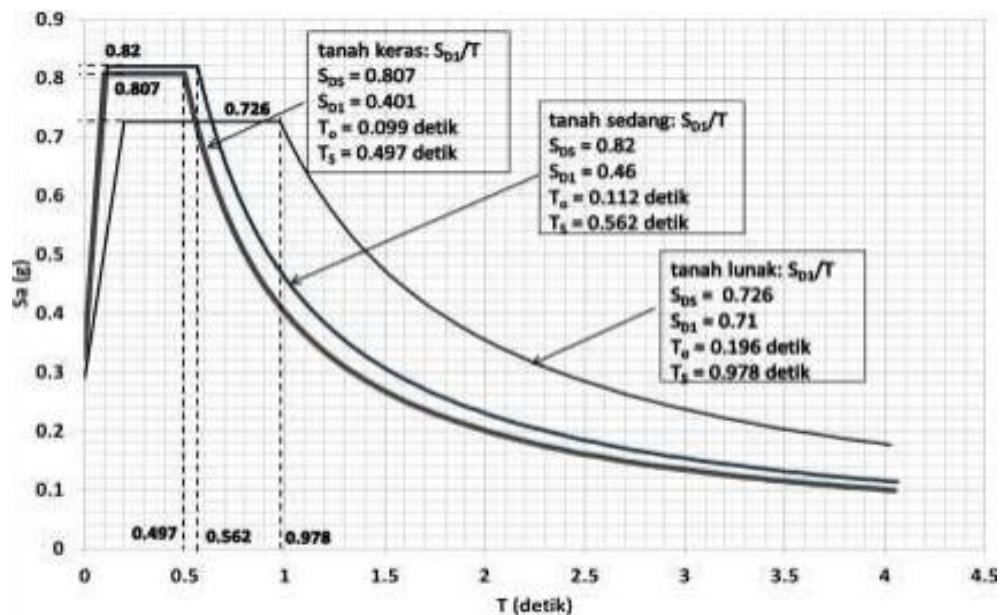


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

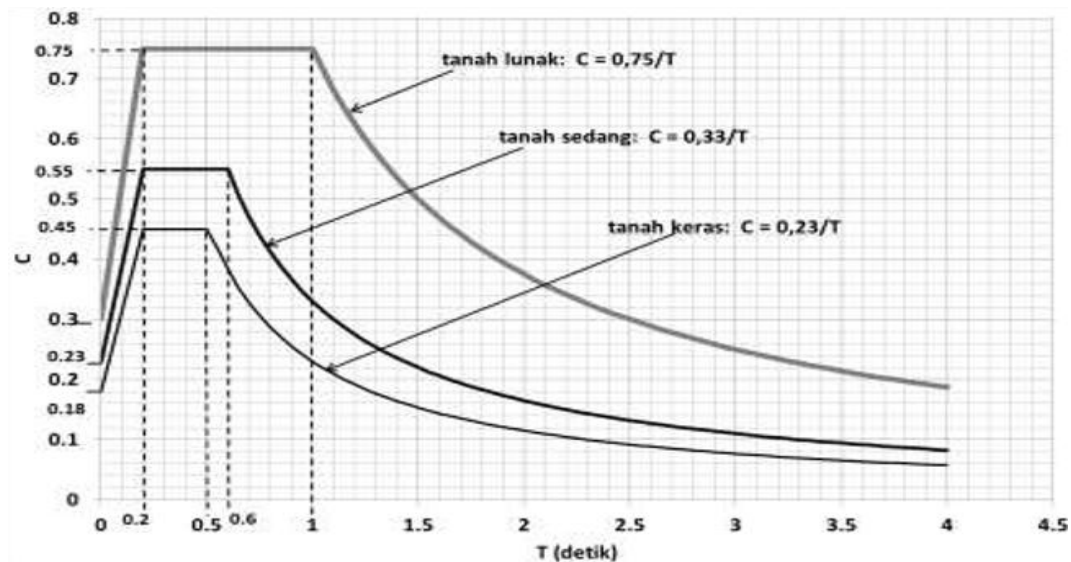
Arfiadi (2013), menyebutkan bahwa untuk Kota Yogyakarta tampak bahwa gaya geser untuk tanah lunak berdasarkan RSNI 03-1726-201X mempunyai nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan dengan gaya geser untuk tanah sedang dan keras. Untuk kondisi tanah sedang, nilai gaya geser lebih besar dari gaya geser pada kondisi tanah keras. Hal ini tampak lebih jelas lagi dengan menggambarkan grafik respons spektrum percepatan desain seperti pada gambar 2.1. Pada periode lebih kecil dari 0,5 detik nilai spektum percepatan desain untuk tanah lunak selalu lebih kecil dari spektrum percepatan desain untuk tanah sedang dan keras. Sedangkan untuk kondisi tanah sedang, nilai respons spektrum percepatan sedikit lebih besar dibandingkan dengan spektrum percepatan pada kondisi tanah keras.



