

PERENCANAAN ULANG GEDUNG PELAYANAN RUMAH SAKIT BHAYANGKARA KEDIRI MENGGUNAKAN STRUKTUR KOMPOSIT

Hanin Nabilah¹, Armin Naibaho², Agustin Dita Lestari³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

hanin.nabilah2000@gmail.com¹, armin.naibaho@polinema.ac.id², agustinditalestari@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Saat ini kebutuhan akan fasilitas kesehatan yaitu rumah sakit di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya ditambah lagi dengan adanya virus COVID-19 yang membuat lonjakan semakin drastis dan penyebaran penduduk yang tidak merata. Sehingga pembangunan rumah sakit ini diharapkan dapat selesai dalam waktu yang singkat. Pada skripsi ini membahas tentang perencanaan ulang menggunakan struktur komposit dikarenakan memiliki kelebihan lebih ringan, lebih mudah, dan cepat dalam pelaksanaannya. Perencanaan yang dilakukan meliputi perencanaan komposit pada pelat, balok, dan kolom, sambungan baja, shear connectors, tangga baja, serta rencana anggaran biaya struktur atas. Data yang diperlukan yaitu kajian pustaka, tesis, jurnal, gambar rencana, SPT (Standard Penetration Test), dan Harga Satuan Pokok Barang dan Jasa Pemerintah Kota Kediri. Metode yang digunakan untuk mendesain perencanaan struktur adalah metode LRFD (Load and Resistance Factor Design). Perhitungan pada perencanaan ini mengacu pada SNI 1726-2019, SNI 1727-2020, dan SNI 1729-2020 dan dianalisis menggunakan bantuan ETABS. Berdasarkan perhitungan diperoleh hasil sebagai berikut : tebal pelat 12 cm, balok anak menggunakan profil WF 300×150×6,5×9, balok induk menggunakan profil WF 400×200×8×13, kolom menggunakan profil WF 400×400×13×21 yang diselubungi beton berukuran 60×60. Sambungan balok anak dengan balok induk dan kolom dengan kolom menggunakan sambungan baut, sedangkan sambungan balok induk dengan kolom dan kolom dengan base plate menggunakan sambungan baut dan las. Shear connector pada balok anak dan balok induk menggunakan tipe stud berdiameter 19. Balok utama dan balok bordes pada tangga baja menggunakan profil WF 200×100×5,5×8. Pelat pada anak tangga dan bordes menggunakan pelat dengan tebal 6 mm. Rencana anggaran biaya struktur atas sebesar Rp 16.655.907.467,00.

Kata kunci : perencanaan ulang; struktur komposit; LRFD.

ABSTRACT

Currently, the need for health facilities, namely hospitals in Indonesia, is increasing every year, especially since the COVID-19 virus has made a drastic spike and uneven distribution of the population so that the construction of this hospital is expected to be completed in a short time. This thesis discusses the re-planning using a composite structure because it has the advantages of being lighter, easier, and faster in its implementation. The planning carried out includes composite planning for plates, beams, and columns, steel connections, shear connectors, steel ladders, as well as the budget plan for the superstructure. The data required, namely literature review, theses, journals, drawings, SPT (Standard Penetration Test), and the Price of the Basic Unit of Goods and Services of the Government of the City of Kediri. The method used to design the structural design is the LRFD (Load and Resistance Factor Design) method. The calculations in this plan refer to SNI 1726-2019, SNI 1727-2020, and SNI 1729-2020 and are analyzed using ETABS assistance. Based on the calculation, the following results were obtained : plate thickness 12 cm, secondary beam using WF profile 300×150×6,5×9, primary beam using WF profile 400×200×8×13, column using WF profile 400×400×13×21 covered with concrete measuring 60×60. The connection of the secondary beam to the main beam and the column to the column uses bolted connections, while the connection of the primary beam to the column and column to the base plate uses bolted and welded connections. Shear connectors on the sub and main beams use a 19-diameter stud type. The primary beam and landing beams on the steel ladder using WF profile 200×100×5,5×8. The plates on the steps and landings use plates with a thickness of 6 mm. The budget plan for the superstructure is Rp 16.655.907.467,00.

Keywords : redesign; composite structure; LRFD.

1. PENDAHULUAN

Saat ini kebutuhan akan fasilitas kesehatan yaitu rumah sakit di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya ditambah lagi dengan adanya virus COVID-19 yang membuat lonjakan semakin drastis dan penyebaran penduduk yang tidak merata. Akibatnya banyak masyarakat yang tidak mendapatkan fasilitas kesehatan yang baik. Sehingga pembangunan rumah sakit ini diharapkan dapat selesai dalam waktu yang singkat.

Struktur komposit adalah elemen penampang baja struktural yang terbungkus dalam beton atau pipa baja yang diisi beton dalam hal kolom dan pelat lantai dibuat terhubung ke balok penampang baja menggunakan shear connectors sehingga kedua komponen akan bertindak bersama-sama sebagai satu komponen [1]. Struktur komposit (baja dan beton) memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan struktur beton bertulang yaitu struktur komposit lebih ringan, lebih mudah, dan cepat dalam pelaksanaannya [2].

