

STUDI KOMPARASI PERENCANAAN GEDUNG TAHAN GEMPA DENGAN MENGUNAKAN SNI 03-1726-2002 DAN SNI 03-1726-2012

Desinta Nur Lailasari¹, Ari Wibowo², Devi Nuralinah²
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan Mayjen Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
Email : desinta.nl@gmail.com

ABSTRAK

Beberapa tahun ini, Indonesia sering dikejutkan dengan berbagai macam bencana alam, terutama gempa. Hal ini terjadi karena Indonesia berada di kawasan Pasific Ring Of Fire. Kedatangan gempa tidak dapat diprediksi secara pasti tempat dan waktunya, oleh sebab itu, harus ada sistem pemberitahuan dini terhadap bahaya gempa dan pengantisipasi dengan pembangunan gedung tahan gempa agar tidak memakan korban jiwa. Di Indonesia terdapat standar kegempaan SNI 03-1726-2002. Akan tetapi menurut para ahli gempa di Indonesia, peraturan ini dirasa sudah tidak sesuai lagi diaplikasikan sebagai pedoman perencanaan struktur tahan gempa karena mengingat pada waktu gempa besar terjadi masih terjadi kerusakan pada struktur bangunan. Seiring berjalannya waktu dan teknologi, maka dilakukan pembaharuan dengan disusunnya SNI 03-1726-2012 sebagai standar kegempaan yang baru. Dengan adanya SNI 03-1726-2012 maka dilakukan analisis perbandingan seberapa besar perubahannya dari standar kegempaan yang lama. Agar bisa mengetahui seberapa efektif dalam penggunaan standar tersebut pada perencanaan gedung tahan gempa. Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui perbedaan beban gempa antara SNI 2002 dengan SNI 2012, mengetahui perbedaan hasil analisis gempa statis linier antara SNI 2002 dengan SNI 2012, dan mengetahui perbedaan hasil analisis gempa dinamis linier antara SNI 2002 dengan SNI 2012. Proses analisis menggunakan model gedung 4 lantai untuk analisis gempa statis linier dan model gedung 10 lantai untuk analisis gempa dinamis linier. Zona wilayah gempa adalah zona kota Malang dengan jenis tanah keras. Dari hasil analisis dan komparasi dapat disimpulkan beban gempa dipengaruhi oleh faktor respons gempa. Pada SNI 2012 memiliki faktor respon gempa dan kombinasi pembebanan lebih besar daripada SNI 2002. Hasil komparasi analisis gempa statis linier dengan menggunakan analisis statik ekuivalen gaya geser nominal dan simpangan antarlantai SNI 2012 lebih besar daripada SNI 2002 yaitu 13,84% dan 48,37%. Sedangkan hasil komparasi analisis gempa dinamis linier dengan menggunakan analisis spektrum respons ragam metode CQC gaya geser nominal dan simpangan antarlantai SNI 2012 lebih besar daripada SNI 2002 yaitu 48,56% dan 80,18%.

Kata kunci : SNI 03-1726-2002, SNI 03-1726-2012, gaya geser nominal, simpangan antarlantai.

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

² Dosen Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

1. PENDAHULUAN

Beberapa tahun ini, Indonesia sering dikejutkan dengan berbagai macam bencana alam, terutama gempa. Hal ini terjadi karena Indonesia berada di kawasan *Pasific Ring Of Fire* yang merupakan jalur rangkaian gunung berapi aktif di dunia. Kedatangan gempa tidak dapat diprediksi secara pasti tempat dan waktunya, oleh sebab itu, harus ada sistem pemberitahuan dini terhadap bahaya gempa dan juga dibuat pengantisipasi dengan pembangunan gedung yang tahan gempa agar tidak memakan korban jiwa dalam jumlah banyak.

Di Indonesia terdapat standar kegempaan SNI 03-1726-2002. Akan tetapi menurut para ahli gempa di Indonesia, peraturan ini dirasa sudah tidak sesuai lagi diaplikasikan sebagai pedoman perencanaan struktur tahan gempa karena mengingat banyak gempa besar yang terjadi dan menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan.