Gambar 2.1 Spektrum respons percepatan RSNI 03-1726-201X untuk Kota Yogyakarta

Sumber : Arfiadi, 2013

Hal ini berbeda dengan gaya geser yang dihitung dengan SNI 03-1726-2002. Nilai gaya geser untuk tanah lunak selalu lebih besar dari gaya geser untuk tanah keras. Hal ini tampak nyata dari grafik respons percepatan seperti ditunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Respons Spektrum percepatan SNI 03-1726-2002 untuk wilayah 3

Sumber : Arfiadi, 2013

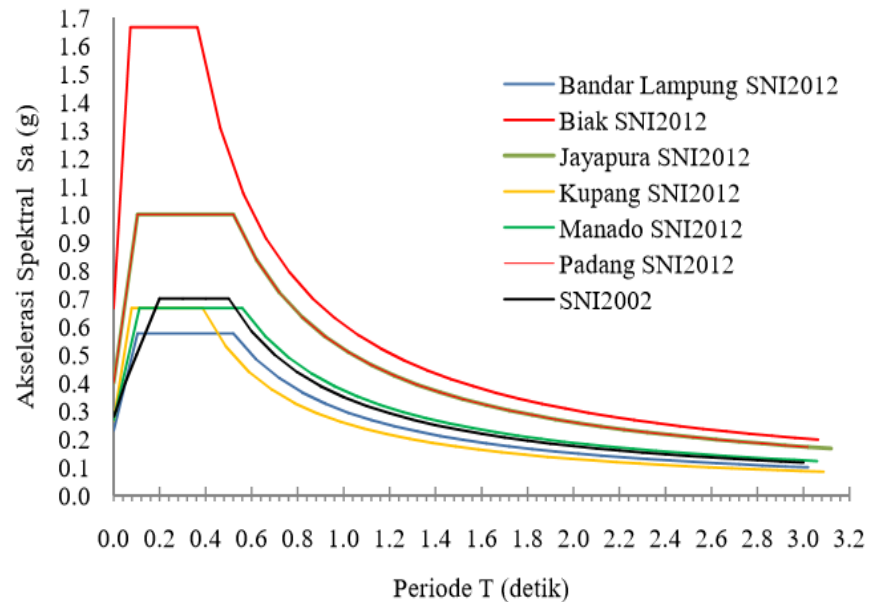
Berdasarkan hasil hitungan yang telah dilakukan, kondisi tanah lunak, rasio gaya geser lebih kecil dari 1 untuk semua periode getaran. Hal ini menunjukkan bahwa gaya geser berdasarkan RSNI 03 1726-201X lebih kecil dari gaya geser yang dihitung berdasarkan SNI 03-1726-2002. Nilai rasio ini mendekati satu. Untuk kondisi tanah sedang, rasio gaya geser berada di antara 1,3 sampai dengan 1,5. sedangkan untuk kondisi tanah keras, nilai rasio gaya geser di antara 1,7 sampai dengan 1,8. Berdasarkan perbandingan ini, maka ada kemungkinan gedung yang telah dibangun dan dirancang dengan SNI 03-1726-2002 menerima beban geser yang lebih besar, terutama untuk gedung yang dibangun di atas tanah sedang dan keras. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi pada gedung-gedung terutama yang dibangun di atas tanah sedang dan keras. (Arfiadi, 2013)

