

MEWUJUDKAN KEUNGGULAN TEKNOLOGI: RANCANGAN STRUKTURAL KOMPOSIT SRPMK UNTUK GEDUNG TAHFIDZ UIN MALANG

Budi Santoso¹

¹Dosen Teknik Sipil Universitas Islam Malang
email: budi.santoso@unisma.ac.id

ABSTRAK

Pembangunan Apartemen Taman Melati Malang yang dibangun di Jl. MT. Haryono Gg. 19 Kota Malang, bangunan berfungsi sebagai apartemen, dengan 12 lantai struktur dan tinggi gedung 40,50 m, lokasi bangunan berada di Kota Malang, dimana merupakan wilayah dengan resiko gempa menengah, namun tingkat ketinggian bangunan 40,50 m menyebabkan bangunan beresiko tinggi terhadap gempa, sehingga diperlukan perencanaan struktur yang mampu menerima beban gempa resiko tinggi. Pada tugas akhir ini gedung apartemen Taman Melati Malang dirancang dengan konstruksi beton bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Perancangan komponen meliputi perancangan pelat, balok, kolom, *joint* balok-kolom dan pondasi mengacu pada peraturan SNI 1726-2012 dan SNI 2847-2013. Beban yang dianalisis berupa beban mati, hidup, dan gempa (lateral). Mutu baja ulir $f_y = 390$ Mpa, polos $f_y = 240$ Mpa, dan mutu beton $f_c' = 35$ Mpa. Studi perencanaan ini menghasilkan tebal pelat 14 cm dengan tulangan pokok $\phi 10$ -100 dan tulangan bagi $\phi 8$ -100. Balok anak dimensi 40/60 cm, sedangkan untuk balok induk dimensi yang digunakan adalah 60/90 cm. Dimensi kolom yang digunakan adalah untuk tipe K1 110/110 cm, tipe K2 100/100cm dan K3 70/70 cm. Kuat geser reduksi (ϕV_n) = 4616,317 kN > gaya geser pada potongan x-x (V_{x-x}) = 3529,5449 kN, sehingga *joint* cukup mampu menahan gaya geser yang terjadi. Pondasi yang digunakan berupa pondasi tiang pancang dengan ukuran poer pondasi 2,4 m x 2,4 m. Spesifikasi tiang pancang diameter 40 cm dengan jumlah 4 buah tiang pada kedalaman 20 m.

Kata Kunci : SRPMK, Struktur Beton Bertulang, Tahan Gempa

ABSTRACT

Construction of the Taman Melati Malang Apartment which was built on Jl. MT. Haryono Gg. 19 Malang City, the building functions as an apartment, with a 12-story structure and a building height of 40.50 m, the location of the building is in Malang City, which is an area with medium earthquake risk, but the building height level of 40.50 m causes the building to be at high risk of earthquakes, so it is necessary to plan a structure that is able to accept high risk earthquake loads. In this final project, the Taman Melati Malang apartment building was designed with reinforced concrete construction with a Special Moment Resisting Frame System (SRPMK). Component design includes designing plates, beams, columns, beam-column joints and foundations referring to the regulations SNI 1726-2012 and SNI 2847-2013. The loads analyzed are dead, live and earthquake (lateral) loads. The quality of threaded steel $f_y = 390$ Mpa, plain $f_y = 240$ Mpa, and concrete quality $f_c' = 35$ Mpa. This planning study resulted in a plate thickness of 14 cm with main reinforcement of $\phi 10$ -100 and reinforcement of $\phi 8$ -100. The dimensions of the child beams are 40/60 cm, while for the main beam the dimensions used are 60/90 cm. The column dimensions used are for type K1 110/110 cm, type K2 100/100cm and K3 70/70 cm. Reduction shear strength (ϕV_n) = 4616.317 kN > shear force at section x-x (V_{x-x}) = 3529.5449 kN, so that the joint is quite capable of withstanding the shear force that occurs. The foundation used is a pile foundation with a foundation diameter of 2.4 m x 2.4 m. Pile specifications with a diameter of 40 cm with a total of 4 piles at a depth of 20 m.

Keywords: SRPMK, Reinforced Concrete Structure, Earthquake Resistant

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang sedang berkembang pesat, terutama dalam segi bisnis. Hal ini terlihat dari banyaknya gedung pencakar langit, mall, hotel serta infrastruktur baru yang tengah dibangun, mulai dari sarana transportasi hingga tempat-tempat wisata.

Pertumbuhan penduduk di Indonesia yang cukup tinggi memungkinkan kebutuhan hunian akan terus meningkat seiring dengan berjalannya waktu.

Kota Malang yang merupakan salah satu kota pendidikan dan pariwisata di Indonesia ini juga mengalami perkembangan yang cukup signifikan. Dengan banyaknya lembaga pendidikan yang tersedia serta potensi wisata yang tinggi memungkinkan para pendatang dari luar kota maupun luar negeri untuk datang dan menetap dalam beberapa waktu. Hal ini menyebabkan populasi penduduk di Kota Malang semakin banyak sehingga kebutuhan hunian atau tempat tinggal juga ikut meningkat. Namun, di daerah perkotaan, jumlah lahan yang tersedia sangat terbatas sehingga dibutuhkan konsep rumah susun vertikal. Dengan memanfaatkan konsep tersebut, pembuatan hunian dalam jumlah yang banyak dengan luas tanah yang terbatas bisa teratasi.

Apartemen adalah salah satu jenis konstruksi hunian berbentuk vertikal. Apartemen adalah bangunan yang memuat beberapa grup hunian, yang berupa rumah flat atau rumah petak bertingkat yang diwujudkan untuk mengatasi masalah perumahan akibat kepadatan tingkat hunian dan keterbatasan lahan dengan harga yang terjangkau di perkotaan. (Endy Marlina: 2008). Konsep dari apartemen itu sendiri yaitu membagi gedung menjadi beberapa unit hunian yang dilengkapi dengan fasilitas tertentu. Saat ini, apartemen menjadi pilihan hunian alternatif bagi para penduduk di kota besar dikarenakan lahan yang terbatas serta biaya yang jauh lebih mahal jika membangun rumah sendiri.

