

PERENCANAAN PENINGKATAN GEDUNG BLOK C RUMAH SAKIT MUHAMMADIYAH AHMAD DAHLAN KOTA KEDIRI - MRK

Puspandini Ayu F.¹, Aulia Rahman², Agustin Dita Lestari³

Mahasiswa Program Diploma IV – Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Program Diploma IV – Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang², Dosen Program Diploma IV – Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang³

Email: puspandiniyuf12@gmail.com¹, aulia.rahman@polinema.ac.id², agustinditalestari@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Rumah sakit merupakan institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan, dan gawat darurat. Pertumbuhan penduduk dan perkembangan kondisi kesehatan adalah faktor yang berpengaruh pada penggunaan rumah sakit khususnya dalam penggunaan rawat inap. Kota Kediri menempati urutan pertama dengan penggunaan rawat inap terbesar di Jawa Timur. Oleh karena itu, dalam penelitian ini penulis merencanakan peningkatan pada Gedung Blok C Rumah Sakit Muhammadiyah Ahmad Dahlan Kota Kediri dengan tujuan meningkatkan kapasitas layanan kesehatan. Perencanaan peningkatan gedung ini hanya mendesain struktur atas gedung. Data yang digunakan terdiri dari shop drawing, spesifikasi teknis, dan data tanah. Peraturan yang digunakan adalah SNI 2847-2019 untuk analisis dan desain beton bertulang, SNI 1727-2020 untuk pembebanan, dan SNI 1726-2019 untuk ketentuan gempa. Analisis statika menggunakan bantuan *software* ETABS 2021 dan AutoCAD untuk membuat gambar kerja hasil perencanaan. Dari hasil perencanaan diperoleh pelat lantai dengan tebal 125 mm dengan tulangan utama D10-150 arah x dan D10-150 arah y, dimensi balok utama (B1) 600/800 mm dengan tulangan sampai 6D25, dimensi balok utama (B2) 550/700 mm dengan tulangan sampai dengan 6D25, dimensi balok anak (B3) 450/650 mm dengan tulangan juga sampai dengan 6D25, dimensi kolom (K1) 1000/1000 mm dengan tulangan hingga 20D25, dan terakhir dimensi kolom (K2) 800/800 mm dengan tulangan juga hingga 20D25. Adapun rencana anggaran sebesar Rp. 24.008.781.678,79.

Kata kunci : perencanaan struktur, struktur gedung, rencana anggaran biaya

ABSTRACT

Hospital is a healthcare institution that provides comprehensive individual healthcare services, including inpatient, outpatient, and emergency care. Population growth and changes in health conditions are factors that influence the use of hospitals, especially inpatient services. Kediri city ranks first in the largest inpatient utilization in East Java. Therefore, in this study, the author plans to enhance Building Block C of Muhammadiyah Ahmad Dahlan Hospital in Kediri city with the aim of increasing healthcare service capacity. The building enhancement planning focuses only on designing the superstructure of the building. The data used consists of shop drawings, technical specifications, and soil data. The regulations used are SNI 2847-2019 for reinforced concrete analysis and design, SNI 1727-2020 for loading, and SNI 1726-2019 for seismic provisions. Structural analysis is conducted using ETABS 2021 software and AutoCAD is used to create detailed drawings of the planned enhancements. As for the result, it is obtained that floor slab with thickness is 125 mm with main reinforcement D10-150 in the x direction and D10-150 in the y direction, main beam (B1) dimension is 600/800 mm with reinforcement up to 6D25, main beam (B2) dimension is 550/700 mm with reinforcement up to 6D25, secondary beam (B3) dimension is 450/650 mm with reinforcement also up to 6D25, column (K1) dimension is 1000/1000 mm with reinforcement up to 20D25, and lastly column (K2) dimension is 800/800 mm with reinforcement also up to 20D25. As for the cost estimate of IDR. 24.008.781.678,79.

Keywords : redesign of structure, building structure, cost estimate

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah penduduk dan perkembangan kondisi kesehatan merupakan dua faktor utama yang berpengaruh pada pelayanan kesehatan, terutama dalam hal rawat inap di rumah sakit. Kediri merupakan salah satu kota di Jawa Timur yang mengalami perkembangan pesat pada jumlah penduduk ditinjau dari tahun 2021–tahun 2023, dan Kota Kediri berada di urutan pertama dengan penggunaan rawat inap terbanyak.

Mengenai hal tersebut, maka negara perlu antisipasi dan perlu ada wacana menambah kapasitas bangunan rumah sakit di Indonesia. Penambahan tingkat pada gedung rumah sakit memiliki keterkaitan dengan jumlah tenaga kesehatan, dengan meningkatnya gedung dapat meningkatkan kapasitas layanan dan memungkinkan untuk lebih banyak pasien yang akan dirawat. Mengenai penambahan kapasitas bangunan rumah sakit, tidak semua rumah sakit memiliki kapasitas lahan yang luas untuk memperluas area dalam penambahan kapasitas bangunan, selain itu kita dapat menambah kapasitas bangunan dengan cara meningkatkan bangunan kearah vertikal.

Untuk merancang suatu bangunan gedung bertingkat, terdapat faktor-faktor yang harus diperhatikan. Dimana perhitungan faktor-faktor beban yang terjadi di struktur disesuaikan dengan peraturan beban yang berlaku di Indonesia.

