

Perbandingan Perencanaan Struktur Beton Bertulang dan Struktur Baja Komposit pada Daerah Rawan Gempa

Rahmat Ahkar¹, Febrisaldi Rais², Abd. Karim Hadi³, Arsyad Fadhil⁴, Zaifuddin⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo Km 05 Panaikang, Kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231
Email: ¹ahkarrahmat@gmail.com; ²raisfebrisaldi@gmail.com; ³abdkarim.hadi@umi.ac.id;
⁴arsyad.fadhil@umi.ac.id; ⁵zaifuddin.zaifuddin@umi.ac.id

ABSTRAK

Kekuatan dalam sistem struktur adalah bagian terpenting dalam bangunan. Salah satu penyebab kerusakan dan kehancuran struktur bangunan adalah terjadinya gempa bumi dengan kekuatan tertentu yang tidak diperhitungkan sebelumnya oleh perencana. Dalam perencanaan struktur bahan konstruksi merupakan komponen utama dalam membangun suatu struktur sehingga dapat terpenuhinya rancangan struktur yang sesuai. Sehingga tujuan dari penulisan ini untuk mengetahui pentingnya evaluasi faktor gempa terhadap perencanaan struktur gedung di Indonesia serta mengetahui kelebihan dan kekurangan dengan menggunakan struktur beton bertulang dan struktur komposit pada perencanaan bangunan dan juga mengetahui besar output gaya dalam dari masing-masing permodelan. Dalam perbandingan analisa permodelan ini menggunakan aplikasi ETABS dan data yang digunakan yaitu data gempa daerah Palu yang masuk didalam zona gempa 4 serta data-data pendukung lainnya dari Standar Nasional Indonesia. Metode yang digunakan dalam analisa ini yaitu analisa dimensi struktur, analisa gempa terhadap perencanaan struktur, output gaya-gaya dalam yang bekerja pada penampang struktur, analisa penulangan dan analisa beban yang dipikul oleh pondasi. Menurut hasil analisa yang dilakukan diketahui bahwa bahwa gaya aksial terbesar pada struktur beton bertulang terletak pada titik join yaitu sebesar 467,4 Ton sedangkan pada struktur Baja Komposit terletak pada titik join yaitu sebesar 190,8 Ton.

Kata kunci: beton bertulang, beton komposit, gaya dalam, gempa.

ABSTRACT

Strength in a structural system is the most important part of a building. One of the causes of damage and destruction of building structures is the occurrence of earthquakes with certain strengths that were not taken into account previously by planners. In structural planning construction materials are the main components in building a structure so that the appropriate structural design can be fulfilled. So, the purpose of this paper is to determine the importance of earthquake factor evaluation on building structure planning in Indonesia and to know the advantages and disadvantages of using reinforced concrete structures and composite structures in building planning and also to know the internal force output of each model. In this comparison of modeling analysis using ETABS applications and the data used are data from the Palu area earthquake that entered in the earthquake zone 4 and other supporting data from the Indonesian National Standard. The method used in this analysis is structural dimensions analysis, earthquake analysis of structural planning, output of internal forces acting on structural cross sections, reinforcement analysis and load analysis carried by the foundation. According to the results of the analysis carried out it is known that the largest axial force in reinforced concrete structures is located at the join point which is equal to 467.4 tons while the Composite Steel Structure is located at the join point which is equal to 190.8 Tons.

Keywords: reinforced concrete, composite concrete, inner style, earthquake.

1. Pendahuluan

Kekuatan dalam sistem struktur adalah bagian terpenting dalam bangunan. Salah satu penyebab kerusakan dan kehancuran struktur bangunan adalah terjadinya gempa bumi dengan kekuatan tertentu yang tidak diperhitungkan sebelumnya oleh perencana. Gempa menjadi faktor yang sangat penting dalam evaluasi struktur gedung di Indonesia, karena posisi geologis yang terletak pada pertemuan empat lempeng utama dunia, yakni lempeng Benua Asia, lempeng Benua Australia, lempeng Samudra Hindia, dan lempeng Samudra Pasifik. Selain itu kehadiran sesar-sesar aktif (pergeseran blok atau busur batuan penyusun kulit bumi) juga berperan memicu terjadinya gempa bumi.

