
PERBANDINGAN KEBUTUHAN TULANGAN STRUKTUR BETON BERTULANG TAHAN GEMPATERHADAP BIAYA KONSTRUKSI BERDASARKAN PEMBEBANAN SNI 1726:2012 SERTA SNI 1727:2013 DENGAN PEMBEBANAN SEBELUMNYA

Agung Prasetyo*, dan Bukhori

Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon

prsty.agung@gmail.com

Abstrak

Pada tahun 2019 ini, gempa bumi berkekuatan di atas magnitudo 6,0 SR mengguncang beberapa negara di dunia. Setidaknya tercatat ada 6 gempa besar di dunia yang terjadi pada tahun 2019 yakni di Kepulauan Fiji, Papua Nugini, Filipina, Jepang, Peru dan Sulawesi Tengah. Tentunya hal ini mengingatkan kita agar kita harus selalu menggunakan peraturan desain ketahanan struktur tahan gempa yang terbaru di masing-masing negara yang berlaku. Terlebih mengingat Indonesia adalah salah satu negara rawan gempa bumi di dunia yang disebabkan oleh faktor bahwa Indonesia berada di pertemuan 3 lempeng tektonik utama dunia yakni lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Defleksi yang besar pada bangunan gedung bertingkat memiliki peluang yang tinggi terjadi keruntuhan terutama pada bangunan yang berada di wilayah rawan gempa. Hal ini tidak aman dan berpotensi mengakibatkan adanya korban jiwa bagi manusia yang menggunakannya. Hal ini dapat terjadi jika struktur bangunan tersebut didesain dengan tidak mengikuti peraturan-peraturan SNI terbaru desain struktur beton bertulang tahan gempa yang berlaku atau masih menggunakan peraturan desain SNI yang lama yang ternyata sudah tidak relevan lagi untuk menahan beban gempa yang semakin meningkat tersebut. Hal yang paling penting dalam perencanaan struktur tahan gempa tersebut adalah menentukan beban-beban rencana yang bekerja pada struktur tersebut. Pada umumnya struktur bangunan didesain dengan menggunakan acuan peraturan ketahanan gempa yang berlaku saat itu. Walaupun masih dijumpai perencanaan struktur bangunan yang saat ini masih menggunakan peraturan beban gempa dan pembebanan yang lama yang disebabkan oleh beberapa faktor. Oleh karena itu pada penelitian ini digunakan contoh studi kasus gedung beton bertulang 4 lantai yang lokasinya terletak di Kabupaten Cirebon untuk mewakili beban gempa rencana dan dilakukan pemodelan struktur menggunakan bantuan software ETABS versi 2013. Adapun hasil dari penelitian ini dapat dilihat dari perbandingan kebutuhan tulangan balok dan kolom dari sistem gedung beton bertulang tersebut berdasarkan peraturan desain SNI terbaru (SNI 1727:2013, SNI 1726:2012, SNI 2847:2013) dibandingkan dengan hasil desain SNI sebelumnya (SNI 1727-1989, SNI 1726-2002, SNI 03-2847-2002). Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa perbandingan total biaya struktur atas jika menggunakan hasil desain SNI 2013 dibandingkan dengan hasil desain SNI 2002 yaitu sebesar -4,30%.

Kata kunci : Rawan gempa, peraturan desain SNI terbaru dan sebelumnya, Desain struktur beton bertulang tahan gempa, SNI 1727:2013, SNI 1726:2012, SNI 2847:2013, perbandingan kebutuhan tulangan struktur.

PENDAHULUAN

Sebagaimana diketahui bahwa Indonesia adalah salah satu negara di dunia yang seringkali dilanda musibah gempa bumi dengan kekuatan gempa yang bervariasi mulai dari kecil, sedang, hingga besar. Setidaknya terdapat 5 gempa besar yang terjadi di Indonesia dalam kurun waktu 6 tahun terakhir yakni gempa bumi Aceh 2012 dengan kekuatan 8,5 SR, gempa Mentawai 2016 dengan kekuatan 7,8 SR, gempa bumi Aceh 2016 dengan kekuatan 6,5 SR, gempa Bumi Jawa Barat 2017 dengan kekuatan 6,5 SR, dan gempa Lombok dengan kekuatan 7,0 SR. Struktur bangunan yang semestinya berfungsi sebagai tempat hunian atau persinggahan yang nyaman dan aman ternyata bisa menjadi perantara musibah yang sangat hebat ketika terjadi gempa bumi. Hal ini dapat terjadi jika struktur bangunan tersebut didesain dengan tidak mengikuti peraturan-peraturan struktur tahan gempa yang berlaku saat ini.

Terdapat beberapa pendekatan untuk mengantisipasi terjadinya gempa agar tidak menimbulkan dampak yang besar. (Budiono, 2011). Pertama, pendekatan struktural yakni desain mengikuti kaidah-kaidah konstruksi yang benar dan memasukkan parameter kegempaan dalam mendirikan bangunan sesuai dengan standar yang ada. Kedua, agar melakukan sosialisasi kepada masyarakat secara intensif terkait pemahaman dan pelatihan penyelamatan dampak gempa. Aspek penting yang perlu diperhatikan adalah mengenai ketahanan bangunan terhadap beban gempa yang terjadi. Banyak fenomena setelah gempa bumi terjadi di Indonesia yang menunjukkan bahwa perencanaan struktur tahan gempa di Indonesia masih kurang baik. Beberapa

diantaranya adalah salah perhitungan dalam desain bangunan tersebut karena tidak mengikuti peraturan-peraturan ketahanan gempa yang berlaku, pengawasan konstruksi di lapangan yang kurang baik, ataupun penggunaan aturan standar desain yang sudah tidak berlaku lagi (sudah usang). (Latumantarna, Benjamin,2008). Hal ini dibuktikan dengan banyaknya bangunan yang rusak parah bahkan runtuh setelah terjadi gempa bumi karena faktor kesalahan-kesalahan tersebut.