Seiring berjalannya waktu dan teknologi, maka dilakukan pembaharuan dengan disusunnya standar kegempaan SNI 03-1726-2012. Di standar tersebut, terdapat faktor respons gempa yang nilainya bergantung pada parameter percepatan gerak tanah yang kemudian dibuat kurva terlebih dahulu sehingga dapat ditentukan nilai faktor respons gempa berdasarkan waktu getar alami.

Dengan adanya perubahan pada standar perencanaan yang baru tersebut, muncul pertanyaan seberapa besar perubahan faktor respons gempa dari standar perencanaan yang lama yang mempengaruhi beban gempa dan besar simpangan antarlantainya. Maka dalam studi ini dilakukan analisis perbandingan antara SNI 03-1726-2002 dengan SNI 03-1726-2012. Perbandingan dilakukan pada beban gempa, hasil analisis gempa statis linier dengan model gedung 4 lantai dan hasil analisis gempa dinamis linier dengan model gedung 10 lantai.

Pada penelitian terdahulu, perubahan respons spektra SNI 03-1726-2012 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 03-1726-2002 tidak menjadi patokan untuk perubahan respons spektra SNI 03-1726-2012. Tidak selalu wilayah kegempaan dengan gempa tinggi pada SNI 03-1726-2012 mengalami kenaikan pada respons spektranya. Begitu juga pada wilayah kegempaan dengan gempa yang rendah. (Yoyong dan Iman, 2013)

Kekurangan dari SNI 03-1726-2002 yaitu pada pembagian wilayah kegempaan-nya. 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 03-1726-2012 sebagai standar kegempaan yang telah diperbaharui.

Kelebihan dari SNI 03-1726-2012 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_l (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik). Sehingga respon spektra yang terbentuk berbeda pada setiap tempat.

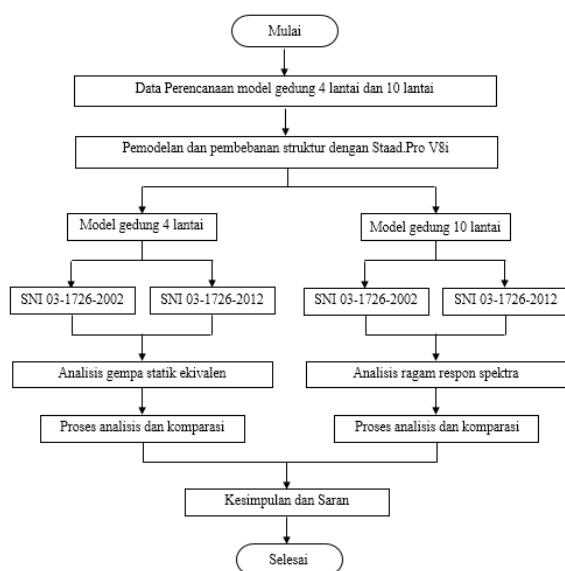
2. METODE PENELITIAN

Analisis menggunakan 2 metode yaitu metode statik ekuivalen dan metode ragam spektrum respons. Masing-masing metode menggunakan 2 model gedung yang diberi beban gempa berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012, kemudian dilakukan analisis perbandingan dari kedua model tersebut.

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. Untuk faktor keutamaan gedung diasumsikan sebagai gedung perkantoran dan untuk faktor reduksi gempa diasumsikan struktur termasuk dalam kategori Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) beton bertulang karena terletak di wilayah gempa 2. Bagan alur perencanaan diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Bagan Alur Perencanaan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Spektrum Respons Desain

3.1.1. Spektrum Respons Desain Berdasarkan SNI 03-1726-2002

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.