Kondisi eksisting pada Proyek Gedung Pelayanan Rumah Sakit Bhayangkara Kediri saat ini menggunakan struktur beton bertulang. Pada penelitian ini akan direncanakan ulang dengan menggunakan struktur komposit (baja dan beton). Beban mati dan beban hidup akan dihitung secara teliti. Fungsi atau kegunaan dari struktur tersebut tetap sama.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung dan merencanakan pelat, balok, dan kolom menggunakan struktur komposit pada Proyek Gedung Pelayanan Rumah Sakit Bhayangkara Kediri.
2. Menghitung dan merencanakan rencana sambungan baja antara balok dengan balok, balok dengan kolom, kolom dengan kolom, dan kolom dengan *base plate* pada Proyek Gedung Pelayanan Rumah Sakit Bhayangkara Kediri.
3. Menghitung dan merencanakan kekuatan dan jarak *shear connectors* pada Proyek Gedung Pelayanan Rumah Sakit Bhayangkara Kediri.
4. Menghitung dan merencanakan rencana tangga baja pada Proyek Gedung Pelayanan Rumah Sakit Bhayangkara Kediri.
5. Menghitung rencana anggaran biaya struktur atas pada Proyek Gedung Pelayanan Rumah Sakit Bhayangkara Kediri dengan menggunakan struktur komposit.

2. METODE

Lokasi proyek ini terletak pada Jalan Kombes Pol. Duryat No. 17, Kota Kediri, Jawa Timur. Gedung ini memiliki 6 lantai dan 1 basement dengan panjang bangunan 68 m, lebar bangunan 22 m, dan tinggi bangunan 21,3 m.

Data primer berupa data pembebanan yang didapat dari hasil analisis beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa, Gambar perencanaan bangunan dengan menggunakan struktur komposit, dan Rencana anggaran

biaya struktur atas dengan menggunakan struktur komposit. Sedangkan data sekunder berupa Gambar rencana Gedung Pelayanan Rumah Sakit Bhayangkara Kediri, Data tanah Gedung Pelayanan Rumah Sakit Bhayangkara Kediri, dan Harga Satuan Pokok Barang dan Jasa Pemerintah Kota Kediri Tahun Anggaran 2021.

Pada perencanaan ini digunakan peraturan-peraturan sebagai berikut :

1. SNI 1729 : 2020, Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
2. SNI 1727 : 2020, Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain
3. SNI 1726 : 2019, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

Adapun tahap-tahap perencanaannya sebagai berikut :

1. Pengumpulan data
Pengumpulan data pada tahap ini berupa data sekunder yang diperoleh dari pihak terkait, studi-studi terdahulu, data standarisasi, dan data yang didapatkan dari luar penelitian.
2. Melakukan studi literatur
Melakukan studi literatur yang berkaitan dengan perencanaan struktur komposit (baja dan beton) dari berbagai sumber yang asli, terbaru, dan relevan sebagai acuan dalam pengerjaan
3. Menghitung *preliminary design* dan pembebanan struktur
Menghitung *preliminary design* pada balok induk, balok anak, dan kolom
4. Melakukan pemodelan dan analisis statika menggunakan ETABS
5. Melakukan kontrol desain
Apabila hasil perhitungan tidak memenuhi, maka dapat mengganti dimensi baja.
6. Menghitung perencanaan sambungan
7. Menghitung rencana anggaran biaya struktur atas
Menghitung volume pada pelat, balok anak, balok induk, kolom, dan tangga. Kemudian dikalikan dengan harga satuan.
8. Melakukan penggambaran hasil perencanaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Preliminary design

a. Dimensi balok anak

Preliminary design balok anak ditentukan dengan membandingkan nilai Z_x perlu dan Z_x pakai.

$$q = 1,2 DL + 1,6 LL = (1,2 \cdot 13) + (1,6 \cdot 8,24) = 28,8 \text{ kN/m}$$

$$M_{ult} = \phi \cdot Z_x \cdot f_y$$

$$86,5 = 0,9 \cdot Z_x \cdot 250000$$

$$Z_x = 0,0003845 \text{ m}^3 = 384,5 \text{ cm}^3$$

Maka berdasarkan tabel profil baja, direncanakan menggunakan profil baja WF 300 × 150 × 6,5 × 9 dengan nilai $Z_x = 481,0 \text{ cm}^3 > Z_{x \text{ perlu}} = 384,5 \text{ cm}^3$.

b. Dimensi balok induk

Preliminary design balok induk ditentukan dengan membandingkan nilai Z_x perlu dan Z_x pakai.

$$q = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = (1,2 \cdot 18,9) + (1,6 \cdot 16,48) = 49,1 \text{ kN/m}$$

$$M_{\text{ult}} = \phi \cdot Z_x \cdot f_y$$

$$261,7 = 0,9 \cdot Z_x \cdot 250000$$

$$Z_x = 0,001163 \text{ m}^3 = 1163,0 \text{ cm}^3$$

Maka berdasarkan tabel profil baja, direncanakan menggunakan profil baja WF 400 × 200 × 8 × 13 dengan nilai $Z_x = 1360 \text{ cm}^3 > Z_{x \text{ perlu}} = 1163,0 \text{ cm}^3$.

c. Dimensi kolom

Luas penampang minimal

$$q = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = (1,2 \cdot 1519,58) + (1,6 \cdot 649,44) = 1902,6 \text{ kN}$$

$$A_g = \frac{P_u}{0,2 \cdot f_c'} = \frac{1902,6}{0,2 \cdot 0,04} = 237824,5 \text{ mm}^2$$

$$b = h = \sqrt{A_g} = \sqrt{237824,5} = 487,67 \text{ mm}$$

Maka digunakan kolom dengan dimensi 60 × 60 dengan profil baja H 400 × 400 × 13 × 21.

