

Gambar 5. Kinerja batas ultimate (Δ_M) akibat gempa nominal arah Y

Evaluasi Struktur dengan Model DS10

Periode Alami struktur

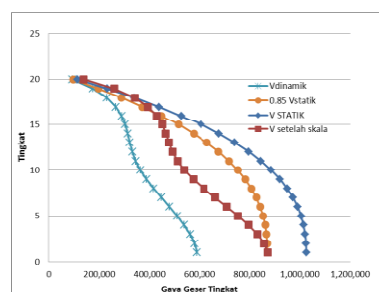
Dari hasil analisis struktur dengan metode respons spektrum diperoleh nilai $T = (T_c)$ sebesar 3.22detik. Sedangkan T_a diperoleh 1.3176 detik, maka digunakan $T = C_u.T_a = 1.84464$ detik.

Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai SNI 1726-2010 jumlah pola getar yang ditinjau dalam penjumlahan respon ragam mencakup partisipasi sekurang kurangnya 90%. Dalam analisis dinamik yang dilakukan, digunakan 15 ragam pola getar dan partisipasi massa yang disumbangkan masing-masing 90.22% pada mode ke 8 untuk translasi arah x (SUM UX), sebesar 92.79% pada mode ke 14 untuk translasi arah y (SUM UY) dan sebesar 93.55% pada mode ke 9 untuk rotasi arah sumbu z (SUM RZ). Dalam hal ini maka struktur memenuhi syarat partisipasi massa.

Kontrol Nilai Akhir Respons Spektrum

Sesuai SNI 03-1726-2010 bahwa jika gaya geser desain dari analisis ragam kurang dari 8% geser dasar (dengan batasan $T = C_u.T_a$), maka gaya elemen yang dihasilkan dari analisis ragam harus diskalakan sedemikian, hingga geser dasar tersebut adalah 0,85 kali geser dasar V_{statik} . Faktor skala gaya dan simpangan antar lantai adalah 0,85 V_{statik}/V_{cqc} .

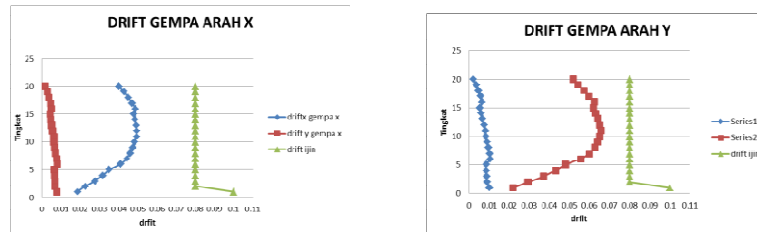


Gambar 6. Diagram Gaya Geser Tingkat Nominal Sepanjang Tinggi Struktur Gedung (SNI 03-1726-2010)

Selanjutnya gaya geser tingkat nominal dari respons spektrum tersebut dijabarkan menjadi beban-beban gempa statik ekuivalen. Hal ini digunakan untuk menentukan gaya-gaya internal di dalam unsur-unsur struktur gedung.

Kontrol Simpangan Struktur terhadap Pembebanan Gempa

Kinerja struktur gedung untuk kekakuan, dapat dilihat dari simpangan antar tingkat akibat pengaruh beban gempa rencana.

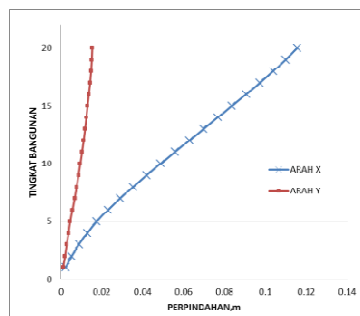


Gambar 7. Drift akibat gempa nominal

Pemeriksaan pada simpangan struktur masih berada pada batas ijin layan dan ultimitnya.