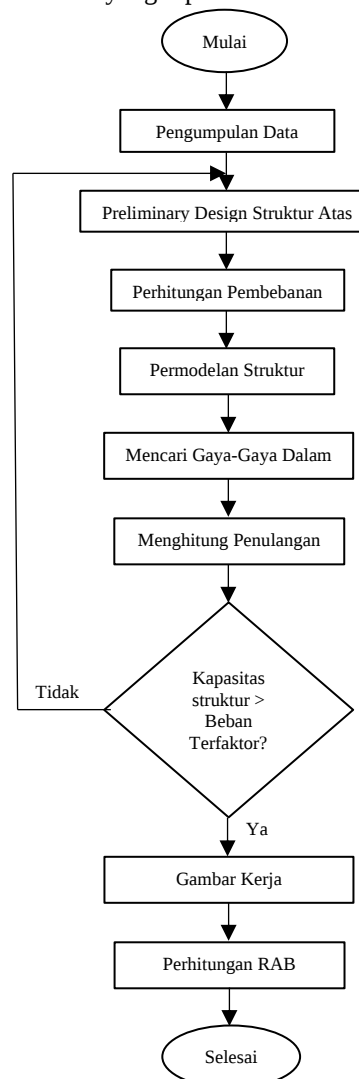
2. METODE

Data primer berupa data teknis yang digunakan sebagai acuan awal untuk perancangan struktur Gedung Blok C Rumah Sakit Muhammadiyah Ahmad Dahlan Kota Kediri, yang kemudian dilakukan permodelan sesuai data teknis, selanjutnya dilakukan analisis. Sedangkan data sekunder yang dimaksud adalah gambar *shop drawing* dan data hasil uji tanah.

Setelah pengumpulan data, dilakukan analisis dan pengolahan data yaitu *preliminary design* yang mengacu berdasarkan SNI 2847–2019. *Preliminary design* dilakukan untuk menentukan dimensi awal elemen struktur. Selanjutnya dilakukan permodelan elemen struktur menggunakan *software ETABS 2021*. Selanjutnya pembebanan yang mengacu pada SNI 1727–2020, perencanaan ketahanan gempa mengacu pada SNI 1726–2019, serta dilakukan analisis struktur guna memperoleh dimensi elemen struktur yang lebih kuat.

Diperoleh dimensi elemen struktur yang terbaik, dilakukan analisis penulangan tiap-tiap elemen struktur dengan bantuan *software ETABS 2021*. Dilakukan cek dan kontrol apakah semua elemen struktur termasuk aman.

Selanjutnya menggambar detail tiap-tiap elemen struktur sesuai hasil analisis yang diperoleh sebelumnya.



Gambar 1 Flowchart Perencanaan Peningkatan Gedung

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Preliminary Design Elemen Struktur

1. Dimensi Balok

Berikut merupakan persyaratan untuk menentukan dimensi awal balok induk dan balok anak. Diperkirakan h balok = $1/10$ sampai $1/15 L$, dan lebar balok diperkirakan $\frac{1}{2}$ sampai $\frac{2}{3} h$ balok.

Balok Induk (B1)

$$\begin{aligned}
 h &= 1/14 \\
 &= 8500 / 14 \\
 &= 607,143 \text{ mm} \\
 &= 650 \text{ mm} \\
 b &= 2/3 h \\
 &= 2/3 \times 650
 \end{aligned}$$

$$= 433,333 \text{ mm}$$

$$= 450 \text{ mm}$$

Balok Induk (B2)

$$h = l/14$$

$$= 8000 / 14$$

$$= 571,429 \text{ mm}$$

$$= 600 \text{ mm}$$

$$b = 2/3 h$$

$$= 2/3 \times 600$$

$$= 400 \text{ mm}$$

Balok Induk (B3)

$$h = l/14$$

$$= 5000 / 14$$

$$= 357,143 \text{ mm}$$

$$= 400 \text{ mm}$$

$$b = 2/3 h$$

$$= 2/3 \times 400$$

$$= 266,667 \text{ mm}$$

$$= 300 \text{ mm}$$

Balok Anak (B4)

$$h = l/14$$

$$= 4500 / 14$$

$$= 321,429 \text{ mm}$$

$$= 350 \text{ mm}$$

$$b = 2/3 h$$

$$= 2/3 \times 350$$

$$= 233,333 \text{ mm}$$

$$= 250 \text{ mm}$$

2. Dimensi Pelat

$$\text{Asumsi tebal awal pelat} = 150 \text{ mm}$$

$$L_y/L_x = 1,125$$

Berikut menentukan tebal pelat lantai menurut SNI 2847 – 2019 untuk pelat 2 arah :

$$\alpha_{fm} = \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cs} \times I_s} = \frac{10298437500}{1265625000} = 8,137$$

$$h = \frac{Ln \left(0,8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 9\beta} = \frac{4150 \left(0,8 + \frac{420}{1400} \right)}{36 + 9 \frac{4500}{4000}} = 98,970 \text{ mm}$$

Dengan rumus pendekatan sebagai berikut :

$$h = L / 36$$

$$= 4500 / 36$$

$$= 125 \text{ mm} > 90 \text{ mm}$$

3. Dimensi Kolom

Dimensi kolom direncanakan dengan cara menghitung beban mati dan beban hidup oleh kolom sehingga ditemukan luas penampang kolom.

