

Evaluasi Perencanaan Struktur Komposit Menggunakan Metode *Load Resistance Factor Design* (LRFD) Pada Gedung C Undiknas Denpasar

Indah Saiful Fajarani¹, I Gusti Lanang Bagus Eratodi²

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Pendidikan Nasional

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Pendidikan Nasional

E-mail : eratodi@undiknas.ac.id

ABSTRACT: Perkembangan teknologi rekayasa dan analisis struktur bangunan sipil saat ini sedang berkembang pesat, termasuk bidang desain struktur di dunia konstruksi gedung. Selama ini material bangunan yang digunakan dalam bidang konstruksi khususnya bangunan gedung masih rata-rata menggunakan bahan dari kayu dan beton. Namun seiring dengan berkembangnya tuntutan kebutuhan, waktu dan ilmu pengetahuan mulai menggunakan material baja. Penggunaan material baja dapat mengurangi limbah konstruksi yang selama ini menjadi masalah bagi lingkungan. Semakin berkembangnya pengetahuan dalam bidang konstruksi maka terciptalah berbagai metode dalam mendesain struktur salah satu diantaranya adalah sistem struktur komposit yang terdiri dari gabungan antara beton dan baja.

Perencanaan Gedung C Universitas Pendidikan Nasional menggunakan bahan komposit pada bagian kolom dengan menggunakan metode ASD. Bangunan ini terdiri dari 5 lantai dengan luas bangunan 40x19 m². Berdiri pada kondisi tanah sedang. Analisa struktur penelitian ini menggunakan bantuan program SAP 2000 V14, sedangkan dalam perhitungan elemen struktur dilakukan secara manual dengan metode LRFD yang berpedoman kepada SNI-03-1729-2002.

Hasil analisis pada penelitian ini diperoleh bahwa metode LRFD memberikan kontribusi kekakuan yang lebih tinggi pada kolom dan berakibat penggunaan profil balok yang lebih efektif (kecil) yaitu WF 298x201x14x9 dibandingkan dengan besar profil balok metode ASD yaitu WF 400x200x13x22. Reaksi perletakan struktur gaya aksial menggunakan metode LRFD lebih efektif sebesar 5% dari total rata-rata gaya aksial ASD dan LRFD. Namun metode LRFD membutuhkan kolom dengan tegangan efektif momen yang lebih besar dibanding metode ASD.

Keyword: struktur komposit, LRFD, tegangan efektif dan kekakuan

PENDAHULUAN

Sebagai salah satu perguruan tinggi swasta di Bali, Universitas Pendidikan Nasional Denpasar semakin berkembang dari hari kehari. Mulai dari sumber daya manusianya yaitu dosen pengajar, mahasiswa, dan karyawan, hingga perbaikan lingkungan di sekitar lingkungan Universitas. Salah satu upaya untuk menunjang proses belajar mengajar yang efektif yaitu dengan melakukan pembangunan gedung C Universitas Pendidikan Nasional.

Dalam pembangunan gedung, perlu direncanakan agar elemen-elemen bangunan mampu menahan beban yang direncanakan serta kokoh. Salah satu material bangunan yang mampu menahan beban serta kokoh adalah baja. Penggunaan baja sebagai material struktur bangunan di Indonesia masih belum meluas seperti di negara-negara lain, khususnya di kota Denpasar. Perencanaan struktur baja umumnya masih menggunakan struktur baja konvensional sedangkan pada perencanaan ini digunakan struktur baja komposit yang mereupakan perpaduan antara baja profil dengan beton.

Perpaduan antara baja profil dengan beton yang digabung bersama untuk memikul beban tekan dan

lentur disebut struktur komposit. Keistimewaan yang nyata dari sistem komposit (Charles G.Salmon, 1991) adalah :

1. Penghematan berat baja
2. Penampang balok baja yang digunakan lebih kecil
3. Kekakuan lantai meningkat
4. Kapasitas menahan beban lebih besar
5. Panjang bentang untuk batang tertentu dapat lebih besar

Dalam tugas akhir ini studi kasus penelitian dilakukan pada gedung C Universitas Pendidikan Nasional yang terletak di Jalan Bedugul No. 39 Sidakarya, Denpasar - Bali. Gedung tersebut direncanakan sebagai gedung 5 lantai untuk proses belajar mengajar serta dilengkapi basement menggunakan struktur komposit yang efisien berdasarkan SNI Baja SNI 03-1729-2002.

TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari perencanaan ini yaitu :

1. Mengetahui pengaruh penggunaan metode LRFD dan metode ASD yang digunakan untuk perencanaan lapangan gedung C terhadap perilaku statika struktur.

- Untuk mengevaluasi perencanaan struktur kolom komposit menggunakan metode LRFD pada gedung C Universitas Pendidikan Nasional.

BATASAN MASALAH

Agar penelitian dapat lebih terarah, batasan penelitian adalah sebagai berikut :

- Analisis struktur dengan bantuan SAP 2000
- Gedung yang dimodelkan adalah gedung C Universitas Pendidikan Nasional Denpasar yang terdiri dari 5 lantai.
- Analisis pembebanan meliputi beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa dan kombinasi beban-beban tersebut.
- Struktur yang ditinjau adalah struktur kolom komposit
- Tidak meninjau analisa biaya, manajemen konstruksi, maupun segi arsitektural
- Perhitungan tidak meninjau struktur sekunder seperti tangga.
- Baja yang digunakan untuk struktur komposit adalah profil IWF.
- Gedung terletak di Indonesia wilayah gempa 4 pada jenis tanah sedang

METODE PENELITIAN

Pemodelan Struktur

Struktur bangunan yang digunakan adalah struktur portal lima lantai. Pembebanan yang digunakan dalam penelitian ini berupa beban mati (dead load), beban hidup (live load), beban angin (wind load) dan beban gempa (earthquake). Terkait dengan pembebanan terhadap gempa, lokasi bangunan terletak di wilayah zona gempa empat. Data-data yang ada tersebut kemudian akan dianalisis lebih lanjut menggunakan bantuan program analisa struktur yaitu SAP 2000. Metode yang digunakan dalam menganalisis struktur gedung ini adalah SNI 03-1729-2002 dan menggunakan LRFD. Untuk mempermudah maka dibantu dengan bantuan program analisa struktur. Tahap-tahap yang harus dilakukan adalah :

Analisis Elastisitas Inersia Komposit

- Menghitung Lebar Efektif

$$\frac{l}{8} \leq \frac{b_o}{2}$$

- Menghitung Nilai Transformasi Beton ke Baja

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'c}$$

$$E_s = 200000$$

$$b_{tr} = \frac{bE}{n}$$

- Rasio Modular (n)

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$E_c = w^{1.5} \sqrt{f'c}$$

- Menghitung Luas Tampang Komposit

$$A_c = (b_{eff} \cdot hc) + (A_s)$$

- Letak Garis Netral (PNA)

$$xe = \frac{\frac{b_{eff}}{n} \cdot hc \cdot \frac{hc}{2} + A_s \cdot \left(\frac{hc}{2} + hc\right)}{A_s + \frac{b_{eff}}{n} \cdot hc}$$

- Jarak Dari Garis Netral Baja ke PNA (d1)

$$d_1 = \left(\frac{d}{2}\right) + (hc - xe)$$

- Inersia Komposit (I)

$$I = \frac{1}{n} \cdot \frac{b_{eff} \cdot xe^3}{3} + I_s + A_s \cdot (d_1)^2$$

- Kekakuan Komposit Efektif (EI)

$$\bar{I}_{beton} = \frac{1}{12} b \cdot h^3$$

$$I_{beton} = \bar{I}_{beton} + A_c \cdot xe^2$$

$$I_{baja} = \bar{I}_{baja} + A_s \cdot d_1^2$$

$$EI = E_{baja} \cdot I_{baja} + E_{beton} \cdot I_{beton}$$

Dengan :

l	= Bentang kolom (m)
b_{eff}	= Lebar efektif (m)
b_o	= Jarak antar balok (m)
b_{tr}	= Lebar baja ekuivalen (m)
E_c	= Modulus elastisitas beton, (Mpa)
E_s	= Modulus elastisitas baja, (Mpa)
w	= Berat jenis beton, (kg/m ³)
$f'c$	= Mutu beton, (Mpa)
n	= Rasio modulus
xe	= Letak garis netral
d_1	= Jarak dari garis netral baja ke

PNA

d	= Tinggi profil baja
I	= Inersia komposit
EI	= Elastisitas Inersia
A_c	= Luasampang komposit (cm ²)
hc	= Tinggi slab beton (cm)
A_s	= Luas baja profil (cm ²)
I_s	= Inersia baja (cm ⁴)