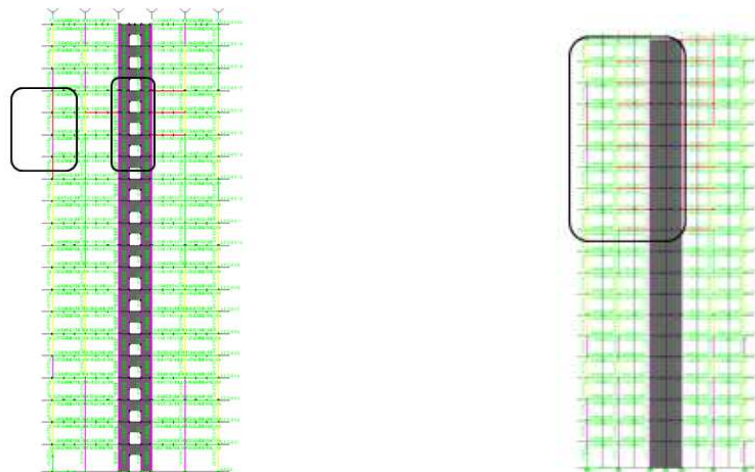
Pemeriksaan Perpindahan Lantai

Berikut disajikan perpindahan struktur MODEL DS10-a



Gambar 8. Korelasi Displacement dan Tingkat

Selanjutnya dilakukan pemeriksaan terhadap kebutuhan tulangan. Dengan kondisi struktur eksisting yang telah dirancang dengan SNI 03-1726-2002 ternyata kebutuhan tulangan pada elemen balok pada beberapa bagian mengalami peningkatan. Hal ini mengakibatkan terjadinya overstress akibat bertambahnya gaya geser. Elemen struktur yang mengalami overstress ditunjukkan pada gambar berikut ini :



Gambar 9. (a) Kegagalan balok pada elevasi 7 (b) Kegagalan balok pada elevasi C

Struktur balok pada bidang yang terdapat dinding geser yaitu elevasi view 7 mengalami overstress akibat menerima beban gempa SNI 03-1726 2010. Struktur balok pada bidang yang terdapat dinding geser yaitu elevasi view C, telah mengalami overstress akibat menerima gaya geser yang berlebihan akibat beban gempa yang meningkat pada SNI 03-1726 2010. Terjadinya kegagalan kekuatan pada struktur eksisting akibat beban gempa yang lebih besar adanya stuktur dinding geser ternyata juga belum mampu untuk mengakomodasi gaya lateral yang diakibatkan oleh gaya gempa tersebut. Terjadinya overstress karena kapasitas rasio melebihi batas dan kolom pada join tidak mampu mengakomodasi gaya geser sehingga melebihi batas. Selanjutnya ditampilkan kegagalan struktur yang dikenai 25% beban gempa dinamik. Pada kolom yang

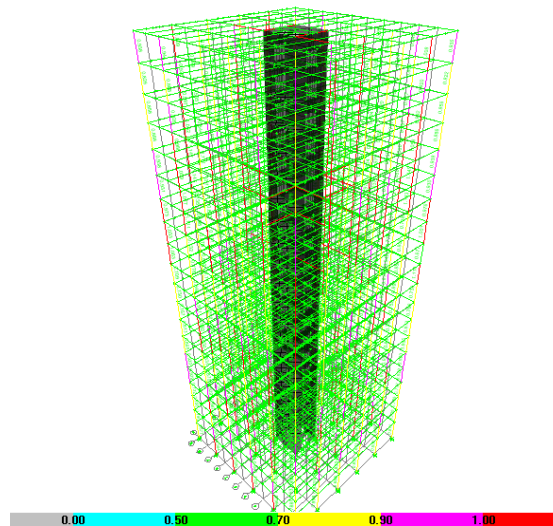
ditinjau dibuat diagram interaksi kolom, ditunjukkan interaksi momen dan gaya aksial, terlihat bahwa terjadi overstress pada kolom, karena titik berada di luar diagram. Apabila dilakukan pembesaran diagram interaksi dengan memperbesar dimensi kolom tidak mungkin dilakukan bila lebih besar dari 1,25 kali diagram semula untuk memenuhi tulangnya. Maka dapat disimpulkan bahwa terjadinya kegagalan kekuatan pada struktur eksisting akibat beban gempa yang lebih besar adanya struktur dinding geser ternyata juga belum mampu untuk mengakomodasi gaya lateral yang diakibatkan oleh gaya gempa tersebut sehingga harus diretrofitting.