Objek penelitian yang dilakukan oleh Cornelis dkk, (2014) dengan model struktur delapan belas tingkat yang terdapat pada enam lokasi yang memiliki karakteristik tempat yang berbeda-beda, berdasarkan SNI 03-1726-2012 dan berada pada wilayah gempa 5 berdasarkan SNI 03-1726-2002 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 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012.

Dimensi gedung yang digunakan yaitu balok 400/700 mm, kolom 500/800 mm, tebal pelat 100 mm, 120 mm dan 150 mm. struktur ini di letakkan pada wilayah gempa 5 berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan pada 6 lokasi (Bandar Lampung, Biak, Jayapura, Kupang, Manado dan Padang) dengan karakteristik situs yang berbeda-beda berdasarkan SNI 03-1726-2012 dan dianalisis pada 3 kondisi tanah yaitu tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak.

Berdasarkan grafik respons spektrum pada gambar 2.3 diketahui bahwa 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 respons spektrum SNI 03-1726-2012 lebih besar dari respons spektrum SNI 03-1726-2002, sedangkan untuk kota Bandar Lampung, Kupang, Manado memiliki respons spektrum yang tidak seragam pada semua periode T dari SNI 03-1726-2012 terhadap SNI 03-1726-2002.

Tanah Keras

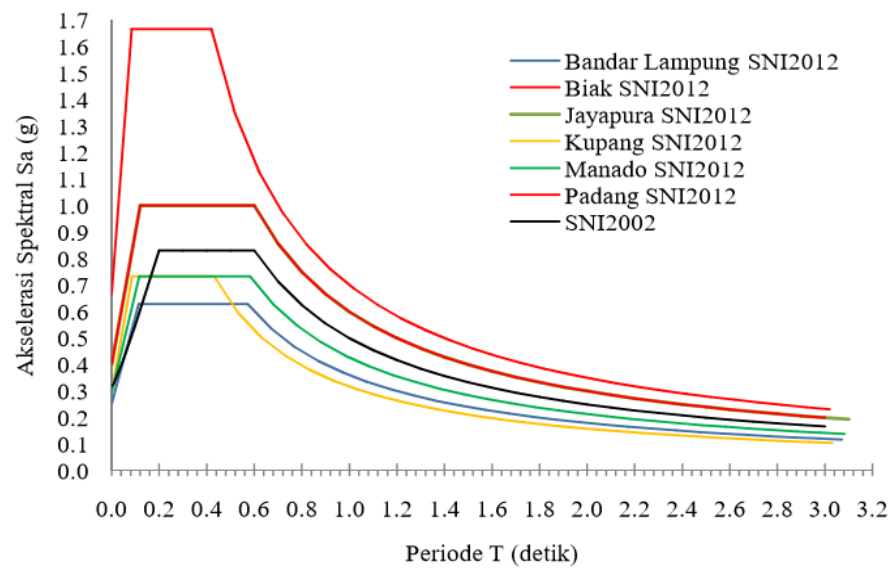


Gambar 2.3 Respons Spektrum Tanah Keras SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012

Sumber : Cornelis dkk, 2014

Berdasarkan grafik respons spektrum pada gambar 2.4 bahwa di 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 03-1726-2012 lebih besar dari respon spektrum SNI 03-1726-2002, sedangkan untuk kota Bandar Lampung, Kupang, Manado memiliki respons spektrum yang tidak seragam pada semua periode T dari SNI 03-1726-2012 terhadap SNI 03-1726-2002.