Jika melihat sejarahnya, memang peraturan beban gempa yang terbaru adalah SNI 1726:2012 mengenai "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung" menggantikan peraturan beban gempa sebelumnya yaitu SNI 1726-2002. Selain itu, peraturan pembebanan yang terbaru adalah SNI 1727-2013 "Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain" menggantikan peraturan pembebanan yang sebelumnya yaitu SNI 1727-1989 / PPPURG 1987 (Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung). Sedangkan dikarenakan objek penelitian ini berupa gedung beton bertulang, maka untuk persyaratan desainnya diatur dalam peraturan SNI 2847:2013 "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung" menggantikan peraturan sebelumnya yakni SNI 03-2847-2002 "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung".

TINJAUAN PUSTAKA

Beban dan Pembebanan Struktur

Pembebanan pada struktur bangunan adalah hal pertama yang terpenting dalam proses awal perencanaan sebuah bangunan tahan gempa. Kesalahan dalam proses perencanaan jenis dan nilai beban atau proses pengaplikasian beban-beban pada perencanaan tersebut akan mengakibatkan kesalahan yang fatal pada hasil desain bangunan tersebut karena tidak sesuai dengan beban yang direncanakan. Oleh karena itu, dirasa sangat penting untuk merencanakan pembebanan pada struktur bangunan dengan baik dan benar sesuai dengan peraturan pembebanan ketahanan gempa yang berlaku saat ini agar struktur bangunan tahan gempa yang didesain tersebut nantinya akan aman pada saat terjadi gempa. Adapun macam-macam beban yang bekerja pada sistem struktur tahan gempa diantaranya adalah beban mati (termasuk berat sendiri struktur), beban mati tambahan (*super imposed dead load*), beban hidup, beban angin, beban air hujan, dan beban gempa.

Analisa Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa

Pada struktur gedung bertingkat umumnya terbagi menjadi dua bagian utama yaitu struktur atas dan struktur bawah. Dalam struktur atas gedung bertingkat, komponen utamanya meliputi kolom, balok, pelat, tangga, pengaku (dinding geser, dll), dan konstruksi atap. (Priscillia Engelin Ester Ticoalu dkk : 2015) Tetapi pada penelitian ini konstruksi gedung yang akan ditinjau hanya sebatas pada kolom, balok, dan pelat lantai saja.

Kombinasi beban yang mencakup beban gempa arah horizontal dan vertikal diatur dalam SNI 1726:2012 pasal 8.3. Faktor-

faktor beban terdiri dari faktor untuk beban mati, beban hidup nominal, dan beban gempa nominal. Berikut adalah pembebanan yang digunakan dalam perencanaan menurut Pasal 9.2 SNI 2847:2013 atau di dalam Pasal 4.2.2 SNI 1726:2012 sebanyak 31 kombinasi pembebanan.

Selain itu perlu diperhatikan mengenai kuat rencana dan kuat perlu suatu komponen struktur beton bertulang tahan gempa tersebut yaitu berdasarkan peraturan terbaru SNI 2847:2013 dan SNI 03-2847-2002. SNI 03-2847-2002 mengacu pada peraturan *American Concrete Institute* (ACI 318-99), sedangkan SNI 2847:2013 disusun menganut pada peraturan ACI 318M-11. Perbedaan utama di antara kedua peraturan tersebut sebenarnya terletak pada prinsip pembetonannya, dimana SNI 03-2847-2002 merancang beton agar kuat sedangkan SNI 2847-2013 lebih menjelaskan bagaimana bangunan itu lebih ekonomis namun tetap aman.

Adapun konsep perencanaan struktur tahan gempa adalah kuat rencana harus lebih besar daripada gaya dalam ultimate yang terjadi pada suatu struktur akibat kombinasi maksimum dari seluruh beban-beban luar yang bekerja pada struktur tersebut. Beberapa kuat nominal yang akan dipakai adalah sebagai berikut:

- Untuk momen, kuat nominal berupa kuat lentur nominal (M_n),
- Untuk gaya aksial tekan, kuat nominal berupa kuat tekan nominal (P_n),
- Untuk gaya geser, kuat nominal berupa kuat geser nominal (V_n),