Menurut SK SNI-03-1726-2012, Kota Malang merupakan salah satu kota di Indonesia yang termasuk kawasan resiko gempa menengah, sehingga bangunan-bangunan bertingkat tinggi yang akan dibangun harus mampu menahan gaya lateral akibat gempa. Oleh karena itu, perlu direncanakan struktur bangunan tahan gempa yang artinya bangunan tersebut boleh rusak (pada saat gempa terjadi) tapi tidak boleh runtuh dan masih dapat berfungsi dengan cara meningkatkan kekakuan struktur terhadap gaya lateral.

Melihat dari berbagai permasalahan yang telah diuraikan di atas, maka melalui Tugas Akhir ini akan direncanakan sebuah struktur gedung Apartemen Taman Melati Malang yang terletak di Jl. MT. Haryono Gg. 19, Malang. Apartemen ini berbentuk tidak beraturan sehingga dalam perencanaan dibagi menjadi 3 tower, dimana yang penulis gunakan adalah salah satu tower yang memiliki 12 lantai + basement.

Perencanaan suatu struktur gedung atau non gedung tahan gempa harus mengikuti peraturan standart nasional yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Pemerintah telah menerbitkan peraturan SNI terbaru mengenai metode perencanaan struktur tahan gempa untuk gedung maupun non gedung yaitu SNI 1727-2013 dan persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung yaitu SNI 2847-2013. Kedua persyaratan ini termasuk yang terbaru yang diterbitkan oleh pemerintah dibutuhkan pemahaman yang mendalam agar dapat diterapkan dalam perencanaan struktur bangunan gedung.

Metode analisis pembebanan struktur ini menggunakan software STAAD Pro v8i. STAAD Pro v8i. merupakan software yang diperuntukan untuk melakukan analisis dan desain struktur dengan cepat dan akurat.

Identifikasi Masalah

Dari uraian latar belakang diatas dapat diperoleh identifikasi masalah sebagai berikut :

1. Sesuai dengan pembagian wilayah gempa yang ada, struktur ini lebih optimal bila didesain menggunakan SRPMK.
2. Bagaimana desain komponen struktur sesuai syarat SRPMK.
3. Bagaimana menentukan dimensi portal yang memenuhi syarat.
4. Kondisi dimensi dan jarak tiang pancang disesuaikan dengan data SPT.
5. Analisis pembebanan seharusnya memakai *software* analisis seperti *STAAD Pro v8i*.

Rumusan Masalah

Berdasarkan idenfitikasi masalah, maka dalam studi ini ada beberapa rumusan masalah yaitu:

1. Berapa dimensi dan tulangan pada pelat lantai?
2. Berapa besarnya beban gempa *seismic* yang direncanakan dengan SRPMK?
3. Berapa dimensi balok dan kolom beton bertulang serta penulangan sambungan balok-kolom dengan menggunakan SRPMK?
4. Berapa dimensi dan jumlah tiang pancang yang yang direncanakan?

Lingkup Pembahasan

1. Perhitungan struktur pelat lantai
2. Pembebanan analisa perencanaan portal.
3. Analisa portal struktur dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK)

TINJAUAN PUSTAKA

Umum

Pada struktur bangunan bertingkat, massa dari struktur terpusat pada setiap lantai dari bangunan. Maka beban lateral dari gempa akan terdistribusi pada setiap lantai di atasnya. Dengan demikian perlu adanya perhitungan beban gempa horizontal yang bekerja pada kedua arah sumbu utama.

Beban Struktur

Perencanaan struktur bangunan harus memperhitungkan faktor pembebanan yang akan dipikul oleh struktur tersebut. Beban-beban tersebut dapat berupa beban mati, beban hidup, beban gempa dan beban hujan yang bekerja pada struktur tersebut. Pengertian dari beban-beban tersebut menurut Peraturan Pembebanan Untuk Gedung (PPI, 1983, Hal 7) adalah sebagai berikut:

Beban-beban yang dipakai dalam perhitungan adalah :

- a. Beban mati
- b. Beban hidup
- c. Beban gempa

Pelat

$$h = \frac{\ln(0.8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9\beta(afm - 0.2)}$$
$$h = \frac{\ln(0.8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9\beta}$$

Kolom

Kolom merupakan batang tekan dari rangka struktur yang memikul beban dari balok, kolom merupakan suatu elemen struktur penting dalam suatu bangunan. Perencanaan dimensi harus sesuai persyaratan yang ditentukan dalam SNI 2847-2013 pasal 21.5.1.4 yaitu lebar komponen struktur (bw) balok tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu (kolom), ditambah suatu jarak pada masing-masing sisi komponen struktur penumpu yang sama dengan yang lebih kecil dari :

1. Lebar komponen struktur penumpu, dan
2. 0,75 kali dimensi keseluruhan struktur penumpu.

Kolom harus direncanakan untuk memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum yang berasal dari beban terfaktor pada bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau. (SNI-03-2847-2002)

Aspasang = πDp^2 x jumlah tulangan

Balok

$$h_{\min} = \frac{1}{12} L, h_{\max} = \frac{1}{8} L$$
$$b_{\min} = \frac{1}{2} h, b_{\max} = \frac{2}{3} h$$

Joint Balok Kolom

Daerah joint balok kolom merupakan daerah kritis pada suatu struktur rangka beton bertulang, yang harus didesain secara khusus untuk berdeformasi inelastik pada saat terjadi gempa kuat.

$$A_j = b_{\text{balok}} \times h_{\text{kolom}}$$

$$T_1 = A_{s_{\text{balok}}} \times 1,25 f_y$$

$$T_2 = A_{s'_{\text{balok}}} \times 1,25 f_y$$

$$V_u = T_1 + T_2 - V_h$$

$$V_n = 1,7 \sqrt{f_c} A_j$$

Analisis Perencanaan Struktur Gempa (SNI 1726-2012)

