

## BAB II

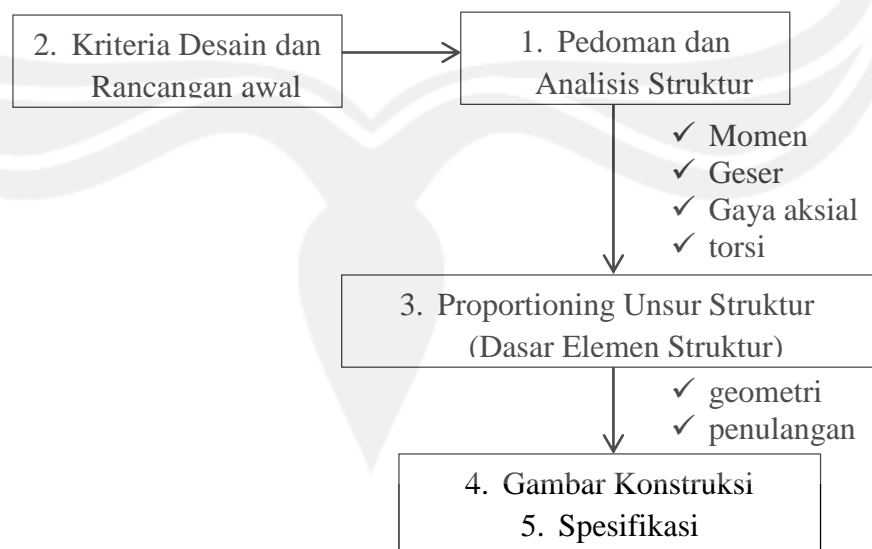
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Prinsip Umum

Menurut Iswandi Imran (2014) konsep dasar perencanaan struktur bangunan pada dasarnya harus memenuhi kriteria-kriteria sebagai berikut :

1. Kuat dalam menahan beban yang direncanakan
2. Memenuhi persyaratan kemampuan layan
3. Memiliki durabilitas yang tinggi
4. Kesesuaian dengan lingkungan sekitar
5. Ekonomis
6. Mudah perawatannya

Langkah-langkah dalam perancangan struktur dapat diuraikan seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Langkah-langkah Perancangan  
(Sumber : Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang,2014)

## **2.2. Prinsip Perencanaan Struktur Bangunan Tahan Gempa**

Filosofi perencanaan bangunan tahan gempa adalah apabila terjadi gempa penghuni dapat selamat meskipun struktur bangunan mengalami kerusakan. Untuk merencanakan elemen-elemen dari sistem struktur agar tetap mempunyai kinerja yang baik pada saat terjadi gempa maka pada saat merencanakan struktur bangunan tahan gempa perlu ditinjau 3 jenis beban gempa yaitu gempa ringan, gempa sedang, dan gempa besar.

Indonesia merupakan negara dengan tingkat terjadinya gempa yang tinggi karena letaknya yang berada di kawasan *Pasific Ring Of Fire*. *Pasific Ring Of Fire* sendiri merupakan jalur rangkaian gunung aktif di dunia. Melihat kondisi alam yang rawan terjadi gempa, maka dalam merancang struktur bangunan harus memenuhi standar perencanaan bangunan tahan gempa agar pada saat terjadi gempa keruntuhan struktur dapat diminimalisir.

## **2.3. Struktur Beton Bertulang**

Menurut Iswandi Imran material beton bertulang pada dasarnya merupakan gabungan material beton dan baja tulangan. Struktur beton bertulang merupakan struktur yang paling banyak digunakan atau dibangun orang dibandingkan dengan jenis struktur yang lainnya. Beton sendiri merupakan material yang kuat dalam menahan tekan, namun lemah dalam menahan tarik sedangkan tulangan baja kuat dalam menahan tarik.

Perencanaan struktur bangunan yang meliputi perencanaan balok, kolom dan pelat yang terbuat dari beton bertulang sebagai berikut:

a. Kolom

Kolom ialah suatu struktur yang mendukung beban aksial dengan/ tanpa momen lentur. Pada struktur atas, kolom merupakan komponen struktur yang paling penting untuk diperhatikan, karena apabila kolom ini mengalami kegagalan, maka dapat berakibat keruntuhan struktur bangunan atas dari gedung secara keseluruhan. (Asroni, 2010).