Sedangkan kuat rencana suatu komponen struktur sehubungan dengan perilaku

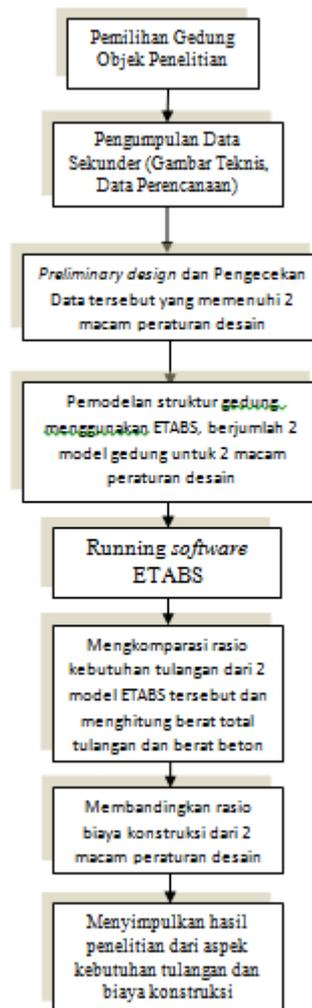
lentur, beban normal, dan geser harus diambil sebagai hasil kali kuat nominal, yang dikalikan dengan suatu faktor reduksi kekuatan ϕ yang ditentukan nilainya berdasarkan SNI 03-2847-2002 dan SNI 2847-2013. Adapun perbedaan mendasar antara perencanaan SNI 03-2847-2002 dengan SNI 2847:2013 adalah sebagai berikut (Setiawan : 2016)

No.	Perbedaan	SNI = 03 = 2847 = 2002	SNI 2847:2013
1.	a. Kekuatan tekan rata-rata perlu, untuk kekuatan tekan $21 \leq f_c \leq 35$	$f_{cr} = f_c + 8,5$	$f_{cr} = f_c + 8,3$
	b. Kekuatan tekan rata-rata perlu, untuk kekuatan tekan $f_c > 35$	$f_{cr} = f_c + 10$	$f_{cr} = 1,10 f_c + 5,0$
2.	Tebal selimut beton minimum untuk batang tulangan D-16, jaring karat polos P-16 atau ulir D-16 dan yang lebih kecil	15 mm	13 mm
3.	Faktor reduksi kekuatan (ϕ)	0,80	0,90
4.	Hubungan antara distribusi tegangan tekan beton dan regangan beton	Untuk f_c' kurang dari atau sama dengan 30 MPa, β_1 harus diambil sebesar 0,85. Untuk f_c' diatas 30 MPa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan kekuatan sebesar 7 MPa di atas 30 MPa, tetapi β_1 tidak boleh diambil kurang dari 0,65	Untuk f_c' antara 17 dan 28 MPa, β_1 harus diambil sebesar 0,85. Untuk f_c' diatas 28 MPa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan kekuatan sebesar 7 MPa di atas 28 MPa, tetapi β_1 tidak boleh diambil kurang dari 0,65
5.	Perancangan balok terhadap beban lentur	$A_s, min = \frac{\sqrt{f_c'}}{4f_y} b_w d$	$A_s, min = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{4f_y} b_w d$

Menurut Brenda Turgeon (2014:57), aspek perubahan paling penting yang harus dilakukan untuk waktu berikutnya dalam perencanaan struktur tahan gempa adalah dengan meninjau kembali desain awal untuk membuat revisi ke depannya.

METODE PENELITIAN

Berikut ini gambaran tahapan-tahapan penelitian yang diilustrasikan pada skema berikut :



Gambar 1 Flowchart Metode Penelitian

Metode pada penelitian ini adalah metode analisis yang dibantu dengan *software* struktur ETABS versi 2013. Analisis dilakukan dengan cara pemodelan struktur (*modeling*) gedung lokasi studi beton bertulang 4 lantai yang dimulai dari elemen struktur kolom, balok, pelat lantai, dan atap ke dalam *software* ETABS. Setelah pemodelan gedung dan telah diinput semua jenis pembebanan selesai, maka selanjutnya dilakukan tahap *running* dan analisis dari hasil output ETABS yang

berupa gaya-gaya dalam maksimum (gaya aksial/normal, gaya geser/lintang dan momen lentur) dari seluruh kombinasi pembebanan yang sudah didefinisikan sebelum tahap running tersebut.

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Data sekunder perencanaan struktur gedung beton bertulang 4 lantai untuk mencari tahu data dimensi komponen struktur yang dirancang memenuhi peraturan ketahanan gempa yang pada tahap awalnya diperoleh dari tahap studi literatur untuk mendapatkan konsep secara komprehensif perencanaan gedung tahan gempa lalu melakukan *preliminary desain* untuk mengestimasi dimensi awal komponen struktur, data tanah di lokasi studi yang diasumsikan jenis tanah sedang dikarenakan tidak tersedianya data penyelidikan tanah (*soil investigation*) pada lokasi studi, serta lokasi gedung beton bertulang sebagai objek penelitian di wilayah Kabupaten Cirebon untuk memfasilitasi mengenai level besaran beban gempa yang cukup kuat. Adapun untuk tulangan utama (lentur) digunakan jenis tulangan ulir (sirip) sedangkan untuk tulangan geser (senggang) digunakan jenis tulangan polos dengan variasi dimensi diameter tulangan seperti yang tertera di SNI Baja Tulangan Beton 2052:2017.

