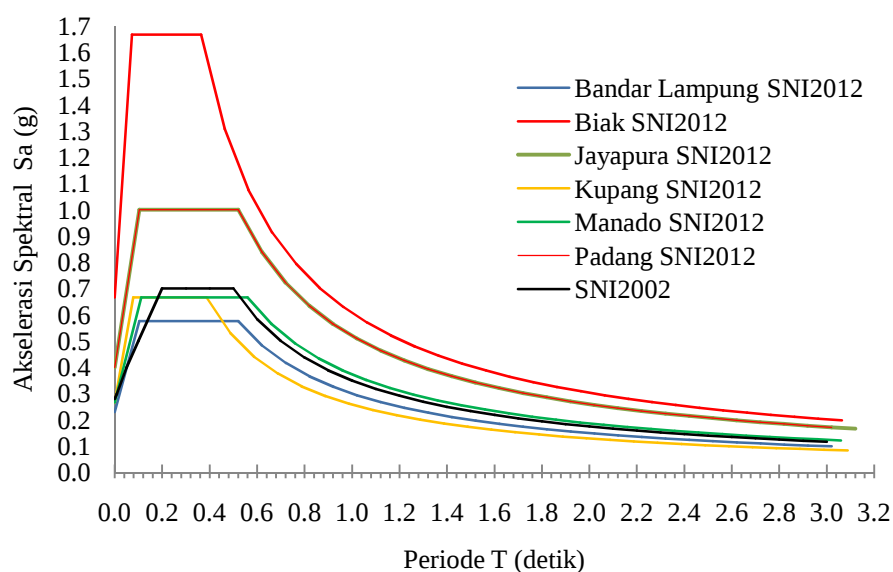


Gambar 2. Model Struktur 18 Tingkat

Model struktur ini di letakkan pada wilayah gempa 5 berdasarkan SNI 1726-2002 dan pada 6 lokasi (Bandar Lampung, Biak, Jayapura, Kupang, Manado dan Padang) dengan karakteristik situs yang berbeda-beda berdasarkan SNI 1726-2012 dan dianalisis pada 3 kondisi tanah yaitu tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak.

Respon Spektrum Desain

Tanah Keras



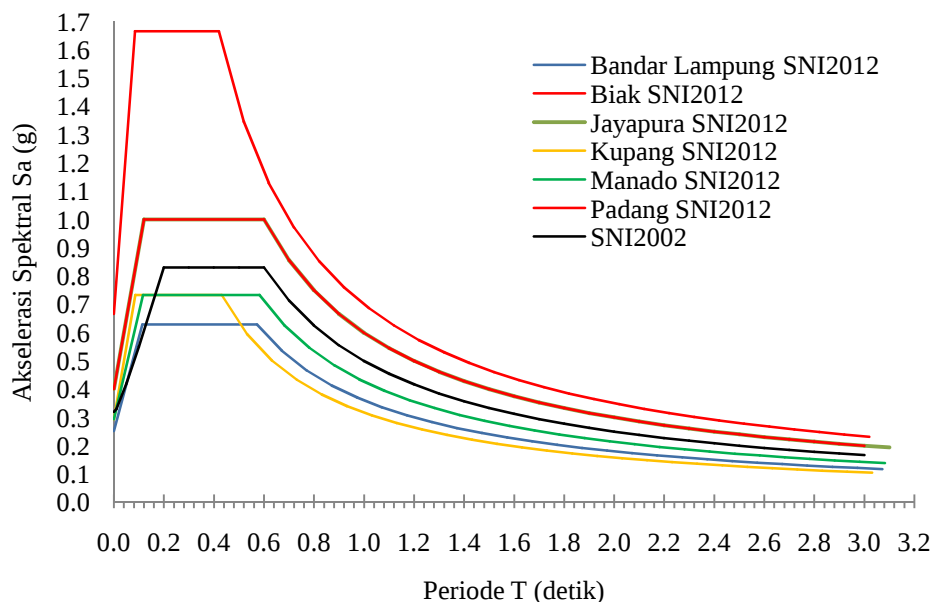
Gambar 3. Respon Spektrum Tanah Keras SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012

Berdasarkan grafik respon spektrum pada 6 lokasi di wilayah gempa 5 pada kondisi tanah keras

di atas dapat dilihat bahwa untuk kota Biak, Jayapura dan Padang memiliki karakteristik yang hampir sama yaitu respon spektrum SNI 1726-2012 lebih besar dari respon spektrum SNI 1726-2002, sedangkan untuk kota Bandar Lampung, Kupang, Manado memiliki respon spektrum yang tidak seragam pada semua periode T dari SNI 1726-2012 terhadap SNI 1726-2002.