Pemeriksaan Kekuatan Struktur

Pemeriksaan kekuatan dilakukan terhadap 18 kombinasi pembebanan beban gempa terhadap struktur MODEL DS10-a. Adapun parameter kekuatan yang diperiksa adalah sebagai berikut:

Pemeriksaan Ratio Kekuatan Kolom

Sebagai ukuran dari kondisi stres kolom, rasio kapasitas dihitung. Rasio kapasitas pada dasarnya merupakan faktor yang memberikan indikasi stres kondisi kolom terhadap kapasitas kolom. Sebelum memasuki diagram interaksi untuk memeriksa kapasitas kolom, saat faktor perbesaran diterapkan beban diperhitungkan untuk memperoleh P_u , M_u2 , dan M_u3 , kemudian ditempatkan di ruang interaksi. Apabila P-M-M rasion untuk suatu kolom pada struktur Model DS10-a sama dengan atau lebih dari satu maka kolom tersebut memiliki defisiensi dalam kekuatan (kapasitas) untuk menahan beban kombinasi gravitasi dengan beban nominal akibat gempa rencana sesuai SNI 03-1726-2010 sehingga kolom tersebut mengalami overstress. Jika titik terletak dalam volume interaksi, kapasitas kolom memadai. Namun, jika titik terletak di luar interaktivolume, kolom ini tertekan. Rasio kapasitas dicapai dengan memplot titik L dan menentukan lokasi dari titik C. Titik C didefinisikan sebagai titik di mana garis OL (jika diperpanjang keluar) akan memotong permukaan kegagalan.



Gambar 10. P-M-M ratio (kolom berwarna merah mengalami overstress)

Perbandingan Model DS 02 dan Model DS 10

Perubahan Persyaratan Gaya Geser Dasar Minimum

SNI 03-1726-2010 mensyaratkan besarnya koefisien respons seismik minimum dari nilai yang terbesar antara $0.044 S_{DS} I_e$ dan 1%. Sedangkan SNI 02-1726-2002 tidak mensyaratkan suatu nilai geser dasar seismik minimum, namun periode sistem struktur penahan gaya lateral gedung dibatasi $T \leq \xi n$, dimana n adalah jumlah lapis dan nilai ξ bervariasi tergantung wilayah gempa.

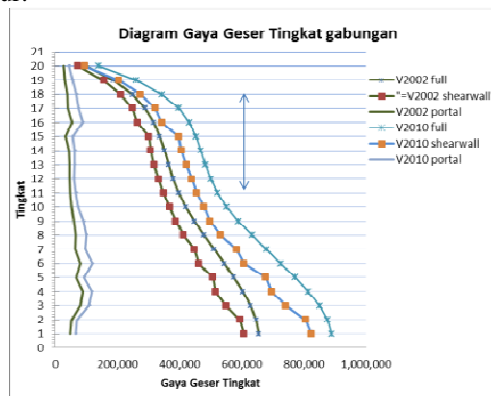
Penentuan Gaya geser dasar : Menurut SNI 03-1726-2002 : $V_{statik02} = CIWt/R$ sedangkan Menurut SNI 03-1726-2010 : $V_{statik10} = C_s \cdot W$

Tabel 1. Batasan Koefisien Geser dasar

| $C_s \text{ min} = 0.044 S_{ds} I_e$ | $C_s = S_{ds}/(R/I)$ | $C_{smax} = S_{d1}/T(R/I)$ | Cs yang dipakai |
|--------------------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------|
| 0.02 | 0.09 | 0.04 | 0.04 |

Perbandingan Gaya Geser

Pemeriksaan terhadap gaya geser untuk mengetahui peningkatan gaya geser yang menyebabkan terjadinya defisiensi kekuatan pada struktur.