Pembebanan Struktur

Beban-belan yang bekerja pada Gedung Pelayanan Rumah Sakit Bhayangkara Kediri adalah sebagai berikut :

1. Beban Mati

Berat sendiri struktur komposit dihitung secara otomatis menggunakan ETABS. Sedangkan beban mati tambahan pada lantai 6 sebesar 0,67 kN/m², lantai 1-5 sebesar 1,31 kN/m², balok lantai 1 sebesar 4,08 kN/m², dan balok lantai 2-5 sebesar 3,81 kN/m².

2. Beban Hidup

Beban hidup yang bekerja sebagai berikut :

Tabel 1. Beban Hidup

Keterangan	Beban (kN/m ²)
Ruang operasi, laboratorium	2,06
Ruang pasien	1,46
Koridor diatas lantai pertama	2,74
Koridor lantai pertama	3,43
Ruang kantor	1,72
Ruang publik	4,79
Ruang makan dan restoran	4,79
Ruang pertemuan	4,79
Toilet	2,87
Balkon	4,79
Gudang berat dibanyak lantai	9,58
Gudang ringan dibanyak lantai	4,80
Tangga dan jalan keluar	4,79
Garasi/parkir	1,92
Ruang mesin lift	7,18
Atap datar	0,96

Sumber: SNI 1727:2020

3. Beban Angin

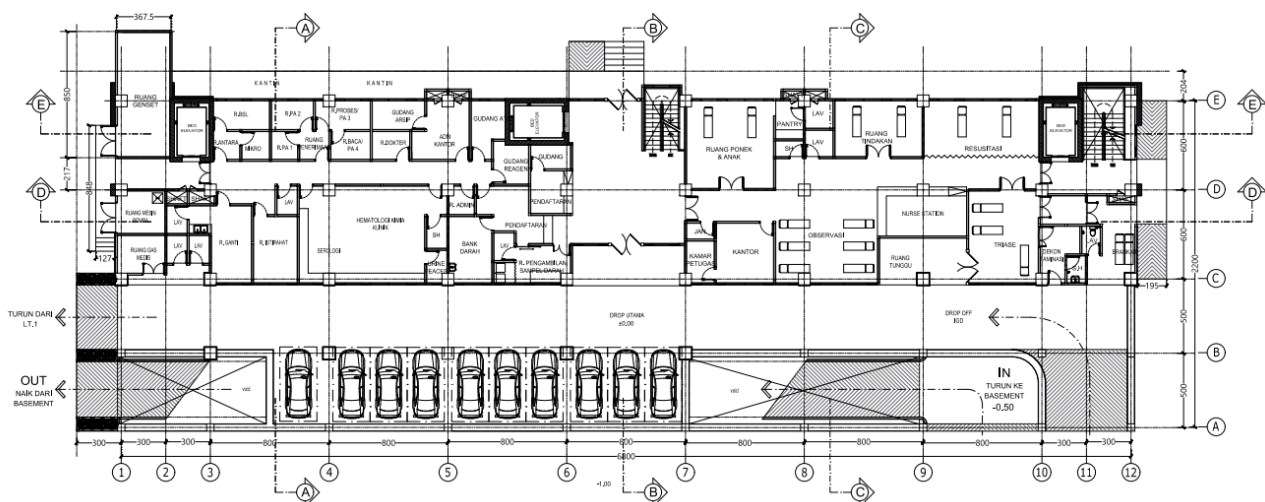
Berdasarkan hasil perhitungan tekanan angin pada setiap permukaan gedung, $P_{\text{Winward}} = 0,77 \text{ kN/m}^2$, sedangkan $P_{\text{Leeward}} = -0,29 \text{ kN/m}^2$ dan $P_{\text{Sideward}} = -0,68 \text{ kN/m}^2$. Nilai tersebut kurang dari nilai tekanan angin minimal yang disyaratkan pada SNI 1727:2020, sehingga tekanan angin yang digunakan yaitu sebesar 0,77 kN/m².

4. Beban Gempa

Beban gempa dihitung secara otomatis menggunakan ETABS dengan memasukkan data $S_s = 0,8461$; $S_1 = 0,3995$; $F_a = 1,22$; $F_v = 2,4$; $R = 8$; dan kelas situs E.

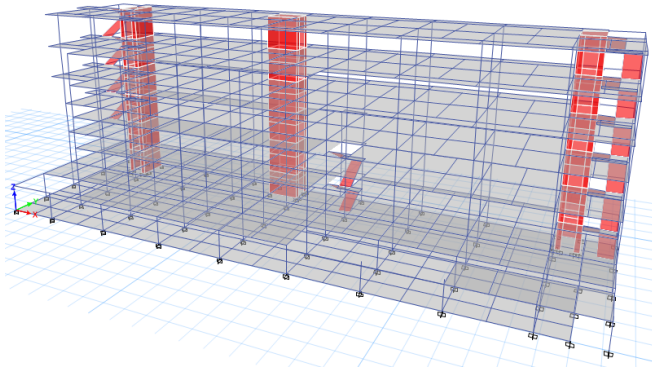
5. Kombinasi Beban

Sistem struktur didesain untuk menahan beban terfaktor sesuai dengan konsep LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) sesuai dengan SNI 1726 : 2019.