Tanah Sedang

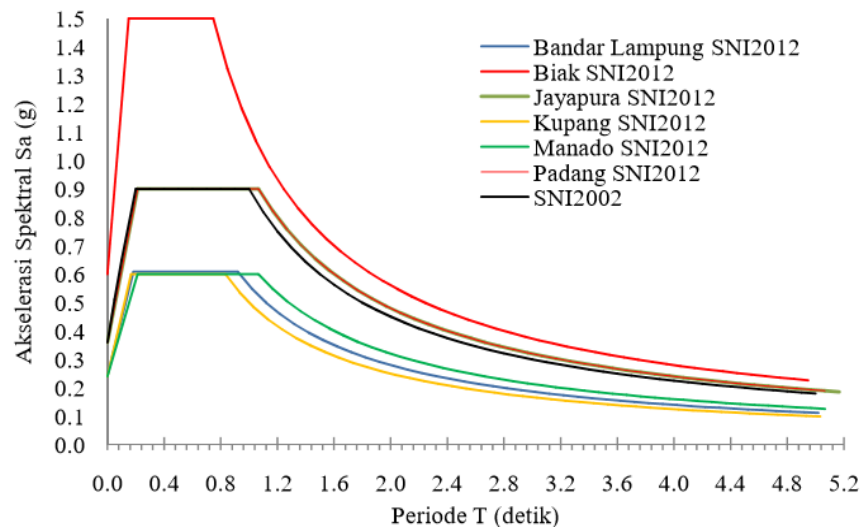


Gambar 2.4 Respons Spektrum Tanah Sedang SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012

Sumber : Cornelis dkk, 2014

Berdasarkan grafik respons spektrum pada gambar 2.5 di 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 respons spektrum SNI 03-1726-2012 lebih kecil dari respons spektrum SNI 03-1726-2002, sedangkan untuk Kota Biak memiliki respons spektrum SNI 03-1726-2012 yang lebih besar dari respons spektrum SNI 03-1726-2002. Selain itu, untuk Kota Jayapura dan Padang memiliki respons spektrum yang tidak seragam pada semua periode T dari SNI 1726-2012 terhadap SNI 1726-2002.

Tanah Lunak



Gambar 2.5 Respons Spektrum Tanah Lunak SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012

Sumber : Cornelis dkk, 2014

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa gaya gempa rencana berdasarkan SNI 03-1726-2012 tidak selalu lebih besar dari gaya gempa rencana berdasarkan SNI 03-1726-2002, tetapi tergantung dari percepatan respons spektrum lokasi bangunan tersebut. Gaya gempa rencana pada lokasi Bandar Lampung, Kupang dan Manado berdasarkan SNI 03-1726-2002 lebih besar dari gaya gempa rencana berdasarkan SNI 03-1726-2012. Gaya gempa rencana pada lokasi Biak, Jayapura dan Padang berdasarkan SNI 03-1726-2002 lebih kecil dari gaya gempa rencana berdasarkan SNI 03-1726-2012, gaya gempa rencana pada Biak, Jayapura dan Padang mengalami peningkatan yang tinggi dari SNI 03-1726-2002 terhadap SNI 03-1726-2012 sehingga bangunan yang sudah dibangun pada Biak, Jayapura dan Padang menjadi *under designed*.(Cornelis,dkk,2014)

Hendra, dkk (2015) pada penelitian respons spektrum gedung di kota Riau dengan model bangunan yang digunakan adalah struktur gedung beton bertulang (mutu K-300) setinggi 10 lantai (Model 1), 15 lantai (Model 2), dan 20 lantai (Model 3). Tinggi gedung Model 1, Model 2, dan Model 3 adalah 40,5 meter, 60,5 meter, dan 80,5 meter, secara berurutan. Elemen struktur yang dipilih adalah

balok berukuran 50x70 cm², kolom persegi 80x80 cm², dan pelat lantai dengan ketebalan 12 cm. Dinding geser yang digunakan memiliki ketebalan 30 cm. Variasi beban gempa diperoleh dari 8 lokasi gempa yang merupakan ibukota provinsi di Pulau Sumatera. Untuk menambah variasi beban gempa, digunakan 3 jenis kondisi tanah, yaitu kondisi tanah lunak, tanah sedang, dan tanah keras. Dengan variasi-variasi tersebut, diperoleh 24 kemungkinan beban gempa yang kemudian dinyatakan dalam bentuk grafik spektrum respons gempa agar dapat digunakan pada analisis spektrum respons ragam. Grafik spektrum respons gempa diperoleh dari situs www.puskim.pu.go.id yang telah mengacu pada Peta Gempa Indonesia tahun 2010 dan SNI 03-1726-2012.