Menurut Imran (2014) kolom juga dapat didefinisikan sebagai elemen struktur vertikal yang berfungsi menyalurkan gaya tekan aksial, dengan atau tanpa momen, dari plat lantai dan atap ke fondasi. Momen yang disalurkan dapat berupa momen uniaksial atau biaksial.

Kolom harus dirancang untuk menahan gaya aksial dari beban terfaktor pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang lantai dan atau atap bersebelahan yang ditinjau. Kondisi pembebanan yang memberikan rasio momen maksimum terhadap beban aksial juga harus ditinjau.

b. Balok

Balok adalah bagian dari struktur yang berfungsi untuk menopang lantai di atasnya serta sebagai penyalur momen ke kolom-kolom yang menopangnya. Balok yang bertumpu langsung pada kolom disebut balok induk, sedangkan balok yang bertumpu pada balok induk disebut balok anak. Tulangan rangkap pada perancangan balok pada umumnya ditujukan untuk meningkatkan daktilitas penampang, pengendalian defleksi jangka panjang akibat adanya rangkai dan susut. (MacGregor, 2005)

c. Pelat

Pelat adalah elemen horisontal utama yang menyalurkan beban hidup maupun beban mati ke kerangka pendukung vertikal dari suatu sistem struktur. Elemen-elemen tersebut dapat dibuat sehingga bekerja dalam satu arah atau bekerja dalam dua arah (Nawy, 1990). Pelat merupakan struktur bidang datar (tidak melengkung) yang jika ditinjau secara 3 dimensi mempunyai tebal yang jauh lebih kecil dari pada ukuran bidang pelat. Terdapat 2 jenis pelat yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah.

**2.4. Pembebanan Struktur**

Dalam merancang struktur bangunan harus memperhitungkan beban-beban yang bekerja pada struktur sehingga didapatkan perkiraan struktur bangunan yang aman. Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung (PPURG, 1987, hal 1) terdapat beberapa beban yang harus diperhitungkan dalam merancang struktur bangunan, yaitu

a. Beban mati (D)

ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.

b. Beban hidup (L)

ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamannya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal

dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut.

c. Beban gempa (E)

ialah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa di sini adalah gaya-gaya didalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

## 2.5. Peraturan Gempa

Di Indonesia terdapat standart kegempaan yaitu SNI 1726:2002, tetapi para ahli berpendapat bahwa standar perencanaan ini sudah tidak sesuai karena pada saat gempa besar yang terjadi seperti Gempa di Aceh dan Gempa di Nias bangunan-bangunan yang ada banyak mengalami kerusakan pada struktur bangunannya. Oleh karenanya perlu dilakukan revisi terhadap SNI 1726:2002 dan dibuat pembaharuan SNI yaitu SNI 1726:2012. Berdasarkan SNI 1726:2012 peta gempa ditentukan berdasarkan parameter gerak tanah  $S_s$  dan  $S_1$ , kemudian dibuat kurva untuk mendapatkan nilai faktor respons gempa berdasarkan waktu getar alami.

Pada penelitian terdahulu, perubahan respons spektra SNI 1726:2012 bergantung pada pergerakan wilayah kegempaan dari tahun 2002 ke 2012 pada daerah tersebut. Sehingga pergerakan tanah ini, menjadi faktor perubahan nilai respons spektra pada SNI yang baru. Pembagian wilayah gempa berdasarkan SNI 1726:2002 tidak menjadi patokan untuk perubahan respons spektra SNI 1726:2012. Tidak selalu wilayah kegempaan dengan gempa tinggi pada SNI 1726:2012 mengalami kenaikan pada respons spektranya. Begitu juga pada wilayah kegempaan dengan gempa yang rendah.

Kekurangan dari SNI 1726:2002 yaitu pada pembagian wilayah kegempaannya. Di dalam zona gempa SNI 2002 menganggap semua daerah di setiap kota memiliki respons spektra yang sama. Tetapi pada kenyataannya setiap daerah atau dalam lingkup yang kecil misalnya setiap kecamatan pada suatu kabupaten tidak memiliki respons spektra yang sama. Kekurangan ini menjadi kelebihan dari SNI 1726:2012 sebagai standar kegempaan yang telah diperbaharui.