Gambar 1. Denah Lantai 1 Gedung Pelayanan Rumah Sakit Bhayangkara Kediri

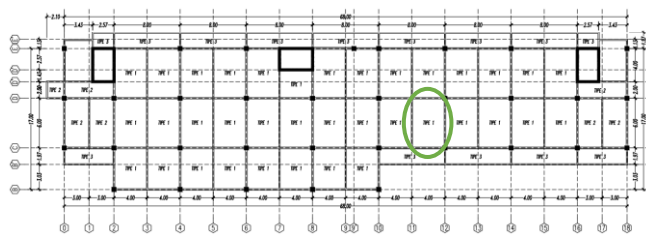
Sumber : Dokumen Penulis



Gambar 2. Pemodelan 3 Dimensi Gedung Pelayanan Rumah Sakit Bhayangkara Kediri

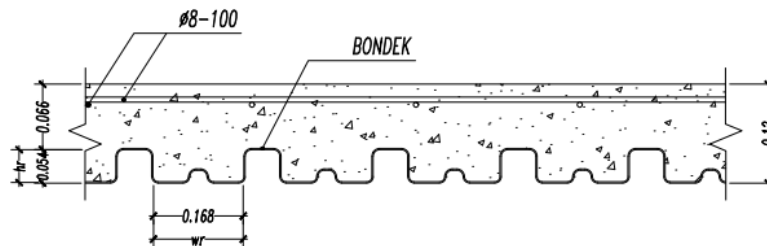
Sumber : Dokumen Penulis

Perencanaan Pelat



Gambar 3. Denah Pelat

Sumber : Dokumen Penulis



Gambar 4. Detail Pelat Lantai Tipe 1

Sumber : Hasil Perencanaan

Perencanaan Balok Anak

a. Kondisi sebelum komposit

Dari hasil analisis ETABS diperoleh nilai M_u sebesar 105,6 kNm, V_u sebesar 70,4 kN, dan lendutannya sebesar 6,1 mm.

Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 250000 \cdot 0,000481 = 120,3 \text{ kNm}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi \cdot M_n = 0,9 \cdot 120,3$$

$$= 108,3 \text{ kNm} \geq M_u = 105,6 \text{ kNm (OK)}$$

Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v = 0,6 \cdot 250000 \cdot 0,00195 \cdot 1 = 292,5 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 1 \cdot 292,5 = 292,5 \text{ kN}$$

$$\text{Kontrol geser } \phi V_n \geq V_u, 292,5 \geq 70,4 \text{ (OK)}$$

Pembebanan pelat lantai tipe 1

$$\text{Beban berguna} = \text{Beban hidup} + \text{Beban finishing}$$

$$= 2,06 + 1,31 = 3,37 \text{ kN/m}^2$$

$$= 337 \text{ kg/m}^2 \text{ digunakan } 400 \text{ kg/m}^2$$

Berdasarkan tabel perencanaan praktis *Super Floor Deck* untuk bentang menerus dengan tulangan negatif dengan dua baris penyangga, didapatkan data-data sebagai berikut :

- Bentang = 4 m
- Beban berguna = 400 kg/m²
- Tebal pelat beton = 12 cm
- Tulangan negatif = 4,99 cm²/m

Perencanaan tulangan negatif

- Direncanakan menggunakan Ø 8 mm, $A_s = 0,503 \text{ cm}^2$
- Banyaknya tulangan yang diperlukan tiap 1 m

$$\frac{A}{A_s} = \frac{4,99}{0,503} = 9,927 \text{ buah} \approx 10 \text{ buah}$$

- Jarak antar tulangan

$$s = \frac{1000}{10} = 100 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan negatif Ø 8 – 100 mm

Kontrol lendutan

$$f_{tjd} \leq f_{ijin}, 6,1 \leq 16,7 \text{ (OK)}$$

b. Kondisi setelah komposit

Dari hasil analisis ETABS diperoleh nilai M_u sebesar 160,7 kNm, V_u sebesar 107,1 kN, dan lendutannya sebesar 4,0 mm.

- Kontrol momen

$$M_n = T \left(\frac{d}{2} + t_{\text{pelat}} - \frac{a}{2} \right) = 1169,5 \left(\frac{30}{2} + 12 - \frac{3,1}{2} \right)$$

$$M_n = 29788,6 \text{ kNcm} = 297,9 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 297,9 = 268,1 \text{ kNm}$$

$$\text{Kontrol momen } \phi M_n \geq M_u, 268,1 \geq 160,7 \text{ (OK)}$$

- Kontrol geser

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v = 0,6 \cdot 250000 \cdot 0,00195 \cdot 1 = 292,5 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 1 \cdot 292,5 = 292,5 \text{ kN}$$

$$\text{Kontrol geser } \phi V_n \geq V_u, 292,5 \geq 107,1 \text{ (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$f_{tjd} \leq f_{ijin}, 4,0 \leq 16,7 \text{ (OK)}$$