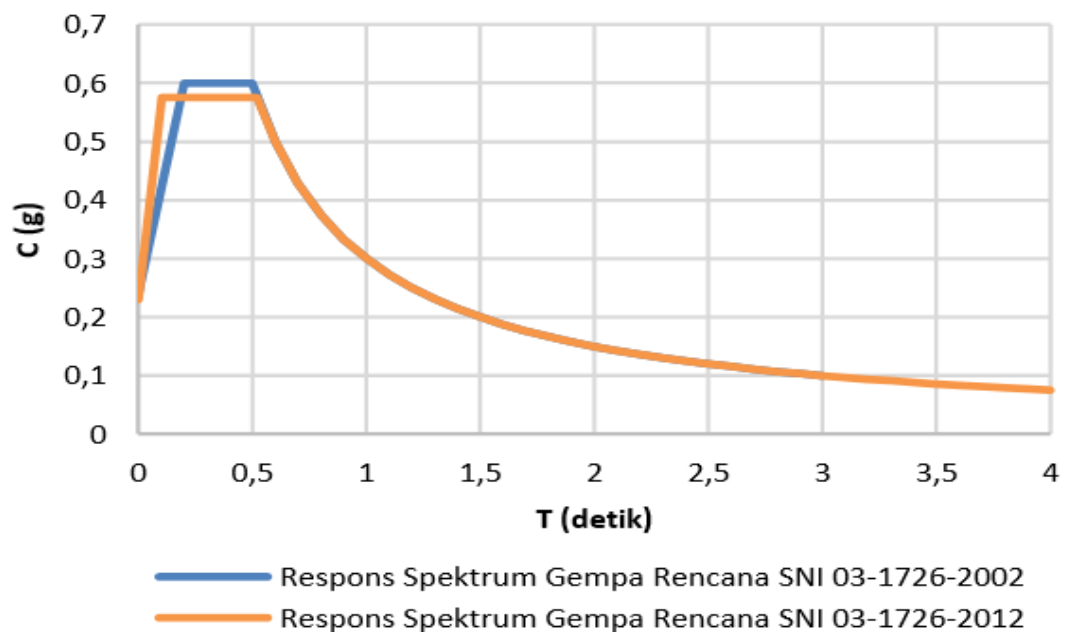
Berdasarkan hasil penelitian tersebut, diketahui bahwa bangunan yang lebih tinggi memiliki periode getar yang lebih besar dibandingkan bangunan yang lebih rendah, sehingga simpangan lantai yang dialami bangunan tinggi relatif lebih besar. Bangunan yang terletak di sisi Barat Pulau Sumatera seperti Kota Banda Aceh, Padang, dan Bengkulu memiliki risiko yang lebih besar terhadap gempa kuat dibandingkan kota-kota lain di tengah maupun sisi Timur Pulau Sumatera. Kondisi tanah lunak umumnya menghasilkan simpangan pusat lantai yang lebih besar dibandingkan tanah keras. Namun untuk struktur yang sangat kaku pada kasus lokasi gempa tertentu, tanah keras bisa menghasilkan simpangan pusat lantai yang lebih besar dibandingkan tanah lunak. (Hendra Jingga, Reni Suryanita, dan Enno Yuniarto, 2015)

Lailasari,dkk (2013), menganalisis perbandingan beban gempa berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012. Model gedung yang digunakan adalah gedung 4 lantai untuk analisis gempa statis linier dengan metode statik ekuivalen dan gedung 10 lantai untuk analisis gempa dinamis linier dengan metode ragam spektrum respons. Tinggi model gedung 4 lantai yaitu 16 meter dan tinggi model gedung 10 lantai yaitu 40 meter.