Deskripsi secara rinci, untuk Biak, Jayapura dan Padang menunjukkan bahwa status kegempaan yang dihasilkan dari percepatan gerak tanah berdasarkan SNI 1726-2012 jauh lebih besar dari SNI 1726-2002. Sedangkan untuk Bandar Lampung dan Kupang menunjukkan bahwa status kegempaan yang dihasilkan dari percepatan gerak tanah berdasarkan SNI 1726-2012 lebih besar dari SNI 1726-2002 mulai dari $T = 0.00$ detik sampai pada $T = 0.20$ detik dan lebih kecil dari SNI 1726-2002 mulai dari $T > 0.20$ detik. Di samping itu, untuk Manado menunjukkan bahwa status kegempaan yang dihasilkan dari percepatan gerak tanah berdasarkan SNI 1726-2012 lebih besar dari SNI 1726-2002 mulai dari $T = 0.00$ detik sampai $T = 0.20$ detik dan lebih kecil dari SNI 1726-2002 dari $T > 0.20$ detik sampai $T = 0.60$ detik kemudian lebih besar lagi dari SNI 1726-2002 dari $T > 0.60$ detik. Kondisi respon spektrum yang berbeda-beda ini akan menghasilkan nilai koefisien gempa dasar C yang berbeda-beda pula pada setiap lokasi, sehingga besar gaya geser dasar bangunan akibat gaya gempa rencana akan berbeda-beda.

Tanah Sedang



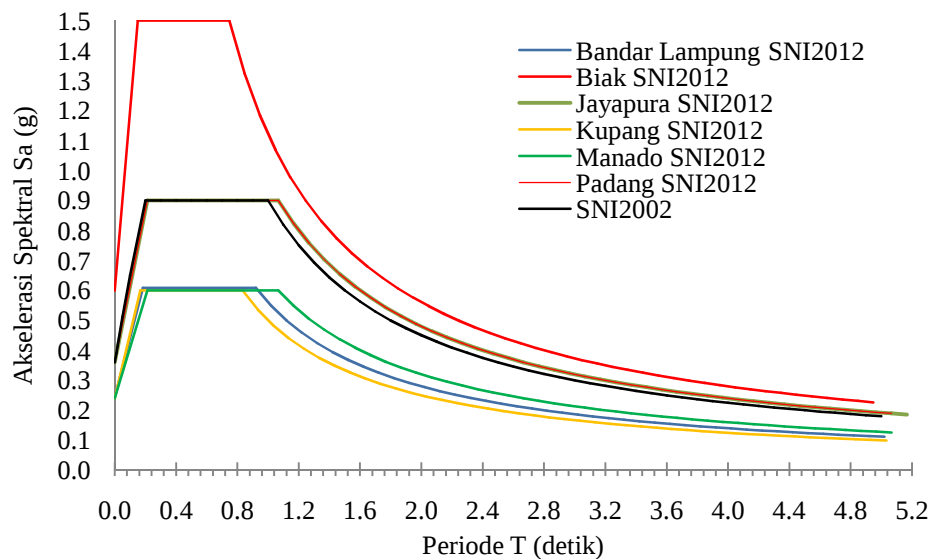
Gambar 4. Respon Spektrum Tanah Sedang SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012

Berdasarkan grafik respon spektrum pada 6 lokasi di wilayah gempa 5 pada kondisi tanah sedang di atas dapat dilihat bahwa untuk kota Biak, Jayapura dan Padang memiliki karakteristik yang hampir sama yaitu respon spektrum SNI 1726-2012 lebih besar dari respon spektrum SNI 1726-2002, sedangkan untuk kota Bandar Lampung, Kupang, Manado memiliki respon spektrum yang tidak seragam pada semua periode T dari SNI 1726-2012 terhadap SNI 1726-2002.

Deskripsi secara rinci, untuk Biak, Jayapura dan Padang menunjukkan bahwa status kegempaan yang dihasilkan dari percepatan gerak tanah berdasarkan SNI 1726-2012 jauh lebih besar dari SNI 1726-2002. Sedangkan untuk Bandar Lampung menunjukkan bahwa status kegempaan yang dihasilkan dari percepatan gerak tanah berdasarkan SNI 1726-2012 lebih besar dari SNI 1726-2002 mulai dari $T = 0.00$ detik sampai pada $T = 0.15$ detik dan lebih kecil dari SNI 1726-2002 mulai dari $T > 0.15$ detik. Di samping itu, untuk Kupang dan Manado menunjukkan bahwa status kegempaan yang dihasilkan dari percepatan gerak tanah berdasarkan SNI 1726-2012 lebih besar dari SNI 1726-2002 mulai dari $T = 0.00$ detik sampai $T = 0.20$ detik dan lebih kecil dari SNI 1726-2002 dari $T > 0.20$ detik. Kondisi respon spektrum yang berbeda-beda ini akan menghasilkan nilai koefisien gempa dasar C yang berbeda-beda pula pada setiap lokasi, sehingga

besar gaya geser dasar bangunan akibat gaya gempa rencana akan berbeda-beda.