• Perencanaan *shear connector*

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sa} \sqrt{f_c' E_c} \leq R_g \cdot R_p \cdot A_{sa} \cdot F_u$$

$$Q_n = 0,5 \cdot 283,5 \sqrt{30 \cdot 27691,5} \leq 1,0 \cdot 75 \cdot 283,5 \cdot 450$$

$$Q_n = 129211,4 \text{ N} \geq 95690,9 \text{ N}$$

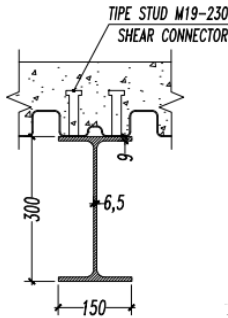
Dipakai nilai $Q_n = 95690,9 \text{ N} = 95,7 \text{ kN}$

$$n = \frac{V'}{Q_n} = \frac{1169,5}{95,7}$$

$$= 12,2 \text{ buah} \approx 13 \text{ buah untuk setengah bentang}$$

Jarak seragam (S) dengan stud

$$S = \frac{0,5L}{N} = \frac{0,5 \cdot 600}{13} = 23 \text{ cm}$$



Gambar 5. Detail Balok Anak

Sumber : Hasil Perencanaan

Perencanaan Balok Induk

a. Kondisi sebelum komposit

Dari hasil analisis ETABS diperoleh nilai M_u sebesar 143,3 kNm, V_u sebesar 73,8 kN, dan lendutannya sebesar 2,0 mm.

Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Karena penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 250000 \cdot 0,00119$$

$$= 297,5 \text{ kNm}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi \cdot M_n = 0,9 \cdot 297,5$$

$$= 267,8 \text{ kNm} \geq M_u = 143,3 \text{ kNm (OK)}$$

Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v = 0,6 \cdot 250000 \cdot 0,0032 \cdot 1$$

$$= 480,0 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 1.480,0 = 480,0 \text{ kN}$$

Kontrol geser $\phi V_n \geq V_u, 480,0 \geq 73,8 \text{ (OK)}$

Kontrol lendutan

$$f_{tjd} \leq f_{ijin}, 2,0 \leq 22,2 \text{ (OK)}$$

b. Kondisi setelah komposit

Dari hasil analisis ETABS diperoleh nilai M_u sebesar 228,6 kNm, V_u sebesar 127,3 kN, dan lendutannya sebesar 4,5 mm.

• Kontrol momen

$$M_n = T \left(\frac{d}{2} + t_{pelat} - \frac{a}{2} \right) = 2102,5 \left(\frac{40}{2} + 12 - \frac{4,1}{2} \right)$$

$$M_n = 62946,2 \text{ kNcm} = 629,5 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 629,5 = 566,5 \text{ kNm}$$

Kontrol momen $\phi M_n \geq M_u, 566,5 \geq 228,6 \text{ (OK)}$

• Kontrol geser

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v = 0,6 \cdot 250000 \cdot 0,0032 \cdot 1$$

$$= 480,0 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 1.480,0 = 480,0 \text{ kN}$$

Kontrol geser $\phi V_n \geq V_u, 480,0 \geq 127,3 \text{ (OK)}$

• Kontrol lendutan

$$f_{tjd} \leq f_{ijin}, 4,5 \leq 22,2 \text{ (OK)}$$

• Perencanaan *shear connector*

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sa} \sqrt{f_c' E_c} \leq R_g \cdot R_p \cdot A_{sa} \cdot F_u$$

$$Q_n = 0,5 \cdot 283,5 \sqrt{30 \cdot 27691,5} \leq 1,0 \cdot 75 \cdot 283,5 \cdot 450$$

$$Q_n = 129211,4 \text{ N} \geq 95690,9 \text{ N}$$

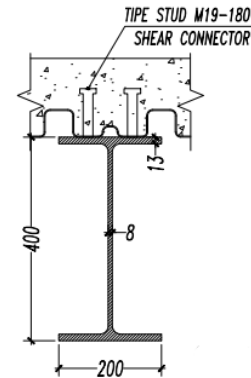
Dipakai nilai $Q_n = 95690,9 \text{ N} = 95,7 \text{ kN}$

$$n = \frac{V'}{Q_n} = \frac{1169,5}{95,7}$$

$$= 22 \text{ buah untuk setengah bentang}$$

Jarak seragam (S) dengan stud

$$S = \frac{0,5L}{N} = \frac{0,5 \cdot 800}{22} = 18 \text{ cm}$$



Gambar 6. Detail Balok Induk

Sumber : Hasil Perencanaan

Perencanaan Kolom

Dari hasil analisis ETABS diperoleh nilai P_u sebesar 3096,1 kN, M_{ux} sebesar 231,2 kNm, dan M_{uy} sebesar 239,3 kNm.

