

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR KOMPOSIT PADA RUMAH SAKIT MUHAMMADIYAH GRESIK

Shalihuddin wahid¹⁾, Warsito²⁾, Bambang Suprpto³⁾

¹⁾Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Islam Malang, email: shalihuddinwahid@gmail.com

²⁾Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Islam Malang, email: warsito@unisma.ac.id

³⁾Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Islam Malang, email: bambang.suprpto@unisma.ac.id

ABSTRAK

Material baja telah banyak digunakan di Indonesia baik dalam bidang industri maupun infrastruktur, penggunaan material baja sebagai salah satu pilihan infrastruktur karena banyaknya kelebihan yang dimiliki dan mudah di dapati dengan variasi bentuk yang beragam sesuai kebutuhan dan kekuatannya yang besar. Rumah sakit Muhammadiyah Gresik terletak di kabupaten Gresik memiliki 4 lantai + *rooftop* dan atap direncanakan menggunakan beton bertulang. Beton komposit adalah gabungan dari dua material atau lebih yang disatukan sedemikian untuk memperoleh penampang yang lebih baik. Keunggulan balok komposit yaitu mampu mereduksi lendutan kisaran 20% sampai 30% selain memiliki lendutan yang kecil pada penampang beton komposit juga mampu memikul beban lebih besar dari pada beton non-komposit dengan ukuran yang sama hingga 33% sampai 50%. Pada pemodelan struktur dibantu menggunakan *software* Etabs v18 dan standar yang dipakai menggunakan SNI 1726-2019 dan desain balok dan kolom komposit menggunakan SNI 1729-2020. Balok induk direncanakan menggunakan baja profil WF 400.300.10.16 dan kolom direncanakan menggunakan baja CFT 500.500.25. Hasil dari perencanaan ini menunjukkan lendutan yang terjadi pada balok dengan bentang terpanjang 8m sebesar 0,37 cm dan bentang terpendek 2,5m sebesar 0,65 cm.

Kata kunci: Baja, Rumah sakit Muhammadiyah Gresik, beton komposit.

ABSTRACT

Steel is widely used in Indonesia, both in the industrial and infrastructure sectors. The use of steel material as an infrastructure choice is due to the many advantages it has and is easy to find with a variety of shapes according to needs and its great strength. The Muhammadiyah Gresik Hospital is located in the Gresik district and has 4 floors + rooftop and the roof is planned to use reinforced concrete. Composite concrete is a combination of two or more materials combined in such a way as to obtain a better cross-section. The advantage of composite beams is that they can reduce deflections in the range of 20% to 30%. Apart from having small deflections in the composite concrete cross-section, they can also carry a greater load than non-composite concrete of the same size, up to 33% to 50%. The structural modeling was assisted using Etabs v18 software and the standards used SNI 1726-2019 and the design of composite beams and columns used SNI 1729-2019. The main beam is planned to use WF 400.300.10.16 profile steel and the columns are intended to use CFT 500.500.22 steel. The results of this planning show that the deflection that occurs in the beam with the longest span of 8m is 0.8 cm and the shortest span of 2.5m is 0.65 cm.

Key word: steel, Muhammadiyah Gresik hospital, composite concrete.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Beton komposit adalah gabungan dari dua material atau lebih yang disatukan sedemikian untuk memperoleh penampang yang lebih baik. Namun asumsi beton komposit ini hanya dapat terjadi apabila kedua material dapat bekerja secara bersama-sama dan kemungkinan terjadi slip antara plat dan balok baja

dapat dicegah. Pada balok non-komposi lendutan yang terjadi pada plat cukup besar ini disebabkan oleh beban yang bekerja diatasnya hal ini terjadi karena plat memikul sendiri beban yang bekerja diatasnya sedangkan pada balok komposit plat disatukan dengan penghubung geser menjadi penampang yang homogen kemudian beban dipikul bersama sehingga lendutan yang terjadi lebih kecil daripada balok non-komposit kisaran 20% sampai 30% (Setiawan, 2008).