Gempa rencana

Faktor Keutamaan Resiko Struktur Bangunan

Klasifikasi Situs dalam Perumusan Desain Seismik

Parameter Percepatan Gempa

Spektral Desain

Spektrum Respond Desain
 Sistem Struktur
 Faktor Redudansi
 Kombinasi dan Beban Gempa
 Geser Dasar Seismik
 Periode Fundamental
 Distribusi Vertikal Gaya Gempa

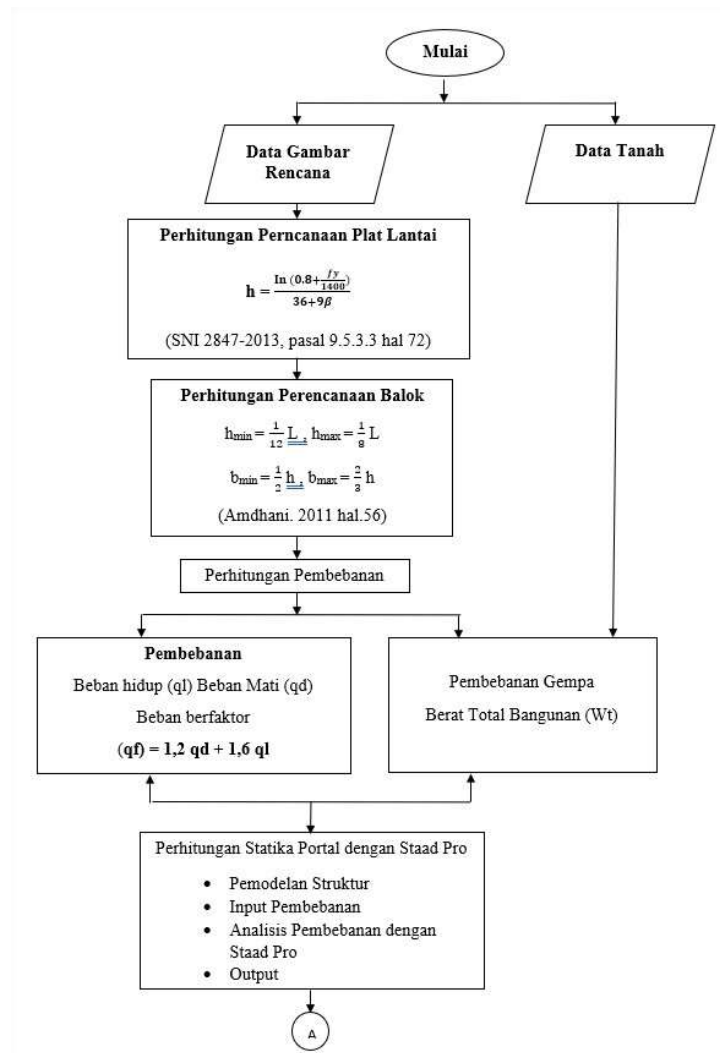
$$F_x = C_{vx} V$$

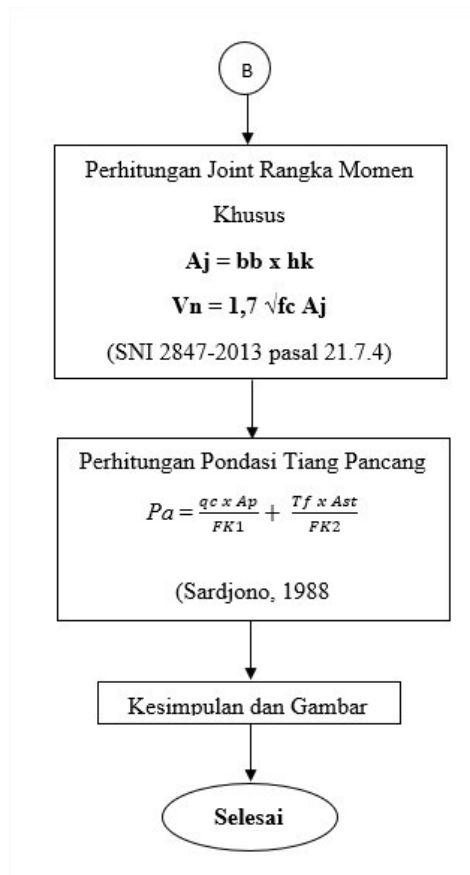
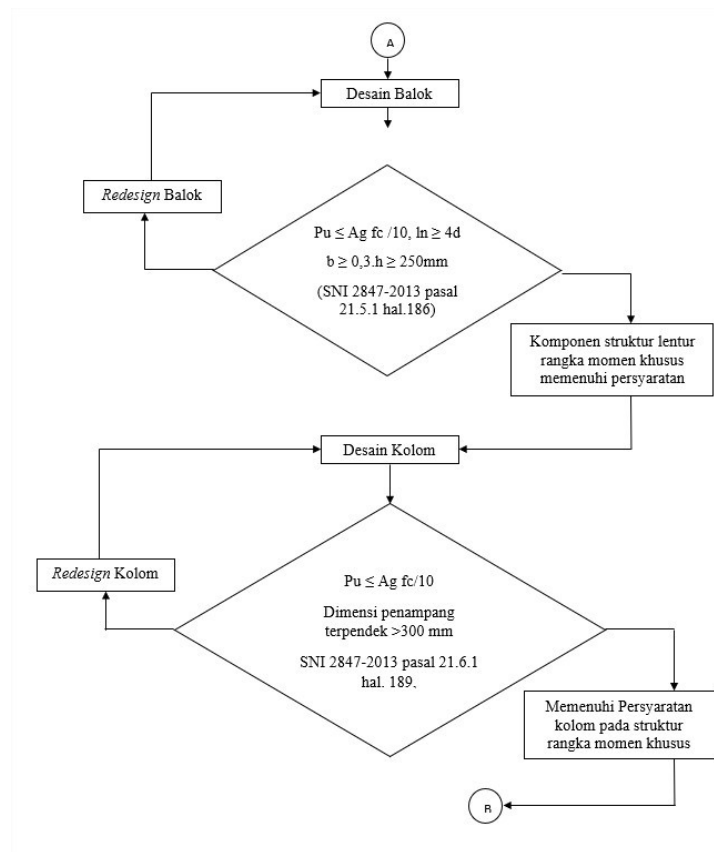
Pondasi Tiang Pancang