Berdasarkan hasil respons spektrum desain dari penelitian tersebut, didapatkan bahwa berdasarkan SNI 03-1726-2002 Kota Malang termasuk ke

dalam kategori zona wilayah gempa 4 dengan percepatan puncak batuan dasar sebesar 0,20g. Jenis tanah tempat model gedung adalah tanah keras. Sedangkan berdasarkan SNI 03-1726-2012, respons spektrum rencana desain harus dibuat terlebih dahulu. Data percepatan batuan dasar yang berada di kota Malang adalah $S_S = 0,8$ dan $S_1 = 0,3$. Dengan melakukan tahapan dalam membuat respons spektrum desain berdasarkan SNI 03-1726-2012.

Perbedaan respons gempa rencana antara SNI 03-1726-2002 dengan SNI 03-1726-2012 terjadi karena kedua standar kegempaan tersebut memiliki peta wilayah gempa yang berbeda. Pada SNI 03-1726-2002 respons gempa rencana ditentukan berdasarkan zona wilayah gempa dan jenis tanah. Sedangkan, pada SNI 03-1726-2012 peta gempa ditentukan berdasarkan parameter gerak tanah S_S dan S_1 , kemudian respons gempa rencana dibuat dahulu sesuai prosedur. Perbandingan respons spektrum gempa rencana berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 diperlihatkan pada grafik Gambar 2.6



Gambar 2.6 Perbandingan respons spektrum gempa rencana SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012.

Sumber : Lailasari dkk, 2013

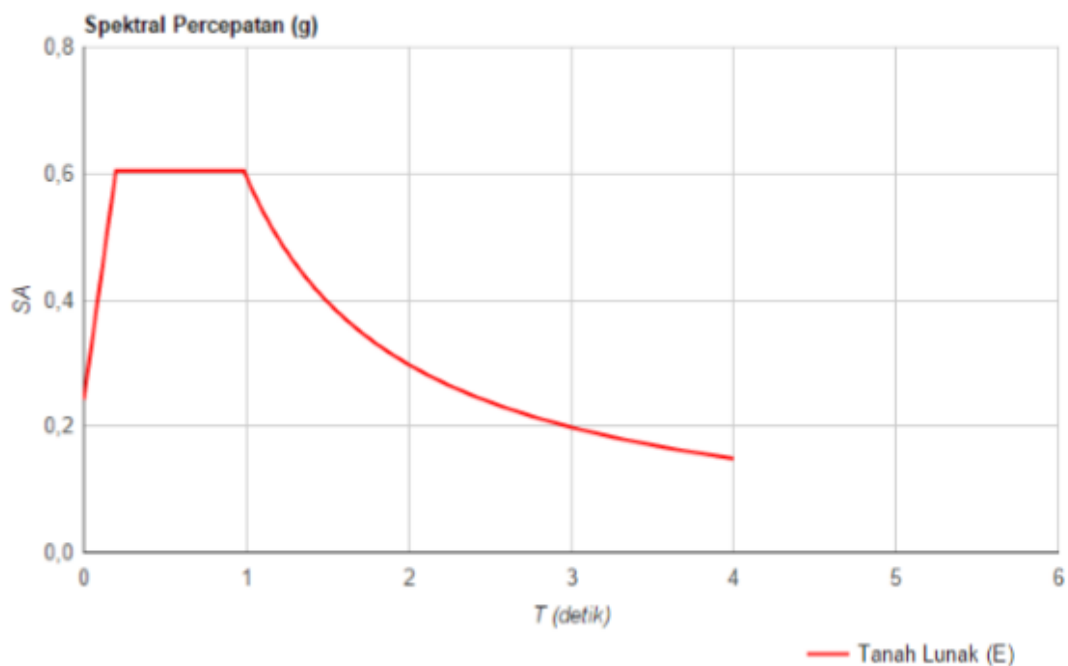
Perbandingan respons gempa rencana dapat dilihat pada grafik, sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor respons gempa pada $T > 0,5$ detik berdasarkan standar kegempaan SNI 2002 dan SNI 2012 memiliki besar dan bentuk lekukan yang relatif sama. Perbedaan faktor respons gempa terletak pada $0,2 \text{ detik} > T$ berdasarkan SNI 2012 memiliki nilai lebih besar daripada SNI 2002 dan pada $0,2 \text{ detik} < T < 0,5 \text{ detik}$ berdasarkan SNI 2002 memiliki nilai lebih besar daripada SNI 2012.