Identifikasi Masalah

Dari penjelasan latar belakang diatas terdapat beberapa masalah yang teridentifikasi, sebagai berikut:

1. Besarnya dimensi balok dan kolom di rumah sakit Muhammadiyah Gresik menggunakan beton bertulang mengakibatkan bangunan menjadi lebih berat.
2. Akibat berat bangunan kebutuhan dimensi pondasi menjadi lebih besar dan jumlah tiang untuk menyalurkan beban kedalam tanah menjadi lebih banyak.

Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, maka rumusan masalah dapat ditulis sebagai berikut:

1. Berapakah dimensi balok komposit dan kolom komposit yang diperlukan Gedung rumah sakit Muhammadiyah Gresik agar mampu memikul beban yang direncanakan?
2. Berapakah dimensi dan jumlah tiang pondasi yang diperlukan untuk menyalurkan beban yang bekerja kedalam tanah?

Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dan manfaat dari penulisan ini, sebagai berikut:

Tujuan

1. Merencanakan dimensi balok komposit dan kolom komposit.
2. Merencanakan dimensi poer dan tiang pondasi.

Manfaat

1. Untuk mengetahui ukuran balok induk komposit dan kolom komposit
2. Untuk mengetahui ukuran poer pondasi dan jumlah tiang pondasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

a) Balok komposit

Kuat rencana dari balok komposit biasanya didasarkan pada kondisi saat terjadi keruntuhan, namun perilaku balok komposit pada saat beban layan merupakan salah satu hal penting yang harus dipahami. Balok komposit bukan merupakan suatu balok homogen, sehingga persamaan tegangan lentur dan geser beton bertulang tidak dapat digunakan. Untuk dapat menghitung tegangan-tegangan pada suatu penampang komposit, diperlukan transformasi penampang. Umumnya penampang beton ditransformasi menjadi baja, namun mempunyai efek yang sama dengan beton.(Setiawan, 2008).

b) Kolom komposit

Kolom komposit dapat dibentuk dari pipa baja yang diisi beton polos atau dapat pula dari profil baja hasil gelas panas yang dibungkus beton dan diberi tulangan baja serta Sengkang (Setiawan, 2008).

c) Metode pelaksanaan struktur komposit

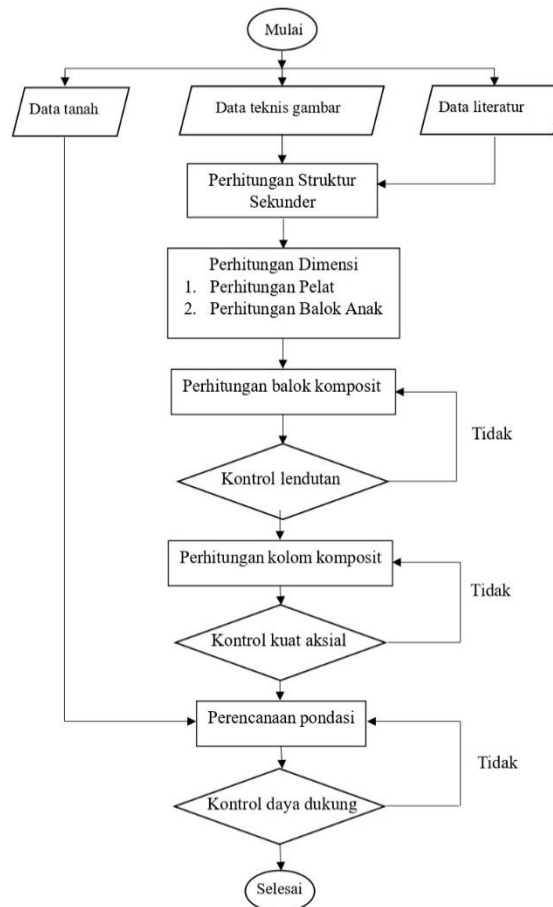
Metode pelaksanaan suatu komponen struktur komposit (khususnya komponen struktur lentur), secara umum dapat dibedakan menjadi 2 yaitu dengan (*Shored*) atau tidaknya tumpuan sementara (*Unshored*) atau sering dikenal dengan perancah. Kedua sistem pelaksanaan diatas akan mengalami kondisi pembebanan berbeda pada awalnya dan akan sama pada saat pembebanan masa layan, walaupun terdapat perbedaan cukup kecil namun pemilihan sistem perlu diperhatikan.