Kelebihan dari SNI 1726:2012 adalah setiap tempat atau setiap lokasi dengan koordinat lintang dan bujurnya memiliki respons spektra yang berbeda. Karena wilayah gempa ditentukan berdasarkan parameter gerak tanah  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada periode pendek 0,2 detik) dan  $S_1$  (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik). Sehingga respon spektra yang terbentuk berbeda pada setiap tempat. (Arfiadi dan Satyarno, 2013)

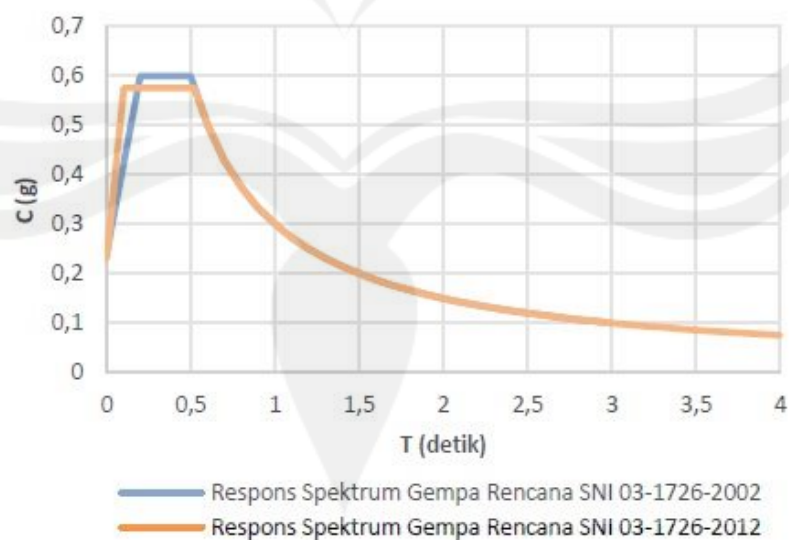
Dibawah ini merupakan beberapa perbedaan antara SNI 1726:2002 dan SNI 1726:2013 berdasarkan jurnal:

## 1. Respons Spektrum

SNI 1726:2002 respons gempa rencana ditentukan berdasarkan zona wilayah gempa dan jenis tanah.

SNI 1726:2013 peta gempa ditentukan berdasarkan parameter gerak tanah  $S_s$  dan  $S_1$ , kemudian respons gempa rencana dibuat sesuai prosedur.

Perbandingan respons gempa rencana dapat dilihat pada gambar 2.2, 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. Grafik di dapat dari contoh perhitungan dalam.



Gambar 2.2. Perbandingan respons spektrum gempa rencana SNI 1726:2002 dan SNI 1726:2012

(Sumber : Lailasari, Wibowo, dan Nuralinah, 2014)

Tabel 2.1. Perbandingan Kegempaan SNI 1726:2002 dan SNI 1726:2012

Standar	Tingkat risiko (kerawanan) gempa		
	Rendah	Menengah	Tinggi
SNI 1726:2002	Zona 1, 2	Zona 3, 4	Zona 5, 6
SNI 1726:2012	KDS A, B	KDS C	KDS D, E, F

## 2. Analisis Gempa Statis Linier

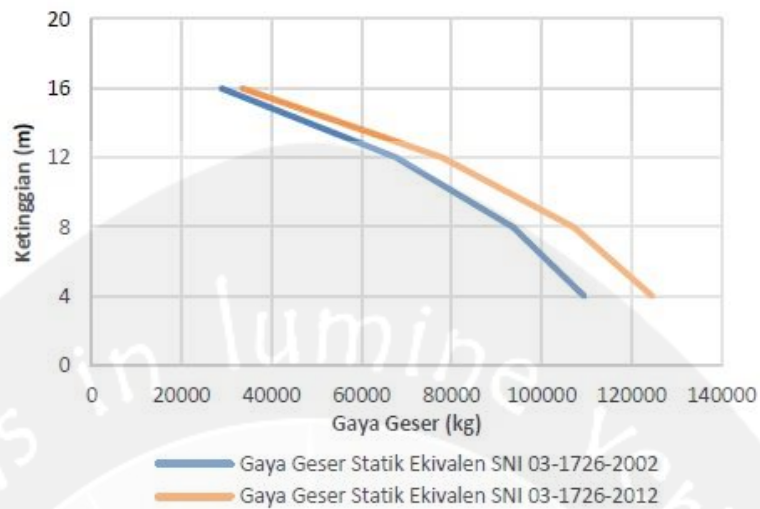
### a. Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen

Gaya geser dasar (*base shear*) yang dihasilkan oleh SNI 1726:2012 lebih besar daripada SNI 1726:2002. Hal ini terjadi karena koefisien gempa yang digunakan pada SNI 1726:2012 lebih besar jika dibandingkan dengan SNI 1726:2002.