3.1.2. Spektrum Respons Desain Berdasarkan SNI 03-1726-2012

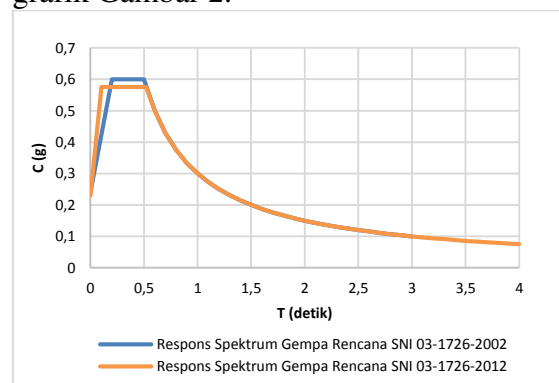
Berdasarkan SNI 03-1726-2012, spektrum respons rencana desain harus dibuat terlebih dahulu. Data percepatan batuan dasar yang berada di kota Malang adalah $S_S = 0,8$ dan $S_I = 0,3$. Dengan melakukan tahapan dalam membuat spektrum respons desain berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 6.4.

3.1.3. Pembahasan dan Perbandingan Spektrum Respons Desain SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012

Dari hasil respons gempa rencana tersebut, terdapat perbedaan respons gempa rencana antara SNI 03-1726-2002 dengan SNI 03-1726-2012. Hal ini 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_I , 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.



Gambar 2 Perbandingan respons spektrum gempa rencana SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012.

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.

3.2. Analisis Gempa Statis Linier

3.2.1. Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen

3.2.1.1. Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen Berdasarkan SNI 03-1726-2002

Analisis gempa statis linier menggunakan model gedung 4 lantai dengan ketinggian gedung 16 meter. Berdasarkan SNI 03-1726-2002 pasal 6.2, waktu getar alami struktur T_l untuk struktur gedung di dalam penentuan faktor respons gempa C_l ditentukan dari hasil rumus empirik atau yang didapat dari hasil analisis 3 dimensi, nilainya tidak boleh menyimpang lebih dari 20% dari rumus Reyleigh.

Sedangkan dari rumus empirik T adalah $0,0731 \times h^{0,75}$, jadi sudah memenuhi $T_{empirik} = 0,58$ detik $< T_{Rayleigh} = 1,02$ detik. Selain itu, berdasarkan SNI 03-1726-2002 pasal 5.6, pembatasan maksimum waktu getar alami struktur adalah $T < \zeta n = 0,17 \times 4 = 0,68$ detik. Jadi, dapat disimpulkan $T = 0,58$ detik sudah memenuhi persyaratan.

Dengan nilai T tersebut, akan didapat nilai C untuk kota Malang wilayah gempa 4 untuk jenis tanah keras, yaitu $C = \frac{0,30}{T} = \frac{0,30}{0,58} = 0,51g$. Kemudian dilakukan perhitungan gaya geser nominal statik ekuivalen (V) yaitu $V = \frac{C_l}{R} W_t = \frac{0,51 \times 1}{5,5} 1173628,80 = 109466,68$ kg

Distribusi gaya gempa ditentukan berdasarkan $F_i = \frac{W_i z_i}{\sum_{i=1}^n W_i z_i} V$ dan $V_i = \sum_{i=1}^n F_i$.

3.2.1.2. Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen Berdasarkan SNI 03-1726-2012

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.2, periode fundamental struktur T dibatasi oleh batas maksimum dan batas minimum, yaitu:

$$T_{a(min)} = C_t h_n^x = 0,0466 \times 16^{0,9} = 0,57 \text{ detik}$$

$$T_{a(max)} = C_u T_{a(min)} = 1,4 \times 0,57 = 0,79 \text{ detik}$$

Jadi, nilai T yang digunakan adalah 0,57 detik. Sedangkan nilai koefisien respons seismik C_s ditentukan sebagai berikut:

$$C_{s(max)} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,58}{\left(\frac{5}{1}\right)} = 0,12$$

$$C_{s(hitungan)} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,30}{0,57 \left(\frac{5}{1}\right)} = 0,11$$

$$C_{s(min)} = 0,044 S_{SD} I_e = 0,044 \times 0,58 \times 1 = 0,03 \geq 0,01$$

Jadi, nilai C_s yang digunakan adalah 0,11 karena nilai C_s (hitungan) terletak di interval antara $C_{s(min)}$ dan $C_{s(max)}$.