Kuat Rencana Kolom Komposit

Tata cara perhitungan kuat rencana kolom komposit diatur dalam SNI 03-1729-2002 Pasal 12.3.2. Dalam pasal ini dinyatakan bahwa kuat rencana kolom komposit adalah :

- Periksa terhadap syarat luas minum profil baja :

$$\frac{A_s}{A_c} > 4\%$$

- Periksa syarat jarak sengkang / pengikat lateral :

$$t_s = \frac{2}{3} \times b$$

3. Luas tulangan longitudinal

$$A_r = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 > 0,18 \times \text{jarak antar tulangan longitudinal}$$

4. Luas tulangan pengekang lateral

$$A_r = \frac{\pi}{4} \cdot \phi^2 > 0,18 \times \text{jarak antar tulangan pengekang lateral}$$

5. Menghitung tegangan leleh kolom komposit

$$f_{my} = f_y + c_1 \cdot f_{yr} \cdot \left(\frac{A_r}{A_s}\right) + c_2 \cdot f_c \cdot \left(\frac{A_c}{A_s}\right)$$

6. Menghitung modulus elastisitas kolom komposit

$$E_c = 0,041 \cdot w^{1,5} \cdot \sqrt{f_c}$$

$$E_m = E + c_3 \cdot E_c \cdot \left(\frac{A_c}{A_s}\right)$$

7. Menghitung kelangsingan

$$\lambda_c = \frac{k_c \cdot L}{r_m \cdot \pi} \sqrt{\frac{f_{my}}{E_m}}$$

8. Menghitung ω dan f_{cr}

Nilai dari ω ditentukan sebagai berikut :

$$\lambda_c \leq 0,25 \quad \text{maka} \quad \omega = 1$$

$$0,25 < \lambda_c < 1,2 \quad \text{maka} \quad \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c}$$

$$\lambda_c \geq 1,2 \quad \text{maka} \quad \omega = 1,25 \lambda_c^2$$

9. Menghitung kekuatan rencana kolom komposit

$$N_u = \phi_c \cdot N_n$$

Dengan :

$$\phi_c = 0,85$$

$$N_n = A_s \cdot f_{cr} = \frac{f_{my}}{\omega}$$

Dengan :

A_s = luas penampang beton (mm²)

A_r = luas penampang tulangan longitudinal (mm²)

E = modulus elastis baja (MPa)

b = lebar profil baja (mm)

E_c = modulus elastisitas beton (MPa)

E_m = modulus elastisitas untuk perhitungan kolom komposit (MPa)

f_{cr} = tegangan tekan kritis (MPa)

f_{ym} = tegangan leleh untuk perhitungan kolom komposit (MPa)

f_y = tegangan leleh profil baja (MPa)

f_c = kuat tekan karakteristik beton (MPa)

k_c = faktor panjang efektif kolom

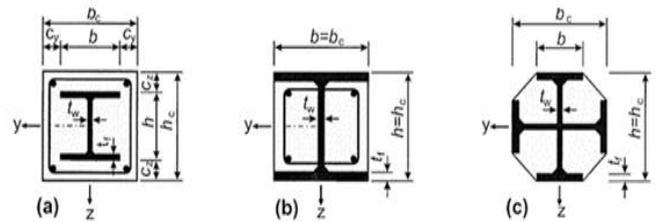
N_n = kuat aksial nominal (N)

r_m = jari-jari girasi kolom komposit (mm)

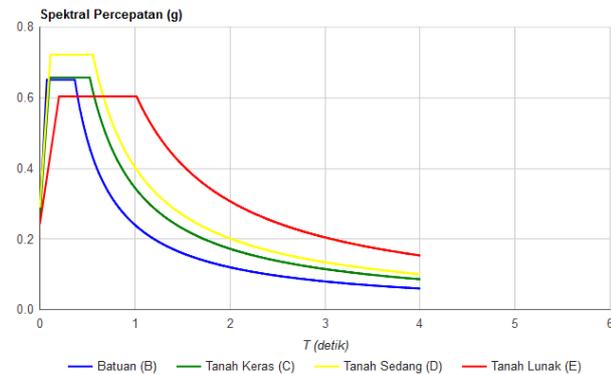
λ_c = parameter kelangsingan

ϕ_c = faktor reduksi beban aksial tekan

ω = faktor tekuk



Gambar 1. Notasi Penampang Kolom Komposit (Sarmento, D.S., 2016)



Pada persamaan di atas, c_1 , c_2 , dan c_3 adalah koefisien yang besarnya:

1. Untuk pipa baja yang diisi beton:

$$c_1 = 1,0, c_2 = 0,85, \text{ dan } c_3 = 0,4$$

2. Untuk profil baja yang diberi selubung beton:

$$c_1 = 0,7, c_2 = 0,6, \text{ dan } c_3 = 0,2$$

Jari-jari girasi kolom komposit diambil lebih besar daripada jari-jari girasi profil baja dan kolom beton. Pendekatan yang konservatif adalah dengan menggunakan jari-jari girasi yang terbesar antara profil baja dan kolom beton, yang dapat diambil sebesar 0,3 kali dimensi dalam bidang tekuk.

$$r_m = r > 0,3 \cdot b$$

Dengan :

r = jari-jari girasi profil baja dalam bidang tekuk

b = dimensi terluar kolom beton dalam bidang tekuk

kuat rencana maksimum yang dipikul oleh beton harus diambil sebesar :

$$1,7 \cdot \phi_c \cdot f_c \cdot A_b$$

Dengan :

ϕ_c = faktor reduksi beban aksial tekan sebesar 0,6

A_b = luas daerah pembebanan

PEMBAHASAN

Pembebanan Struktur

Beban – beban yang bekerja pada struktur bangunan ini adalah beban mati tambahan dari atap, berat sendiri struktur, beban hidup, beban angin pada portal, beban tanah, dan beban gempa, yang akan dikombinasikan sesuai dengan kriteria desain.

Kriteria Desain

Standar desain yang digunakan dalam perencanaan struktur Gedung C Universitas Pendidikan Nasional ini yaitu Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012), dan Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2002. Perencanaan ini akan digunakan mutu beton 20 MPa, mutu tulangan 400 MPa untuk ulir dan 240 MPa untuk tulangan polos.

Beban Lateral Seismik

Beban Seismik dihitung berdasarkan peraturan beban gempa SNI 1726-2012 dan Peta Zona Gempa Indonesia untuk wilayah Denpasar. Data gempa tersebut didapat dari Puskim.pu.go.id dengan Faktor Keutamaan 1 dan jenis tanah merupakan tanah sedang. Sedangkan untuk faktor Reduksi menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus yaitu 8.

Gambar 2. Spektral Percepatan (g)
(puskim.Pu.go.id)

Kombinasi Pembebanan

Pembebanan pada struktur ini meliputi beban hidup, beban mati, beban angin dan beban gempa. Berdasarkan SNI 03-1727-1989 untuk bangunan yang mempunyai fungsi sebagai Lantai sekolah, perkantoran, hotel, asrama, pasar, rumah sakit dimodelkan mempunyai beban hidup sebesar 250 kg/m², sedangkan untuk lantai atap adalah sebesar 150 kg/m² dan beban angin sebesar 78 kg/m². Besarnya beban mati meliputi beban penutup lantai, adukan/spesi lantai, beban plafon dan penggantung, dan beban dinding. Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam perhitungan struktur dengan metode Load Resistance Design Factor (LRFD), antara lain:

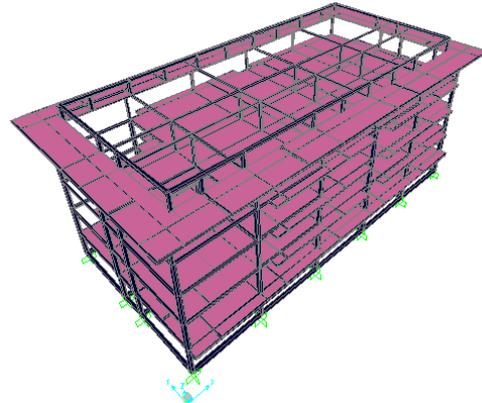
Pemodelan SAP 2000

Sistem struktur pemodelan gedung C pada SAP 2000 dengan menggunakan metode LRFD dapat dilihat pada Gambar 5.:

Gambar 3. Prespektif Bangunan Gedung C
UNDIKNAS

Hasil analisis menunjukkan bahwa metode LRFD memberikan kontribusi pada balok sehingga struktur

balok tersebut aman untuk digunakan. Sedangkan untuk kolom secara keseluruhan pada lantai basement dan lantai 1 mengalami overstressed yang mengakibatkan struktur tersebut tidak aman.



