

**ANALISIS PERBANDINGAN PERENCANAAN STRUKTUR BAJA
BERDASARKAN METODE DESAIN KEKUATAN IJIN (DKI) DENGAN
DESAIN FAKTOR BEBAN DAN KETAHANAN (DFBK) SESUAI SNI-
1729:2015**

(Studi Kasus : Alternatif Perencanaan Gedung Graha Pijat Dan Refleksi)

I Wayan Artana dan I Putu Sutajaya

Progran Studi Teknik Sipil FT Unhi
artana.str2@gmail.com, pt.sutajaya@gmail.com

ABSTRAK

Struktur Baja merupakan struktur yang mulai banyak diminati untuk bangunan bertingkat. Perencanaan struktur baja harus mengacu pada peraturan yang berlaku, dimana dalam SNI-1727:2015 disebutkan bahwa desain dibolehkan dibuat sesuai ketentuan desain faktor beban dan ketahanan (DFBK) atau dengan ketentuan untuk desain kekuatan izin (DKI)

Tujuan dari penelitian ini untuk membandingkan perencanaan struktur baja menggunakan metode desain faktor beban dan ketahanan (DFBK) atau dengan metode desain kekuatan izin (DKI) untuk mengetahui perbedaan hasil rasio tegangan yang terjadi. Gedung yang dianalisis adalah gedung Graha Pijat dan Refleksi dengan 5 Tingkat

Hasil analisis menunjukkan bahwa perbedaan rasio tegangan dipengaruhi oleh kombinasi pembebanan dan faktor tahanan atau faktor keamanan dari masing-masing metode. Dimana Desain Kekuatan Izin mengalami peningkatan rasio tegangan dibandingkan dengan metode Desain Faktor Beban dan ketahanan. Rasio tegangan pada kolom K8 akibat kombinasi beban maksimum berdasarkan metode Desain Kekuatan Izin mengalami peningkatan sebesar 16.33% pada lantai basement, 15.80% pada lantai ground, 11.53% pada lantai 1, 14.79% pada lantai 2, dan 13.60% pada lantai 3, dibandingkan dengan metode Desain Faktor Beban dan Ketahanan. Sedangkan rasio tegangan pada balok B1 akibat kombinasi beban maksimum berdasarkan metode Desain Kekuatan Izin mengalami peningkatan sebesar 13.55% (tumpuan) dan 4.22% (lapangan) pada lantai ground, 23.95% (tumpuan) dan 7.68% (lapangan) pada lantai 1, 13.33% (tumpuan) dan 6.48% (lapangan) pada lantai 2, 13.22% (tumpuan) dan 5.19% (lapangan) pada lantai 3, 14.03% (tumpuan) dan 11.69% (lapangan) pada lantai 4, dibandingkan dengan metode Desain Faktor Beban dan Ketahanan. Dari hasil analisis struktur portal dengan metode Desain Faktor Beban Dan Ketahanan memungkinkan mendapatkan profil penampang yang lebih kecil pada batang tertentu.

Kata Kunci : kekuatan perlu, faktor tahanan, kekuatan desain, faktor keamanan kekuatan ijin, Metode DFBK, Metode DKI.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Baja merupakan salah satu bahan yang digunakan untuk struktur bangunan. Suatu struktur baja merupakan komponen-komponen individual yang dapat mendukung dan menyalurkan beban-beban ke seluruh struktur berdasarkan

konfigurasi struktural serta beban-beban desain. Beban-beban yang akan di tanggung oleh struktur atau elemen struktur tidak selalu diramalkan dengan tepat sebelumnya. Bahkan apabila beban-beban tersebut telah diketahui dengan baik pada salah satu lokasi sebuah struktur tertentu, distribusi bebannya dari elemen yang satu ke elemen yang lain pada keseluruhan struktur biasanya masih membutuhkan asumsi atau pendekatan, perencanaan struktur baja harus mengacu pada peraturan yang berlaku, dimana dalam SNI-1727:2015 disebutkan bahwa desain dibolehkan dibuat sesuai ketentuan desain faktor beban dan ketahanan (DFBK) atau dengan ketentuan untuk desain kekuatan ijin (DKI)