Bahan konstruksi merupakan komponen utama dalam membangun suatu struktur sehingga dapat terpenuhinya rancangan struktur yang sesuai. Pemilihan bahan konstruksi juga diperlukan untuk mendapatkan struktur yang kuat dan efisien. Material konstruksi beton bertulang adalah suatu kombinasi antara beton yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi dan besi tulangan yang menyediakan kuat tarik yang tidak dimiliki oleh beton.

2. Metode Penelitian

Adapun metode yang digunakan dalam tinjauan perencanaan superstruktur Gedung Hotel. Analisis gedung ini menggunakan program *Etabs*. Sebelum analisis dilakukan, perlu disiapkan literatur perencanaan baik berasal dari Standar Nasional Indonesia maupun literatur lain yang menjadi acuan perencanaan.

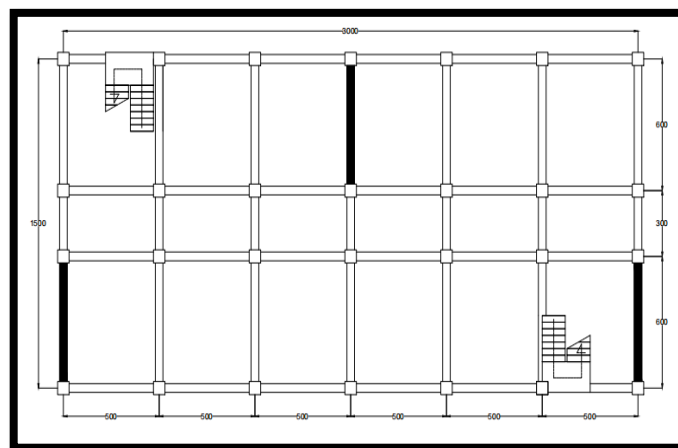
2.1 Data dan Lokasi Perencanaan

Data Bangunan

- | | |
|------------------|---------------------------------------|
| a. Fungsi | : Hotel |
| b. Zona Gempa | : Wilayah gempa 4 |
| c. Jumlah Lantai | : 7 Lantai |
| d. Tinggi Gedung | : 21,5 m |
| e. Luas Bangunan | : 450 m ² |
| f. Mutu Bahan | : |
| | Mutu Beton (f'_c) : 30 Mpa, |
| | Mutu baja tulangan (f_y): 400 MPa |
| g. Bahan | : Baja |
| | profil = H Beam, WF |
| h. Data Tanah | : Tanah Lunak |

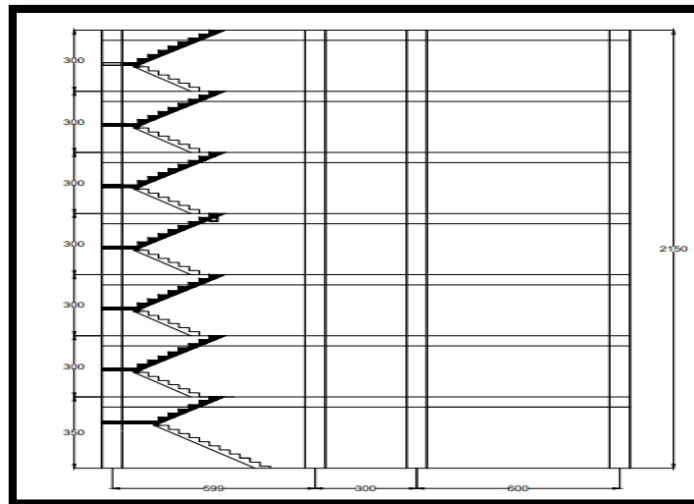
2.2 Denah Struktur

Adapun denah struktur yang direncanakan seperti berikut:



Gambar 1 Denah perencanaan struktur

Pada **Gambar 1** denah perencanaan struktur memiliki panjang arah x sebesar 30 m dan arah y sebesar 15 m.