Kemudian dilakukan perhitungan gaya lateral statik ekuivalen (V) yaitu

$$V = C_s W_t = 0,11 \times 1173628,80 = 124620,10 \text{ kg}$$

Distribusi gaya gempa ditentukan berdasarkan $F_i = C_{vx} V = \frac{W_i h_i^k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i^k} V$ dan $V_i = \sum_{i=1}^n F_i$.

Nilai k merupakan eksponen terkait dengan periode struktur. Untuk struktur yang mempunyai periode 0,5 detik atau kurang, $k = 1$. Untuk struktur yang mempunyai periode 2,5 detik atau lebih, $k = 2$. Sedangkan untuk struktur yang mempunyai periode antara 0,5-2,5 detik, $k =$ hasil interpolasi. Maka nilai k yang digunakan dengan $T = 0,57$ detik adalah:

$$\frac{(2 - 1)}{(k - 1)} = \frac{(2,5 - 0,5)}{(0,57 - 0,5)} \rightarrow k = 1,035$$

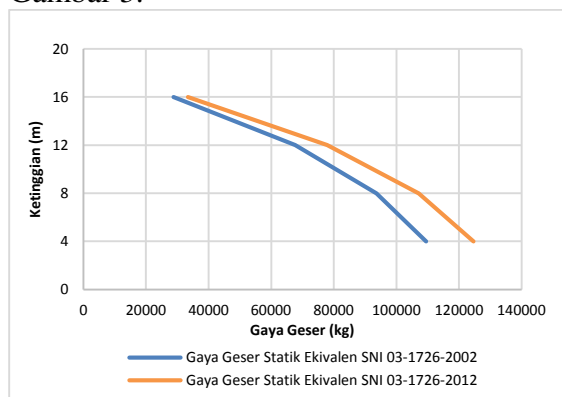
3.2.1.3. Pembahasan dan Perbandingan Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen Berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012

Hasil perhitungan gaya geser nominal statik ekuivalen (V) berdasarkan SNI 03-1726-2002 sebesar 109,5 ton sedangkan berdasarkan SNI 03-1726-2012 sebesar 124,6 ton. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa gaya geser dasar (*base shear*) yang dihasilkan oleh SNI 03-1726-2012 lebih besar daripada SNI 03-1726-2002, yaitu lebih besar 13,84%. Hal ini terjadi karena koefisien gempa yang digunakan pada SNI 03-1726-2012 lebih besar jika dibandingkan dengan SNI 03-1726-2002.

Gaya geser dasar ini kemudian didistribusikan pada setiap lantai gedung. Pendistribusian gaya gempa berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 memiliki rumus yang berbeda. Grafik yang dihasilkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 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 03-1726-2012 ketinggian gedung dipangkatkan dengan nilai k yang merupakan eksponen terkait dengan periode struktur. Nilai k yang

digunakan dengan $T = 0,57$ detik adalah 1,035.

Perbandingan gaya geser terhadap ketinggian gedung berdasarkan gaya lateral statik ekuivalen SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 diperlihatkan pada grafik Gambar 3.



Gambar 3 Perbandingan distribusi gaya geser berdasarkan statik ekuivalen SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 pada model gedung 4 lantai.