$$P_a = \frac{q_c \times A_p}{FK1} + \frac{\sum li \cdot fi \times A_{st}}{FK2}$$

$$S < (1,57 d \cdot m \cdot n) / (m + n - 2)$$

METODOLOGI PERENCANAAN





PEMBAHASAN DAN ANALISA

Data Perencanaan

1. Lokasi Bangunan : Kota Malang
2. Fungsi Bangunan : Apartemen
3. Konstruksi Bangunan: Struktur Beton Bertulang
4. Sistem Struktur : Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus
5. Jenis Tanah : Tanah Sedang
6. Jumlah Lantai : 12 Lantai
: 1 Basement
7. Lebar Bangunan : 38,10 m
8. Panjang Bangunan : 25,06 m
9. Tinggi Bangunan : 40,50 m
 - a. Lantai 1 : 3,00 m
 - b. Lantai 2 : 7,50 m
 - c. Lantai 3 : 11,50 m
 - d. Lantai 4 : 16,50 m
 - e. Lantai 5 : 19,50 m
 - f. Lantai 6 : 22,50 m
 - g. Lantai 7 : 25,50 m
 - h. Lantai 8 : 28,50 m
 - i. Lantai 9 : 31,50 m
 - j. Lantai 10 : 34,50 m
 - k. Lantai 11 : 37,50 m
 - l. Atap : 40,50 m
10. Data Mutu Bahan :
 - a. Mutu Beton f_c' : 35 Mpa
 - b. Mutu Baja polos f_y : 240 Mpa
 - c. Mutu Baja ulir f_y : 390 Mpa

Dimensi Balok

Balok merupakan elemen struktural yang menyalurkan beban dari pelat ke kolom. Untuk menentukan Balok merupakan tinggi (h) balok digunakan persamaan $1/12 \times L$ s.d $1/8 \times L$, sedangkan lebar (b) balok digunakan $1/2 \times h$ dan $2/3 \times h$. (Amdhani. 2011 hal.56)

Dimensi balok induk arah melintang line 4 yang direncanakan :

Bentang (L) 8 m = 840 cm

$h_{min} = 1/12 \cdot L = 1/12 \cdot 840 = 70 \text{ cm}$

$h_{max} = 1/8 \cdot L = 1/8 \cdot 840 = 105 \text{ cm}$

maka, tinggi balok (h) di ambil = 90 cm

$b_{min} = 1/2 \cdot h = 1/2 \cdot 90 = 45 \text{ cm}$

$b_{max} = 2/3 \cdot h = 2/3 \cdot 90 = 60 \text{ cm}$

maka, lebar balok (b) di ambil = 60 cm

Dimensi balok melintang yang direncanakan sebagai berikut :

Balok 1 => 60/90 cm

Dimensi balok anak arah melintang yang direncanakan :

Bentang (L) 8 m = 840 cm

$h_{min} = 1/15 \cdot L = 1/15 \cdot 840 = 56 \text{ cm}$

$h_{max} = 1/10 \cdot L = 1/10 \cdot 840 = 84 \text{ cm}$

maka, tinggi balok (h) di ambil = 60 cm

$b_{min} = 1/2 \cdot h = 1/2 \cdot 60 = 30 \text{ cm}$

$b_{max} = 2/3 \cdot h = 2/3 \cdot 60 = 40 \text{ cm}$

maka, lebar balok (b) di ambil = 40 cm

Dimensi balok anak yang direncanakan sebagai berikut :

Balok 1 => 40/60 cm

Perencanaan Plat lantai

Menentukan tebal pelat minimum, Untuk α_{fm} lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum Sesuai dengan (SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3) Maka, tebal pelat direncanakan (h_f) = 14 cm

Kontrol tebal pelat $\alpha_{fm} > 0,2$

$$h = (7800 (0.8 + f_y/1400)) / (36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0,2))$$

$$140 = (7800 (0.8 + 240/1400)) / (36 + 5 \times 2,21 (\alpha_{fm} - 0,2))$$

$$140 = (7800 (0,97)) / (36 + 11,05 (\alpha_{fm} - 0,2))$$

$$140 = 7566 / (36 + 11,05\alpha_{fm} - 2,21)$$

$$140 = 7566 / (33,79 + 11,05\alpha_{fm})$$

$$140 + 11,05\alpha_{fm} = 7566 / 33,79$$

$$11,05\alpha_{fm} = 223,91 - 140$$

$$\alpha_{fm} = 83,91 / 11,05 = 7,59$$

$\alpha_{fm} > 2,0$

Dikarenakan $\alpha_{fm} = 7,59 > 2,0$ maka tebal pelat rencana (h_f) = 14 cm memenuhi syarat.