Gambar 2 Potongan denah struktur

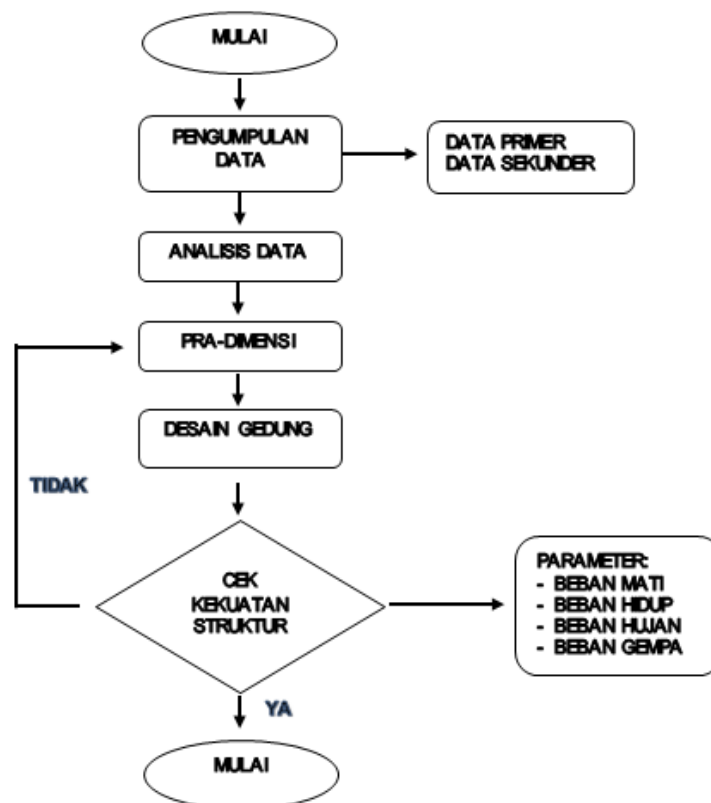
2.3 Tahap Analisis Gedung

Analisis gedung ini menggunakan program *Etabs*. Sebelum analisis dilakukan, perlu disiapkan literatur perencanaan baik berasal dari Standar Nasional Indonesia maupun literatur lain yang menjadi acuan perencanaan. Tahap

analisis ini bertujuan untuk menganalisa gaya-gaya luar yang bekerja dan deformasi yang terjadi pada gedung ini.

2.4 Flowchart Perencanaan Gedung

Langkah-langkah perencanaan gedung ini ditunjukkan dalam diagram alir berikut:

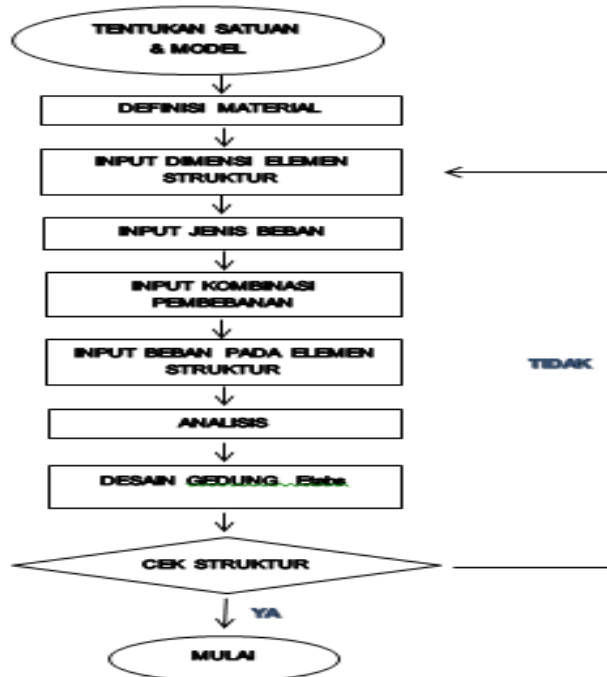


Gambar 3 Diagram alir perencanaan gedung

2.5 Flowchart Penggunaan Etabs

Perbandingan Perencanaan Struktur Beton Bertulang Dan Struktur Baja Komposit Pada Daerah Rawan Gempa

Langkah-langkah penggunaan *Etabs* ini ditunjukkan dalam diagram alir berikut:

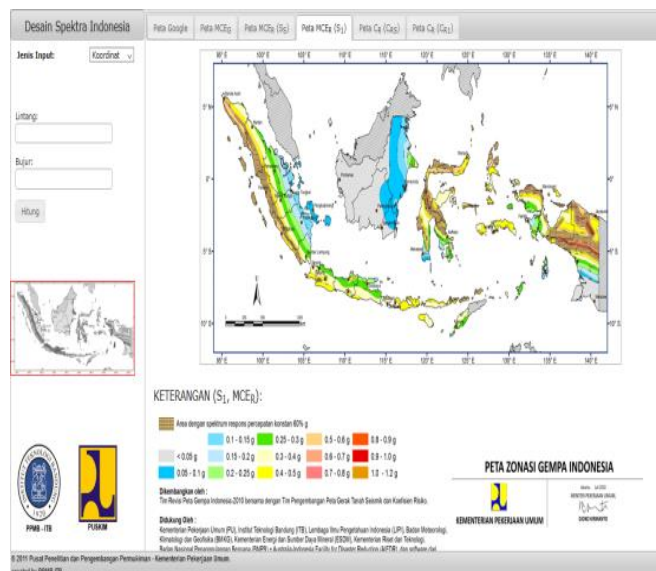


Gambar 4 Diagram alir penggunaan etabs

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Penentuan parameter Percepatan Gempa Batuan Dasar