Kemudian tahap analisis data dilakukan dengan tahap pembuatan pemodelan struktur gedung objek penelitian tersebut ke dalam software ETABS, dimasukkan seluruh parameter-parameter komponen struktur tersebut, dimasukkan seluruh beban-beban yang terjadi pada struktur tersebut yang berlandaskan pada peraturan-peraturan ketahanan gempa yang berlaku, kemudian dimasukkan kombinasi pembebanan melalui fasilitas di dalam

software ETABS dengan tujuan ETABS mencari sendiri kombinasi pembebanan yang paling maksimum dari keseluruhan beban-beban yang ada, lalu dirunning software ETABS tersebut agar diperoleh kebutuhan tulangan utama dan tulangan geser komponen struktur balok dan kolom setiap lantainya. Keseluruhan tahap ini dilakukan 2 kali dengan berdasarkan peraturan ketahanan gempa yang terbaru dan peraturan yang berlaku sebelumnya untuk selanjutnya dilakukan tahap perbandingan hasil.

Adapun untuk menghitung berat baja tulangan polos dan ulir dapat digunakan pendekatan rumus menurut SNI 2052:2017 yaitu :

$$\text{berat nominal} = \frac{0,785 \times 0,7854 \times d^2}{100} \text{ (kg/m)}$$

sehingga kebutuhan volume baja tulangan = berat nominal x panjang total tulangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

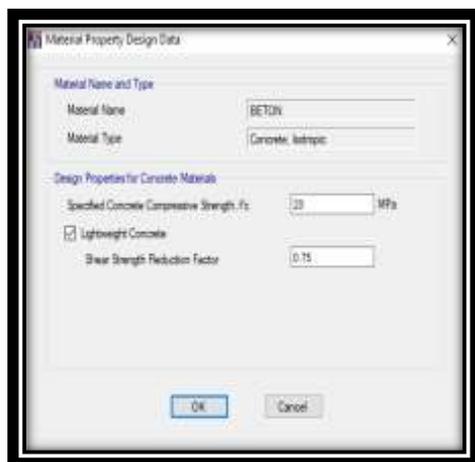
1. Keterangan Bangunan

- Fungsi bangunan: Ruko
- luas bangunan: 754 m²
- tinggi bangunan: 14.4 m (termasuk atap dak)

2. Spesifikasi material

Berikut ini spesifikasi material yang diperoleh berdasarkan data gambar kerja eksisting :

- K-250, $f_c' = 20,75 \text{ MPa}$



Gambar 2 Material Struktur Beton 20,75 MPa
 SNI 2002

Gambar 3 Material Struktur Beton 20,75 MPa
 SNI 2013

Data Mutu tulangan baja :

- b. D13 dan D16 (BJTD41), $f_y = 410$ MPa
- c. Ø8 & Ø10 (BJTP29), $f_y = 290$ MPa

Data Pelat (*Slab*) :

- d. Slab 1 - 5 ketebalan (h) = 12 cm (SNI 2002)

e. Slab 1 - 5 ketebalan (h) = 12,5 cm (SNI 2013)

Sloof/Tie Beam :

f. TB = 25/40 cm

Data Balok:

g. B1 = 25/50 cm dan seterusnya bervariasi terdapat 19 jenis tipe balok yang digunakan

Data Kolom:

h. K1 = 35/50 cm

i. K1' = 30/50 cm

j. K2 = 30/40 cm

k. K2' = 25/40 cm

l. K3 = 25/30 cm

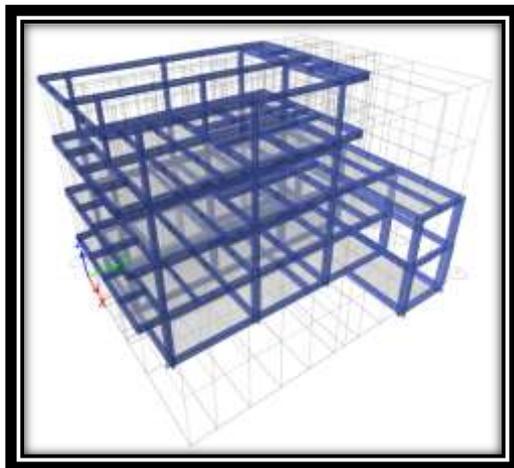
m. K3' = 25/30 cm

n. K4 = 20/30 cm

ANALISIS DAN DESAIN DENGAN SOFTWARE ETABS

1. Pemodelan Struktur

Langkah pertama adalah dilakukan pemodelan struktur dengan ETABS 2013 :

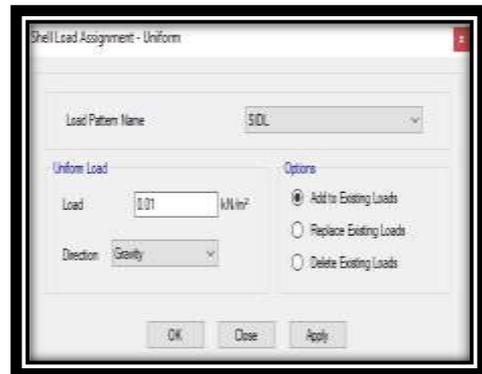


Gambar 4 Pemodelan 3D Gedung

2. Tentukan Beban

Beban yang bekerja pada struktur bangunan bertingkat, ada beberapa macam, yaitu sebagai berikut:

a. Beban Mati:



Gambar 5 Beban Mati SIDL Lantai Dasar



Gambar 6 Beban Mati SIDL Lantai 2-4

b. Beban Hidup :



Gambar 7 Beban Hidup menurut SNI 2002



Gambar 8 Beban Hidup menurut SNI 2013

- Lantai Dasar s/d 4 : 4,79 kN/m²
- Dak Atap : 0,96 kN/m²

c. Beban Dinding:



Gambar 9 Beban Dinding

Beban dari dinding setengah bata adalah 2,5 kN / m², sehingga :

- Lantai 1 s/d 4
- $W = Qd * (1/2 * \text{tinggi dinding}) = 2,5 * (1/2 * 3,6)$
- $W = 4,5 \text{ kN / m}$

3. Beban Angin (Wx dan Wy):

Dalam menentukan beban angin, data yang harus diketahui adalah kecepatan angin maksimum di daerah dimana gedung berada, dengan data pencarian dari BMKG kecepatan angin di Kabupaten Cirebon lokasi gedung studi berada adalah, (v = 23 km / jam) karena diinput ke dalam

software ETABS 2013, maka kecepatan angin harus digunakan satuan mph, sehingga (v = 14,2915 mph).