d) Pondasi

Fungsi pondasi adalah untuk dengan aman meneruskan reaksi terpusat dari kolom atau dinding ataupun beban-beban lateral dari dinding penahan tanah, ke tanah tanpa terjadinya penurunan tak sama (differential settlement) pada sistem strukturnya, juga tanpa terjadinya keruntuhan (G. Nawy, 1990). Pengontrolan terhadap penurunan tak seragam pada pondasi sangatlah penting untuk mengurangi resiko adanya penurunan pada salah satu atau sebagian pondasi yang dapat memberikan tegangan lebih besar pada bagian tersebut, ini akan mengakibatkan deformasi berlebihan. Selain deformasi, momen-momen tambahan yang melebihi kapasitas tahanan elemen struktur dapat mengakibatkan retak yang berlebihan karena lelehnya tulangan, dan pada akhirnya mengakibatkan terjadinya keruntuhan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penyusunan dimulai dengan desain awal material sesuai dengan SNI 2847-2019 untuk pelat lantai dan pondasi dan SNI 1729-2020 untuk balok dan kolom komposit, kemudian dilanjutkan dengan desain detail elemen struktur. Untuk dapat mengetahui kekuatan struktur dengan baik maka dilakukan Analisa sederhana menggunakan aplikasi Etabs v18 dengan mengacu pada SNI 1726-2019 dan SNI 1727-2020 untuk pembebanan, bila terjadi ketidak sesuaian dengan desain awal maka dilakukan perubahan desain pada bagian bermasalah.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a) Balok anak

Balok anak direncanakan sebagai balok komposit. Dengan ukuran profil disesuaikan dengan bentang balok.

➤ Sebelum komposit

Beban sebelum komposit

$$1,2D + 1,6L$$

$$1,2(1459) + 1,6(322,74) \text{ qf} = 2267,18 \text{ Kg/m}$$

Gaya dalam sebelum komposit

Momen yang terjadi

$$Mu = \frac{1}{8} \times qu \times L^2 = \frac{1}{8} \times 2267,18 \times 5,5^2 \\ = 8572,77 \text{ Kg.m}$$

Gaya geser yang terjadi

$$Vu = \frac{1}{2} \times qu \times L = \frac{1}{2} \times 2267,18 \times 5,5 \\ = 6234,75 \text{ Kg}$$

Letak garis netral sebelum komposit

$$y_b = \frac{A_{baja} \left(\frac{1}{2} d_{baja} \right)}{A_{baja}} = \frac{46,78 \left(\frac{1}{2} 30 \right)}{46,78} = 15 \text{ cm}$$

$$y_a = d_{baja} - y_b = 30 - 15 = 15 \text{ cm}$$

Maka modulus pada serat baja

$$S_{sa} = \frac{I_x}{y_a} = \frac{1240}{15} = 82,67 \text{ cm}^3$$

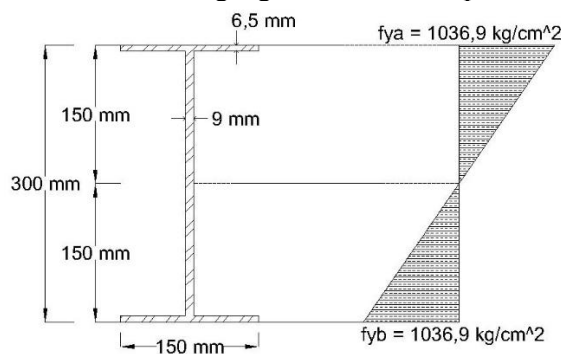
$$S_{sb} = \frac{I_x}{y_b} = \frac{1240}{15} = 82,67 \text{ cm}^3$$