Pada studi sebelumnya sudah pernah di analisis oleh Marsiano (2010). Institut Sains Dan Teknologi Nasional dengan judul “*Analisa Balok Komposit Dengan Metode Allowable Stress Design (ASD) Dan (Load Resistance Design Factor) LRFD*”. Dalam studi ini hasil Analisa dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan dalam penggunaan metode tersebut, dimana dengan menggunakan metode LRFD lebih baik dari pada menggunakan metode ASD, Disebutkan juga bahwa ada penghematan baik dari jumlah dan jarak rata-rata 25-30%

Adapun studi yang sudah di analisis oleh Alfian Kamaldi (2003). Universitas Riau dengan judul “*Analisis Kekuatan Nominal Balok Lentur Baja dengan Allowable Stress Design (ASD) Dan (Load Resistance Design Factor) LRFD*”. Dalam studi ini, hasil analisa menunjukkan Faktor kelebihan beban dan faktor tahanan yang digunakan dalam metode LRFD ditentukan berdasarkan metode probabilitas sehingga hasil desain yang diperoleh lebih rasional. Nilai masing-masing faktor tersebut telah ditentukan oleh AISC dalam manual LRFD. Faktor kelebihan beban tergantung pada kombinasi beban yang digunakan. Dari hasil studi kasus, dapat diamati secara umum metode LRFD memberikan profil yang lebih ekonomis dengan luas penampang yang lebih kecil 29.4% untuk balok 1, 35.8% untuk balok 2 dan 40.2% untuk balok 3, bila dibandingkan dengan metode ASD, untuk satuan panjang yang sama akibat beban mati, beban hidup, dan gempa ekuivalen. Dengan metode LRFD, dapat diprediksi terjadinya tekuk local pada elemen balok akibat kombinasi beban yang digunakan.

Herry Dinarsyah Yudi, Institute Teknologi Bandung, dalam studinya “*Perencanaan Struktur Baja Dengan Metoda ASD Dan LRFD Pada Struktur Gedung Sistem Rangka Berpangku Eksentrik*”, hasil perencanaan menunjukkan bahwa mekanisme kelelahan yang terjadi sesuai dengan konsep desain kapasitas yaitu penyerapan energi gempa melalui kelelahan yang terjadi pada elemen yang direncanakan mengalami kelelahan yaitu elemen link sedangkan elemen lainnya tidak mengalami kelelahan. Hasil perencanaan dengan metoda ASD dan LRFD tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam hal kekakuan struktur, simpangan antar lantai, berat struktur dan hasil analisis pushover. Hasil perencanaan juga menunjukkan bahwa untuk kondisi elastis system tunggal SRBK memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan sistem tunggal SRBE ditunjukkan dengan berat struktur, displacement maksimum dan drift ratio yang lebih kecil.

Berdasarkan uraian di atas maka dalam tugas akhir ini akan dicoba menganalisis perbandingan perencanaan struktur baja dengan menggunakan metode DKI dan DFBK untuk mengetahui perbedaan perilaku, simpangan antar lantai, gaya aksial, momen lentur, gaya geser dan rasio tegangan pada suatu struktur baja. Metode ASD yang terdahulu (*Allowable Stress Design*) pada RSNI-1729:2105 diganti

menjadi metode (*Allowable Strength Desain*), Dalam RSNI-1729:2105 metode *Allowable Strength Desain* diterjemahkan kedalam Bahasa Indonesia menjadi desain kekuatan Ijin (DKI) dan metode LRFD (*Load Resistance Design Factor*) menjadi desain faktor beban dan ketahanan (DFBK), Maka dari itu judul dari Tugas Akhir ini adalah “Analisis Perbandingan Perencanaan Struktur Baja Berdasarkan Metode Desain Kekuatan Ijin (DKI) Dengan Desain Faktor Beban Dan Ketahanan (DFBK) Sesuai SNI 1729:2015 ”(Studi Kasus Alternatif Perencanaan Pada Gedung graha pijat dan refleksi).

Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah diatas maka tujuan dari studi ini yaitu :

1. Mengetahui perilaku, deformasi, simpangan antar lantai serta gaya gaya dalam yang terjadi pada struktur gedung baik menggunakan metode Desain Kekuatan Ijin (DKI) dengan Desain Faktor Beban Dan Ketahanan (DFBK)
2. Membandingkan hasil rasio tegangan baik menggunakan metode Desain Kekuatan Ijin (DKI) dengan Desain Faktor Beban Dan Ketahanan (DFBK) sesuai SNI-1729:2015.

Batasan Masalah

Untuk mempertegas pokok-pokok bahasan dalam tugas akhir ini, batasan masalah di uraikan sebagai berikut :

- a. Pondasi diasumsikan terjepit penuh.
- b. Tidak menganalisis sambungan
- c. Tidak mendesain struktur atap (baja ringan)
Tidak mempertimbangkan dari segi biaya

LANDASAN TEORI

Desain harus dibuat sesuai dengan ketentuan *Desain Faktor beban dan Ketahanan* (DFBK) atau dengan ketentuan untuk *Desain kekuatan Ijin* (DKI).

Kekuatan Perlu

Kekuatan *perlu* komponen struktur dan *sambungan* harus ditentukan melaluain *analisis struktur* untuk kombinasi beban yang sesuai ketentuan. Desain boleh dilakukan dengan *analisis elastis*, *analisis inelastic* atau *analisis plastis*. Ketentuan untuk analisis inelastic dan plastis, Desain dengan Analisis Inelastis.

Keadaan Batas

Desain harus berdasarkan pada prinsip bahwa kekuatan atau keadaan batas kemampuan layan tidak dilampaui saat struktur menahan semua kombinasi *beban* yang sesuai. Desain untuk persyaratan integritas struktur dari *peraturan bangunan gedung yang berlaku* harus berdasarkan *kekuatan nominal* daripada *kekuatan desain* (DFBK) atau *kekuatan izin* (DKI), kecuali secara khusus dinyatakan lain dalam peraturan bangunan gedung yang berlaku. Keadaan batas untuk sambungan yang berdasarkan pembatasan deformasi atau *pelelehan* dari komponen sambungan tidak perlu memenuhi persyaratan integritas struktur. Untuk memenuhi persyaratan integritas struktur dari peraturan bangunan gedung yang berlaku , baut tipe tumpu di sambungan diizinkan memiliki lubang-lubang berslot pendek terhadap arah beban Tarik , dan harus diasumsikan terdapat pada ujung slot tersebut.

Desain Kekuatan Berdasarkan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK)

Desain yang sesuai dengan ketentuan untuk *desain faktor beban dan ketahanan* (DFBK) memenuhi persyaratan spesifikasi ini bila *kekuatan desain* setiap *komponen struktur* sama atau melebihi *kekuatan perlu* yang ditentukan berdasarkan *kombinasi beban DFBK*. Semua ketentuan Spesifikasi ini, kecuali untuk Desain Kekuatan Berdasarkan Desain Kekuatan Izin (DKI). Desain harus dilakukan sesuai dengan Persamaan

$$R_u \leq R_n$$

Keterangan :

R_u = kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK

R_n = *kekuatan nominal*

= *faktor ketahanan*

R_n = kekuatan desain

Desain Kekuatan Berdasarkan Desain Kekuatan Izin (DKI)

Desain yang sesuai dengan ketentuan Desain Kekuatan Ijin (DKI) memenuhi persyaratan spesifikasi ini bila kekuatan izin dari setiap komponen struktur sama atau melebihi kekuatan perlu yang di tentukan berdasarkan kombinasi beban DKI. Desain harus dilakukan menurut Persamaan :

$$R_a \leq R_n/\phi$$

Keterangan :