Gambar 11. Gambar gaya geser tingkat bangunan

Pada Gambar 11 menunjukkan 6 yaitu gaya geser yang dialami oleh elemen. Diketahui bahwa peningkatan gaya geser yang terjadi pada pemodelan struktur. Berdasarkan grafik dan tabel di atas dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan gaya geser yang dialami oleh struktur yang didesain dengan beban gempa sesuai SNI 03-1726-2010. Peningkatan yang terjadi pada elemen portal rata-rata sebesar 32%. Peningkatan yang terjadi pada elemen Shearwall rata-rata sebesar 24%, dan peningkatan yang terjadi pada struktur secara keseluruhan rata-rata adalah 26%. Hal inilah yang mengindikasikan terjadinya defisiensi kekuatan pada balok pada elevasi E ditingkat 11-18.

4. KESIMPULAN

1. Hasil analisis menunjukkan kinerja layan dan ultimit struktur masih berada di bawah grafik batas yang disyaratkan pada SNI 03-1726-2002. Pada kurva ditunjukkan dengan tidak adanya nilai simpangan antar tingkat yang lewat dari batas sesuai ketentuan yang ditetapkan. Hal ini berarti bahwa kekakuan struktur masih cukup ketika dikenai beban gempa nominal.
2. Dari penerapan perhitungan gaya gempa pada kasus bangunan x menggunakan peraturan SNI 03-1726-2002 didapatkan gaya geser yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan gaya gempa yang dihitung dengan SNI 03-1726-2010 yang telah di skalakan.
3. Gaya gempa dari SNI 03-1726-2010 menghasilkan gaya dalam struktur yang lebih besar dari pada gaya dalam yang dihasilkan dari gaya gempa SNI 03-1726-2002 ditandai dengan munculnya elemen struktur yang overstress.
4. Struktur Gedung yang telah terbangun dengan Peraturan yang lama membutuhkan analisis untuk dilakukan perbaikan/retrofitting.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan syukur yang tak terhingga atas izin Allah SWT sehingga saya bisa menyelesaikan penelitian ini. Selanjutnya saya mengucapkan terima kasih kepada Ir. Syahril A. Rahim, M. Eng., selaku pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penulisan makalah ini dan Segecap Dosen Pascasarjana Teknik Sipil UI dan teman-teman S2 teknik sipil angkatan 2010.

DAFTAR PUSTAKA

- BSN, 1989. SNI 03-1727-1989 : *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah*. Jakarta.
- BSN, 2002. SNI 1726-2002 : *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*. Jakarta.
- BSN, 2012. SNI1726-2012 : *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*. Jakarta.

Annual Civil Engineering Seminar 2015, Pekanbaru

ISBN: 978-979-792-636-6

Federal Emergency Management Agency, 1998. *FEMA-310 Handbook for The Seismic Evaluations of Building*.

Paulino, M. R, 2010. *Preliminary Design of Tall Buildings*. Thesis of Worcester Polytechnic Institute.

Pranata, Yosafat Aji, 2006. *Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa dengan PUSHOVER ANALYSIS*. Jurnal Teknik Sipil, Vol 3, No 1: Bandung

Smith, B. S., & Coull, A, 1991. *Tall Building Structures: Analysis and Design*.

Sutjipto, Suradjin, 2010. *Dampak Persyaratan Geser Dasar Seismik Minimum pada RSNi 03-1726-2010 terhadap Gedung Tinggi Terbangun*: Jakarta.