Tanah Lunak



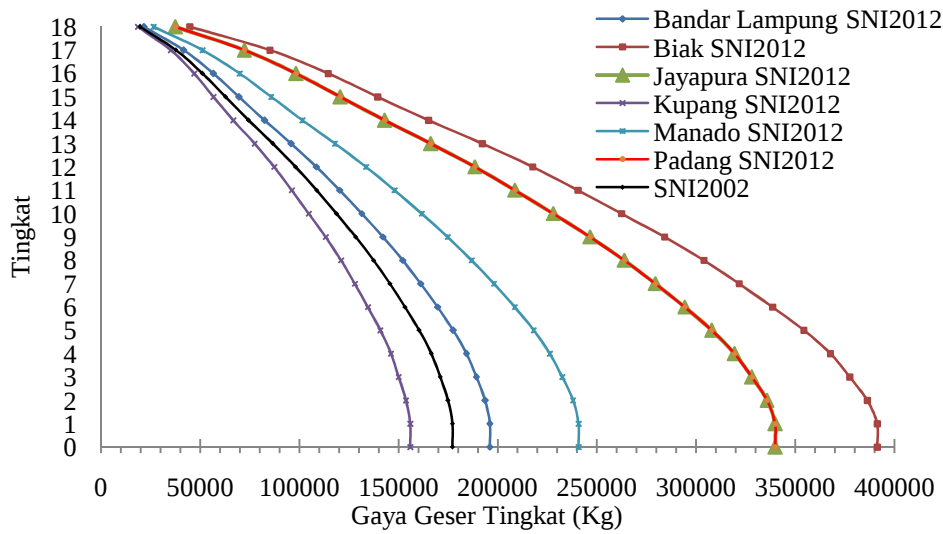
Gambar 5. Respon Spektrum Tanah Lunak SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012

Berdasarkan grafik respon spektrum pada 6 lokasi di wilayah gempa 5 pada kondisi tanah lunak di atas dapat dilihat bahwa untuk kota Bandar Lampung, Kupang dan Manado memiliki karakteristik yang hampir sama yaitu respon spektrum SNI 1726-2012 lebih kecil dari respon spektrum SNI 1726-2002, sedangkan untuk kota Biak memiliki respon spektrum SNI 1726-2012 yang lebih besar dari respon spektrum SNI 1726-2002. Di samping itu, untuk kota Jayapura dan Padang memiliki respon spektrum yang tidak seragam pada semua periode T dari SNI 1726-2012 terhadap SNI 1726-2002.

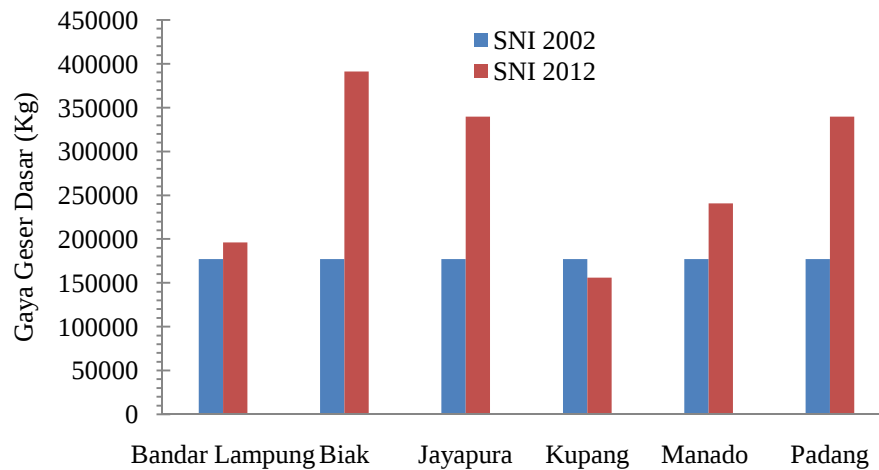
Deskripsi secara rinci, untuk Bandar Lampung, Kupang dan Manado menunjukkan bahwa status kegempaan yang dihasilkan dari percepatan gerak tanah berdasarkan SNI 1726-2012 jauh lebih kecil dari SNI 1726-2002. Sedangkan untuk Biak menunjukkan bahwa status kegempaan yang dihasilkan dari percepatan gerak tanah berdasarkan SNI 1726-2012 lebih besar dari SNI 1726-2002. Di samping itu, untuk Jayapura dan Padang menunjukkan bahwa status kegempaan yang dihasilkan dari percepatan gerak tanah berdasarkan SNI 1726-2012 relatif sama dengan SNI 1726-2002 mulai dari $T = 0.00$ detik sampai $T = 1.00$ detik dan lebih besar dari SNI 1726-2002 dari $T > 1.00$ detik. Kondisi respon spektrum yang berbeda-beda ini akan menghasilkan nilai koefisien gempa dasar C yang berbeda-beda pula pada setiap lokasi, sehingga besar gaya geser dasar bangunan akibat gaya gempa rencana akan berbeda-beda.