3.2.2. Kombinasi Pembebanan

3.2.2.1. Kombinasi Pembebanan Berdasarkan SNI 03-1726-2002

Berdasarkan SNI 03-1726-2002, 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 \pm 0,3 EX \pm 1,0 EY
4. 1,2 DL + 1,0 LL \pm 1,0 EX \pm 0,3 EY
5. 0,9 DL \pm 0,3 EX \pm 1,0 EY
6. 0,9 DL \pm 1,0 EX \pm 0,3 EY

3.2.2.2. Kombinasi Pembebanan Berdasarkan SNI 03-1726-2012

Berdasarkan SNI 03-1726-2012, faktor-faktor dan kombinasi beban untuk beban mati, beban hidup dan beban gempa sama dengan SNI 03-1726-2002. Akan tetapi, pada kombinasi yang terdapat beban gempa di dalam persamaannya harus didesain menggunakan pengaruh beban gempa yang ditentukan seperti berikut:

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

Nilai ρ merupakan faktor redundansi yang harus dikenakan pada sistem penahan gempa dalam masing-masing kedua arah orthogonal untuk semua struktur sesuai dengan SNI 03-1726-2012 pasal 7.3.4. Pada gedung ini memiliki $\rho = 1,3$ karena

memiliki kategori desain seismik D dan $S_{DS} = 0,58$. Sehingga kombinasi pembebanannya menjadi seperti berikut:

1. 1,4 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL
3. 1,2 DL + 1,0 LL \pm 0,3 ($\rho Q_E + 0,2S_{DS} DL$) \pm 1,0 ($\rho Q_E + 0,2S_{DS} DL$)
4. 1,2 DL + 1,0 LL \pm 1,0 ($\rho Q_E + 0,2S_{DS} DL$) \pm 0,3 ($\rho Q_E + 0,2S_{DS} DL$)
5. 0,9 DL \pm 0,3 ($\rho Q_E - 0,2S_{DS} DL$) \pm 1,0 ($\rho Q_E - 0,2S_{DS} DL$)
6. 0,9 DL \pm 1,0 ($\rho Q_E - 0,2S_{DS} DL$) \pm 0,3 ($\rho Q_E - 0,2S_{DS} DL$)

3.2.2.3. Pembahasan dan Perbandingan Kombinasi Pembebanan Berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012

Kombinasi pembebanan antara SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 memiliki faktor-faktor dan kombinasi beban untuk beban mati, beban hidup dan beban gempa yang sama. Akan tetapi, pada beban gempa SNI 03-1726-2012 harus didesain menggunakan pengaruh beban gempa $E = E_h \pm E_v$ dimana 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 03-1726-2012 memiliki koefisien yang lebih besar dibandingkan dengan SNI 03-1726-2002 akibat dari pengaruh beban gempa.

3.2.3. Simpangan Antarlantai pada Analisis Statis

3.2.3.1. Simpangan Antarlantai Berdasarkan SNI 03-1726-2002 pada Analisis Statis

Simpangan antarlantai berdasarkan kinerja batas layan (Δ_s) SNI 03-1726-2002 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 berdasar-

kan kinerja batas ultimit (Δm) SNI 03-1726-2002 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.

3.2.3.2. Simpangan Antarlantai Berdasarkan SNI 03-1726-2012 pada Analisis Statis

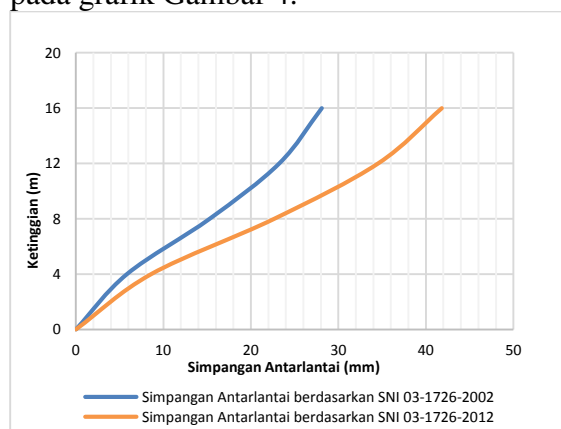
Simpangan antarlantai berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.6, dihitung sebagai defleksi pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Defleksi pusat massa di tingkat x harus ditentukan dengan persamaan $\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$.

Nilai C_d merupakan faktor pembesaran defleksi, untuk rangka beton bertulang pemikul momen menengah adalah 4,5. Sedangkan nilai I_e merupakan faktor keutamaan gempa yaitu 1.