a. Akibat Beban Mati Berat Sendiri (DL 1)

$$\text{Pelat} = 0,125 \cdot 4 \cdot 8 \cdot 24 \cdot 8 = 768,000 \text{ kN}$$

$$\text{B2} = 0,4 \cdot 0,6 \cdot 8 \cdot 24 \cdot 8 = 368,640 \text{ kN}$$

$$\text{BA} = 0,25 \cdot 0,35 \cdot 4 \cdot 24 \cdot 8 = 76,800 \text{ kN}$$

$$\text{Kolom} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 30 \cdot 24 = 583,200 \text{ kN}$$

$$\text{Total DL 1} = 1796,640 \text{ kN}$$

b. Akibat Beban Mati Tambahan (DL 2)

$$\text{Spesi} = 4 \cdot 0,21 \cdot 4 \cdot 8 \cdot 8 = 215,040 \text{ kN}$$

$$\text{Keramik} = 1 \cdot 0,24 \cdot 4 \cdot 8 \cdot 8 = 61,440 \text{ kN}$$

$$\text{Plafon} = (0,7 + 0,11) \cdot 4 \cdot 8 \cdot 8 = 207,360 \text{ kN}$$

$$\text{MEP} = 0,2 \cdot 4 \cdot 8 \cdot 8 = 51,200 \text{ kN}$$

$$\text{Total DL 2} = 535,040 \text{ kN}$$

$$\text{Total DL} = 2331,680 \text{ kN}$$

c. Akibat Beban Hidup

$$\text{Akibat beban hidup} = 4 \cdot 8 \cdot 1,92 \cdot 8$$

$$= 491,520 \text{ kN}$$

$$P_u = 1,2DL + 1,6LL$$

$$= 3584,448 \text{ kN}$$

$$A_g = 597408 \text{ mm}^2$$

$$b = h$$

$$= \sqrt{A_g}$$

$$= 772,922 \text{ mm}$$

$$= 800 \text{ mm}$$

Maka dimensi kolom K1 800/800 mm

Dengan perhitungan yang sama, didapatkan dimensi kolom K2 650/650 mm

Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur berdasarkan SNI 1727–2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain dan PPURG 1987 untuk berat sendiri material. Beban-beban yang bekerja pada gedung ini adalah sebagai berikut :

1. Beban Mati

Berat sendiri struktur beton bertulang dihitung secara otomatis menggunakan *software* ETABS 2021.

2. Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan pada pelat lantai 1,640 kN/m², pelat dak atap 1,430 kN/m², beban dinding 1 sebesar 1,3185 kN/m², beban dinding 2 sebesar 1,0335 kN/m², beban tangga 1,33 kN/m², dan beban pada bordes 4,79 kN/m²

3. Beban Hidup

Beban hidup pada ruang poliklinik, toilet, minimarket, ruang rawat inap, ruang dokter, ruang meeting, ruang komite, mushola, ruang karaoke dan studio, ruang fitness, dan atap masing-masing sebesar 1,92 kN/m², 2,791 kN/m², 4,79 kN/m², 0,887 kN/m², 1,92 kN/m², 2,297 kN/m², 3,687 kN/m², 1,92 kN/m², 4,790 kN/m², 4,790 kN/m², dan 2,82 kN/m².

4. Beban Angin

Beban angin dihitung secara otomatis menggunakan *software* ETABS 2021 dengan memasukkan data kecepatan angin dasar dan arah angin sesuai bangunan.

5. Beban Gempa

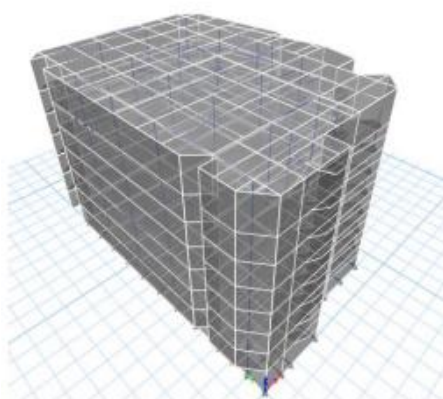
Untuk beban gempa dihitung secara otomatis menggunakan *software* ETABS 2021 dengan memasukkan data S_s , S_1 , T_L , R , I_e pada Kota Kediri masing-masing sebesar 0,8; 0,3; 20; 8; dan 1,5

6. Kombinasi Beban

Sistem struktur harus didesain untuk menahan beban terfaktor sesuai dengan konsep LRFD pada kombinasi pembebanan tanpa melebihi kekuatan desain komponen yang sesuai berdasarkan SNI 2847–2019.

Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur dan analisis struktur atas gedung pada penelitian ini menggunakan *software* ETABS 2021. Berikut merupakan pemodelan bangunan Gedung Blok C Rumah Sakit Muhammadiyah Ahmad Dahlan Kota Kediri yang telah direncanakan ulang dengan menambah kapasitas bangunan gedung dari 5 lantai menjadi 8 lantai :



3D Modelling Struktur

Pengecekan Struktur

Setelah dilakukan analisis menggunakan *software* ETABS 2021, didapatkan koreksi mengenai dimensi penampang balok dan kolom sebagai berikut :

Balok Induk (B1)	= 600/800 mm
Balok Induk (B2)	= 550/700 mm
Balok Anak (BA)	= 450/650 mm
Kolom K1	= 1000/1000 mm
Kolom K2	= 800/800 mm

Dan didapatkan nilai simpangan antar lantai arah X dan Y sebagai berikut :

Lantai	Simpangan Antar Tingkat	Simpangan Antar Tingkat	Simpangan antar tingkat izin	Cek
--------	-------------------------	-------------------------	------------------------------	-----

	Δx	Δy	Δa (mm)	
Atap	4,026	14,579	34,615	OK
Lantai 8	16,496	15,752	26,923	OK
Lantai 7	16,166	20,280	26,923	OK
Lantai 6	19,785	24,944	26,923	OK
Lantai 5	20,145	25,828	26,923	OK
Lantai 4	20,614	26,745	26,923	OK
Lantai 3	19,378	24,882	26,923	OK
Lantai 2	14,311	18,344	26,923	OK

Rekapitulasi pengaruh P-Delta arah X dan arah Y sebagai berikut :