Pembebanan Plat

Beban Mati (q_d) :

Beban Berfaktor (q_f) :

$$q_f = 1,2 q_d + 1,6 q_l$$

$$q_f = (1,2 \times 471) + (1,6 \times 383,2)$$

$$q_f = 1178,32 \text{ kg/m}^2$$

$$Mu \text{ Mlx} = 982,654 \text{ kgm} = 9,827 \text{ kNm}$$

$$As_{perlu} = \rho_{min} \cdot b \cdot d_x$$

$$As_{perlu} = 0,0058 \cdot 1000 \cdot 115$$

$$As_{perlu} = 667 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan pokok Ø10-100 (Tabel tulangan dan jarak tulangan)

$$As_{ada} = 1000/100 \times 1/4 \cdot \pi \cdot \phi_{tulangan}^2$$

$$As_{ada} = 1000/100 \times 1/4 \cdot 3,14 \cdot 10^2$$

$$As_{ada} = 785 \text{ mm}^2 > As_{perlu} = 667 \text{ mm}^2 \dots \text{OK}$$

Tulangan bagi direncanakan Ø8 mm

$$As'_{bagi} = \rho \cdot b \cdot d_x$$

$$As'_{bagi} = 0,0042 \times 1000 \times 115$$

$$As'_{bagi} = 483 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan bagi Ø8-100 (Tabel tulangan dan jarak tulangan)

$$As'_{ada} = 1000/100 \times 1/4 \cdot \pi \cdot \phi_{tulangan}^2$$

$$As'_{ada} = 1000/100 \times 1/4 \cdot 3,14 \cdot 8^2$$

$$As'_{ada} = 502 \text{ mm}^2 > As_{perlu} = 483 \text{ mm}^2 \dots \text{OK}$$

Perencanaan Balok Anak

$$h = 1/12 \cdot L \text{ s/d } 1/15 \cdot L$$

$$b = 1/2 h \text{ dan } 2/3 h$$

(Gideon H Kusuma 1993)

Balok anak arah melintang (L) 8 m = 840 cm

direncanakan :

$$h_{min} = 1/15 \cdot L = 1/15 \cdot 840 = 56 \text{ cm}$$

$$h_{min} = 1/10 \cdot L = 1/10 \cdot 840 = 84 \text{ cm}$$

tinggi balok anak (h) di ambil = 60 cm

maka, lebar balok anak di ambil :

$$b_{min} = 1/2 \cdot h = 1/2 \cdot 60 = 30 \text{ cm}$$

$$b_{max} = 2/3 \cdot h = 2/3 \cdot 60 = 40 \text{ cm}$$

lebar balok anak (b) di ambil = 40 cm

sehingga, direncanakan dimensi balok anak

Balok Anak => 40/60 cm

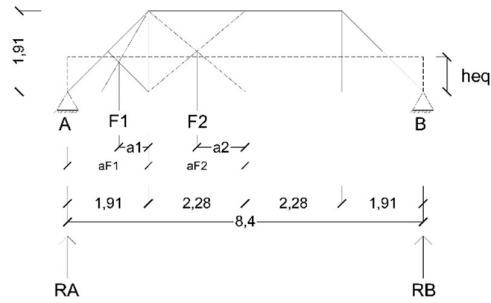
Analisa Pemerataan Beban Plat

Beban trapezium

$$h_{eq} = \frac{8(1/3 h L_1^2 + h L_1 L_2 + 1/2 h L_2^2)}{4 h L_1 + 8 h L_2 + 4 L_2^2}$$

Beban segitiga

$$h_{eq} = 2/3 \cdot h$$



Gambar 1.1 Pemerataan Balok B' (1-2)

Diketahui : $h = 1,91 \text{ m}$

$$h_{eq} = \frac{8(\frac{1}{3}hL_1^2 + hL_1L_2 + \frac{1}{2}hL_2^2)}{4hL_1 + 8hL_2 + 4L_2^2}$$

$$h_{eq} = 1,776 \text{ m}$$

Pembebanan Balok (Beban Merata)

Beban mati (qd)

$$\text{Berat Sendiri Pelat} = (2 \times 1,776) \times 471 = 1673 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Sendiri Balok} = 0,4 \times 0,6 \times 2400 = 576 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total Beban Mati} = 2249 \text{ kg/m}$$

Beban hidup (ql)

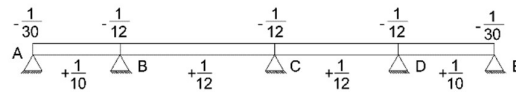
$$\text{Beban Hidup} = (2 \times 1,776) \times 383,2 = 1361,1 \text{ kg/m}$$

Beban Berfaktor (qf)

$$qf = 1,2 qd + 1,6 ql$$

$$qf = 1,2 (2249) + 1,6 (1361,1)$$

$$qf = 4876,56 \text{ kg/m}$$



Gambar 1.2 Koefisien Momen

Momen Tumpuan :

$$\begin{aligned} Mb = Mc &= -1/12 \cdot q \cdot l^2 \\ &= -1/12 \cdot 4876,56 \cdot 8,4^2 \\ &= 28674,1728 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Momen Lapangan :

$$\begin{aligned} Mb = Mc &= 1/12 \cdot q \cdot l^2 \\ &= 1/12 \cdot 4876,56 \cdot 8,4^2 \\ &= 28674,1728 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As &= \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot b}{f_y} \times d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot Mu \cdot \beta_1}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}} \\ &= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 400}{390} \times 538,5 - \sqrt{538,5^2 - \frac{2 \cdot 28674,1728}{0,85 \cdot 35 \cdot 400}} \\ &= 1465,24 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= \frac{As}{\frac{1}{4} \pi d_{\text{Tulangan pokok}}^2} \\ &= \frac{2194,2792}{\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 19^2} \\ &= 7,743103 - 8 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

$$As_{\text{ada}} = \frac{1}{4} \pi d_{\text{Tulangan pokok}}^2 \cdot \text{jumlah tulangan}$$

$$A_{s_{ada}} = \frac{1}{4} 3,14 \times 19^2 \times 8$$

$$A_{s_{ada}} = 2267 \text{ mm}^2$$

(Dipakai tulangan 8D19)

$$A_{s'} = \frac{\rho}{\rho_{\max}} \cdot A_s$$

$$A_{s'} = \frac{0,0105}{0,0277} \cdot 2267$$

$$A_{s'} = 859 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_{s'}}{\frac{1}{4} \pi d_{\text{tulangan pokok}}^2}$$

$$= \frac{859}{\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 19^2}$$

$$= 3,031212 \rightarrow 4 \text{ tulangan}$$

$$A_{s'_{ada}} = \frac{1}{4} \pi d^2 \text{ Tulangan pokok} \cdot \text{jumlah tulangan}$$

$$A_{s'_{ada}} = \frac{1}{4} 3,14 \times 19^2 \times 4$$

$$A_{s'_{ada}} = 1134 \text{ mm}^2$$

(Dipakai tulangan 4D19)