Untuk memenuhi syarat kinerja batas ultimit, simpangan antarlantai tidak boleh melampaui 0,02 kali tinggi tingkat.

3.2.3.3. Pembahasan dan Perbandingan Simpangan Antarlantai Berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 pada Analisis Statis

Perbandingan simpangan antarlantai terhadap ketinggian gedung berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 pada model gedung 4 lantai diperlihatkan pada grafik Gambar 4.



Gambar 4 Perbandingan simpangan antarlantai berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 pada analisis ststis dengan model gedung 4 lantai.

Berdasarkan grafik tersebut, dapat disimpulkan bahwa simpangan antarlantai berdasarkan SNI 03-1726-2012 lebih besar dibandingkan dengan SNI 03-1726-2002, yaitu lebih besar 48,37%. Hal ini terjadi karena kombinasi pembebanan yang digunakan pada SNI 2012 lebih besar jika dibandingkan dengan SNI 2002.

Bentuk dari grafik antara SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 menunjukkan kecenderungan pola kurva yang sama, hal ini disebabkan oleh pendistribusian gaya geser yang cenderung sama antara kedua standar kegunaan tersebut.

3.3. Analisis Gempa Dinamis Linier

3.3.1. Prosedur Analisis Spektrum Respons Ragam

3.3.1.1. Prosedur Analisis Spektrum Respons Ragam Berdasarkan SNI 03-1726-2002

Analisis spektrum respons ragam menggunakan model gedung 10 lantai dengan ketinggian gedung 40 meter. Prosedur analisis spektrum respons ragam dilakukan dengan menggunakan program Staad.Pro V8i. Analisis spektrum respons ragam dilakukan dengan metode kombinasi kuadrat lengkap (*Complete Quadratic Combination / CQC*) dengan input gaya gempa respons spektra zona wilayah gempa 4 dengan jenis tanah keras sesuai pada subbab 4.1.1. Penggunaan metode CQC karena memiliki waktu getar alami yang berdekatan, yaitu selisihnya kurang dari 15%. Frekuensi, periode dan partisipasi massa pada model gedung 10 lantai hasil dari perhitungan metode CQC diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Frekuensi, periode dan partisipasi massa pada model gedung 10 lantai

Mode	Frekuensi (Hz)	T (detik)	Partisipasi Massa (%)	
			Arah X	Arah Y
1	1.749	0.572	0	79.213
2	1.749	0.572	79.226	0
3	1.887	0.530	0	0
4	4.321	0.231	0	0
5	5.500	0.182	0	10.237
6	5.506	0.182	10.243	0
Total			89.469	89.450

Jumlah ragam partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 89,47%. Hasil ini mendekati nilai 90%, jadi dianggap sudah memenuhi persyaratan batas partisipasi massa. Untuk nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam suatu arah tertentu berdasarkan SNI 03-1726-2002 pasal 7.1.3, tidak boleh kurang dari 80% nilai gaya lateral statik ekuivalen.

Nilai V_t yang didapat **50912,84 kg** sedangkan nilai 80% V_t adalah $80\% \times 109466,68 = 87573,34$ kg. Sehingga dapat disimpulkan hasil perhitungan gaya geser yang dihasilkan dari prosedur analisis spektrum respons ragam dengan metode CQC lebih kecil dibandingkan dengan prosedur analisis gaya lateral ekuivalen.

3.3.1.2. Prosedur Analisis Spektrum Respons Ragam Berdasarkan SNI 03-1726-2012

Prosedur analisis spektrum respons ragam dilakukan dengan menggunakan program Staad.Pro V8i. Analisis spektrum respons ragam dilakukan dengan metode kombinasi kuadrat lengkap (*Complete Quadratic Combination / CQC*) dengan input $S_s = 0,8$; $S_l = 0,3$; $F_a = 1,08$ dan $F_v = 1$, sesuai pada subbab 4.1.2. Penggunaan metode CQC karena memiliki waktu getar alami yang berdekatan, yaitu selisihnya kurang dari 15%.