R_a = kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DKI

R_n = *kekuatan nominal*

= *faktor keamanan*

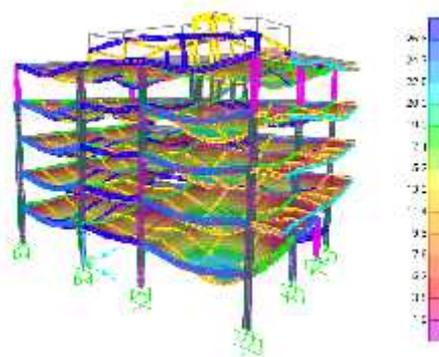
R_n/ϕ = kekuatan izin

STUDI KASUS

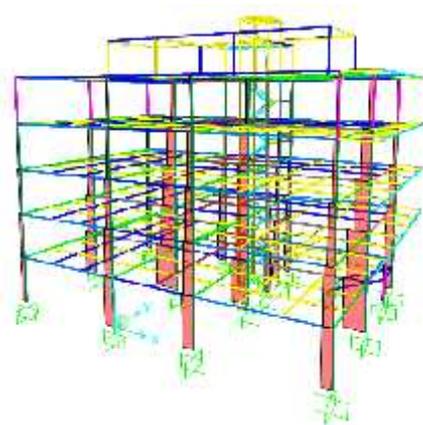
Dalam Studi Analisi ini, yang dijadikan data Perencanaan atau data yang di analisis adalah bangunan gedung Graha Pijat & Refleksi yang dengan satu basement dan enam lantai di atasnya, yang difungsikan sebagai staff room pada lantai basement , reception & refleksi area pada lantai , massage area pada lantai dua sampai lantai lima dan office area pada lantai enam. Gambar arsitektur bangunan gedung ini di dapat dari Konsultan Perencana Arteri88 Architect yang berlokasi di jl. Bypass ngurah rai no. 23b. Selain gambar arsitektur terlampir juga data sondir, data yang digunakan adalah berdasarkan hasil penyelidikan tanah yang dilakukan oleh CV. Prema Desain yang dilakukan pada bulan Desember 2016 untuk proyek Perencanaan Struktur Gedung. Lokasi Gedung Graha Pijat & Refleksi ini berlokasi di Jalan Pura Mertesari, Kuta Badung-Bali, yang dibangun di lahan yg memiliki luas 575 m².

HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

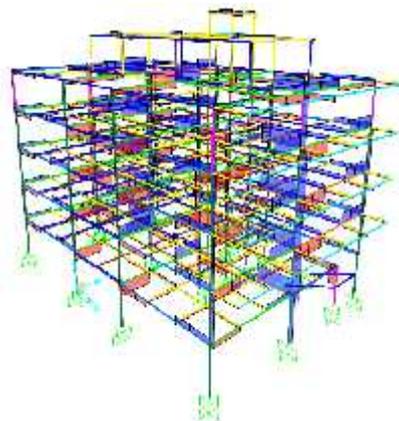
Dari hasil analisis struktur gedung yang menggunakan bantuan program SAP2000 versi 17.1.1 Terlihat diagram deformasi, diagram aksial, diagram momen, dan gaya geser seperti gambar berikut:



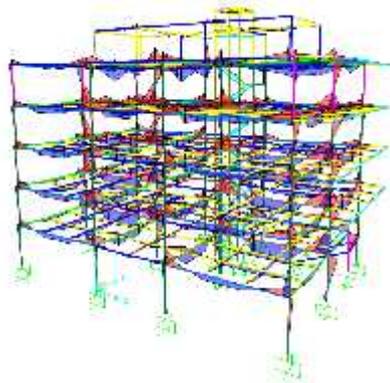
Gambar 1.1 Ouput Diagram Deformasi 3D, (D+L) menggunakan SAP2000 version 17.1.1 (Kgf.m.C)



Gambar 1.2 Ouput Diagram Aksial 3D, (D+L) Menggunakan SAP2000 version 17.1.1 (Kgf.m.C)



Gambar 1.3 Ouput Diagram Gaya Geser 3D, (D+L) Menggunakan SAP2000 version 17.1.1 (Kgf.m.C)