Menentukan periode pendek 0,2 detik (S_s) dan periode 1 detik (S_1) dengan peta gempa.



Gambar 5 Tampilan peta gempa

Untuk melihat Parameter Percepatan Gempa Batuan Dasar Area Palu, pilih jenis input dengan nama kota, pada kolom nama kota ketik Palu, dan klik hitung. Ataupun dengan jenis input kordinat, pada kolom lintang dan bujur

masukkan koordinat (-0.8679099, 119.9046594).

3.2 Struktur Beton

3.2.1 Analisa Momen

Momen Positif

$$M^+ = M^+ \text{ lapangan} = 13576000 \text{ N.mm}$$

Momen Negatif

$$M = M_{\text{Tumpuan}} = 17685000 \text{ N.mm}$$

% yang dipikul jalur kolom

$$\alpha \frac{L_2}{L_1} = \frac{5}{3} = 1,667$$

Tabel 1 Distribusi jalur kolom dan jalur tengah

Momen	Momen positif (Momen dalam)	Momen negatif (Momen luar)
Mu (Nmm)	13576000	17685000
M Jalur kolom	55%	55%
Faktor distribusi	0,55 x 13576000 =7466800	0,75 x 17685000 =9726750
M. jalur tengah	45%	45%
Faktor distribusi	0,45x 13576000 =6109200	0,25x 17685000 =7958250

3.2.2 Analisis Penulangan

Perhitungan Tulangan Tumpuan Jalur Kolom

Data:

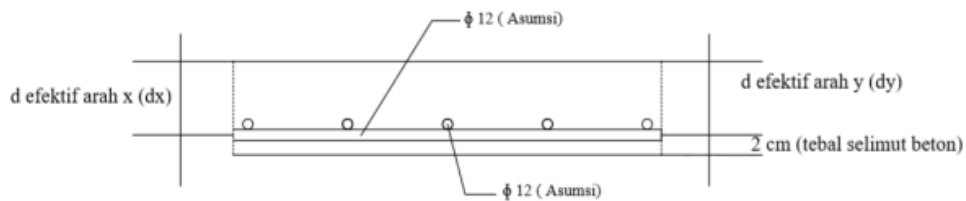
$$Mu = 9726750 \text{ Nmm}$$

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$b = 2 \left(\frac{1}{4} \cdot 300 \right) = 150 \text{ cm} = 1500 \text{ mm}$$

$$d = 640 \text{ mm}$$



Gambar 6 Penampang pelat lantai

$$d = h - t_s = 140 - 2 = 120 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 75\% \rho_b$$

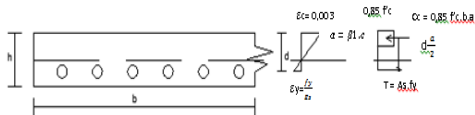
$$\begin{aligned} \rho_b &= \beta_1 \left(\frac{0,85 f'_c}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \left(\frac{0,85 \times 30}{400} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0325 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 75\% \times 0,0325 = 0,0244$$

$$C_b = \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) d = 72 \text{ mm}$$

$$a_b = \beta_1 \times c_b = 0,85 \times 72 = 61,2 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 75\% a_b = 45,9$$



$$\begin{aligned} M_n \text{ ada} &= C_c \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,85 f'_c \cdot b \cdot a_{\max} \left(d - \frac{a_{\max}}{2} \right) \\ &= 170388258,8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ perlu} &= \frac{Mu}{\phi} = \frac{9726750}{0,9} \\ &= 108075500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$M_n \text{ Ada} \geq M_n \text{ maka perlu memakai Tulangan Tunggol}$

Sehingga:

$$m = \frac{F_y}{0,85 f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = 0,5003 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{F_y}} \right) = 0,0013$$

Syarat: $\rho < \rho_{\min}$

$0,0013 < 0,0035$ di gunakan $\rho_{\min}$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \cdot 120 = 420 \text{ mm}^2$$