Lantai	P kN	V _x kN	Koefisien Stabilitas θ_x	Koefisien Stabilitas θ_y
Atap	11865,271	2199,8575	0,0013	0,0039
Lantai 8	25329,336	4039,9411	0,0081	0,0065
Lantai 7	40180,495	5727,521	0,0088	0,0095
Lantai 6	55034,485	7151,981	0,0119	0,0129
Lantai 5	69780,422	8339,118	0,0131	0,0146
Lantai 4	85564,295	9312,804	0,0148	0,0166
Lantai 3	101348,16	10035,22	0,0152	0,0171
Lantai 2	118013,36	10443,68	0,0126	0,0142

Desain Elemen Struktur Beton Bertulang

1. Desain Pelat Lantai

a. Penulangan Lapangan

$$A_s \text{ perlu} = \frac{0,85 f_c' b}{f_y} \times \left(dx - \sqrt{dx^2 - \frac{2 M_u}{0,85 f_c' b w}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 30 \times 1000}{420} \times \left(100 - \sqrt{100^2 - \frac{2 \times 6136000}{0,85 \times 30 \times 1000}} \right)$$

$$= 164,558 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} \times b w \times d$$

$$= \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} \times 1000 \times 100$$

$$= 326,025 \text{ mm}^2$$

$$\text{As min} = \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d$$

$$= \frac{1,4}{420} \times 1000 \times 100$$

$$= 333,333 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Menentukan}$$

$$\text{As maks} = 0,025 \times b_w \times d$$

$$= 0,025 \times 1000 \times 100$$

$$= 2500 \text{ mm}^2$$

Jarak dipakai sebesar 200 mm

$$s = 200 < 3h$$

$$= 200 < 3 \times 125$$

$$= 200 < 375 \rightarrow \text{OK}$$

Dipakai tulangan D10 – 200 didapatkan nilai As pakai :

$$\text{As pakai} = \frac{1000}{s} \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1000}{200} \times \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 10^2$$

$$= 392,699 \text{ mm}^2$$

Menghitung tinggi blok tekan, a :

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{392,699 \times 420}{0,85 \times 30 \times 1000}$$

$$= 6,468 \text{ mm}$$

Untuk mutu beton $28 < f_c' < 55$, nilai β_1 menggunakan persamaan berikut ini :

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05 (f_c' - 28)}{7}$$

$$= 0,85 - \frac{0,05 (30 - 28)}{7}$$

$$= 0,836$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{6,468}{0,836}$$

$$= 7,739 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = 0,003 \frac{d-c}{c}$$

$$= 0,003 \frac{100 - 7,739}{7,739}$$

$$= 0,036 \geq 0,005 \text{ (Terkontrol tarik)}$$

$\epsilon_t \geq 0,005 \rightarrow$ Maka penampang terkendali tarik sehingga asumsi $\phi = 0,9$ sesuai.

Kontrol kapasitas momen penampang :

$$\phi M_n = \phi \times As \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,9 \times 392,699 \times 420 \left(100 - \frac{6,468}{2} \right)$$

$$= 14,364 \text{ kNm}$$

$$\frac{Mu}{\phi M_n} = \frac{6,136}{14,364}$$

$$= 0,427 < 1 \rightarrow \text{OK}$$

b. Penulangan Tumpuan

$$\text{As perlu} = \frac{0,85 f_c' b}{f_y} \times \left(dx - \sqrt{dx^2 - \frac{2Mu}{\phi}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 30 \times 1000}{420} \left(100 - \sqrt{100^2 - \frac{2 \times 13319000}{0,9}} \right)$$

$$= 363,219 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Menentukan}$$

$$\text{As min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} \times b_w \times d$$

$$= \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} \times 1000 \times 100$$

$$= 326,025 \text{ mm}^2$$

$$\text{As min} = \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d$$

$$= \frac{1,4}{420} \times 1000 \times 100$$

$$= 333,333 \text{ mm}^2$$

$$\text{As maks} = 0,025 \times b_w \times d$$

$$= 0,025 \times 1000 \times 100$$

$$= 2500 \text{ mm}^2$$

Jarak dipakai sebesar 150 mm

$$s = 150 < 3h$$

$$= 150 < 3 \times 125$$

$$= 150 < 375 \rightarrow \text{OK}$$

Dipakai tulangan D10 – 150 didapatkan nilai As pakai :

$$\text{As pakai} = \frac{1000}{s} \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1000}{150} \times \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 10^2$$

$$= 523,599 \text{ mm}^2$$

Menghitung tinggi blok tekan, a :

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{523,599 \times 420}{0,85 \times 30 \times 1000}$$

$$= 8,624 \text{ mm}$$

Untuk mutu beton $28 < f_c' < 55$, nilai β_1 menggunakan persamaan berikut ini :

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0,85 - \frac{0,05 (f_c' - 28)}{7} \\ &= 0,85 - \frac{0,05 (30 - 28)}{7} \\ &= 0,836\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{8,624}{0,836} \\ &= 10,316 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\epsilon_t &= 0,003 \frac{d-c}{c} \\ &= 0,003 \frac{100 - 10,316}{7,739} \\ &= 0,035 \geq 0,005 \text{ (Terkontrol tarik)}\end{aligned}$$

$\epsilon_t \geq 0,005 \rightarrow$ Maka penampang terkendali tarik sehingga asumsi $\phi = 0,9$ sesuai.