Analisis spektrum respons ragam berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012, diperoleh hasil partisipasi massa ragam kombinasi sebesar 89,47%. Hasil ini mendekati nilai 90%, jadi dianggap sudah memenuhi persyaratan batas partisipasi massa. Untuk hasil perhitungan gaya geser yang dihasilkan dari prosedur analisis spektrum respons ragam dengan metode *CQC* berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 lebih kecil dibandingkan dengan prosedur analisis gaya lateral ekuivalen. Hasil gaya geser analisis spektrum respons ragam berdasarkan SNI 03-1726-2012 lebih besar daripada SNI 03-1726-2002, yaitu lebih besar 48,56%. Hal ini terjadi karena faktor respons gempa dan kombinasi pembebanan pada SNI 03-1726-2012 lebih besar daripada SNI 03-1726-2002. (Lailasari, Wibowo dan Nuralinah, 2013).

Penelitian yang telah dilakukan Sayed, dkk (2015) mengenai ketahanan gempa pada gedung X di Jakarta berdasarkan SNI 03-1726-2012 dengan pengecekan kondisi kini gedung dilakukan melalui pengamatan visual dan *Hammer Test*, kemudian analisis pemodelan gedung menggunakan program *ETABS*. Pemberian analisis beban gempa dilakukan menggunakan grafik respons spektrum dari prosedur analisis spektrum respons ragam. Analisis pembebanan yang diperhitungkan pada pemodelan struktur tersebut, diantaranya pembebanan statik dan dinamik berdasarkan PPPURG 1989. Sedangkan, untuk pembebanan dinamik gempa berdasarkan SNI 03-1726-2012.

Hasil analisis dari website *www.puskim.pu.go.id* diperoleh Tabel dan grafik respons spektrum. Data nilai desain percepatan respons spektrum yang

diperoleh antara lain: nilai percepatan batuan dasar 0,2 detik (S_s) = 0,667 g; percepatan batuan dasar 1 detik (S_1) = 0,293 g; respons spektrum percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) = 0,991 g; respons spektrum percepatan pada perioda 1 detik (S_{M1}) = 0,929 g, percepatan spektrum desain untuk perioda pendek (S_{DS}) = 0,607 g; percepatan spektrum desain untuk perioda 1 detik (S_{D1}) = 0,553 g; Periode (T_s) = 0,901 s dan Periode (T_0) = 0,182 s (Gambar 2.7)



Gambar 2.7 Grafik desain respons spektrum gedung pada lokasi objek penelitian

Sumber : Sayed dkk, 2015.

Tinjauan analisis pembebanan gempa dalam studi ini menggunakan tinjauan gaya geser dasar seismik respons ragam pertama melalui analisis statik ekuivalen lateral (V_1) dan tinjauan gaya geser dasar seismik melalui analisis spektrum respons ragam (V_t) yang mengacu pada SNI 03-1726-2012. Gaya geser dasar seismik respons ragam pertama (V_1) diperoleh dengan cara mengalikan nilai koefisien dasar seismik (C_s) dan jumlah berat seluruh bangunan. Gaya geser dasar seismik spektrum ragam respons (V_t) dapat diperoleh dari hasil analisis program *ETABS* melalui data *output story shears*. Berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 11.1.4, nilai *story shears* (V_t) tersebut harus diberikan nilai besaran skalar.