a. Cek syarat luas minimum profil baja

$$\rho_{sr} = \frac{A_s}{A_c} = \frac{218,7}{3600} = 6,1\% > 4\% \text{ (OK)}$$

b. Cek syarat jarak sengkang atau pengikat lateral

Jarak sengkang $< 0,5b$

$$200 \text{ mm} < 0,5 \cdot 600 = 300 \text{ mm (OK)}$$

c. Cek syarat luas tulangan utama atau longitudinal

• Jarak antar tulangan utama

$$= 600 - 2(40) - 2(10) - 22 = 478 \text{ mm}$$

• $A > 0,18$. jarak antar tulangan longitudinal

$$380,1 \text{ mm}^2 > 0,18 \cdot 478 = 86,04 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

d. Cek syarat tulangan lateral

$$\text{Luas tulangan sengkang} = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas tulangan sengkang} > 0,18 \cdot \text{jarak sengkang}$$

$$78,5 \text{ mm}^2 > 0,18 \cdot 200 = 36 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

e. Cek mutu beton dan baja

- Mutu beton, $21 \text{ MPa} < f_c' < 69 \text{ MPa}$
 $21 \text{ MPa} < 30 \text{ MPa} < 69 \text{ MPa}$ (OK)
- Mutu baja, $f_y < 525 \text{ MPa}$
 $250 \text{ MPa} < 525 \text{ MPa}$ (OK)

f. Kontrol kuat tekan

$$P_n = P_{no} \left[0,658 \frac{P_{no}}{P_e} \right] = 15027,6 \left[0,658 \frac{15027,6}{168860,9} \right]$$

$$= 14478,2 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,75 \cdot 14478,2 = 10858,6 \text{ kN}$$

Kontrol kuat tekan $\phi P_n \geq P_u$, $10858,6 \geq 3096,1$ (OK)

g. Kontrol kuat lentur, menurut Smith (1996:437)

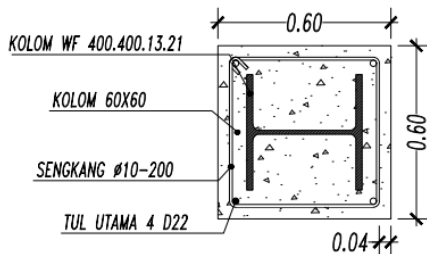
$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{3096,1}{10858,6} = 0,29 < 0,3$$

$$\phi M_{nx} = 0,9 Z_x f_y = 0,9 \cdot 0,0033 \cdot 250000 = 749,3 \text{ kNm}$$

Kontrol kuat lentur $\phi M_{nx} > M_{ux}$, $749,3 > 231,2$ (OK)

$$\phi M_{ny} = 0,9 Z_y f_y = 0,9 \cdot 0,00112 \cdot 250000 = 252,0 \text{ kNm}$$

Kontrol kuat lentur $\phi M_{ny} > M_{uy}$, $252,0 > 239,3$ (OK)



Gambar 7. Detail Balok Induk

Sumber : Hasil Perencanaan

Perencanaan Tangga

Data teknis perencanaan tangga

- Tinggi antar lantai : 430 cm
- Tinggi bordes : 215 cm
- Tinggi injakan (t) : 16,5 cm
- Lebar injakan (i) : 30 cm
- Jumlah tanjakan (Σ_t) : $\frac{430}{16,5} = 27$ buah
- Jumlah injakan (Σ_i) : $\Sigma_t - 1 = 27 - 1 = 26$ buah
- Lebar bordes : 120 cm
- Panjang bordes : 343 cm
- Lebar tangga : 171,5 cm
- Panjang tangga : 360 cm
- Sudut kemiringan (α) : $\text{arc tg} \frac{215}{360} = 30,85^\circ$

Tabel 2. Dimensi Tangga

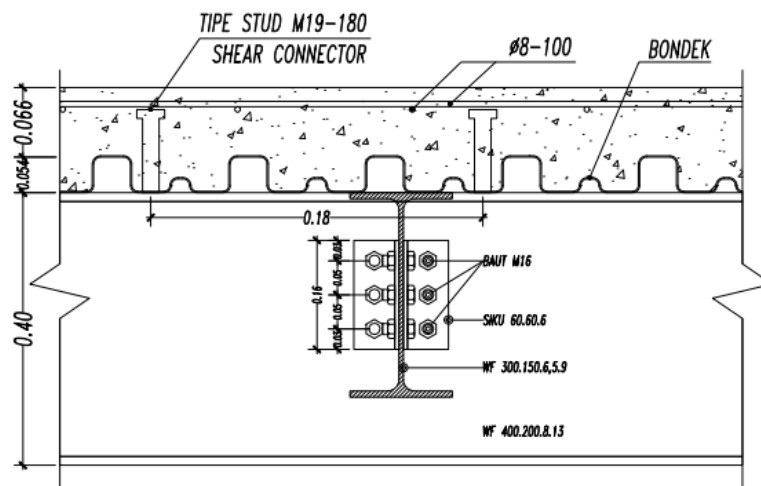
Jenis Struktur	Keterangan Profil
Pelat anak tangga	Pelat, t = 6 mm
Pengaku anak tangga	siku L 50 × 50 × 6
Pelat bordes	Pelat, t = 6 mm
Balok bordes	WF 200 × 100 × 5,5 × 8
Balok utama tangga	WF 200 × 100 × 5,5 × 8

Sumber: Hasil Perhitungan

Perencanaan Sambungan

a. Sambungan balok anak dengan balok induk

Sambungan ini menggunakan sambungan baut berdiameter 16 mm dengan bantuan pelat siku L 60 × 60 × 6, dapat dilihat pada **Gambar 8**.