Kontrol kapasitas momen penampang :

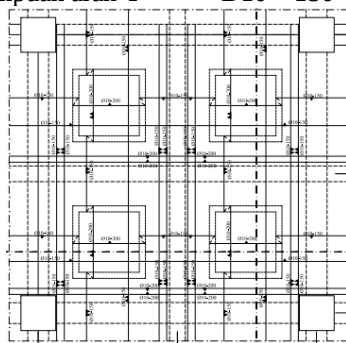
$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \times 523,599 \times 420 \left(100 - \frac{8,624}{2} \right) \\ &= 18,939 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\frac{M_u}{\phi M_n} = \frac{13,319}{18,939}$$

$$= 0,703 < 1 \rightarrow \text{OK}$$

Hasil dari desain pelat lantai dengan tebal 125 mm dan penulangan sebagai berikut :

Tulangan lapangan arah X = D10 – 200
Tulangan lapangan arah Y = D10 – 200
Tulangan tumpuan arah X = D10 – 150
Tulangan tumpuan arah Y = D10 – 150



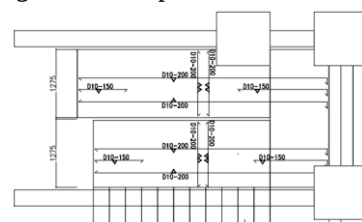
Detail Penulangan Pelat Lantai

2. Desain Tangga

Hasil dari desain pelat tangga dengan tebal 150 mm dan penulangannya sebagai berikut :

Tulangan longitudinal lapangan = D10 – 200

Tulangan longitudinal tumpuan = D10 – 150



Detail Penulangan Pelat Tangga

3. Desain Balok

Hasil dari desain balok dengan 3 tipe balok dan rincian penulangannya sebagai berikut :

Balok Induk (B1) dengan dimensi 600/800 mm:

Berikut merupakan momen dan gaya lintang untuk balok induk (B1) tersebut :

Momen lapangan = 356,5317 kNm

Momen tumpuan = 729,3683 kNm

Vu maks lapangan = 239,4898 kN

Vu maks tumpuan = 264,2329 kN

be pakai = 2350 mm

Asumsikan bahwa garis netral tepat dibawah pelat atau blok tekan setinggi pelat :

$$\begin{aligned}d &= h - \text{selimut beton} - \emptyset \text{ sengkang} - db/2 \\ &= 800 - 40 - 13 - 25/2 \\ &= 734,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

a. Penulangan Lapangan

$$A_s \text{ perlu} = \frac{0,85 f_c' b e}{f_y} \times \left(d - \sqrt{d^2 - \frac{2 M_u}{\phi f_c' b e}} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 30 \times 2350}{420} \left(734,5 - \sqrt{734,5^2 - \frac{2 \times 356532000}{0,9 \times 30 \times 2350}} \right)$$

$$= 1292,113 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} \times 2 b w \times d \\ &= \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} \times 1200 \times 734,5 \\ &= 2873,587 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ min} &= \frac{1,4}{f_y} \times 2 b w \times d \\ &= \frac{1,4}{420} \times 1200 \times 734,5 \\ &= 2938 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Menentukan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ maks} &= 0,025 \times b w \times d \\ &= 0,025 \times 600 \times 734,5 \\ &= 11017,5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipakai tulangan 6D25

As pakai = 2943,750 mm²

As' = 50% As

= 1471,875 mm² → 3D25

Kontrol regangan tulangan tarik :

d' = 65,5 mm

β₁ = 0,836

Asumsi baja tekan belum leleh dan baja Tarik sudah leleh

ΣH = 0

T = C_c + C_s

As x f_y = (0,85 x f_c' x a x b_e) + (As' f_s')

1236375 = (0,85 x 30 x 0,836 x 2350) +

1471,875 $\left(600 \frac{c-d'}{c}\right)$

1236375 = 50097,3c + 883125 $\frac{c-65,5}{c}$

1236375 c = 50097,3 c² + 883125 c - 57844687,5

50097,3 c² - 353250 c - 57844687,5 = 0

c = 37,688 mm

a = c β₁

= 37,688 x 0,836

= 31,507 mm

ε_s = $\frac{d-c}{c}$ 0,003

= $\frac{696,812}{37,688}$ 0,003

= 0,055 > ε_y = 0,0021 → OK, Asumsi

baja tarik sudah leleh

ε_s' = $\frac{c-d'}{c}$ 0,003

= $\frac{-27,812}{37,688}$ 0,003

= 0,002 < ε_y = 0,0021 → Asumsi baja

tekan belum leleh benar, maka menggunakan nilai f_s'

f_s' = ε_s' E_s

= 0,002 x 200000

= 400 MPa

Apabila f_s' < f_y, dalam perencanaan Balok Induk (B1) f_s' = 400 MPa < f_y = 420 MPa, maka digunakan nilai f_s' = 400 MPa

ε_t = $\frac{h-d'-c}{c}$ ε_c

= $\frac{696,812}{37,688}$ 0,003

= 0,055 > 0,005 → **Terkontrol tarik,**

asumsi φ = 0,9 benar

Kontrol momen kapasitas penampang :

M_n = C_c (d - a/2) + C_s (d - d')

= 0,85 f_c' a b_e (d - a/2) + As' f_s' (d - d')

= 0,85 . 30 . 31,507 . 2350 . (734,5 -

31,507/2) + 1471,875 . 400 . (734,5 -

65,5)

= 1357034342,582 + 393873750

= 1750908092,582 Nmm

= 1750,908 kNm

R = $\frac{Mu}{\phi Mn}$

= $\frac{356,532}{1575,817}$

= 0,226 < 1 → OK

b. Penulangan Tumpuan

As perlu = $\frac{0,85 f_c' b e}{f_y} \times \left(d - \sqrt{d^2 - \frac{2 Mu}{0,85 f_c' b e}} \right)$

= $\frac{0,85 \times 30 \times 2350}{420} \times$

$\left(734,5 \sqrt{734,5^2 - \frac{2 \times 29368000}{0,9}} \right)$

= 2660,797 mm²

As min = $\frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} \times 2 b w \times d$

= $\frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} \times 1200 \times 734,5$