4. Beban Gempa (EQx Dan EQy):

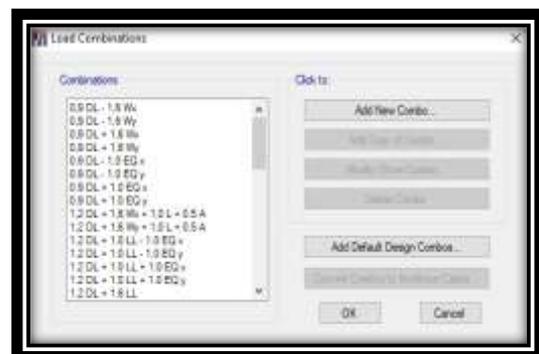
Analisis gempa baru ini didasarkan pada SNI 1726:2012 dengan mengambil data dari

http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/

berdasarkan koordinat lintang dan bujur lokasi gedung studi berada. Sedangkan untuk analisis gempa berdasarkan SNI 03-1726-2002 dilakukan secara manual dalam membuat grafik respon spectra dengan mengambil wilayah gempa III dengan jenis tanah sedang.

5. Tentukan Kombinasi Pembebanan :

Kemudian menginput 31 macam kombinasi pembebanan ke dalam software ETABS 2013:



Gambar 10 Load Combination SNI 2002



Gambar 11 Load Combination SNI 2013

Mengedit faktor reduksi kekuatan (ϕ) berdasarkan kode desain dari ACI-318 yang digunakan.



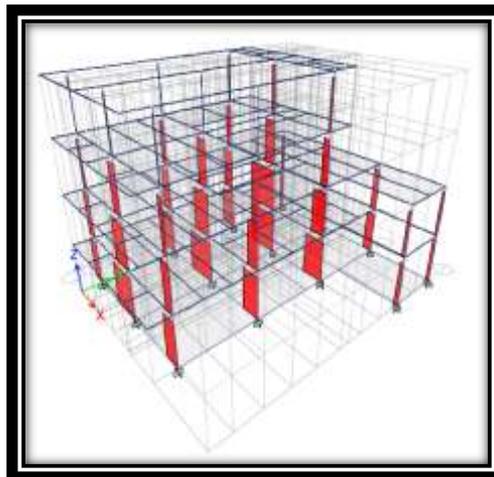
Gambar 12 Faktor Reduksi Kekuatan Menurut SNI 2002



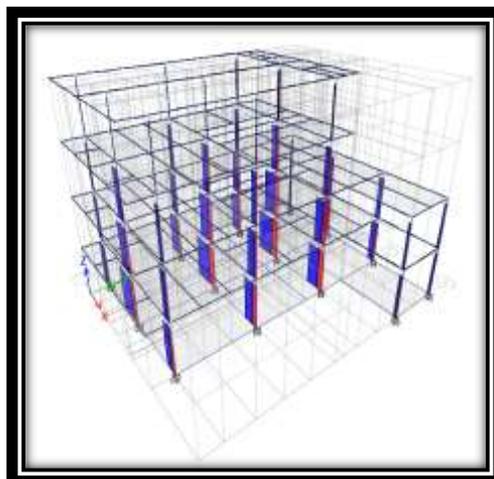
Gambar 13 Faktor Reduksi Kekuatan Menurut SNI 2002

D. HASIL ANALISIS DAN DESAIN STRUKTUR

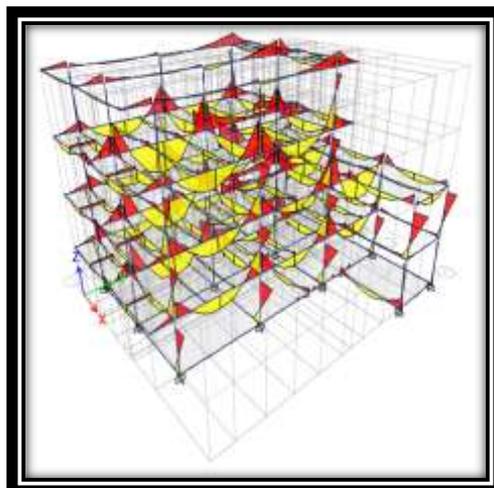
Hasil analisis dilakukan dengan cara manual dengan menggunakan software Excel dan ETABS 2013. Berikut ini adalah hasil untuk analisis elemen struktur sloof, balok dan kolom.