Perbedaan Struktur LRFD Dengan ASD

Dari pemodelan analisis struktur menggunakan metode LRFD didapat hasil perbandingan terhadap perhitungan analisis lapangan yang menggunakan metode ASD. Perbandingan tersebut dapat dilihat dari segi efisien struktur baik profil maupun joint reaction.

Hasil analisis perbandingan struktur profil metode LRFD dengan metode ASD menurut tabel di Lampiran C. dapat diketahui bahwa profil struktur LRFD lebih efisien daripada ASD dikarenakan kolom komposit mengalami kekakuan dan memberikan kontribusi terhadap balok sehingga profil balok menjadi lebih efisien.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan mengenai kolom komposit pada gedung C Universitas Pendidikan Nasional maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Metode LRFD memberikan kontribusi kekakuan yang lebih tinggi terhadap kolom dan berakibat penggunaan profil balok yang lebih efektif (kecil) dibanding metode ASD. Untuk profil kolom LRFD terkecil adalah H 250x250x14x9 sedangkan profil kolom ASD adalah H 200x200x12x8. Karna adanya kontribusi kekakuan kolom maka profil balok LRFD terkecil adalah 298x201x14x9 sedangkan profil balok ASD terkecil adalah 400x200x13x22.
2. Reaksi perletakan gaya vertikal metode LRFD lebih efektif dan menimbulkan momen yang jauh lebih kecil. Prosentase dari rata-rata gaya vertikal LRFD sebesar 5% sedangkan rata-rata gaya vertikal ASD lebih besar 95% dari total gaya vertikal rata-rata LRFD dan ASD

3. Metode LRFD membutuhkan kolom dengan tegangan efektif momen yang lebih besar di banding metode ASD.

Saran

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan oleh penulis, ada beberapa saran yang ingin disampaikan sebagai berikut :

1. Perlu adanya kajian perubahan kapasitas masing-masing kolom dan balok
2. Perlu dilakukan kajian analisis kolom – balok.

DAFTAR PUSTAKA

- Desain Spektra Indonesia. (2018).
http://puskim.pu.go.id/aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/. Diakses 10 Juli 2018.
- Dewobroto Wiryanto. (2014). “Struktur Komposit Dengan Metode LRFD”.
https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:P1eVIKT_vlcJ:https://ekhalmussaad.files.wordpress.com/2011/03/7-komposit.doc+&cd=5&hl=jv&ct=clnk&gl=id&client=firefox-b-ab. Diakses 26 April 2018.
- Dewobroto Wiryanto. (2017). SNI 1729 : 2015 dan Era Baru Perencanaan Struktur Baja Berbasis Komputer. Universitas Pelita Harapan
- Dewobroto Wiryanto. (2017). SNI 1729 : 2015 dan Era Baru Perencanaan Struktur Baja Berbasis Komputer. Universitas Pendidikan Nasional Denpasar
- G. Salmon, Charles & E.Johnson, John. (1991). Struktur Baja Desain Dan Perilaku Jilid 1 Edisi Kedua. Diterjemahkan oleh : Ir. Wira M.S.CE. Penerbit Erlangga
- Mulifandi AW, Hidayat TM, Setyowulan D. (2017). Perencanaan Alternatif Struktur Komposit Gedung Volendam Holland Park Condotel Di Kota Batu. Universitas Brawijaya.
- Pratsiwi AD, Wibowo Ari, Narto Ming. (2017). Perencanaan Alternatif Bangunan Komposit Gedung B Program Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (Tahap 1) Universitas Brawijaya Berdasarkan SNI 1729-2015. Universitas Brawijaya.
- Pujianto, A. (2011). “Direct Analysis Method (AISC 2010), Apa dan Mengapa Kita Perlu Mempelajarinya”.
https://www.researchgate.net/publication/281616286_Direct_Analysis_Method_AISC_2010_apa_dan_mengapa_kita_perlu_mempelajarinya. Diakses 8 Maret 2018.
- Sarmiento, D.S. (2016). Perencanaan Hotel Holiday Inn Express Tuban-Bali Dengan Menggunakan Baja Komposit. Universitas Warmadewa.
- Schodek,DL. (1999). “Structures”.
<https://archive.org/details/structures00scho>. Diakses 18 Juli 2018.

- Setiawan, A. (2008). Perencanaan Strukur Baja Dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002). Penerbit Erlangga
- SNI 03-1729-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Perhitungan Struktur Komposit.
- SNI 1726-2015 tentang Struktur Bangunan Gempa.
- SNI 1729-2015 tentang Tata Cara Pembebanan.