Tegangan sebelum komposit

$$f_{ya} = \frac{M}{S_{yb}} = \frac{85727,7}{82,67} = 1036,99 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{yb} = \frac{M}{S_{ya}} = \frac{85727,7}{82,67} = 1036,99 \text{ Kg/cm}^2$$

Gambar. 1 Tegangan sebelum komposit



➤ Setelah komposit

Beban sebelum komposit

$$1,2D + 1,6L$$

$$1,2(1459) + 1,6(322,74) \text{ qf} = 2267,18 \text{ Kg/m}$$

Gaya dalam sebelum komposit

Momen yang terjadi

$$Mu = \frac{1}{8} \times qu \times L^2 = \frac{1}{8} \times 2267,18 \times 5,5^2 \\ = 8572,77 \text{ Kg.m}$$

Gaya geser yang terjadi

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 2267,18 \times 5,5$$

$$= 6234,75 \text{ Kg}$$

Desain penampang komposit

$$b_e = \frac{L}{8} = \frac{550}{8} = 68,75 \text{ cm}$$

$$b_e = \frac{1}{2} \times b_o = \frac{1}{2} \times 275 = 137,5 \text{ cm}$$

Lebar efektif diambil yang terkecil diantara dua persamaan diatas, maka $b_e = 68,75 \text{ cm}$

$$E_c = 4700\sqrt{f_c}$$

$$= 4700\sqrt{24,9} = 23452,95 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{24054,725} = 8,53$$

$$b_{tr} = \frac{b_e}{n} = \frac{68,75}{8,53} = 8,06 \text{ cm}$$

$$A_{tr} = b_{tr} \cdot t_s = 8,06 \times 12,5$$

$$= 100,75 \text{ cm}^2$$

Letak garis netral transformasi

$$\bar{y} = \frac{\sum A \cdot y}{\sum A}$$

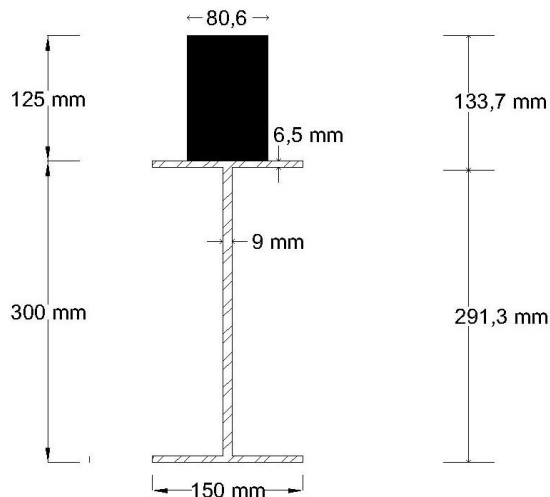
$$= \frac{(A_{tr} \cdot y_c) + (A_s \cdot y_s)}{(A_{tr} \cdot A_s)}$$