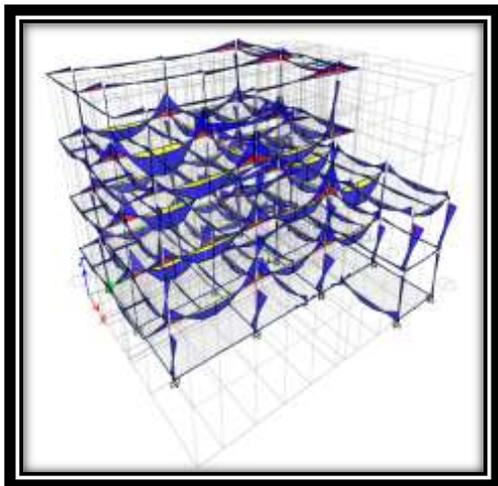
Gambar 14 Output Gaya Aksial SNI 2002



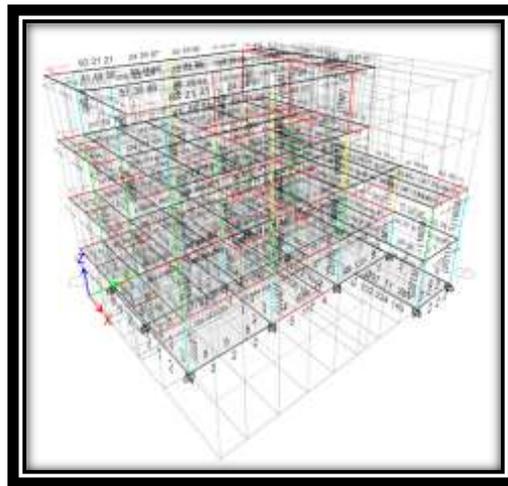
Gambar 15 Output Gaya Aksial SNI 2013



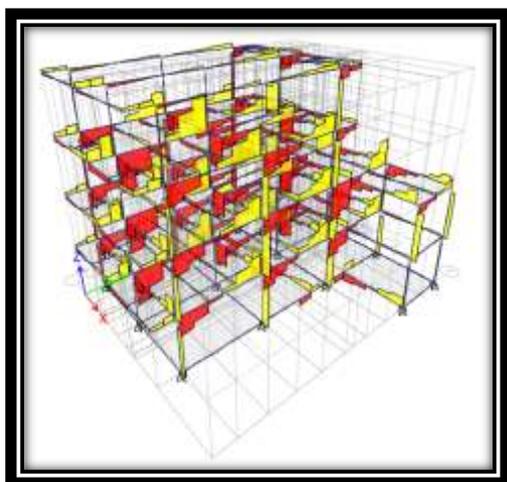
Gambar 16 Output Momen Lentur SNI 2002



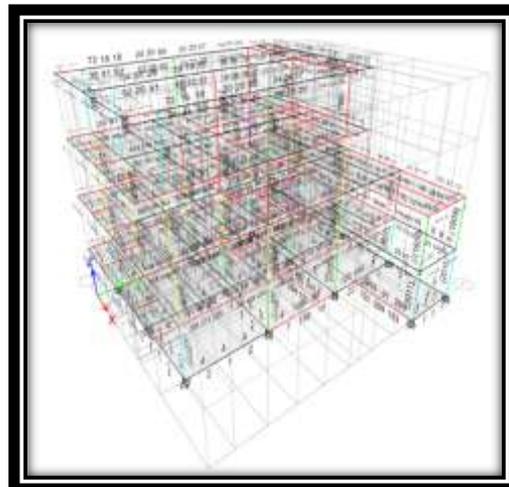
Gambar 17 Output Momen Lentur SNI 2013



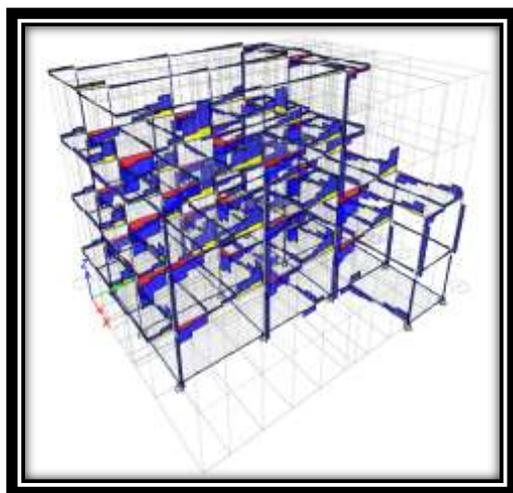
Gambar 20 Output *Check Design* SNI 2002