Gaya geser dasar ini kemudian didistribusikan pada setiap lantai gedung. Pendistribusian gaya gempa berdasarkan SNI 1726:2002 dan SNI 1726:2012 memiliki rumus yang berbeda. Grafik yang dihasilkan SNI 1726:2002 dan SNI 1726:2012 memiliki bentuk kecenderungan pola kurva yang sama. Pada grafik akan terlihat semakin tinggi gedung, semakin kecil selisih distribusi gaya gesernya. Hal ini terjadi karena pada SNI 1726:2012 ketinggian gedung dipangkatkan dengan nilai  $k$  yang merupakan eksponen terkait dengan periode struktur.

Perbandingan gaya geser terhadap ketinggian gedung berdasarkan gaya lateral statik ekuivalen SNI 1726:2002 dan SNI 1726:2012 diperlihatkan pada grafik Gambar 2.3.





Gambar 2.3. Perbandingan distribusi gaya geser berdasarkan statik ekuivalen SNI 1726:2002 dan SNI 1726:2012  
(Sumber : Lailasari, Wibowo, dan Nuralinah, 2014)

b. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1726:2002, faktor-faktor dan kombinasi beban untuk beban mati, beban hidup dan beban gempa adalah:

- 1) 1,4 DL
- 2) 1,2 DL + 1,6 LL
- 3) 1,2 DL + 1,0 LL ± 0,3 EX ± 1,0 EY
- 4) 1,2 DL + 1,0 LL ± 1,0 EX ± 0,3 EY
- 5) 0,9 DL ± 0,3 EX ± 1,0 EY
- 6) 0,9 DL ± 1,0 EX ± 0,3 EY

Berdasarkan SNI 1726:2012, faktor-faktor dan kombinasi beban untuk beban mati, beban hidup dan beban gempa sama dengan SNI 1726:2002. Akan tetapi, pada kombinasi yang terdapat beban gempa di dalam persamaannya harus didesain menggunakan pengaruh beban gempa yang ditentukan seperti berikut:

$$E = E_h \pm E_v = (\rho Q_E) \pm (0,2S_{DS} DL)$$

$E_h$  merupakan pengaruh beban gempa horizontal dan  $E_v$  merupakan pengaruh beban gempa vertikal. Sehingga koefisien pada beban mati dan beban gempa menjadi berubah akibat dari pengaruh beban gempa tersebut. Secara keseluruhan dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726:2012 memiliki koefisien yang lebih besar dibandingkan dengan SNI 1726:2002 akibat dari pengaruh beban gempa.

c. Simpangan Antarlantai pada Analisis Statis

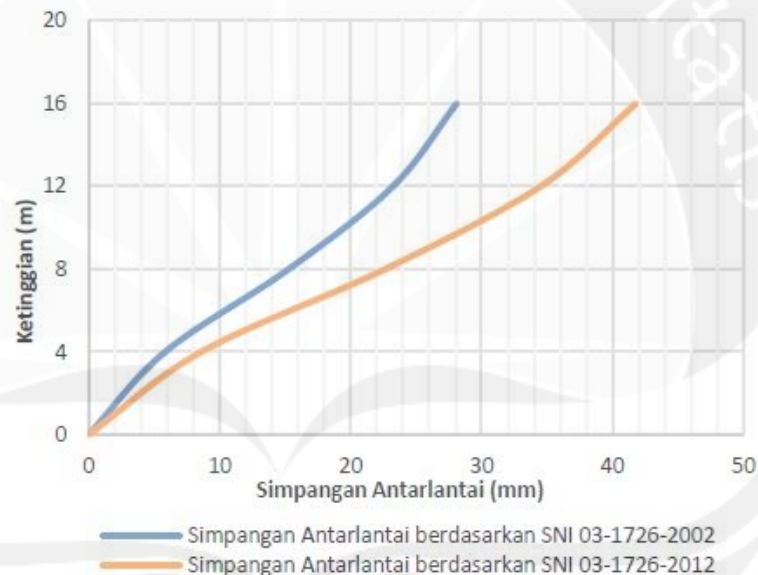
Simpangan antarlantai berdasarkan kinerja batas layan ( $\Delta_s$ ) SNI 1726:2002 pasal 8.1, dihitung dari simpangan struktur gedung tidak boleh melampaui  $\frac{0,03}{R}$  kali tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm, bergantung yang nilainya lebih kecil. Sedangkan simpangan antarlantai berdasarkan kinerja batas ultimit ( $\Delta_m$ ) SNI 1726:2002 pasal 8.2, dihitung dari simpangan struktur gedung akibat pembebanan gempa dikalikan dengan faktor pengali untuk struktur gedung beraturan  $\xi = 0,7 R$ . Untuk memenuhi syarat kinerja batas ultimit, simpangan antarlantai tidak boleh melampaui 0,02 kali tinggi tingkat.