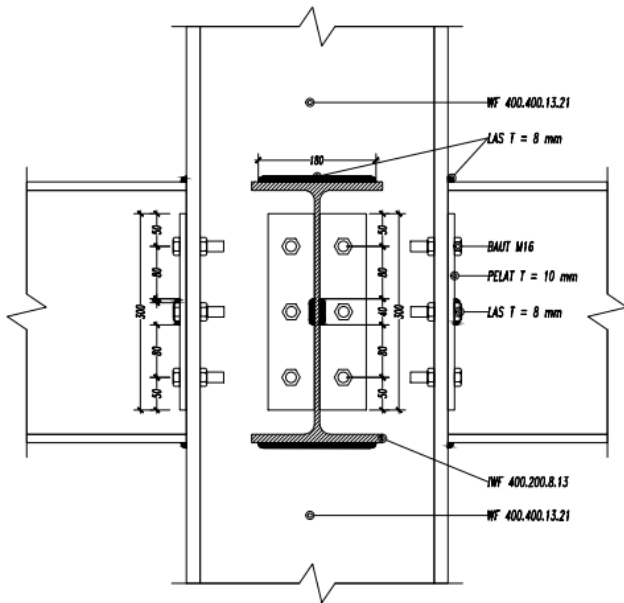
Gambar 8. Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Sumber : Hasil Perencanaan

b. Sambungan balok induk dengan kolom

Sambungan ini menggunakan sambungan las mutu E_{70xx} dengan tebal las 8 mm dan panjang 180 mm per sisi pada sayap dan 40 mm per sisi pada badan serta menggunakan sambungan baut berdiameter 16 mm dengan bantuan

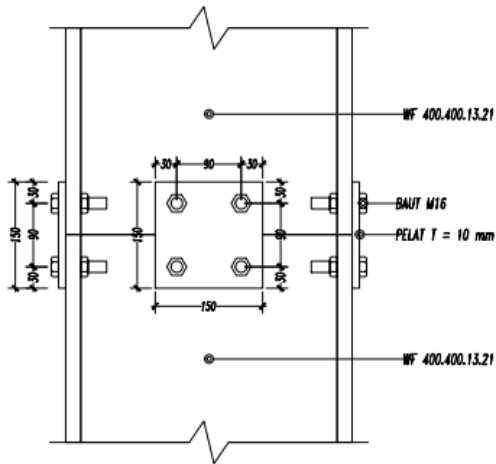
pelat sambung berukuran 150 × 30 dan tebal 10 mm, dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Sambungan Balok Induk dengan Kolom
Sumber : Hasil Perencanaan

c. Sambungan kolom dengan kolom

Sambungan ini menggunakan sambungan baut berdiameter 16 mm dengan bantuan pelat sambung berukuran 150 × 150 tebal 10 mm, dapat dilihat pada **Gambar 10**.

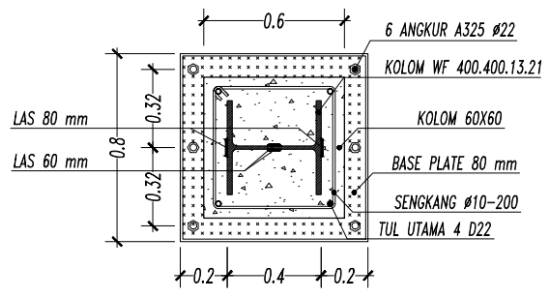


Gambar 10. Sambungan Kolom dengan Kolom
Sumber : Hasil Perencanaan

d. Sambungan kolom dengan base plate

Sambungan ini menggunakan sambungan las mutu E_{70xx} dengan tebal las 15 mm dan panjang 80 mm per sisi pada sayap dengan tebal las 8 mm dan panjang 60 mm per sisi pada badan serta menggunakan sambungan baut angkur berdiameter 22 mm dengan bantuan pelat *base plate*

berukuran 800 × 800 dan tebal 80 mm, dapat dilihat pada **Gambar 11**.



Gambar 11. Sambungan Kolom dengan *Base Plate*
Sumber : Hasil Perencanaan

Rencana Anggaran Biaya Struktur Atas

Rencana anggaran biaya struktur atas meliputi pelat, balok, kolom, dan tangga. Contoh perhitungan volume pekerjaan balok induk, dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Volume Pekerjaan

Lantai	Panjang	Berat Profil	Volume
	(m)	(kg/m)	(kg)
1	543,1	66	35842,0
2	366,2	66	24169,9
3	369,2	66	24367,9
4	489,8	66	32323,5
5	489,8	66	32323,5
6 (Atap)	463,5	66	30588,4
Total			179615,0

Sumber: Hasil Perhitungan

Kebutuhan anggaran biaya struktur atas untuk proyek ini, dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Rencana Anggaran Biaya Struktur Atas

Uraian Pekerjaan	Vol.	Harga Satuan	Jumlah
Pekerjaan Pelat			
Bondek	6400,1	Rp 122.936,00	Rp 786.796.546,80
Beton fc' 30 MPa	595,2	Rp 1.368.544,21	Rp 814.563.877,52
Tulangan	4495,5	Rp 179.393,50	Rp 806.463.390,93
Pekerjaan Balok			
Balok induk, WF 400 X 200 X 8 X 13	179615	Rp 35.453,00	Rp 6.367.892.013,12
Balok anak, WF 300 X 150 X 6,5 X 9	24926,6	Rp 35.453,00	Rp 883.724.167,92
Pekerjaan Kolom			
WF 400 X 400 X 13 X 21	126316,8	Rp 35.453,00	Rp 4.478.309.510,40
Beton fc' 30 MPa	248,3	Rp 1.368.544,21	Rp 339.840.554,98
Tulangan	1409,7	Rp 179.393,50	Rp 252.894.030,76