Gambar 18 Output Gaya Lintang SNI 2002

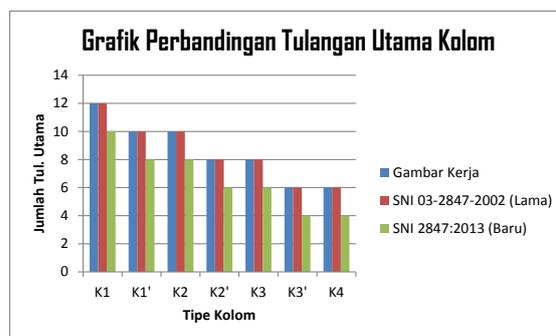


Gambar 21 Output *Check Design* SNI 2013



Gambar 19 Output Gaya Lintang SNI 2013

PERBANDINGAN KEBUTUHAN TULANGAN STRUKTUR BALOK DAN KOLOM BERDASARKAN SNI 2002 DAN SNI 2013



Selisih tulangan pokok kolom antara gambar kerja dan SNI 2002

$$= \frac{0,00}{7} \% = \frac{523,33}{19} \%$$

$$= 0,00 \% \neq 27,54 \%$$

Selisih tulangan pokok kolom antara gambar kerja dan SNI 2013

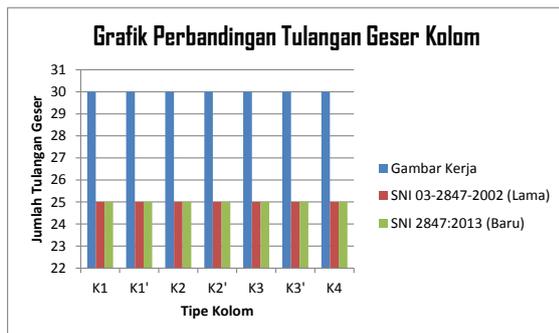
$$= \frac{173,33}{7} \%$$

$$= 24,76 \%$$

Selisih tulangan pokok kolom antara SNI 2002 dan SNI 2013

$$= \frac{173,33}{7} \%$$

$$= 24,76 \%$$



Selisih tulangan sengkang kolom antara gambar kerja dan SNI 2002 =

$$\frac{116,67}{7} \%$$

$$16,67 \%$$

Selisih tulangan sengkang kolom antara gambar kerja dan SNI 2013 =

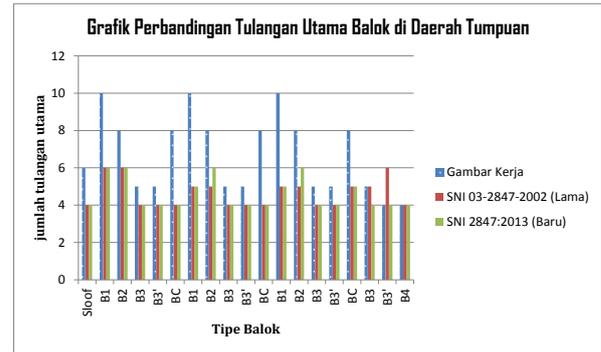
$$\frac{116,67}{7} \%$$

$$16,67 \%$$

Selisih tulangan sengkang kolom antara SNI 2002 dan SNI 2013 =

$$\frac{0,00}{7} \%$$

$$0,00 \%$$



Selisih tulangan pokok balok daerah tumpuan antara gambar kerja dan SNI 2002

$$= \frac{480,83}{19} \%$$

$$= 25,31 \%$$

Selisih tulangan pokok balok daerah tumpuan antara gambar kerja dan SNI 2013

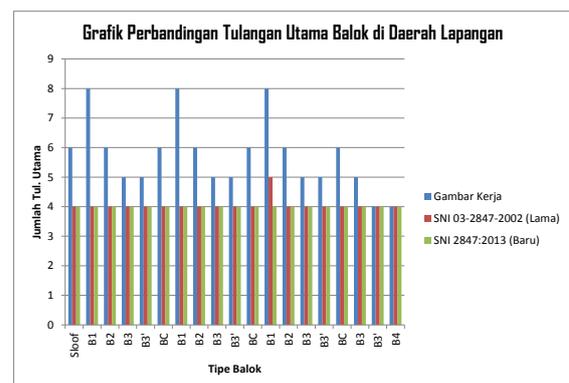
$$= \frac{525,83}{19} \%$$

$$= 27,68 \%$$

Selisih tulangan pokok balok daerah tumpuan antara SNI 2002 dan SNI 2013

$$= \frac{13,33}{19} \%$$

$$= 0,70 \%$$



Selisih tulangan pokok balok daerah lapangan antara gambar kerja dan SNI 2002

$$= \frac{510,83}{19} \%$$

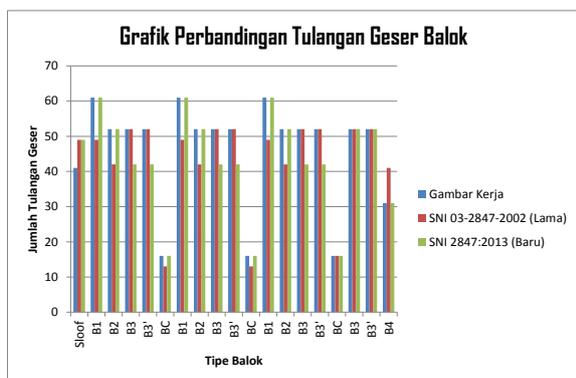
$$= 26,89 \%$$

Selisih tulangan pokok balok daerah lapangan antara gambar kerja dan SNI 2013

$$= \frac{20,00 \%}{19}$$

$$= 1,05 \%$$

Selisih tulangan pokok balok daerah lapangan antara SNI 2002 dan SNI 2013



Selisih tulangan sengkang balok antara gambar kerja dan SNI 2002

$$= \frac{102,44 \%}{19}$$

$$= 5,39 \%$$

Selisih tulangan sengkang balok antara gambar kerja dan SNI 2013

$$= \frac{95,87 \%}{19}$$

$$= 5,05 \%$$

Selisih tulangan sengkang balok antara SNI 2002 dan SNI 2013

$$= \frac{-51,28 \%}{19}$$

$$= -2,70 \%$$

Adapun hasil dari analisis perbandingan biaya konstruksi struktur atas gedung kajian penelitian (tidak menghitung pelat) antara hasil desain menggunakan SNI 2013 dibutuhkan biaya sebesar Rp. 5.285.795.000,00 dan jika menggunakan hasil desain SNI 2002 dibutuhkan biaya konstruksi sebesar Rp. 5.523.502.000,00 , sehingga diperoleh selisih biaya konstruksi sebesar :