$$= \frac{(100,75 \cdot 6,25) + (46,78 \cdot 28,7)}{(100,75 + 46,78)}$$

$$= \frac{(629,69) + (1342,59)}{(147,53)}$$

$$= 13,37 \text{ cm (diukur dari atas)}$$

Gambar. 2 Letak garis netral transformasi



Modulus penampang komposit

$$S_c = \frac{I_x}{y_c} = \frac{18653,03}{13,37} = 1395,14 \text{ cm}^3$$

$$S_{ya} = \frac{I_x}{y_a} = \frac{18653,03}{0,87} = 21440,26 \text{ cm}^3$$

$$S_{yb} = \frac{I_x}{y_b} = \frac{18653,03}{29,13} = 640,34 \text{ cm}^3$$

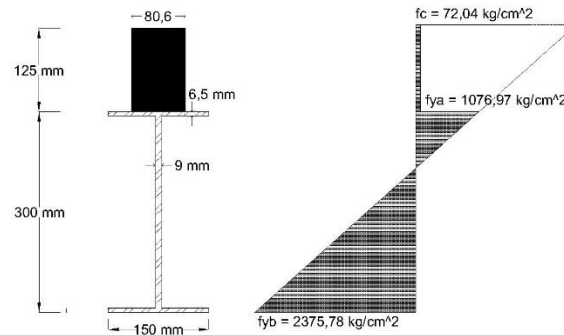
Tegangan setelah komposit

$$f_c = \frac{M}{n \times S_c} = \frac{857279}{8,53 \times 1395,14} = 72,04 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{sa} = \frac{M}{S_{ya}} = \frac{857279}{21440,26} = 39,98 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{sb} = \frac{M}{S_{yb}} = \frac{857279}{640,34} = 1338,7 \text{ Kg/cm}^2$$

Gambar. 3 Tegangan setelah komposit



➤ Momen positif penampang

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_e} = \frac{467,8 \times 240}{0,85 \times 24,9 \times 687,5} = 77,2 \text{ mm} < (t_s = 125 \text{ mm})$$

Karena tebal plat 125 mm lebih besar dari letak sumbu netral 77,2 mm maka plat beton dapat mengimbangi tarik ($A_s \cdot f_y$) yang timbul pada baja. Sehingga persamaan yang dipakai sebagai berikut:
Gaya tekan balok C

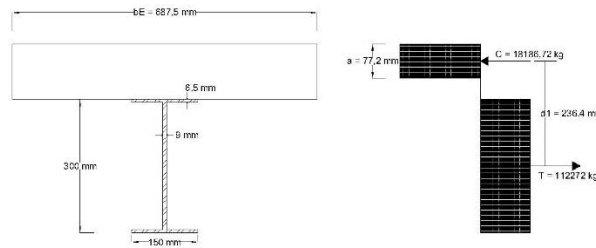
$$\begin{aligned} C &= 0,85 \cdot f'_c \cdot b_E \cdot t_s \\ &= 0,85 \times 24,9 \times 68,75 \times 125 \\ &= 181867,19 \text{ N} = 18186,72 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A_s \cdot f_y \\ &= 4678 \times 240 \\ &= 1122720 \text{ N} = 112272 \text{ kg} \end{aligned}$$

Lokasi titik berat

$$\begin{aligned} y &= \frac{d}{2} + t - \frac{a}{2} \\ &= \frac{300}{2} + 125 - \frac{77,16}{2} \\ &= 236,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gambar. 4 Momen positif balok anak



Kuat lentur nominal (M_n)

$$\begin{aligned} M_n &= C \cdot y = T \cdot y \\ &= 1122720 \times 271,14 \\ &= 304414300,8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\begin{aligned} \phi \cdot M_n &\geq M_u \\ \phi \cdot M_n &= 0,85 \cdot 304414300,8 \\ &= 258752155,68 \text{ Nmm} \\ &= 25875,22 \text{ Kg.m} \end{aligned}$$

25875,22 Kg.m > 8572,79 Kg.m OK

➤ Momen negative

$$\begin{aligned} d &= \frac{T_s}{b_f \times f_y} = \frac{218522,24}{150 \times 240} \\ &= 6,07 \text{ mm} < t_f (=9 \text{ mm}) \\ \bar{y} &= \frac{\sum A \cdot y}{\sum A} = \frac{837,81}{28,57} = 29,32 \text{ cm} = 293,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Hitung momen terhadap garis kerja C_s :

$$\begin{aligned} T_{sr}: M_{n1} &= T_{sr} (d - \bar{y} + t - 50) \\ &= 685675,52 (300 - 293,2 + 125 - 50) \\ &= 5608823,14 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s: M_{n2} &= T_s \left(d - \bar{y} + \left(\frac{6,07}{2} \right) \right) \\ &= 218522,24 (300 - 293,2 + (6,07/2)) \\ &= 663221,80 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n = M_{n1} + M_{n2} = 5608823,14 + 663221,80 = 6272044,94 \text{ Nmm} = 6272,04 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} \phi \cdot M_n &= 0,85 \times 6272,04 \\ &= 5331,23 \text{ kgm} \end{aligned}$$