Menggunakan tulangan:

$$D12 - 250 = 452,5 \text{ mm}^2 \geq 420 \text{ mm}^2$$

Perbandingan Perencanaan Struktur Beton Bertulang Dan Struktur Baja Komposit Pada Daerah Rawan Gempa

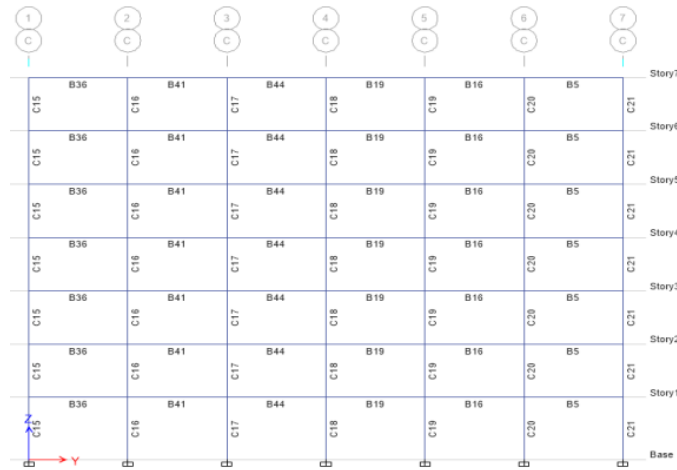
Tabel 2. Rekapitulasi penulangan

Sub	Ø (mm)
Arah longitudinal	
Perhitungan tulangan tumpuan jalur kolom	D12-250
Perhitungan tulangan lapangan jalur kolom	D12-250
Perhitungan tulangan tumpuan jalur tengah	D12-250
Perhitungan tulangan lapangan jalur tengah	D12-250
Arah transversal	
Perhitungan tulangan tumpuan jalur tengah	D12-250
Perhitungan tulangan lapangan jalur tengah	D12-250

3.2 Struktur Komposit

Kolom Lantai 1 C18

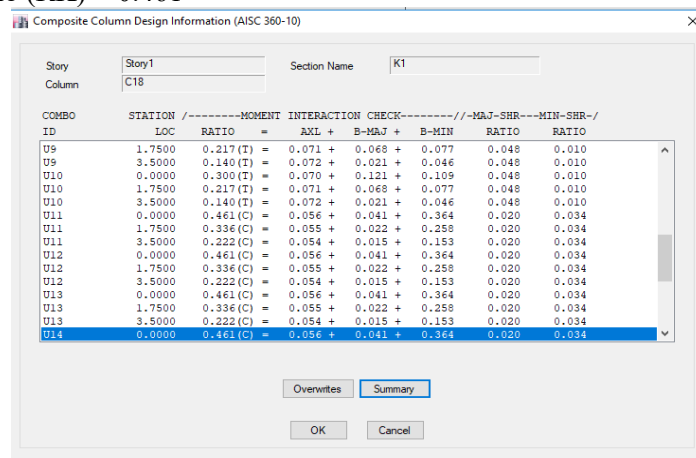
3.2.1 Perhitungan Kolom Komposit



Gambar 7 Letak kolom C18

Hasil Etabs

Kapasitas Rasio (RK) = 0.461



Gambar 8 Composite coloum Design Information

Hitung manual

H-Beam 300.300.15.19

$$B_j 37 = 240 \text{ Mpa}$$

Perhitungan

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{103680,2}{9201009,6} = 0,0112 < 0,2$$

Karena $\frac{P_u}{\phi P_n}$ kurang dari maka di gunakan rumus

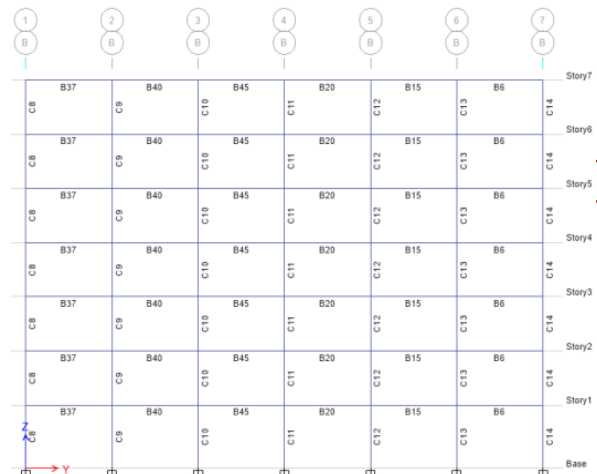
$$\frac{P_u}{2\phi P_n} = \left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) < 1.0$$