$$\frac{5.523.502.000 - 5.285.795.000}{5.285.795.000,00} \times 100\% =$$

$$-4.30\%$$

KESIMPULAN

1. Dari hasil perhitungan analisis kolom pada penulangan lentur kolom menggunakan peraturan SNI 03-2847-2002 terhadap SNI 2847:2013, diperoleh jumlah tulangan yang lebih banyak dengan rasio selisih rata-rata sebesar 24,76%.
2. Dari hasil perhitungan analisis kolom pada penulangan geser kolom menggunakan peraturan SNI 03-2847-2002 terhadap SNI 2847:2013, diperoleh jumlah tulangan yang sama banyak.
3. Dari hasil perhitungan analisis balok pada penulangan lentur balok menggunakan peraturan SNI 03-2847-2002 terhadap SNI 2847:2013, diperoleh jumlah tulangan yang lebih banyak dengan rasio selisih rata-rata sebesar 0,70% di daerah tumpuan dan 1,05% di daerah lapangan.
4. Dari hasil perhitungan analisis balok pada penulangan geser balok menggunakan peraturan SNI 03-2847-2002 terhadap SNI 2847:2013, diperoleh jumlah tulangan yang lebih sedikit dengan rasio selisih rata-rata sebesar 2,70%
5. Dari perhitungan struktur Rencana Anggaran Biaya, perbandingan total biaya struktur atas Beton Bertulang jika menggunakan hasil desain SNI 2013 dibandingkan dengan hasil desain SNI 2002 yaitu -4,30%.

SARAN

1. Dalam melaksanakan desain dan ataupun analisis menggunakan bantuan software ETABS atau software struktur lainnya harap hati-hati saat memasukkan data material, dimensi penampang struktur, dan beban-beban yang bekerja pada struktur. Dalam hal

ini pun dicoba bahwa model struktur yang dibuat di ETABS harus serupa mungkin sesuai dengan struktur di lapangan, untuk memberikan hasil analisis (output) yang sesuai dengan kondisi yang sebenarnya di lapangan.

2. Perlu dilakukan kajian selanjutnya mengenai perbandingan perencanaan struktur gedung berdasarkan peraturan SNI 2013 dan SNI 2002 pada area struktur dinding *basement*, tangga, dan struktur pondasi bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni A. (1), 2010. Balok dan Pelat Beton Bertulang, Graha Ilmu : Yogyakarta.
- Asroni A. (2), 2010. Kolom Fondasi dan Balok T Beton Bertulang, Graha Ilmu : Yogyakarta.
- Budiono, Bambang, 2011, Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan RSNI 03-1726-201x, Penerbit ITB, Bandung.
- Cornelis, R. et.al., 2014, "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", Jurnal Teknik Sipil Undana.
- CSI, 2013, ETABS Integrated Building Design Software User's Guide, Computer and Structures, Inc., Berkeley.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2010, Peta Hazard Gempa Indonesia, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- 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.
- Imran, Iswandi & Hendrik, Fajar (2010), "Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa", Bandung : Penerbit ITB
- Indarto, H. 2013. Aplikasi SNI Gempa 1726 : 2012 for Dummies. Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang.
- Kamaldeep Kaur dan Jaspal Singh .2017. A Review on Comparison of Seismic Behavior of RC Structures Using Various Codes. New Delhi Publishers. DOI: 10.5958/2230-732X.2017.00087.0
- Latumantarna, Benjamin. 2008. Perkembangan Perencanaan Bangunan Tahan Gempa. Jurusan Teknik Sipil, FTSP, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Priscillia Engelin Ester Ticoalu, dkk. 2015. Studi Komparasi Perhitungan Struktur Bangunan dengan Menggunakan SNI 03-2847-2013 dan British Standard 8110-1-1997. Jurnal Sipil Statik Vol.3 No.10 Oktober 2015 (718-727) ISSN: 2337-6732
- Setiawan, Agus. 2016, Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- SNI 1726:2012, (2012). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Badan Standarisasi Nasional (BSN).

SNI 03-1726-2002, (2002). Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, Badan Standarisasi Nasional (BSN)

SNI 1727:2013, (2013). Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, Badan Standarisasi Nasional (BSN).

SNI 03-1727-1989, (1989). Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung, Badan Standarisasi Nasional (BSN).

SNI 2847:2013, (2013). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional (BSN).

SNI 03-2847-2002,(2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional (BSN).

SNI 2052-2017, (2017), Baja Tulangan Beton, Badan Standarisasi Nasional (BSN).

Steffie Tumilarir, Prosedur Analisis Struktur Beton Akibat Gempa Menurut SNI 03-1726-2010, HAKI,Jakarta

Turgeon,Brenda, 2014. Designing Earthquake-Resistant Structures, Purdue University Calumet, Indiana.

Wiryanto Dewobroto, 2013, Komputer Rekayasa Struktur dengan SAP2000, Lumina Press dan Penerbit Dapur Buku, Jakarta.