Maka, jarak sengkang :

$$S_{perlu} = \left(\frac{226,08 \times 240 \times 538,5 \times \left[\left(\frac{10}{100} \right)^3 \right]}{178,34} \right)$$

$$= 163,84 \text{ mm} \approx 160 \text{ mm}$$

Jarak sengkang maksimum yang dibutuhkan :

$$S_{\max 1} = 280 \text{ mm}$$

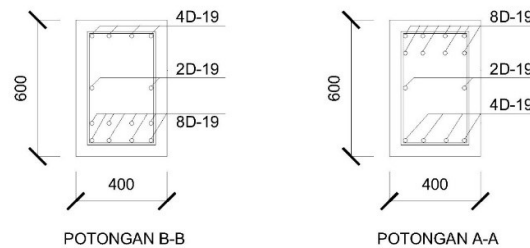
$$S_{\max 2} = 400 \text{ mm}$$

Maka, diambil $S_{\max}$ terkecil yaitu, $S_{\max 1} = 280 \text{ mm}$ sebagai tumpuan tulangan sengkang lapangan

Dari hasil perhitungan, maka dipasang tulangan sengkang

$$\text{Sengkang tumpuan} = \emptyset 12 - 160 \text{ mm}$$

$$\text{Sengkang lapangan} = \emptyset 12 - 280$$



Gambar 1.3 Detail Penulangan Balok Line 1a (B-C)

Pradimensi Kolom

Tabel 1.1 Rekapitulasi Dimensi Kolom

Lantai	Dimensi
Lantai Basement	110 x 110 cm
Lantai 1 s/d 6	100 x 110 cm
Lantai 7 s/d Atap	70 x 70 cm

Sumber : Hasil Perhitungan

Analisa beban gempa

Tabel 1.2 Rekapitulasi Analisa Beban Gempa

No	Lantai	fx	1/6 fx	1/5 fx
1	Atap	23996,24	3999,373	4799,248
2	Lantai 11	26228,45	4371,408	5245,69
3	Lantai 10	23438,19	3906,365	4687,638
4	Lantai 9	20647,93	3441,322	4129,586
5	Lantai 8	18415,72	3069,287	3683,144
6	Lantai 7	17299,61	2883,268	3459,922
7	Lantai 6	32925,07	5487,512	6585,014
8	Lantai 5	27344,55	4557,425	5468,91
9	Lantai 4	23996,24	3999,373	4799,248
10	Lantai 3	15067,41	2511,235	3013,482
11	Lantai 2	8370,78	1395,13	1674,156
12	Lantai 1	2232,21	372,035	446,442
	Jumlah	239962,4	39993,733	47992,48

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan Balok Induk Line 3 (B-C)

Perencanaan desain balok induk dihitung menggunakan momen output hasil analisis kombinasi beban dari aplikasi staad pro, berikut adalah tabel resume momen desain portal dari analisis staad pro :

Rekapitulasi Output Analisis Kombinasi Beban

Sumber : Hasil Perhitungan

Momen tumpuan maksimum = 1592 kNm

Momen lapangan maksimum = 916,76 kNm

Komponen struktur lentur rangka momen khusus harus memenuhi persyaratan berikut : (SNI 2847-2013 pasal 21.5.1 hal.186)

$$1. P_u \leq A_g f_c / 10$$

$$P_u = 0 \leq ((400 \times 800) \times 35) / 10$$

$$P_u = 0 \leq 1890000 \text{ N} \quad \dots \text{Ok}$$

$$2. l_n \geq 4d$$

$$7450 \text{ mm} \geq 4 \times 829 = 3316 \text{ mm} \quad \dots \text{Ok}$$

$$3. b \geq 0,3 h \geq 250 \text{ mm}$$

$$400 \geq 0,3 \times 800 = 240 \geq 250 \text{ mm} \quad \dots \text{Ok}$$

$$M_u = 1592 \text{ kN}$$

$$m = f_y / (0,85 \cdot f_c) = 390 / (0,85 \times 35)$$

$$= 13,11$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 1/m [1 - \sqrt{1 - (2 \cdot m \cdot R_n) / f_y}]$$

$$= 1/13,11 [1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 13,11 \cdot 4,29) / 390}]$$

$$= 0,0011$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4 / f_y = 1,4 / 390 = 0,00359$$

$$\rho_b = (0,85 \times \beta \times f_c') / f_y \times 600 / (600 + f_y)$$

$$= (0,85 \times 0,8 \times 35) / 390 \times$$

$$600 / (600 + 390)$$

$$= 0,0369$$

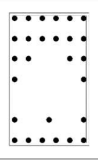
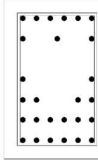
$$A_{\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$= 0,0011 \times 600 \times 829$$