➤ Kontrol lendutan

$$\begin{aligned} f_{ijin} &= \frac{L}{360} = \frac{550}{360} = 1,53 \text{ cm} \\ f^0 &= \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{(1,46 + 0,32) \cdot 550^4}{200000 \cdot 12400} \\ &= 0,86 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,86 \text{ cm} < 1,53 \text{ cm} \rightarrow \text{OK}$$

➤ Penghubung geser

$$\begin{aligned} Q_n &= 0,5 \times A_{sc} \sqrt{f'_c \times E_c} \\ Q_n &= 0,5 \times 126,61 \sqrt{24,9 \times 24054,72} = 48993,42 \text{ kgcm}^2 \\ A_{sc} \times f_u &= 126,667 \times 370 = 46866,79 \text{ kgcm}^2 \\ Q_n &= 4687 \text{ kgcm}^2 \end{aligned}$$

Tabel 1 Balok anak atap

No	Bentang	Profil
1	5,5	WF 300.150.6,5.9
2	4,5	WF 250.125.6.9
3	4,0	WF 250.125.6.9
4	2,5	WF 200.150.6.9

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 2 Balok anak lantai

No	Bentang	Profil
1	5,5	WF 300.200.8.12
2	4,5	WF 250.125.6.9
3	4,0	WF 250.125.6.9
4	3,9	WF 200.150.6.9
5	2,7	WF 200.150.6.9
6	2,5	WF 200.150.6.9
7	1,2	WF 200.150.6.9

Sumber: Hasil perhitungan

b) Balok induk

Balok induk direncanakan sebagai balok komposit. Dengan ukuran profil disamakan untuk semua bentang.

Tabel 3 Balok induk

No	Balok induk	Profil
1	Atap	WF 400.300.10.16
2	Lantai	WF 400.300.10.16

Sumber: Hasil perhitungan

c) Kolom

Kolom direncanakan sebagai kolom komposit terisi beton dengan mutu beton f'_c 24,9 dan mutu baja BJ 37. Kuat nominal kolom

Cek penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{550}{25} = 22$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 64,66$$

Karena $\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow 20 \leq 64,66$ maka penampang kompak sehingga kekuatan nominal kolom dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 P_{no} &= P_p \\
 P_p &= f_y A_s + C_2 f'_c (A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c}) \\
 &= 240 \cdot 518 + 0,85 \cdot 249 (3025 + 0 \cdot \frac{200000}{23452,95}) \\
 &= 188344,125 \text{ kg} \\
 P_p &= P_{nominal} = 188344,125 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$P_u < \phi P_n \\ = 40692,7 < 0,9 \times 188344,125 \dots \text{OK}$$

Momen nominal kolom

$$\frac{b}{t} = \frac{550}{25} = 22$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,00 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 86,60$$

$$\text{Karena } \frac{h}{t_w} \leq 3,00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \rightarrow 22 < 86,60$$

maka penampang kompak $M_n = M_p$

$$M_p = Z_x \cdot f_y \\ = 8594 \times 2400 \\ = 20625600 \text{ kg.cm} = 206256 \text{ kg.m}$$

$$M_u < M_p = 9284,15 < 206256 \dots \text{OK}$$

Kombinasi gaya aksial dan lentur

$$P_c = 188344,125 \text{ kg}$$

$$P_r = 40692,7 \text{ kg}$$

$$C_{sr} = \frac{A_s F_y + A_{sr} F_{yr}}{A_c F_c} = \frac{518 \cdot 240 + 0,0}{3025 \cdot 24,9} = 1,65$$

$$C_p = \frac{0,17}{C_{sr}^{0,4}} = \frac{0,17}{1,65^{0,4}} = 0,14$$

$$C_m = \frac{1,06}{C_{sr}^{0,11}} = \frac{1,06}{1,65^{0,11}} = 1,0 \geq 1,0 \dots \text{OK}$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{40692,70}{188344,125} = 0,216$$