= 2873,587 mm²

As min = $\frac{1,4}{f_y} \times 2 b w \times d$

= $\frac{1,4}{420} \times 1200 \times 734,5$

= 2938 mm² → Menentukan

As maks = 0,025 x b_w x d

= 0,025 x 600 x 734,5

= 11017,5 mm²

Dipakai tulangan 6D25

As pakai = 2943,750 mm²

$$\begin{aligned}
 A_s' &= 50\% A_s = \frac{652,04}{82,460} 0,003 \\
 &= 1471,875 \text{ mm}^2 \rightarrow 3D25 \\
 \text{Kontrol regangan tulangan tarik :} \\
 d' &= 65,5 \text{ mm} \\
 \beta_1 &= 0,836 \\
 \text{Asumsi baja tekan belum leleh dan baja tarik sudah leleh} \\
 \Sigma H &= 0 \\
 T &= C_c + C_s \\
 A_s \times f_y &= (0,85 \times f_c' \times a \times b) + (A_s' \times f_s') \\
 1236375 &= (0,85 \times 30 \times 0,836 \times 600) + \\
 &1471,875 \left(600 \frac{c-d'}{c} \right) \\
 1236375 &= 12790,8 c + 883125 \frac{c-65,5}{c} \\
 1236375c &= 12790,8 c^2 + 883125 c - 57844687,5 \\
 12790,8 c^2 - 353250 c - 57844687,5 &= 0 \\
 c &= 82,460 \text{ mm} \\
 a &= c \beta_1 \\
 &= 82,460 \times 0,836 \\
 &= 68,937 \text{ mm} \\
 \epsilon_s &= \frac{d-c}{c} 0,003 \\
 &= \frac{652,04}{82,460} 0,003 \\
 &= 0,024 > \epsilon_y = 0,0021 \rightarrow \text{OK, Asumsi} \\
 &\text{baja tarik sudah leleh} \\
 \epsilon_s' &= \frac{c-d'}{c} 0,003 \\
 &= \frac{16,96}{82,460} 0,003 \\
 &= 0,000617 < \epsilon_y = 0,0021 \rightarrow \text{Asumsi baja} \\
 &\text{tekan belum leleh benar, maka menggunakan} \\
 &\text{nilai } f_s' \\
 f_s' &= \epsilon_s' E_s \\
 &= 0,000617 \times 200000 \\
 &= 123,4 \text{ MPa} \\
 \text{Apabila } f_s' < f_y, \text{ dalam perencanaan Balok Induk} \\
 \text{(B1) } f_s' &= 123,4 \text{ MPa} < f_y = 420 \text{ MPa, maka} \\
 \text{digunakan nilai } f_s' &= 123,4 \text{ MPa} \\
 \epsilon_t &= \frac{h-d'-c}{c} \epsilon_c
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,024 > 0,005 \rightarrow \text{Terkontrol tarik,} \\
 &\text{asumsi } \phi = 0,9 \text{ benar} \\
 \text{Kontrol momen kapasitas penampang :} \\
 M_n &= C_c (d - a/2) + C_s (d - d') \\
 &= 0,85 f_c' a b (d - a/2) + A_s' f_s' (d - d') \\
 &= 0,85 \cdot 30 \cdot 68,937 \cdot 600 \cdot (734,5 - \\
 &\quad 68,937/2) + 1471,875 \cdot 123,4 \cdot (734,5 - \\
 &\quad 65,5) \\
 &= 738348494,187 + 121510051,875 \\
 &= 859858546,062 \text{ Nmm} \\
 &= 859,859 \text{ kNm} \\
 R &= \frac{M_u}{\phi M_n} \\
 &= \frac{729,368}{773,873} \\
 &= 0,942 < 1 \rightarrow \text{OK} \\
 \text{c. Tulangan Transversal} \\
 M_{pr} &= A_s \cdot 1,25 f_y (d - a/2) - A_s' 1,25 f_s' (d' - \\
 &\quad a/2) \\
 &= 2943,750 \times 1,25 \times 420 \times (734,5 - \\
 &\quad 68,937/2) - 1471,875 \times 1,25 \times 123,4 \times \\
 &\quad (65,5 - 68,937/2) \\
 &= 1081876807,266 - 7045289,938 \\
 &= 1074831517,328 \text{ Nmm} \\
 &= 1074,832 \text{ kNm} \\
 D_{ka} &= 264,233 \text{ kN} \\
 D_{ki} &= 116,967 \text{ kN} \\
 V_{ka} &= \frac{M_{pr}}{L_n} - \frac{D_{ki} + D_{ka}}{2} \\
 &= \frac{1088,922}{7} - \frac{264,233 + 116,967}{2} \\
 &= 153,547 - 190,600 \\
 &= -37,053 \text{ kN} \\
 V_{ki} &= \frac{M_{pr}}{L_n} + \frac{D_{ki} + D_{ka}}{2} \\
 &= 153,547 + 190,600 \\
 &= 344,147 \text{ kN} \\
 V_E &= 344,147 \text{ kN} \\
 \text{Menghitung tahanan geser beton (V_u)} \\
 V_u &= \phi V_c + \phi V_s \\
 \phi &= 0,75 \\
 \text{Gaya geser maksimum akibat beban gempa :}
 \end{aligned}$$

$$V_{pr} = \frac{M_{pr}}{L_n}$$

$$= 153,547 \text{ kN}$$

$$\frac{1}{2} V_E = \frac{1}{2} \times 344,147$$

$$= 172,074 \text{ kN}$$

$$V_{pr} < \frac{1}{2} V_E$$

$$153,547 < 172,074 \rightarrow V_c \neq 0$$

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b_w \times d$$

$$= 0,17 \times 1 \times \sqrt{30} \times 600 \times 734,5$$

$$= 410348,263 \text{ N}$$

$$= 410,348 \text{ kN}$$

Periksa kecukupan penampang :