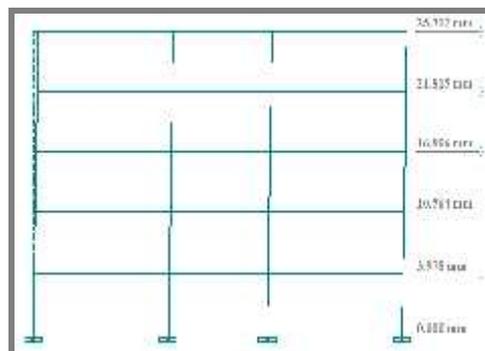
Gambar 1.4 Output Diagram Momen 3D, (D+L) Menggunakan SAP2000 version 17.1.1 (Kgf.m.C)

Lendutan maksimum pada balok akibat beban mati (D) + Hidup (L) harus lebih kecil dari pada lendutan maksimum yang diizinkan adalah sebesar $\frac{L}{360}$. Hasil analisis dari program SAP 2000 diperoleh nilai lendutan seperti disebut dalam table 4.11. Di bawah ini merupakan tabel perbandingan lendutan maksimum dan batas lendutan yang diizinkan .

Tabel 1.1 Perhitungan Lendutan Maksimum

No	Jenis Balok	Panjang Balok (mm)	Lendutan terjadi (mm)	Lendutan izin (mm)	Cek
1	IWF500x200x10x16	7500	15.773	20.833	OK
2	IWF450x200x9x14	7500	11.833	20.833	OK
3	IWF400x200x8x12	6450	9.514	17.917	OK
4	IWF350x175x7x11	7500	17.39	20.833	OK
5	IWF300x150x6.5x9	6450	13.257	17.917	OK
6	IWF250x125x6x9	6450	12.899	17.917	OK
7	IWF200x100x5.5x8	7500	14.729	20.833	OK

Simpangan antar lantai berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.6, dihitung sebagai defleksi pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau seperti gambar berikut :



Gambar 1.5 Output Story Drift Dari Program SAP2000 v17.1.1
Defleksi pusat massa di tingkat x harus ditentukan dengan persamaan:

$$u_x = \frac{C_d u_{xe}}{I_e}$$

Nilai C_d merupakan faktor pembesaran defleksi, untuk rangka baja pemikul momen khusus adalah 5,5. Sedangkan nilai I_e merupakan faktor keutamaan gempa yaitu 1. Untuk memenuhi syarat kinerja batas ultimit, simpangan antar lantai tidak boleh melebihi 0.02 kali tinggi tingkat. Berikut merupakan simpangan antar lantai berdasarkan SNI 03-1726-2012 dari program SAP 2000 versi 17.1.1

Tabel 1.2 Perhitungan *story drift* kinerja batas ultimit

Lantai	Story Drift (mm)	Drift δx_e antar lantai (mm)	δx (mm)	$\Delta_{izin}=0,02 \cdot h_i$ (mm)	Cek
Lantai 4	25.3117	3.4972	19.23	58	OK
Lantai 3	21.8145	5.0089	27.55	58	OK
Lantai 2	16.8056	6.2419	34.33	58	OK
Lantai 1	10.5637	6.5862	36.22	58	OK
Lantai Ground	3.9775	3.9775	21.88	60	OK
Lantai Basement	0	0	0	60	OK

Desain Struktur Berdasarkan Metode Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK)

Dari analisa struktur diperoleh diagram bending axial, momen dan gaya geser pada rencana kolom K1 seperti gambar berikut :



Gambar 1.6 Diagram Bending Kekuatan Perlu Menggunakan Metode DFBK Dari Program SAP 2000 Versi 17.1.1

Tabel 1.3 Kekuatan Perlu dan Kekuatan Desain Kolom K1 Menggunakan Metode DFBK Dari Program SAP 2000 Versi 17.1.1

Required strength	Pu Force	Mu Force	Vu Force
design	$\phi \cdot P_n$	$\phi \cdot M_n$	$\phi \cdot V_n$

strength	Capacity	Capacity	Capacity
	2929943.177	538527312.0	544320.000

Cek kontrol manual Berdasarkan SNI-1729:2015

Poperti penampang (Sebagian diambil dari tabel profil)