$$= 5935,42 \text{ mm}^2$$

$$N = A_s / (1/4 \pi D_p^2)$$

$= (5935) / (1/4 \times 3,14 \times [22^2])$
 $= 15,622 \approx 16$ batang tulangan
 Aspakai $= n \times 1/4 \times \pi \times D_p^2$
 $= 16 \times 1/4 \times 3,14 \times 22^2$
 $= 6079,04 \text{ mm}^2$
 digunakan tulangan 16D22
 $M_u^+ = 0,5 M_u^-$
 $= 0,5 \times 1592 \text{ kNm}$
 $= 796 \text{ kNm}$
 $A_s' = 0,5 A_s$
 $= 0,5 \times 6079,04 \text{ mm}^2$
 $= 3039,52 \text{ mm}^2$
 digunakan tulangan 8D22, $A_s' = 3039,52 \text{ mm}^2$
 dipasang sengkang 4Ø10-150 pada daerah tumpuan. Daerah ujung sendi plastis :
 Gaya geser
 $V_u = 515,22 \text{ kN}$
 $V_u = V_u - (1,4 \times \text{maksimum, } V_u \text{ di ujung zona sendi plastis, yaitu } 2h.$
 $2.h = 2 \times 900 = 1800 \text{ mm}$
 $V_c = 0,17 \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d$
 $V_c = 0,17 \sqrt{35} \times 600 \times 829$
 $= 500,25 \text{ kN}$
 $V_s - V_c = 262,12 \text{ kN}$
 dicoba sengkang 2Ø10
 $A_v = 2 \times \frac{\pi}{4} \times 10^2 = 157 \text{ mm}^2$
 $s = (A_v f_y d) / V_s = (157 \times 240 \times 829) / (186,7) = 167,30 \text{ mm}$
 $s \text{ maks} = 414,5 \text{ mm}$
 maka, dipasang sengkang 2Ø10 – 250 di daerah lapangan.

Balok 60x90 Line 2(B-C)	
Potongan A-A	Potongan B-B
	
600 X 900	
16D22	9D22
9D22	16D22
□Ø10-150	□Ø10-250
2D22	2D22

Gambar 1.4 Detail Penulangan Balok Induk Line 2 (B-C)

Perhitungan Kolom

Gaya-gaya yang digunakan dalam perhitungan kolom pada tugas akhir ini adalah hasil output dari analisis kombinasi beban menggunakan program staad.proV8i.

$A_s = A_s' = 24$ tulangan
 $A_{spasang} = \pi D_p^2 \times \text{jumlah tulangan}$
 $= \pi \times 3,14 \times 252 \times 24$
 $= 11775 \text{ mm}^2$

maka digunakan tulangan 24D25 dengan $A_{spasang} = 11775 \text{ mm}^2$
 menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.4 hal. 192, luas penampang tulangan persegi (Ash) tidak boleh kurang dari sebagai berikut :

$A_{sh1} = 0,3 (100 \times 1100 \times 35) / 390 \quad (360000 / 250000 - 1)$
 $= 565,38 \text{ mm}^2$
 $A_{sh2} = 0,09$
 $= 0,09 (100 \times 1100 \times 35) / 390$

$$= 807,69 \text{ mm}^2$$

Ditetapkan Ash sebesar $A_{sh} = 807,69 \text{ mm}^2$ dicoba sengkang $7\emptyset 12$,

$$A_v = 7 \times \pi/4 \times \emptyset^2$$

$$= 7 \times 3.14/4 \times 12^2$$

$$= 633,024 \text{ mm}^2 > A_{sh} = 565,384 \text{ mm}^2 \quad \dots \text{Ok}$$

sehingga, dipasang tulangan geser $7\emptyset 12-100$ disepanjang lo dengan tambahan $1\emptyset 12$ sebagai pengikat.

Menentukan tulangan geser di luar panjang lo

Kekuatan geser yang disediakan untuk komponen struktur yang dikenai tekan aksial :

$$V_c = 0,17$$

$$= 0,17 \left(1 + \left(\frac{3186,5}{141210000} \right) \right) \sqrt{35} \times 625.5$$

$$= 528,81 \text{ kN}$$

$$V_c = 528,81 \text{ kN} > = 381,14 \text{ kN}$$

spasi s diluar lo = 150 mm digunakan tulangan geser $4\emptyset 12$, $A_v = 450 \text{ mm}^2$

$$V_s = (4 \times 390 \times 625,5)/150$$

$$= 1687,83 \text{ kN}$$

$$V_s = 1687,83 = 1148,35 \text{ kN} \quad \dots \text{Ok}$$

Maka, sengkang yang digunakan $4\emptyset 12-150$

Perhitungan sambungan kolom-balok

Menentukan luas efektif sambungan balok-kolom

$$A_j = b_{balok} \times h_{kolom}$$

$$= 600 \times 900$$

$$= 540000 \text{ mm}^2$$

Gaya tarik yang bekerja pada baja tulangan balok

$$T_1 = A_{s_{balok}} \times 1,25 f_y$$

$$= 5319 \times 1,25 \times 390$$

$$= 2593,01 \text{ kN}$$

$$T_2 = A_{s'_{balok}} \times 1,25 f_y$$

$$= 2659,58 \times 1,25 \times 390$$

$$= 1296,54 \text{ kN}$$

Total gaya geser

$$V_u = T_1 + T_2 - V_h$$

$$= 2593,01 + 1296,54 - 366,0051$$

$$= 3529,5449 \text{ kN}$$

$$V_n = 1,7 \sqrt{f_c} A_j$$

$$= 1,7 \sqrt{35} 540000$$

$$= 54309612 \text{ N}$$

$$= 5430,9612 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,85 \times 5430,9612$$

$$= 4616,317 \text{ kN} > V_u = 3529,5449 \text{ kN}$$

Sambungan kuat menahan gaya yang mungkin terjadi

Karena kuat geser pada joint cukup kuat untuk menahan gaya geser yang mungkin terjadi, maka cukup dipasang tulangan sengkang praktis. Untuk itu kesederhanaan pendetailing, akan dipakai tulangan geser ujung kolom seperti yang dihitung pada sub-bab 4.10.1.6 untuk tulangan transversal sambungan, sehingga, dipasang tulangan transversal $4\emptyset 12$ jarak 150 mm

Perhitungan Tiang Pancang dan Poer

Dari perhitungan staadpro diperoleh gaya yang terjadi sebagai berikut :

$$P_u = 185192 \text{ kg} = 185,192 \text{ ton}$$

$$M_u = 66871 \text{ kgm} = 66,871 \text{ ton}$$

Kebutuhan tiang (n)

$$N = P_u / P_{tiang}$$

$$= 185,192 / 89,92 = 2,05$$

Direncanakan tiang pancang 4 tiang

Syarat jarak antar tiang (s) :

$$S \leq \frac{1,57 d \cdot m \cdot n}{m + n - 2}$$

(Sardjono, HS.1984)