$\frac{P_r}{P_c} > C_p$ maka persamaan yang digunakan adalah:

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{1 - C_p}{C_m} \left(\frac{M_r}{M_c} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{40692,70}{188344,125} + \frac{1 - 0,14}{1} \left(\frac{9284,15}{3389,35} \right) = 0,25 \leq 1,0 \dots \text{OK}$$

Diperoleh hasil perhitungan kombinasi gaya aksial dan lentur $0,25 < 1,0$ sehingga kolom dapat digunakan.

d) Pondasi

Tabel 4 Pondasi tiang

No	Kolom	Dimensi Poer	n _{tiang}
1	C1	240 X 120 X 0,75	2
2	C2	240 X 120 X 0,75	2
3	C3	240 X 120 X 0,75	2
4	C4	240 X 120 X 0,75	2
5	C5	360 X 240 X 0,75	6
6	C6	360 X 240 X 0,75	6
7	C7	240 X 240 X 0,75	4
8	C8	240 X 240 X 0,75	4
9	C9	360 X 240 X 0,75	6
10	C10	360 X 240 X 0,75	6
11	C11	240 X 240 X 0,75	4
12	C12	240 X 240 X 0,75	4
13	C13	240 X 120 X 0,75	2
14	C14	240 X 120 X 0,75	2

No	Kolom	Dimensi Poer	n _{tiang}
15	C15	240 X 120 X 0,75	2
16	C16	240 X 120 X 0,75	2

Sumber: Hasil perhitungan

5. KESIMPULAN

1. Hasil perhitungan balok dan kolom
 - a. Balok anak atap direncanakan dengan mutu baja BJ-37 didapati
 - Bentang 5,5 m, WF 300.150.6.5.9
 - Bentang 4,5 m, WF 250.125.6.9
 - Bentang 4,0 m, WF 250.125.6.9
 - Bentang 2,5 m, WF 200.150.6.9
 - b. Balok anak lantai 1-5 direncanakan dengan mutu baja BJ-37 didapati
 - Bentang 5,5 m, WF 300.200.8.12
 - Bentang 4,5 m, WF 250.125.6.9
 - Bentang 4,0 m, WF 250.125.6.9
 - Bentang 3,9 m, WF 200.150.6.9
 - Bentang 2,7 m, WF 200.150.6.9
 - Bentang 2,5 m, WF 200.150.6.9
 - Bentang 1,2 m, WF 200.150.6.9
 - c. Balok induk direncanakan sama dari lantai 1-atap untuk arah X dan Y dengan mutu baja BJ-37 didapati menggunakan WF 400.300.10.16
 - d. Kolom komposit direncanakan menggunakan baja profil CFT 500.500.25 untuk lantai 1-2 dan 450.450.22 untuk lantai 3-atap.
2. Pondasi yang digunakan berupa pondasi tiang jenis *borepile* dengan dimensi tiang Ø60 cm dan tinggi tiang 5 m, jumlah tiang pondasi 2 untuk daerah tepi dan 6 & 4 untuk kolom interior.
Poer didesain dengan tinggi 75 cm, jarak antar tiang 60 cm untuk tiang tepi dan 120 cm untuk jarak antar tiang.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standar Nasional. (2019). *SNI 1726-2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan nongedung*. Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional. (2019). *SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktur Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Badan Standar Nasional.
- Badan Standar Nasional. (2020). *SNI 1727-2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*. Badan Standar Nasional.
- Setiawan, Agus. (2008). *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (sesuai SNI 03-1729-2002)*. Jakarta. Penerbit Erlangga
- G. Nawy, Edward. (1998). *Beton Bertulang suatu pendekatan dasar*. Bandung. Reflika Aditama
- G. Nawy, Edward. (2001). *Beton Prategang suatu pendekatan mendasar*. Jakarta. Penerbit Erlangga.