Gaya Geser Dasar, Gaya Geser Tingkat, Perpindahan Tingkat dan Simpangan Antar Tingkat

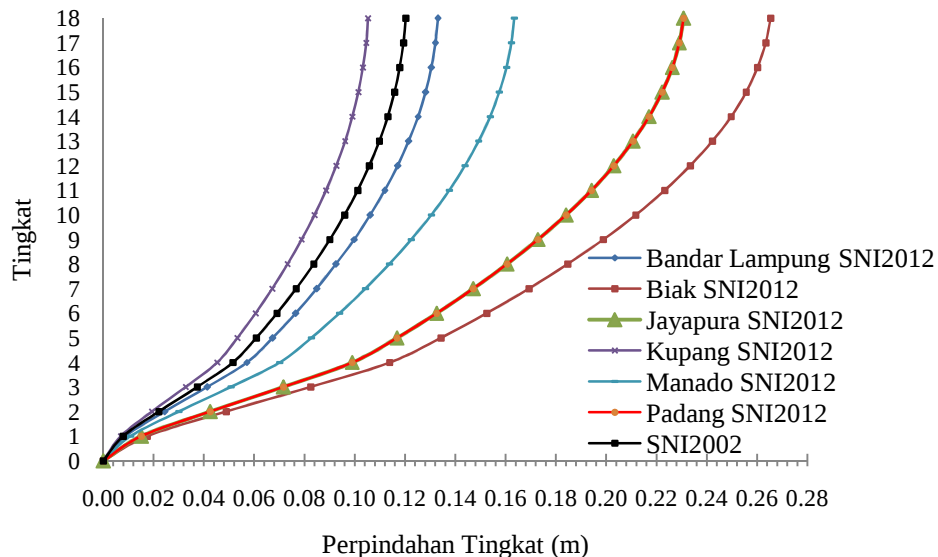
Tanah Keras



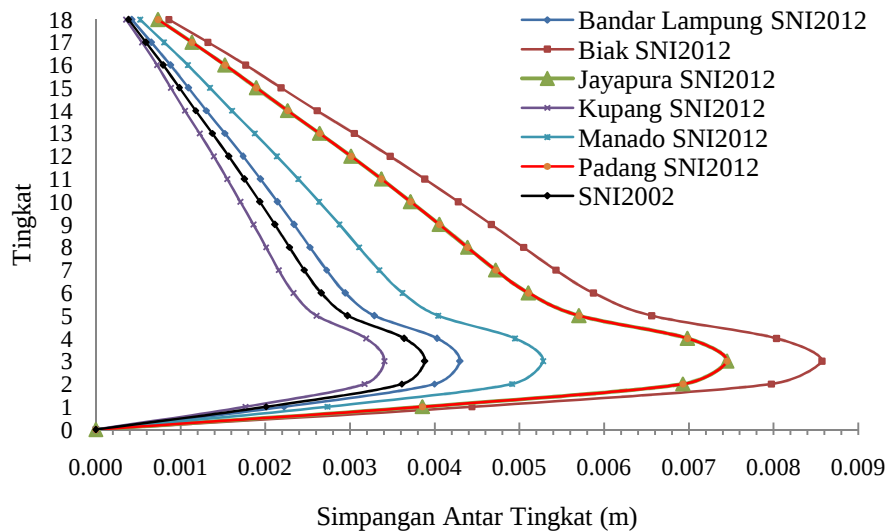
Gambar 6. Gaya Geser Tingkat Tanah Keras