Berdasarkan hasil analisis pembebanan gempa dinamik spektrum respons ragam pada arah-x dan y diperoleh bahwa nilai gaya geser dasar spektrum respons ragam (V_i) lebih besar dari 85 persen gaya geser dasar respons ragam pertama melalui prosedur statik ekuivalen lateral (V_1). Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana telah memenuhi persyaratan SNI 03-1726-2012. Hasil analisis pembebanan gempa dinamik respons spektrum pada Gedung X menunjukkan bahwa nilai *story drift* maksimum atau simpangan maksimum kinerja batas ultimum arah-x sebesar 68,60 mm dan arah-y sebesar 101,20 mm. Hasil analisis pembebanan gempa dinamik spektrum respons ragam menyatakan bahwa Gedung X yang berlokasi di Jakarta tersebut, belum memenuhi syarat (aman) terhadap kinerja batas ultimum atau simpangan antar lantai tingkat yang diizinkan (Δ_a) yaitu $0,007h_{sx}$ atau belum memenuhi syarat (aman) terhadap kinerja batas ultimum yang dihitung berdasarkan SNI 03-1726-2012. (Sayed, Erizal dan Asep Sapei, 2015)

Tafhemm, dkk (2016). Penelitian yang telah dilakukan dengan deskripsi bangunan yaitu gedung 10 lantai dengan ketinggian 30 m dan jarak antar lantai yaitu 3 m. Luas area konstruksi yaitu 30m x 30m dengan jarak antar kolom yaitu 5 m. material dan ukuran geometris dari bangunan dijelaskan pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1 : *Material Properties*

Sumber : Jihan dkk, 2016.

<i>Name of the material</i>	<i>Parameter</i>	<i>Values</i>	<i>Unit</i>
<i>Concrete</i>	<i>Mass per unit volume</i>	2.4×10^{-9}	Ton/mm ³
	<i>Modulus of Elasticity</i>	2×10^4	N/mm ²
	<i>Poisson's ratio</i>	0.2	---
	<i>Compressive strength of Concrete, f'_c</i>	27.58	N/mm ²
<i>Steel</i>	<i>Yield strength of Steel, f_y</i>	413.79	N/mm ²

Tabel 2.2 : *Geometric properties of the building model*

Sumber : Jihan dkk, 2016.

<i>Structural Components</i>	<i>Value</i>	<i>Unit</i>
<i>Corner Column</i>	335x 335	mm x mm
<i>Exterior Coloumn</i>	385 x 385	mm x mm
<i>Interior Coloumn</i>	485 x 485	mm x mm
<i>All Beams</i>	470 x 370	mm x mm
<i>Slab Thickness</i>	125	mm

Penelitian ini menggunakan program *ETABS 2015* untuk pemodelan serta menganalisisnya. Dalam analisisnya, total jumlah mode yang digunakan adalah sebanyak 12 mode. Tujuan dari menganalisis struktur mekanik adalah untuk menentukan bentuk dan frekuensi suatu objek atau getaran pada struktur.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa analisis statis memberikan nilai yang lebih tinggi untuk perpindahan maksimum pada kedua arah daripada metode analisis respons spektrum dinamis. Dalam kasus perpindahan lateral maksimum di tingkat atas, nilai dinamis adalah sekitar 78% dari nilai statis. Meskipun metode spektrum respons dinamis dari desain seismik adalah metode yang disukai karena keunggulan komputasi dalam memprediksi respon sistem struktural dimana perhitungan hanya melibatkan nilai maksimum respon induksi pada masing-masing mode, metode gaya statik ekuivalen digunakan sebagai tolok ukur untuk mengukur desain *base story* yang diperoleh dengan analisis RS dinamis sebelum distribusi gaya seismik lateral di atas tinggi struktur di bawah dasar geser RS dinamis. Para insinyur dan peneliti, harus secara jelas memahami bahwa metode spektrum respons adalah metode perkiraan yang digunakan untuk memperkirakan nilai puncak maksimum perpindahan dan gaya dan memiliki keterbatasan yang signifikan. Hal ini terbatas pada analisis elastis linier.