Uraian Pekerjaan	Vol.	Harga Satuan	Jumlah
Pekerjaan Tangga			
WF 200 X 100 X 5,5 X 8	6268,4	Rp 35.453,00	Rp 222.232.769,78
Pelat bordes 6 mm	52,9	Rp 993.769,33	Rp 52.605.179,66
Jumlah			Rp 15.005.322.041,87
PPN 11%			Rp 1.650.585.424,61
Jumlah Total			Rp 16.655.907.466,48
Dibulatkan			Rp 16.655.907.467,00

Sumber: Hasil Perhitungan

4. KESIMPULAN

Dari hasil perencanaan analisa dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Struktur komposit pada pelat atap menggunakan bondek dengan tulangan negatif $\varnothing 8 - 125$ dan pelat lantai 1-5 menggunakan bondek dengan tulangan negatif $\varnothing 8 - 100$. Struktur komposit pada balok anak menggunakan profil WF $300 \times 150 \times 6,5 \times 9$ dan pada balok induk menggunakan profil WF $400 \times 200 \times 8 \times 13$. Struktur komposit pada kolom menggunakan profil WF $400 \times 400 \times 13 \times 21$ yang diselubungi beton berukuran 60×60 .
2. Sambungan baja antara balok anak dengan balok induk menggunakan sambungan baut berdiameter 16 mm dengan bantuan pelat siku L $60 \times 60 \times 6$. Sambungan baja antara balok induk dengan kolom menggunakan sambungan las mutu E_{70xx} dengan tebal las 8 mm dan panjang 180 mm per sisi pada sayap dan 40 mm per sisi pada badan serta menggunakan sambungan baut berdiameter 16 mm dengan bantuan pelat sambung berukuran 150×30 dan tebal 10 mm. Sambungan baja antara kolom dengan kolom menggunakan sambungan baut berdiameter 16 mm dengan bantuan pelat sambung berukuran 150×150 tebal 10 mm. Sambungan baja antara kolom dengan *base plate* menggunakan sambungan las mutu E_{70xx} dengan tebal las 15 mm dan panjang 80 mm per sisi pada sayap dengan tebal las 8 mm dan panjang 60 mm per sisi pada badan serta menggunakan sambungan baut angkur berdiameter 22 mm dengan bantuan pelat *base plate* berukuran 800×800 dan tebal 80 mm.
3. *Shear connector* pada balok anak menggunakan tipe stud berdiameter 19 mm berjarak 23 cm sebanyak 26 buah untuk tiap bentang. *Shear connector* pada balok induk menggunakan tipe stud berdiameter 19 mm berjarak 18 cm sebanyak 44 buah untuk tiap bentang.
4. Balok utama dan balok bordes pada tangga baja menggunakan profil WF $200 \times 100 \times 5,5 \times 8$. Pelat

pada anak tangga dan bordes menggunakan pelat dengan tebal 6 mm dan pengaku anak tangga menggunakan pelat siku L $50 \times 50 \times 6$.

5. Rencana anggaran biaya struktur atas meliputi pekerjaan pelat, balok, kolom, dan tangga pada Proyek Pembangunan Gedung Pelayanan Rumah Sakit Bhayangkara Kediri Menggunakan Struktur Komposit adalah sebesar Rp 16.655.907.467,00 (Enam Belas Milyar Enam Ratus Lima Puluh Lima Juta Sembilan Ratus Tujuh Ribu Empat Ratus Enam Puluh Tujuh Rupiah).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sharma, A. S., Priya, R. A., Thirugnanam, R., & Priya, P. R. (2016). Comparative Study on Multi-storey Structure of RCC and Composite Material. *Indian Journal of Science and Technology*, 1-5.
- [2] Asiyanto. (2012). Memahami Secara Singkat : Struktur Komposit antara Beton dan Baja. Jakarta: UI PRESS.
- [3] BSN. (2019). *SNI 1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta.
- [4] BSN. (2020). *SNI 1727-2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta.
- [5] BSN. (2020). *SNI 1729-2020 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta.
- [6] Holmes, J., & Weller, R. (2002). *Design wind speeds for the Asia-Pacific region*. Australia: Standards Australia International.
- [7] Kumawat, M. S., & Kalurkar, L. (2014). Analysis and Design of Multistorey Building Using Composite Structure. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 125-137.
- [8] Mikaelsson, J. (2019). Design Optimization in Building Project by Using Composite Steel /Concrete Columns. 104.
- [9] Setiawan, A. (2008). *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)* (Kedua ed.). Erlangga.
- [10] Sharma, A. S., Priya, R. A., Thirugnanam, R., & Priya, P. R. (2016). Comparative Study on Multi-storey Structure of RCC and Composite Material. *Indian Journal of Science and Technology*, 1-5.
- [11] Smith, J. C. (1996). *Structural Steel Design LRFD Approach Second Edition*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- [12] V, K., & Drab, L. (2012). Partially-encased composite thin-walled steel beams. *Procedia Engineer*, 91-95.