Gambar 7. Gaya Geser Dasar Tanah Keras



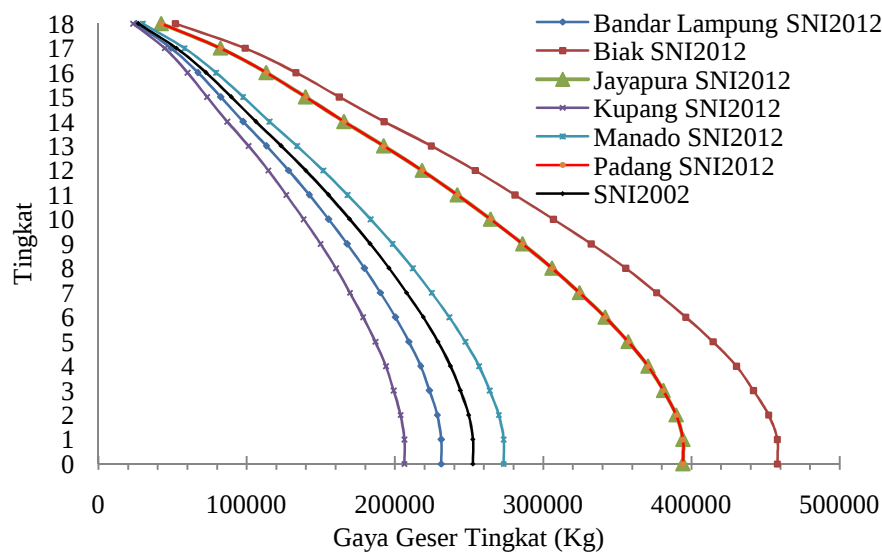
Gambar 8. Perpindahan Tingkat Tanah Keras



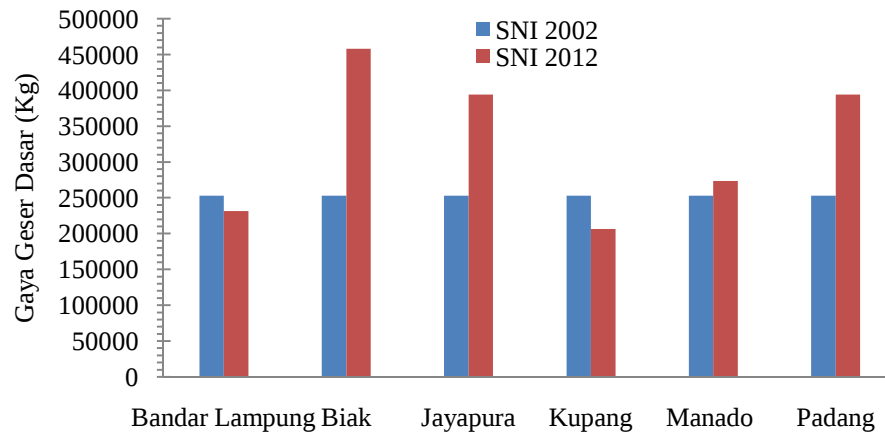
Gambar 9. Simpangan Antar Tingkat Tanah Keras

Pada kondisi tanah keras, nilai gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat untuk Bandar Lampung, Biak, Jayapura, Manado dan Padang berdasarkan SNI 1726-2002 lebih kecil dari SNI 1726-2012 sedangkan untuk Kupang nilai gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat berdasarkan SNI 1726-2002 lebih besar dari SNI 1726-2012.