Simpangan antarlantai berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.6, dihitung sebagai defleksi pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Defleksi pusat massa di tingkat  $x$  harus ditentukan

dengan persamaan 
$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{I_e}$$

Nilai  $C_d$  merupakan faktor pembesaran defleksi dan nilai  $I_e$  merupakan faktor keutamaan gempa. Untuk memenuhi syarat kinerja batas ultimit, simpangan antarlantai tidak boleh melampaui 0,02 kali tinggi tingkat.

Perbandingan simpangan antarlantai terhadap ketinggian gedung berdasarkan SNI 1726:2002 dan SNI 1726:2012 diperlihatkan pada grafik Gambar 3.4.



Gambar 2.4. Perbandingan simpangan antarlantai berdasarkan SNI 1726:2002 dan SNI 1726:2012 pada analisis statis (Sumber : Lailasari, Wibowo, dan Nuralinah, 2014)

### 3. Analisis Gempa Dinamis Linier

#### a. Prosedur analisis spektrum respons ragam

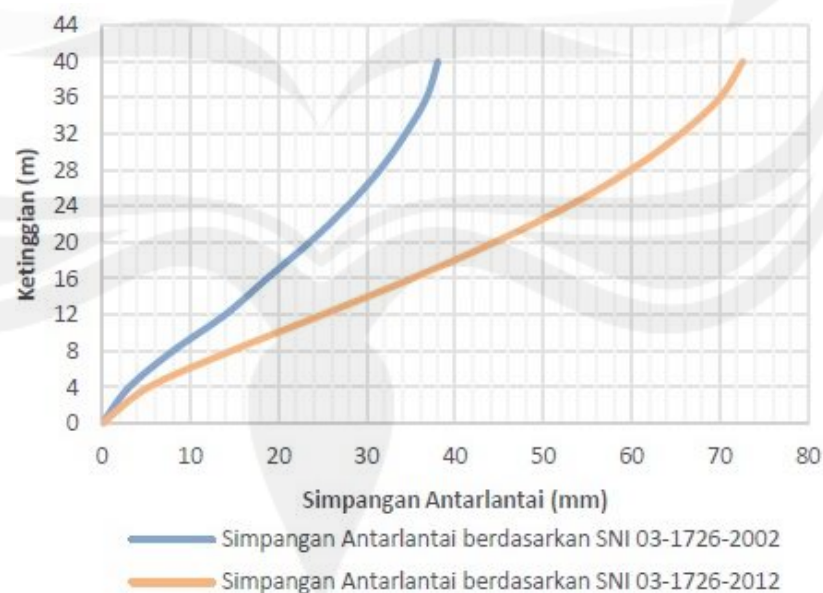
Analisis spektrum respons ragam berdasarkan SNI 1726:2002 dan SNI 1726:2012, diperoleh hasil partisipasi massa ragam kombinasi yang hampir sama. Untuk hasil perhitungan gaya geser yang dihasilkan dari prosedur analisis spektrum respons ragam dengan metode CQC

berdasarkan SNI 1726:2002 dan SNI 1726:2012 lebih kecil dibandingkan dengan prosedur analisis gaya lateral ekuivalen. Hal ini terjadi karena faktor respons gempa dan kombinasi pembebanan pada SNI 1726:2012 lebih besar daripada SNI 1726:2002.

b. Simpangan antarlantai

- Persyaratan simpangan antar lantai pada analisis dinamis SNI 2012 sama dengan persyaratan pada analisis statis SNI 2012.
- Persyaratan simpangan antar lantai pada analisis dinamis SNI 2012 sama dengan persyaratan pada analisis statis SNI 2012.

Perbandingan simpangan antarlantai terhadap ketinggian gedung berdasarkan SNI 1726:2002 dan SNI 1726:2012 diperlihatkan pada grafik Gambar 2.5.