$E = 200000 \text{ MPa}$	$G = 80000 \text{ MPa}$	$I_x = 395061761 \text{ mm}^4$
$BJ 37 \rightarrow F_y = 240 \text{ MPa}$	$I_y = 135815761.3 \text{ mm}^4$	$HB 350.350.12.19$
$A_g = 17044.000 \text{ mm}^2$	$S_x = 2257495.779$	$b_f/(2t_f) = 18.42$
$Z_x = 2493182.000 \text{ mm}^3$	$J = 741637.500 \text{ mm}^4$	$h/t_w = 26$
$Z_y = 1174982.000 \text{ mm}^3$	$C_w = 3720000000000 \text{ mm}^6$	

Kuat desain lentur penampang

$$M_p = Z_x F_y = 2493182.000 \times 240 = 598363680 \text{ N.mm}$$

$$M_n = M_p = 598363680 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 598363680 \text{ N.mm} = 538527312 \text{ N.mm}$$

Cek persyaratan kuat lentur nominal Penampang

$$\phi M_n (538527312 \text{ N.mm}) >> M_u = (-95346687 \text{ N.mm}) \dots\dots\dots\text{OK}$$

Kuat desain geser penampang.

HB 350.350.12.19

$$A_w = d \cdot t_w = 350 \times 12 = 4200 \text{ mm}^2$$

$$H = d - 2t_f = 350 - (2 \times 19) = 312 \text{ (dianggap Profil built-up)}$$

Koefisien tekut geser pelat badan sebagai, k_v dihitung sebagai berikut

$$h/t_w = 312/12 = 26 < 260 \rightarrow K_v = 5.0$$

Koefisien geser pelat badan, C_v dihitung sebagai berikut:

$$1.10 \sqrt{(k_v E/F_y)} = 1.10 \sqrt{(5 \times 200000/240)} = 71.0$$

$$h/t_w (26) < 1.10 \sqrt{(k_v E/F_y)} (71.0) \text{ maka } C_v = 1.0$$

Kuat geser nominal pelat badan

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v$$

$$V_n = 0.6 \times 240 \times 4200 \times 1 = 604800 \text{ N.mm}$$

Kuat lentur nominal penampang

$$M_p = Z_x F_y = 2493182.000 \times 240 = 598363680 \text{ N.mm}$$

$$M_n = M_p = 598363680 \text{ N.mm}$$

$$M_n/\Omega = 598363680 / 1.67 = 358301604.8 \text{ N.mm}$$

Cek persyaratan kuat lentur nominal Penampang

$$M_n/\Omega(358301604.8\text{N.mm}) >> M_r=(54707675\text{N.mm}) \dots\dots\text{OK}$$

Kuat geser nominal penampang.

$$\text{HB } 350.350.12.19$$

$$A_w = d.t_w = 350 \times 12 = 4200 \text{ mm}^2$$

$$H = d - 2t_f = 350 - (2 \times 19) = 312 \text{ (dianggap Profil built-up)}$$

Koefisien tekuk geser pelat badan sebagai, K_v dihitung sebagai berikut

$$h/t_w = 312/12 = 26 < 260 \rightarrow K_v = 5.0$$

Koefisien geser pelat badan, C_v dihitung sebagai berikut:

$$1.10 \sqrt{(K_v E/F_y)} = 1.10 \sqrt{(5 \times 200000/240)} = 71.0$$

$$h/t_w (26) < 1.10 \sqrt{(k_v E/F_y)} (71.0) \text{ maka } C_v = 1.0$$

Kuat geser nominal pelat badan

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_w$$

$$V_n = 0.6 \times 240 \times 4200 \times 1 = 604800 \text{ N.mm}$$

Faktor tahanan geser $\Omega = 1.6$

$$\text{Kuat geser rencana } V_n/\Omega = 604800 / 1.67 = 362155.68 \text{ N.mm}$$

$$\text{Kuat geser perlu } V_r = 28517.013 \text{ N.mm}$$

Cek persyaratan kuat geser nominal penampang

$$\phi V_n (362155.68 \text{ N.mm}) >> V_u = (28517.013 \text{ N.mm}) \dots\text{OK}$$

KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Lendutan maksimum pada balok akibat beban mati dan beban hidup sebesar 17.390mm lebih kecil dari lendutan ijin sebesar 20.833mm, Simpangan antarlantai maksimum terjadi pada lantai 1 akibat beban gempa sebesar 36.22mm lebih kecil dari simpangan ijin sebesar 58mm

2. Berdasarkan grafik rasio tegangan akibat gaya aksial, momen lentur, dan gaya geser menunjukkan bahwa metode Desain Kekuatan Izin (DKI) rata-rata lebih besar dibandingkan dengan menggunakan metode Desain Faktor Beban Dan Ketahanan (DFBK), besaran perbedaan bervariasi. Rasio tegangan pada kolom K8 akibat kombinasi beban maksimum berdasarkan metode Desain Kekuatan Izin mengalami peningkatan sebesar 16.33% pada lantai basement, 15.80% pada lantai ground, 11.53% pada lantai 1, 14.79% pada lantai 2, dan 13.60% pada lantai 3, dibandingkan dengan metode Desain Faktor Beban dan Ketahanan. Sedangkan rasio tegangan pada balok B1 akibat kombinasi beban maksimum berdasarkan metode Desain Kekuatan Izin mengalami peningkatan sebesar 13.55% (tumpuan) dan 4.22% (lapangan) pada lantai ground, 23.95% (tumpuan) dan 7.68% (lapangan) pada lantai 1, 13.33% (tumpuan) dan 6.48% (lapangan) pada lantai 2, 13.22% (tumpuan) dan 5.19% (lapangan) pada lantai 3, 14.03% (tumpuan) dan 11.69% (lapangan) pada lantai 4, dibandingkan dengan metode Desain Faktor Beban dan Ketahanan.
3. Dari hasil analisis struktur portal dengan metode Desain Faktor Beban Dan Ketahanan memungkinkan mendapatkan profil penampang yang lebih kecil pada batang tertentu.

SARAN

Adapun saran dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Dapat dilanjutkan dengan alternatif analisis perencanaan gedung dengan jumlah lantai lebih banyak, atau menggunakan sistem penahan gaya gempa yang berbeda.
2. Untuk perbandingan efisiensi dalam perencanaan gedung ini sebaiknya analisis perbandingan tidak hanya terletak pada rasio balok dan kolom saja. Untuk pengembangan selanjutnya perlu dilakukan analisis terhadap sambungan.

DAFTAR PUSTAKA

- AISC 360, 2010, *Specification for structural steel buildings*, American National Standart.
- Anonim, 1983, *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983)*, Departemen Pekerjaan Umum Bandung.
- ASCE/SEI, 2005, *Minimum Design Loads for Building and Others Structure*, American National Standart.
- Bowles, J.E. (1997), *Foundation Analysis And Design, 5th eddition*, McGraw-Hill International Editions.
- CSI America, 2010, *SAP integrated Building Design Software Version 14, An Introduction To Structure Analysis Programs*, Computer And Structure, Inc., Berceley, Calofornia.
- Dewobroto, Wiryanto. 2010, *Struktur Baja, Prilaku Analisis & Desain – AISC 2010*, PT. Elex Media Computindo

Dewobroto, Wiryanto. 2013, *Komputer Rekayasa Struktur Dengan SAP2000*, PT. Elex Media Computindo

Setiawan, A. 2008 , *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Sesuai SNI 03-1729:2002)*, PT. Penerbit Erlangga

Standar Nasional Indonesia, 2012, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung, SNI 1726:2012*. Jakarta : Badan Standar Nasional Indonesia

Standar Nasional Indonesia, 2013, *Beban Minimum Untuk Perancangan Gedung Dan Struktur Lain, SNI 1727-2013*. Badan Standar Nasional Indonesia

Standar Nasional Indonesia, 2015, *Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung baja Struktural, SNI 1729-2015*. Jakarta : Badan Standar Nasional Indonesia