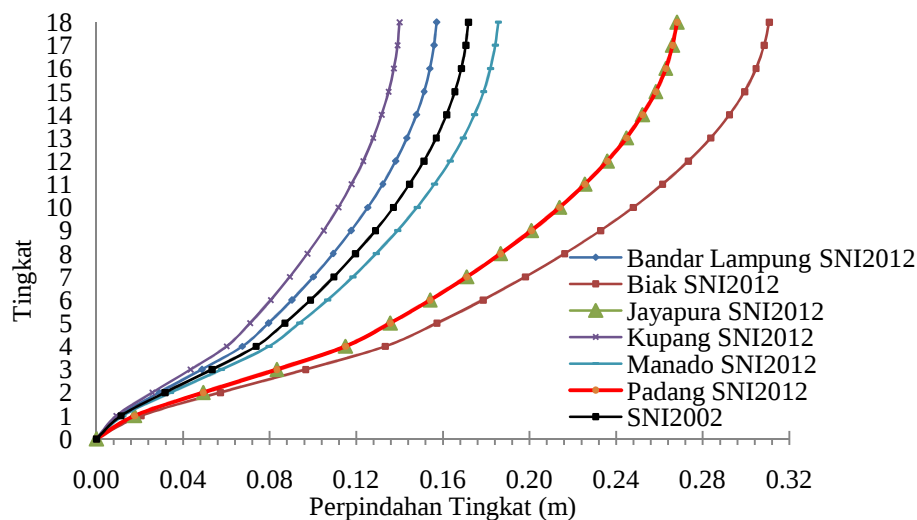
Tanah Sedang



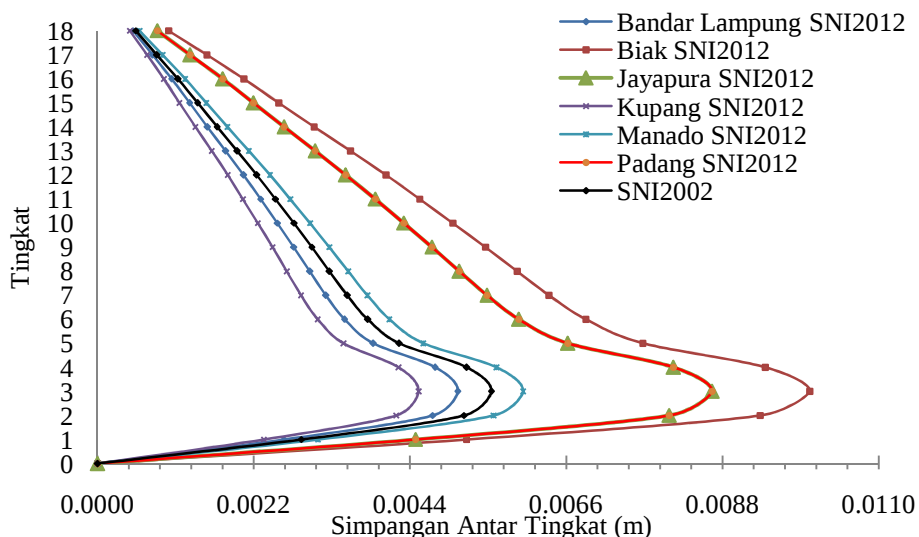
Gambar 10. Gaya Geser Tingkat Tanah Sedang



Gambar 11. Gaya Geser Dasar Tanah Sedang



Gambar 12. Perpindahan Tingkat Tanah Sedang

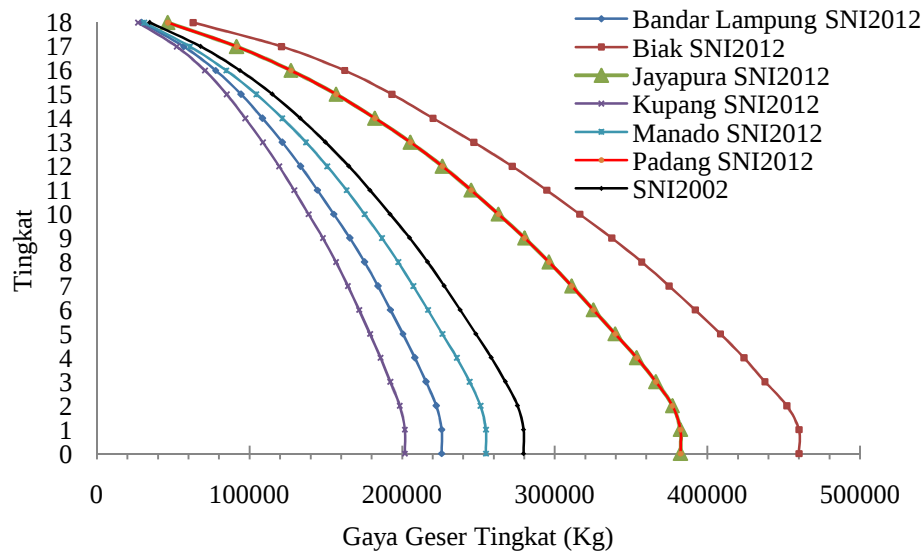


Gambar 13. Simpangan Antar Tingkat Tanah Sedang

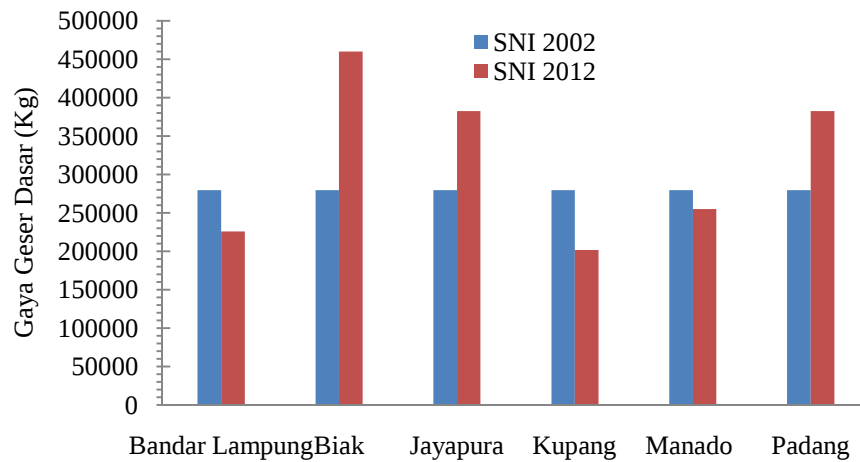
Pada kondisi tanah sedang, nilai gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat untuk Biak, Jayapura, Manado dan Padang berdasarkan SNI 1726-2002 lebih kecil dari SNI 1726-2012 sedangkan untuk Bandar Lampung dan Kupang nilai gaya geser, perpindahan tingkat

dan simpangan antar tingkat berdasarkan SNI 1726-2002 lebih besar dari SNI 1726-2012.