Dimana:

S = Jarak antara tiang (as – as)

D = Diameter tiang pancang (40 cm)

M = Banyaknya baris (2)

n = Banyaknya tiang pancang per baris (2)

$$S \leq \frac{1,57 \times 40 \times 2 \times 2}{2 + 2 - 2} = 125,6 \text{ cm}$$

Diambil S = 120 cm < 125,6

Syarat jarak tiang ke tepi

$s > 1,25 \text{ Dtiang}$ (Sardjono, HS.1984)

$s > 1,25 \times 0,40 \text{ m}$

$s > 50 \text{ cm}$, diambil nilai $s = 60 \text{ cm}$

Dimensi penampang poer pondasi yaitu :

P = 2400 mm = 2,4 m

L = 2400 mm = 2,4 m

t = 500 mm = 0,5 m

berat sendiri poer adalah :

$$\begin{aligned} w_{\text{poer}} &= (p \times l \times t) \times \text{Bj. Beton} \\ &= (2,6 \times 2,4 \times 0,5) \times 2400 \\ &= 6912 \text{ kg} \\ &= 6,912 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} w_{\text{tiang}} &= (0,25 \times \pi \times \text{Dtiang}^2) \times \text{Ltiang} \times \text{Bj. Beton} \\ &= (0,25 \times 3,14 \times 0,40^2) \times 20 \times 2400 \\ &= 6028,8 \text{ kg} = 6,02 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan tiang pancang

$$\text{Atiang} = \frac{1}{4} \times \pi \times 400^2 = 125600 \text{ mm}^2$$

Direncanakan penulangan pokok 3% dari luas tiang

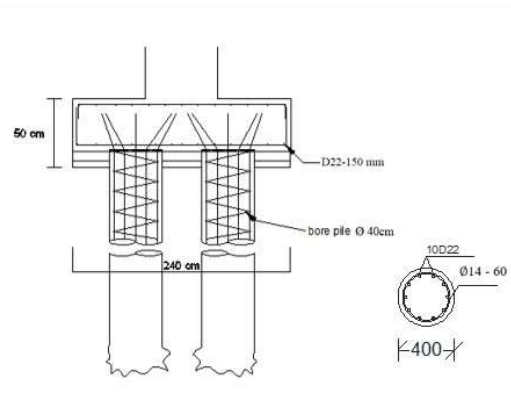
$$\text{Ast} = 3\% \times 125600 = 3768 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{3768}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2} = 9,9174$$

Maka dipakai tulangan 10 D22

$$\begin{aligned} \text{As ada} &= 10 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times [22]^2 \right) \\ &= 3799,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

As ada > As perlu → OK



Gambar 1.5 Potongan A-A penulangan poer

PENUTUP

Kesimpulan

1. Dimensi pelat lantai yang digunakan mempunyai ketebalan 140 mm dengan pembebanan yang digunakan dalam perencanaan (q_f) = $1,2q_d + 1,6q_l$ = 1178,32 kg/m².
2. Beban gempa seismic yang direncanakan dengan SRPMK dengan jumlah gaya geser terskala (V_t) = 0,85 V = 0,85 × 558052,0432 = 474344,2367 kg untuk semua arah.

3. Balok yang terpasang menggunakan dimensi 40/60 cm serta diameter tulangan yang dipakai adalah D19 dan Ø10 untuk balok anak, sedangkan untuk balok induk dimensi yang digunakan adalah 60/90 cm serta tulangan yang dipakai adalah D22 dan Ø10. Dimensi kolom yang digunakan adalah untuk tipe K1 110/110 cm, tipe K2 110/100 cm, tipe K3 70/70 cm sedangkan tulangan yang dipakai adalah D25 dan Ø12. Sedangkan luas joint balok-kolom efektif (A_j) = 540000 mm², kuat geser reduksi (ϕV_n) = 4616,317 kN > gaya geser pada potongan x-x (V_{x-x}) = 3529,5449 kN, sehingga joint cukup mampu menahan gaya geser yang terjadi.
4. Pondasi yang digunakan berupa pondasi tiang pancang dengan ukuran poer pondasi 2,4 m x 2,4 m menggunakan tulangan D22 – 150. Spesifikasi tiang pancang diameter 40 cm dengan jumlah 4 buah tiang pada kedalaman 20 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Hakim, D.U.N., Warsito, W. and Suprpto, B. (2019) ‘Studi Perencanaan Gedung Unusa Tower Surabaya Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)’, *Jurnal Rekayasa Sipil*, 7(1), pp. 64–74.
- Kusuma, G. (1993) *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang Edisi Kedua Seri Beton 1*. Jakarta: Erlangga.
- Nasution, A. (2009) *Analisis dan Desain Struktur beton Bertulang*. Bandung: ITB.
- ‘Persyaratan Beton Struktur untuk Bangunan Gedung’ (2013). Badan Standarisasi Nasional.
- Sardjono (1984) *Pondasi Tiang Pancang Jilid 1*. Surabaya: Sinar Wijaya.
- Sardjono (1988) *Pondasi Tiang Pancang Jilid 2*. Surabaya: Sinar Wijaya.
- Setiaji (2015) *Perancangan Struktur Hotel Amaris Simpang Lima Semarang*. Semarang: UNDIP.
- ‘SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung’ (2002). Badan Standarisasi Nasional.
- ‘SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung’ (2012). Badan Standarisasi Nasional.
- ‘SNI 1727:2013 Tata Cara Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung’ (2013). Badan Standarisasi Nasional.
- Suharjanto (2013) *Rekayasa Gempa*. Yogyakarta: Kepel Press.
- Surendro, B. (2015) *Rekayasa Fondasi Teori dan Penyelesaian Soal*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Wang, S. (1986) *Reinforced Concrete Design*. Fourth Edition. Madison: University of Wisconsin.