Frekuensi, periode dan jumlah ragam partisipasi massa ragam terkombinasi sama seperti SNI 03-1726-2002 yaitu sebesar 89,47% yang dianggap sudah memenuhi persyaratan batas partisipasi massa 90%. Untuk nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam suatu arah tertentu berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 7.9.4.1, tidak boleh kurang dari 85% nilai gaya lateral statik ekuivalen.

Nilai V_t yang didapat **75637,76 kg** sedangkan nilai 85% V_t adalah $85\% \times 124620,10 = 105927,09$ kg. Sehingga dapat disimpulkan hasil perhitungan gaya geser

yang dihasilkan dari prosedur analisis spektrum respons ragam dengan metode CQC lebih kecil dibandingkan dengan prosedur analisis gaya lateral ekuivalen.

3.3.1.3. Pembahasan dan Perbandingan Prosedur Analisis Spektrum Respons Ragam Berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012

Dari hasil 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.

3.3.2. Simpangan Antarlantai pada Analisis Dinamis

3.3.2.1. Simpangan Antarlantai Berdasarkan SNI 03-1726-2002 pada Analisis Dinamis

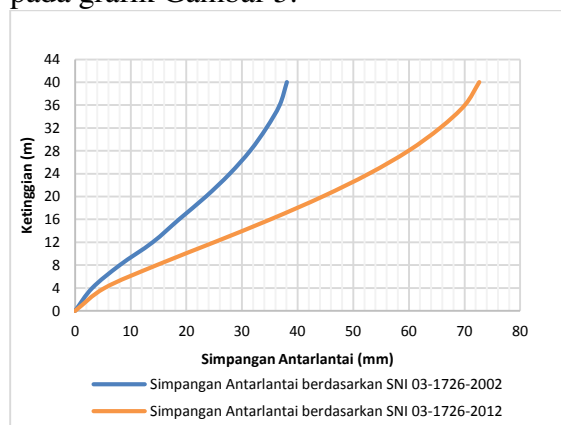
Persyaratan simpangan antar lantai pada analisis dinamis SNI 2002 sama dengan persyaratan pada analisis statis SNI 2002.

3.3.2.2. Simpangan Antarlantai Berdasarkan SNI 03-1726-2012 pada Analisis Dinamis

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

3.3.2.3. Pembahasan dan Perbandingan Simpangan Antarantai Berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 pada Analisis Dinamis

Perbandingan simpangan antarantai terhadap ketinggian gedung berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 pada model gedung 10 lantai diperlihatkan pada grafik Gambar 5.



Gambar 5 Perbandingan simpangan antarantai berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 pada analisis dinamis dengan model gedung 10 lantai.

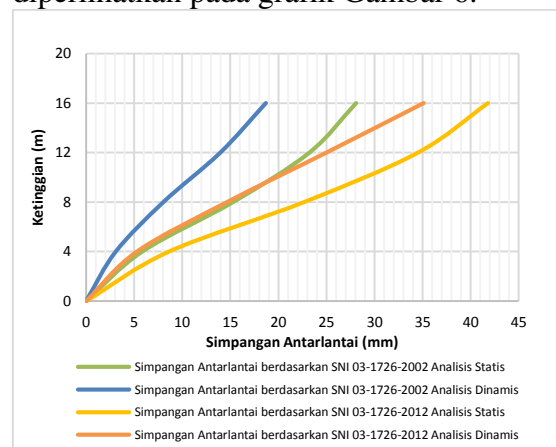
Berdasarkan grafik pada Gambar 5, dapat disimpulkan bahwa simpangan antarantai berdasarkan SNI 03-1726-2012 lebih besar dibandingkan dengan SNI 03-1726-2002, yaitu lebih besar 80,18%. Hal ini terjadi karena kombinasi pembebanan dan gaya geser nominal analisis spektrum respons ragam yang digunakan pada 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.