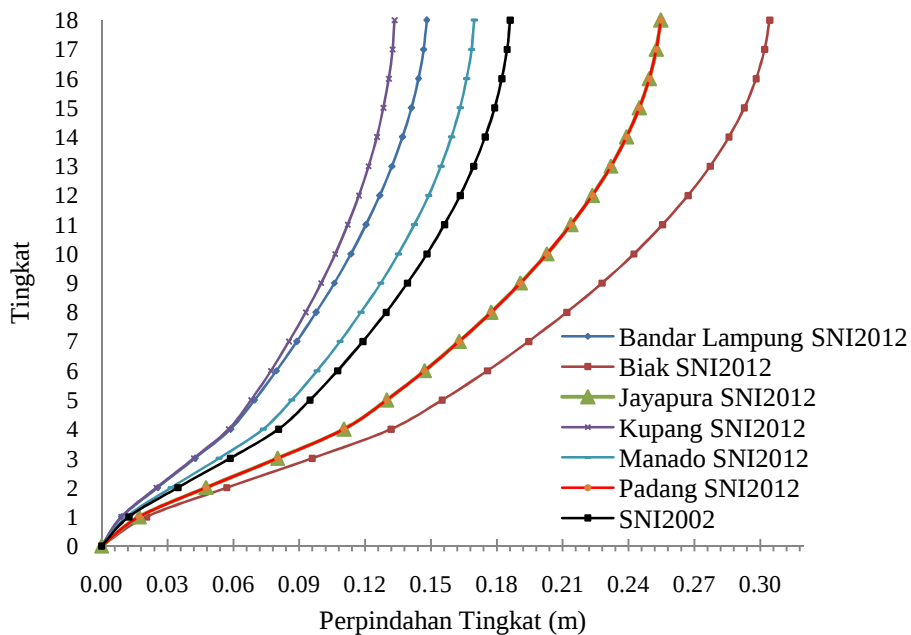
Tanah Lunak



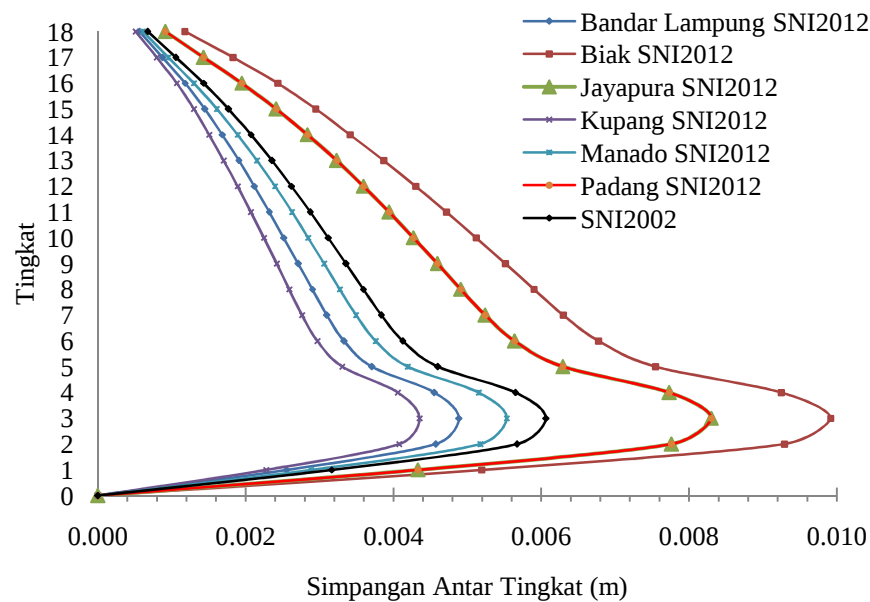
Gambar 14. Gaya Geser Tingkat Tanah Lunak