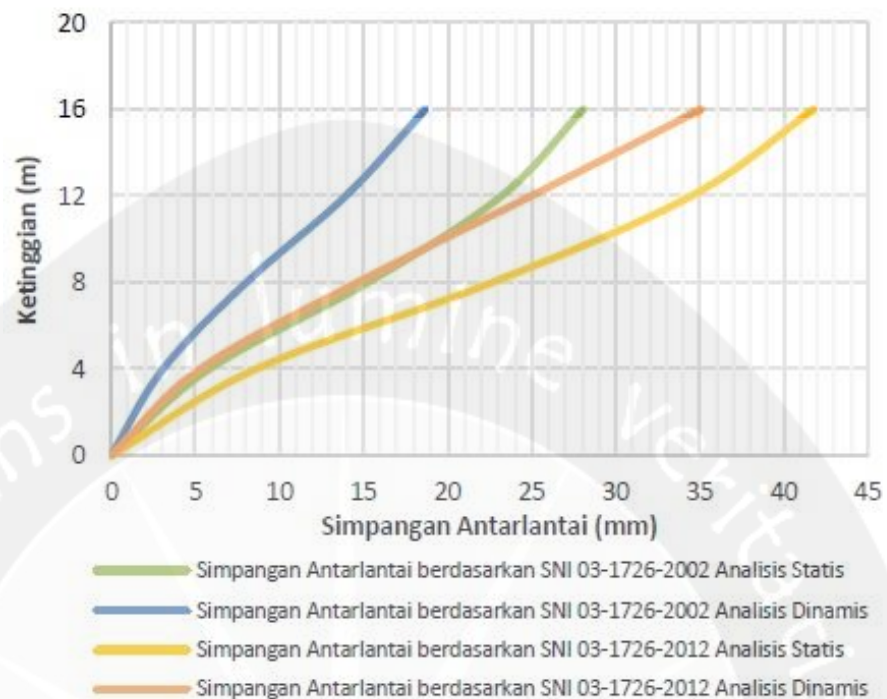


Gambar 2.5. Perbandingan simpangan antarlantai berdasarkan SNI 1726:2002 dan SNI 1726:2012 pada analisis dinamis (Sumber : Lailasari, Wibowo, dan Nuralinah, 2014)

Berdasarkan grafik pada Gambar 3.5, dapat disimpulkan bahwa simpangan antarlantai berdasarkan SNI 1726:2012 lebih besar dibandingkan dengan SNI 1726:2002. Hal ini terjadi karena kombinasi pembebanan dan gaya geser nominal analisis spektrum respons ragam yang digunakan pada SNI 2012 lebih besar jika dibandingkan dengan SNI 2002.

Bentuk dari grafik antara SNI 2002 dan SNI 2012 menunjukkan kecenderungan pola kurva yang sama, hal ini disebabkan oleh pendistribusian gaya geser yang sama antara kedua standar keempaan tersebut.

Perbandingan simpangan antarlantai terhadap ketinggian gedung berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 pada analisis statis dan analisis dinamis dengan ketinggian gedung yang sama diperlihatkan pada grafik Gambar 3.6.



Gambar 2.6. Perbandingan simpangan antarlantai berdasarkan SNI 1726:2002 dan SNI 1726:2012 pada analisis statis dan analisis dinamis. (Sumber : Lailasari, Wibowo, dan Nuralinah, 2014)

Berdasarkan grafik pada Gambar 2.6, simpangan antarlantai berdasarkan SNI 1726:2002 dengan analisis statis lebih besar daripada analisis dinamis. Begitu juga pada simpangan antarlantai berdasarkan SNI 1726:2012 dengan analisis statis lebih besar daripada analisis dinamis. Hal ini terjadi karena nilai gaya geser nominal analisis statik ekuivalen lebih besar daripada analisis spektrum respons ragam.

Sistem Rangka Momen Biasa (SPRMB) pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas terbatas dan digunakan di daerah dengan risiko gempa rendah. Sistem Rangka Momen Menengah (SPRMM) memiliki tingkat daktilitas yang sedang dan digunakan di daerah dengan risiko

gempa menengah, sedangkan Sistem Rangka Momen Khusus (SPRMK) memiliki tingkat daktilitas penuh dan digunakan di daerah dengan risiko gempa tinggi. Semakin tinggi risiko kegempaan suatu daerah, maka persyaratan *detailing* penulangannya akan semakin lebih ketat. Indonesia sendiri termasuk dalam daerah dengan resiko gempa yang cukup tinggi.