3.3.2.4. Pembahasan dan Perbandingan Simpangan Antarantai Berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 pada Analisis Statis dan Analisis Dinamis

Perbandingan simpangan antarantai 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 6.



Gambar 6 Perbandingan simpangan antarantai berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 pada analisis statis dan analisis dinamis.

Berdasarkan grafik pada Gambar 6, simpangan antarantai berdasarkan SNI 03-1726-2002 dengan analisis statis lebih besar daripada analisis dinamis. Begitu juga pada simpangan antarantai berdasarkan SNI 03-1726-2012 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.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi analisis dan proses komparasi terhadap desain gedung dengan menggunakan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012 adalah :

- Faktor respons gempa berdasarkan standar keempaan SNI 2012 lebih besar daripada SNI 2002.
- Pada analisis gempa statis linier dengan model gedung 4 lantai, didapatkan hasil gaya geser nominal yang dihasilkan analisis statik ekuivalen dan simpangan antarlantainya berdasarkan SNI 2012 lebih besar dibandingkan dengan SNI 2002. Serta kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 2012 memiliki koefisien yang lebih besar dibandingkan dengan SNI 2002 akibat dari pengaruh beban gempa.
- Pada analisis gempa dinamis linier dengan model gedung 10 lantai,

didapatkan hasil gaya geser nominal yang dihasilkan analisis spektrum respons ragam dengan metode CQC dan simpangan antarlantainya berdasarkan SNI 2012 lebih besar daripada SNI 2002.

4.2. Saran

Hasil studi komparasi ini bagi perencana dapat dijadikan sebagai acuan dalam perencanaan gedung tahan gempa yang akan dibangun. Respons spektra SNI 2012 dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan gedung. Respon spektra SNI 2012 tidak dapat digunakan apabila lebih kecil dari respon spektra SNI 2002. Karena dengan respon spektra yang besar diharapkan tidak terjadi lagi kegagalan dalam struktur gedung akibat gempa.

Semoga studi komparasi ini dapat memberikan pengetahuan tentang standar kegempaan yang telah diperbaharui bagi masyarakat pada umumnya dan bagi mahasiswa dapat dijadikan acuan dalam pengembangan studi analisis selanjutnya yaitu pada struktur gedung tidak beraturan atau dengan penambahan shear wall.

DAFTAR PUSTAKA

- Andi, Yuan. 2012. *Desain Struktur Gedung Tahan Gempa Menggunakan Dinding Geser pada Gedung Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Brawijaya*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang : Universitas Brawijaya.
- Arfiandi Yoyong dan Satyarno Iman. 2013. *Perbandingan Spektra Desain Beberapa Kota Besar di Indonesia dalam SNI Gempa 2012 dan SNI Gempa 2002*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 Universitas Sebelas Maret Surakarta : S 302-S 305.
- Azmi. 2013. *Perbandingan Perilaku Struktur Terhadap Beban Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan RSNI 03-1726-201x*. Skripsi tidak dipublikasikan. 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.
- Faizah Restu dan Widodo. 2013. *Analisis Gaya Gempa Rencana pada Struktur Bertingkat Banyak dengan Metode Dinamik Respon Spektra..* Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 Universitas Sebelas Maret Surakarta : S 208.
- Maupa, Rheinhardt. 2010. *Studi Komparatif Desain Struktur Gedung Tahan Gempa Dengan Flat Plate System Berdasarkan Tata Cara Pembebanan Gempa SNI 03-1726-2002 dan ASCE 7-05*. Skripsi tidak dipublikasikan. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November.
- M. Firdaus Alkaff. 2006. *STAAD 2004 Untuk Orang Awam*. Palembang : Maxikom.
- Rachmat Purwono, Prof, Ir, Msc. 2005. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya : ITSpress.
- Schueller, W. 2001. *Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi* . Bandung : Refika Aditama.
- Taranath, B. S. 1998. *Steel, Concrete, and Composite Design of Tall Building* . USA : McGraw-Hill.