$$\frac{103680,2}{2(9201009,6)} = \left(\frac{33172300}{813677500} + \frac{278701200}{766605900} \right) < 1$$

$$= 0.45072 < 1.0$$

3.3.2 Perhitungan Balok komposit

Balok Komposit Lantai 4 B6



Gambar 9 Letak balok B6

Balok Wide Flange
IWF 300.150.6,5.9



Gambar 10 Profil Baja IWF 300.150.6,5.9

Data-data Desain:

Profil Baja IWF 300.150.6,5.9

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$q_u = 75,729 \text{ kN/m (Hasil Etabs)}$$

$$M_u = \frac{1}{8} q_u \cdot L^2 = 340,78 \text{ kN.m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi_b} = \frac{340,78}{0,90} = 378,645 \text{ kN.m}$$

$$Z_x = b \cdot t_f (d - t_f) + \frac{1}{4} t_w (d - 2t_f)^2$$

$$Z_y = \frac{1}{2} b^2 \cdot t_f + \frac{1}{4} t_w^2 (d - 2t_f)$$

$$h = d - 2(r_0 + t_f)$$

$$\lambda_f = \frac{b}{2t_f} = \frac{150}{2 \times 9} = 18,75 > \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \lambda_p =$$

$$\frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97 \text{ (dinyatakan tidak kompak)}$$

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{300 - 2(13 + 9)}{6,5} = 39,385 < \lambda_p =$$

$$\frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,443 \text{ (dinyatakan kompak)}$$

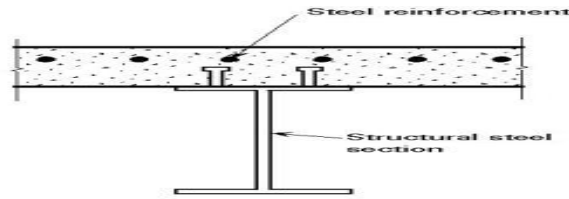
Penampang dinyatakan tidak kompak

$$Z_x = b \cdot t_f (d - t_f) + \frac{1}{4} t_w (d - 2t_f)^2$$

$$Z_x = 522.076,5 \text{ mm}^3$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$= 125298360 \text{ N.mm} = 125,298 \text{ kN.mm}$$



Gambar 13 Shear connector

Kekuatan geser nominal shear connector stud (1 stud)

SNI 1729-2015 Pasal 2a Hal 104

$$Q_{nc} = 0,5 \times A_{sc} \times \sqrt{f_c' \times E_c}$$

$$= 0,5 \times 283,643 \times \sqrt{30 \times 25742,96}$$

$$= 124632,6 \text{ N}$$

$$Q_{ns} = R_g \cdot R_p \cdot A_{sc} \cdot F_u$$

$$R_g = 1,0 \text{ (SNI 1729-2015 Pasal 2a Hal 104)}$$

$$R_p = 0,75 \text{ (SNI 1729-2015 Pasal 2a Hal 104)}$$

$$Q_{ns} = 85092,86 \text{ N}$$

Maka, $Q_{nc} \leq Q_{ns}$

$$124632,6 \text{ N} \leq 85092,86 \text{ N}$$

Nilai kuat nominal beton harus lebih kecil dari kuat nominal baja sehingga plat mempunyai sifat duktail dan mengetahui tingkat kekompositan material.

a. Gaya Geser Horizontal

SNI 1729-2015 Pasal 2d Hal 97

a) Kehancuran Beton

$$V' = 0,85 \times f_c' \times A_c$$

$$A_c = t_b \times b_{\text{efektif}}$$

$$b_{\text{efektif}} = L/8 \text{ (SNI 1729-2015 Pasal 1a Hal 94)}$$

$$= 5000/8 = 625 \text{ mm}$$

$$A_c = t_b \times b_{\text{efektif}}$$

$$= 85 \times 625$$

$$= 53125 \text{ mm}^2$$

$$V'_1 = 0,85 \times f_c' \times A_c$$

$$= 0,85 \times 30 \times 53125$$

$$= 1354687,5 \text{ N}$$

b) Leleh tarik dari penampang baja

$$V'_2 = f_y \times A_g$$

$$= 240 \times 4678$$

$$= 1122720 \text{ N}$$

Menurut SNI 1729-2015 Pasal 2d Hal 97 digunakan nilai terkecil karena jika salah satu material rusak maka sudah tidak bersifat komposit