$$\phi (V_c + 0,66 \sqrt{f'c'} \times b_w \times d) > V_u$$

$$0,75(410348,263 + 1593116,785) > 264233 \text{ N}$$

$$1502598,786 \text{ N} > 264233 \text{ N (OK)}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u$$

$$\frac{1}{2} \times 0,75 \times 410348,263 < 264233 \text{ N}$$

$$153880,599 \text{ N} < 264233 \text{ N}$$

→ Diperlukan tulangan geser

Tulangan transversal pada tumpuan direncanakan menggunakan 3D13

$$A_s = 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= 3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2$$

$$= 398,197 \text{ mm}^2$$

Syarat jarak maksimal tidak boleh melebihi nilai terkecil dari nilai-nilai berikut ini :

$$- d/4 = 734,5/4 = 183,625 \text{ mm}$$

$$- 6d_b = 6 \times 25 = 150 \text{ mm} \rightarrow$$

Menentukan

$$- 150 \text{ mm}$$

Berdasarkan jarak maksimal diatas, maka diambil jarak tulangan transversal pada tumpuan sebesar $s = 150 \text{ mm}$ (3D13 – 150)

$$V_s = A_s \times f_y \times d/s$$

$$= 398,197 \times 420 \times 734,5/100$$

$$= 818931,950 \text{ N}$$

$$= 818,932 \text{ kN}$$

Kontrol kapasitas gaya pada penampang :

$$\phi V_n = \phi (V_c + V_s)$$

$$= 0,75 (410348,263 + 818931,950)$$

$$= 92196015,99 \text{ N}$$

$$= 921,960 \text{ kN}$$

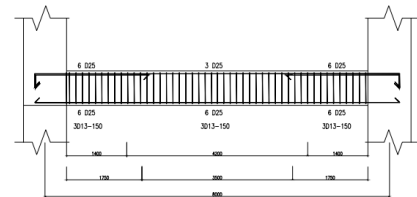
$$\frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{264233}{92196015,99}$$

$$= 0,287 < 1 \rightarrow \text{OK}$$

Tulangan transversal pada lapangan akan direncanakan menggunakan 3D13 – 150 sama dengan sengkang di daerah tumpuan, dikarenakan sepanjang balok terdapat bidang D.

Didapatkan hasil penulangan sebagai berikut :

Tulangan tarik di tumpuan 6D25
 Tulangan tekan di tumpuan 6D25
 Tulangan tarik di lapangan 6D25
 Tulangan tekan di lapangan 3D25
 Tulangan sengkang di tumpuan 3D13 – 150
 Tulangan sengkang di lapangan 3D13 – 150

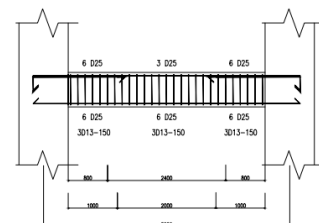


Detail Penulangan Balok Induk (B1)

Dengan cara yang sama didapatkan hasil desain balok induk (B2) dan balok anak (B3) sebagai berikut :

Balok Induk (B2) dengan dimensi 550/700 mm:

Tulangan tarik di tumpuan 6D25
 Tulangan tekan di tumpuan 6D25
 Tulangan tarik di lapangan 6D25
 Tulangan tekan di lapangan 3D25
 Tulangan sengkang di tumpuan 3D13 – 150
 Tulangan sengkang di lapangan 3D13 – 150



Detail Penulangan Balok Induk (B2)

Balok Anak (B3) dengan dimensi 450/650 mm:

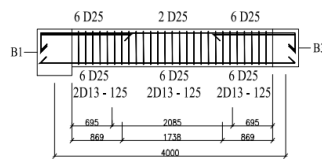
Tulangan tarik di tumpuan 6D25
 Tulangan tekan di tumpuan 6D25

Tulangan tarik di lapangan 6D25

Tulangan tekan di lapangan 2D25

Tulangan sengkang di tumpuan 3D13 – 125

Tulangan sengkang di lapangan 3D13 – 125



Detail Penulangan Balok Anak (B3)

4. Desain Kolom

Hasil dari desain kolom dengan 2 tipe kolom dan rincian penulangannya sebagai berikut :

Kolom K1 1000/1000 mm:

Tulangan Utama 24D25

Tulangan sengkang di tumpuan 6D13 – 125

Tulangan sengkang di lapangan 6D13 – 150

Diagram Interaksi Kolom

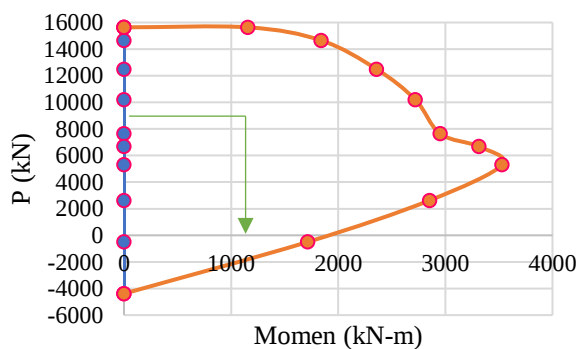
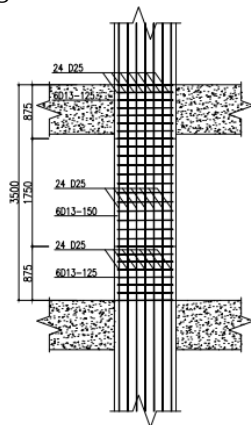


Diagram Interaksi Kolom K1



Detail Penulangan Kolom Lantai 1-4 (K1)

Kolom K2 800/800 mm:

Tulangan Utama 20D25

Tulangan sengkang di tumpuan 6D13 – 125

Tulangan sengkang di lapangan 6D13 – 150

Diagram Interaksi Kolom

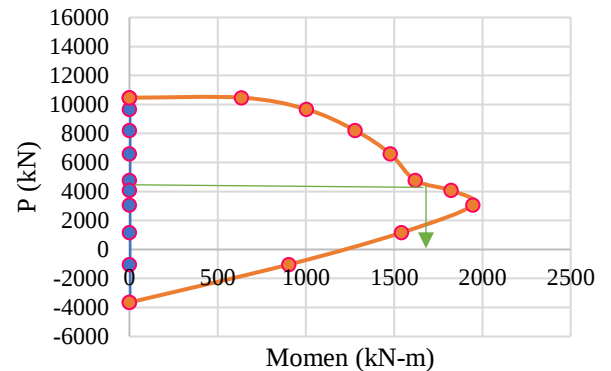
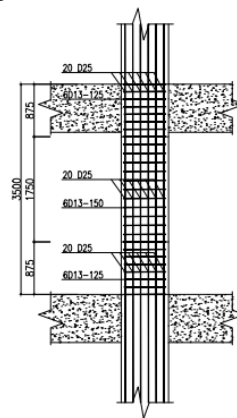


Diagram Interaksi Kolom K2



Detail Penulangan Kolom Lantai 5-8 (K2)

Rencana Anggaran Biaya

1. Item Pekerjaan

Uraian pekerjaan yang ditinjau meliputi :

- Pekerjaan Persiapan
- Pekerjaan Pembesian
- Pekerjaan Bekisting
- Pekerjaan Pengecoran

2. Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan yang dihitung meliputi :

- Volume pekerjaan pembesian balok, kolom, pelat lantai dan pelat tangga
- Volume pekerjaan bekisting pada pekerjaan balok, kolom, pelat lantai, dan pelat tangga
- Volume pekerjaan pengecoran beton pada pekerjaan balok, kolom, pelat lantai, dan pelat tangga

3. Analisa Harga Satuan Pokok Kegiatan

Analisa harga satuan pokok kegiatan yang digunakan merupakan analisa harga satuan pokok kegiatan pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Muhammadiyah Ahmad Dahlan Kota Kediri.

4. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah (Rp)
1	Pekerjaan Persiapan	191.000.000,00
2	Pekerjaan Struktur Lantai 1	2.447.686.439,67
3	Pekerjaan Struktur Lantai 2	2.499.068.800,47
4	Pekerjaan Struktur Lantai 3	2.499.068.800,47
5	Pekerjaan Struktur Lantai 4	2.499.068.800,47
6	Pekerjaan Struktur Lantai 5	2.414.424.476,25
7	Pekerjaan Struktur Lantai 6	2.414.424.476,25
8	Pekerjaan Struktur Lantai 7	2.414.424.476,25
9	Pekerjaan Struktur Lantai 8	2.414.424.476,25
10	Pekerjaan Struktur Atap	1.835.942.297,88
TOTAL BIAYA		21.629.533.043,96
PPN 11%		2.379.248.634,84
TOTAL BIAYA KESELURUHAN		24.008.781.678,79

4. KESIMPULAN

- Desain Pelat Lantai
Pelat lantai dengan tebal 125 mm dan penulangannya sebagai berikut :
Tulangan lapangan arah X = D10 – 200
Tulangan lapangan arah Y = D10 – 200
Tulangan tumpuan arah X = D10 – 150
Tulangan tumpuan arah Y = D10 – 150
- Desain Tangga
Pelat tangga dengan tebal 150 mm dan penulangannya sebagai berikut :
Tulangan longitudinal lapangan = D10 – 200
Tulangan longitudinal tumpuan = D10 – 150
- Desain Balok
Balok Induk (B1) dengan dimensi 600/800 mm dan penulangannya sebagai berikut :
Tulangan tarik di tumpuan 6D25
Tulangan tekan di tumpuan 6D25
Tulangan tarik di lapangan 6D25
Tulangan tekan di lapangan 3D25
Tulangan sengkang di tumpuan 3D13 – 150
Tulangan sengkang di lapangan 3D13 – 150

Balok Induk (B2) dengan dimensi 550/700 mm dan penulangannya sebagai berikut :

Tulangan tarik di tumpuan 6D25
Tulangan tekan di tumpuan 6D25
Tulangan tarik di lapangan 6D25
Tulangan tekan di lapangan 3D25
Tulangan sengkang di tumpuan 3D13 – 150
Tulangan sengkang di lapangan 3D13 – 150

Balok Anak (B3) dengan dimensi 450/650 mm dan penulangannya sebagai berikut :

Tulangan tarik di tumpuan 6D25
Tulangan tekan di tumpuan 6D25
Tulangan tarik di lapangan 6D25
Tulangan tekan di lapangan 2D25
Tulangan sengkang di tumpuan 3D13 – 125
Tulangan sengkang di lapangan 3D13 – 125

4. Desain Kolom

Kolom K1 1000/1000 mm dan penulangannya sebagai berikut:

Tulangan Utama 24D25
Tulangan sengkang di tumpuan 6D13 – 125
Tulangan sengkang di lapangan 6D13 – 150

Kolom K2 800/800 mm dan penulangannya sebagai berikut:

Tulangan Utama 20D25
Tulangan sengkang di tumpuan 6D13 – 125
Tulangan sengkang di lapangan 6D13 – 150

- Rencana Anggaran Biaya sebesar **Rp. 24.008.781.678,79**

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2020). *Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain*. SNI 1727 : 2020. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan*. SNI 2847 : 2019. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). *Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*. SNI 1726 : 2019. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2017). *Baja Tulangan Beton*. SNI 2052 : 2017. Jakarta.