Gambar 15. Gaya Geser Dasar Tanah Lunak



Gambar 16. Perpindahan Tingkat Tanah Lunak



Gambar 17. Simpangan Antar Tingkat

Pada kondisi tanah lunak, nilai gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat untuk Biak, Jayapura dan Padang berdasarkan SNI 1726-2002 lebih kecil dari SNI 1726-2012 sedangkan untuk Bandar Lampung, Kupang dan Manado nilai gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat berdasarkan SNI 1726-2002 lebih besar dari SNI 1726-2012.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Gaya gempa rencana berdasarkan SNI 1726-2012 tidak selalu lebih besar dari gaya gempa rencana berdasarkan SNI 1726-2002, tetapi tergantung dari percepatan respon spektral lokasi bangunan tersebut,
2. Gaya gempa rencana pada lokasi Bandar Lampung, Kupang dan Manado berdasarkan SNI 1726-2002 lebih besar dari gaya gempa rencana berdasarkan SNI 1726-2012,
3. Gaya gempa rencana pada lokasi Biak, Jayapura dan Padang berdasarkan SNI 1726-2002 lebih kecil dari gaya gempa rencana berdasarkan SNI 1726-2012, gaya gempa rencana pada Biak, Jayapura dan Padang mengalami peningkatan yang tinggi dari SNI 1726-2002 terhadap SNI 1726-2012 sehingga bangunan yang sudah dibangun pada Biak, Jayapura dan Padang menjadi *under designed*.
4. Pada kondisi tanah keras, nilai gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat untuk Bandar Lampung, Biak, Jayapura, Manado dan Padang berdasarkan SNI 1726-2002 lebih kecil dari SNI 1726-2012 sedangkan untuk Kupang nilai gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat berdasarkan SNI 1726-2002 lebih besar dari SNI 1726-2012.
5. Pada kondisi tanah sedang, nilai gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat untuk Biak, Jayapura, Manado dan Padang berdasarkan SNI 1726-2002 lebih kecil dari SNI 1726-2012 sedangkan untuk Bandar Lampung dan Kupang nilai gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat berdasarkan SNI 1726-2002 lebih besar dari SNI 1726-2012.
6. Pada kondisi tanah lunak, nilai gaya geser, perpindahan tingkat dan simpangan antar tingkat untuk Biak, Jayapura dan Padang berdasarkan SNI 1726-2002 lebih kecil dari SNI 1726-2012 sedangkan untuk Bandar Lampung, Kupang dan Manado nilai gaya geser, perpindahan

tingkat dan simpangan antar tingkat berdasarkan SNI 1726-2002 lebih besar dari SNI 1726-2012.

Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lengkap seperti cakupan jenis tanah, variasi model struktur dan implikasi respon struktur untuk mengetahui batas peningkatan beban gempa yang dapat mengakibatkan bangunan tidak memenuhi persyaratan SNI 1726-2012, sehingga dapat ditentukan tindakan yang tepat agar bangunan dapat memenuhi persyaratan SNI 1726-2012.
2. Bangunan-bangunan yang sudah dibangun pada lokasi Biak, Jayapura dan Padang berdasarkan SNI 1726-2002 harus diselidiki kembali kekuatannya, apabila bangunan tidak mampu menahan gaya gempa berdasarkan SNI 1726-2012 maka harus dilakukan perkuatan struktur agar kekuatan bangunan memenuhi persyaratan pada SNI 1726-2012.
3. Untuk perencanaan bangunan tahan gempa di Indonesia sudah seharusnya menggunakan peraturan gempa Indonesia SNI 1726-2012 karena gaya gempa rencana yang dihasilkan lebih bervariasi pada satu wilayah gempa berdasarkan SNI 1726-2002 serta adanya perhitungan pengaruh gempa vertikal yang menjadi sebuah keharusan pada SNI 1726-2012 yang membuat koefisien pengali pada kombinasi pembebanannya bertambah besar sedangkan pada SNI 1726-2002 perhitungan terhadap pengaruh gempa vertikal hanya bersifat opsional.

Daftar Pustaka

- Azmi. 2013. *Perbandingan Perilaku Struktur Terhadap Beban Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan RSNI 03-1726-201x*. Jurnal. Aceh : Universitas Al-muslim.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 03-1726-2012*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Computer and Structure Inc. 2010. *Welcome to ETABS version 9.7.2 Integrated Building Design Software*, Berkeley.
- ETABS *Extended Three-Dimensional Analysis of Building System*, (<http://zamilcosulting.com/2013/12/etabs-extended-three-dimensional-analysis-of-building-system/#more-479>) diakses tanggal 13 Oktober 2014
- Faizah, R. 2013. *Analisis Gaya Gempa Rencana Pada Struktur Bertingkat Banyak Dengan Metode Dinamik Respon Spektra*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Indarto, H. 2013. *Aplikasi SNI Gempa 1726 : 2012 for Dummies*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang.
- Siyani, P. 2009. *Learning of ETABS Software*. ETERDSC-NIRMA-UNI.