$$V'_1 > V'_2$$

Sehingga digunakan $V'_2 = 1122720 \text{ N}$

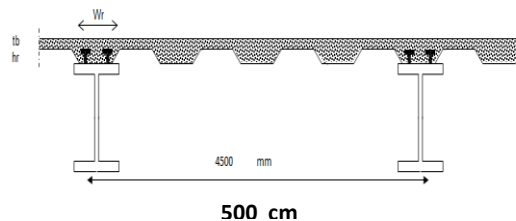
Menentukan Banyaknya Stud (N)

$$N = \frac{V'_2}{Q_n} = \frac{1122720}{85092,86} = 13,194$$

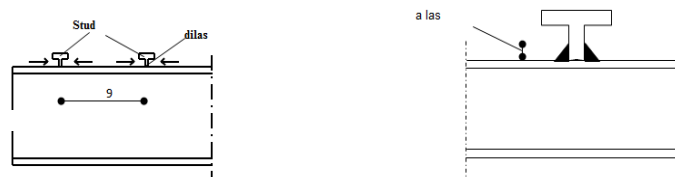
Jadi, jumlah *shear connector* = 2 x N

$$= 2 \times 13,194 = 22,388 \approx 26 \text{ buah dengan}$$

$$\text{jarak bentang menerus} = L / (n/2) = 500 \text{ cm} / (26 \text{ buah} / 2) = 38,461 \text{ cm} \approx 38,5 \text{ cm}$$



Gambar 14 Perletakan stud connector



Gambar 15 Detail pemasangan Stud Connector

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Setelah melakukan perbandingan perencanaan struktur gedung bertulang dengan struktur komposit, maka penulis dapat memberikan kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Ada beberapa keuntungan penggunaan beton bertulang antara lain: memiliki kuat tekan yang relatif tinggi, ketahanan yang tinggi terhadap air dan api, kokoh, tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi, memiliki usia layan yang sangat panjang, dapat dicetak dengan beragam bentuk, terdiri dari bahan-bahan lokal yang murah dan mudah didapat. Kelebihan dasar yang dihasilkan dari desain struktur baja komposit antara lain: penghematan berat baja, kapasitas pemikul beban meningkat, panjang bentang untuk batang tertentu dapat lebih besar. Dengan menggunakan sistem baja komposit penuh dapat mereduksi kebutuhan dari berat baja sekitar 20-30%. Dengan adanya reduksi dari berat baja secara otomatis kebutuhan dari tinggi profil baja yang dibutuhkan juga akan berkurang.
- 2) Diketahui bahwa gaya aksial terbesar pada struktur beton bertulang terletak pada titik join yaitu sebesar 467,4 Ton sedangkan pada struktur baja komposit terletak pada titik join yaitu sebesar 190,8 Ton
- 3) Berdasarkan hasil output gaya – gaya dalam maksimal dan minimal pada kolom dari masing – masing Permodelan yang ditinjau dengan program *Etabs*, gaya aksial (P) terbesar yang terjadi di lantai 1 berada pada kolom C25 adalah sebesar 4063,742 kN. Begitupun dengan nilai hasil output gaya – gaya dalam maksimal dan minimal pada balok yang ditinjau pada tiap permodelan yang diperoleh dapat dilihat pada T. Misalnya Momen M3 terbesar yang terjadi di lantai 3 Balok Induk B2 berada pada balok B43 adalah 209,599 kN.

4.2 Saran

- 1) Ketelitian dalam penginputan dan pengolahan data dalam perhitungan struktur sangat diperlukan agar output yang diperoleh sesuai dengan keadaan sebenarnya.
- 2) Untuk memperoleh hasil yang baik dan akurat dalam desain struktur sebaiknya perencana menggunakan alat bantu program komputer.

Daftar Pustaka

- SNI. 2013. *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*. No. 2847:2013. Standar Nasional Indonesia
- SNI. 2015. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. No. 1729-2015. Standar Nasional Indonesia
- SNI. 2013. *Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. No. 1727-2013 tandar Nasional Indonesia.
- Oentoeng, I. (2004). *Konstruksi Baja*, 2nd ed. Yogyakarta: Andi
- Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. (2017). 1st ed. Bandung: Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman