

## PERANCANGAN ULANG STRUKTUR PADA BANGUNAN GEDUNG AC POLITEKNIK NEGERI MALANG

Shinta Khoiroh Nuraini<sup>1</sup>, Bobby Asukmajaya Raharjo<sup>2</sup>, Nawir Rasidi<sup>3</sup>

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>1</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>2</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>3</sup>  
[shintakhoir59@gmail.com](mailto:shintakhoir59@gmail.com)<sup>1</sup>, [bobbyasukma@polinema.ac.id](mailto:bobbyasukma@polinema.ac.id)<sup>2</sup>, [nawir.rasidi@polinema.ac.id](mailto:nawir.rasidi@polinema.ac.id)<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Perancangan ulang struktur pada bangunan Gedung AC Politeknik Negeri Malang ini meliputi struktur atap rangka baja, struktur atas, dan struktur bawah beton bertulang. Gedung ini direncanakan ulang menggunakan sistem ganda untuk mendapatkan struktur yang kokoh, aman, tahan gempa, layak huni, dan indah dipandang. Analisa statika struktur menggunakan *software Autodesk Robot Structural Analysis Professional (RSAP) 2021*. Hasil perancangan ulang, diperoleh : gording profil C 150.75.6,5, rangka kuda-kuda profil H 150.150.7, ikatan angin P12 mm, sambungan baut. Pelat lantai dengan tebal 120 mm pada penulangan dua arah menggunakan tulangan P10-100 mm, P10-150 mm, P10-200 mm dan P10-250 mm, penulangan satu arah menggunakan tulangan P10-250 mm. Pelat tangga dengan tebal 120 mm menggunakan tulangan utama arah x dan y P10-200 mm dan P10-100 mm. Balok Induk B1 500/700 mm pada tumpuan atas 8 S22 mm dan bawah 5 S22 mm, pada lapangan bawah 8 S22 mm dan atas 5 S22 mm, tulangan sengkang digunakan S13-100 untuk tumpuan dan S13-150 mm untuk lapangan. Kolom K1 1000/1000 mm menggunakan tulangan utama 32 S25, tulangan sengkang 5 S13-100 mm untuk tumpuan dan lapangan. Dinding geser SW1 digunakan tebal 250 mm pada tulangan longitudinal arah x dan y S25-200 mm, pada tulangan transversal arah x dan y 2 S13-250 mm. Sloof S1 250/500 mm pada tulangan utama tumpuan atas 6 S19 mm dan bawah 4 S19 mm, pada lapangan bawah 6 S19 mm dan atas 4 S19 mm, pada tulangan sengkang tumpuan P10-125 mm dan lapangan P10-150 mm. Pondasi bored pile dengan diameter tiang sebesar 600 mm dan kedalaman 10 m. Pondasi pilecap PC-2b dengan dimensi 3,0 x 3,0 x 1,0 m tulangan bawah S22-100 mm dan atas S22-175 mm pada arah x dan y.

**Kata kunci** : sistem ganda, struktur beton bertulang, gempa

### ABSTRACT

*The redesign of the structure of the AC building State Polytechnic of Malang includes a steel frame roof structure, superstructure, and substructure reinforced concrete. This building was redesign using a dual system to obtain a structure that is rigid, safe, earthquake resistant, livable, and beautiful to look at. Structural statics analysis using Autodesk Robot Structural Analysis Professional (RSAP) 2021 software. The results of the redesign, obtained : 150.75.6,5 profile C for purlin, 150.150.7 profile H for gable frame, P12 mm for wind brace, using bolt joints. 120 mm deep slab at two-way slab using reinforcement bar P10-100 mm, P10-150 mm, P10-200 mm and P10-250 mm, one-way slab using reinforcement bar P10-250 mm. 120 mm deep slab for stairs main reinforcement using P10-200 mm and P10-100 mm steel bar for direction x and y. 500/700 mm main beam B1 for pedestal reinforcement using 8 S22 mm top steel bar, 5 S22 mm bottom steel bar, and mid span reinforcement using 5 S19 mm top steel bar, 8 S19 mm bottom steel bar, shear reinforcement using S13-100 mm for pedestal and S13-150 mm for strip. 1000/1000 mm column K1 using 32 D25 mm steel bar for main reinforcement with 5 S13-100 mm shear steel bar for pedestal and mid span. The thickness of shear wall SW1 is 25 cm, S25-200 mm longitudinal steel bar, 2 S13-250 mm transversal steel bar for direction of x and y. 250/500 mm sloof for pedestal reinforcement using 6 S19 mm top steel bar, 4 S19 mm bottom steel bar, and mid span reinforcement using 4 S19 mm top steel bar, 6 S19 mm bottom steel bar, shear reinforcement using 2P10-125 mm for pedestal and 2P10-150 mm for mid span. The diameter of bored pile foundation is 600 mm and 10 m depth. The dimension of the pilecap PC-2b are 3,0 x 3,0 x 1,0 m, using S22-100 mm bottom steel bar and S22-175 mm top steel bar for direction x and y reinforcement.*

**Keywords** : dual system, reinforced concrete, earthquake

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan berjalannya waktu, ilmu pengetahuan dan teknologi semakin berkembang pesat. Hal ini menjadi pengaruh yang sangat besar di dalam dunia pendidikan. Laju pertumbuhan penduduk di Indonesia yang semakin naik, meningkat pula jumlah pelajar dan mahasiswa di seluruh kota dimana ada kampus atau universitas negeri maupun swasta. Peningkatan ini mempengaruhi kebutuhan sarana dan prasarana di dalam lingkungan kampus, utamanya gedung perkuliahan.

Pemanfaatan lahan sempit sangat diperlukan akibat peningkatan jumlah kebutuhan gedung perkuliahan bagi seluruh mahasiswa, Gedung AC Politeknik Negeri Malang (Polinema) sedang dilaksanakan pembangunan ulang dengan menerapkan sistem gedung bertingkat, Bangunan gedung AC Polinema direncanakan jumlah lantai sebanyak 8 lantai dengan total luas bangunan gedung sebesar ±13.689,6 m<sup>2</sup> dengan struktur atap dak beton. Pada pembangunan ulang Gedung AC Polinema ini, penulis merancang ulang struktur atap dak beton dimodifikasi menjadi struktur atap rangka baja menggunakan *gable frame* dengan tujuan mudah dalam pemasangan, kuat, waktu penggunaan dalam jangka panjang, dan tidak terpengaruh oleh perubahan cuaca yang ekstrim. Penambahan jumlah kolom, dan memperkecil bentang, serta perubahan dimensi pada penampang elemen struktur beton bertulang guna mendapatkan perhitungan struktur bangunan gedung yang kokoh, aman, layak huni, dan indah dipandang.

Untuk merancang suatu bangunan gedung bertingkat, terdapat faktor-faktor yang harus diperhatikan. Beban hidup, beban mati, beban angin, dan beban gempa yang sesuai dengan lokasi dan tinggi bangunan gedung. Perhitungan faktor-faktor beban yang terjadi di struktur disesuaikan dengan peraturan terbaru yang berlaku di Indonesia.

## 2. METODE

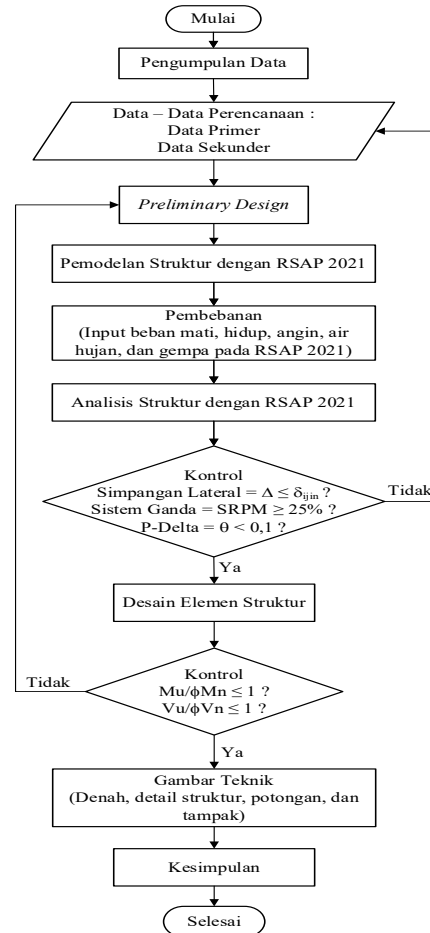
Data primer berupa data teknis yang digunakan sebagai acuan awal untuk perancangan ulang gedung AC Politeknik Negeri Malang. Dilakukan pemodelan sesuai data teknis, selanjutnya dilakukan analisis. Sedangkan data sekunder yang dimaksud adalah data hasil uji tanah berupa data bor tanah.

Setelah pengumpulan data, dilakukan analisa dan pengolahan data yaitu *preliminary design* yang mengacu berdasarkan SNI 2847-2019. *Preliminary design* dilakukan untuk menentukan dimensi awal elemen struktur. Selanjutnya, dilakukan pemodelan elemen struktur menggunakan *software Robot Structural Analysis Professional* (RSAP) 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 Robot Structural Analysis Professional* (RSAP) 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 Perancangan Ulang Struktur Gedung  
Sumber : Dokumen Penulis

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Preliminary Design* Elemen Struktur

#### 1. Dimensi Balok

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

1. Dimensi awal balok induk (B1)

$$h = \frac{1}{12} \cdot L = \frac{1}{12} \cdot 800 = 66,7 \approx 70 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 70 = 46,7 \approx 50 \text{ cm}$$

2. Dimensi awal balok induk (B2)

$$h = \frac{1}{12} \cdot L = \frac{1}{12} \cdot 720 = 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 60 = 40 \text{ cm}$$

3. Dimensi awal balok anak (B3)

$$h = \frac{1}{15} \cdot L = \frac{1}{15} \cdot 720 = 48 \approx 50 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 50 = 33,3 \approx 35 \text{ cm}$$

4. Dimensi awal balok anak (B4)

$$h = \frac{1}{15} \cdot L = \frac{1}{15} \cdot 600 = 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 40 = 26,7 \approx 30 \text{ cm}$$

2. Dimensi Pelat

Berikut menentukan tebal plat lantai menurut peraturan SNI 2847-2019 pasal 8.3.1.2 untuk pelat 2 arah:

1. Pada tepi balok induk (B1)

$$\alpha_{f1} = \frac{EI_b}{EI_s} = \frac{I_b}{I_s} = \frac{1/12 \cdot 250 \cdot 700^3}{1/12 \cdot 3175 \cdot 120^3} = 31,26$$

2. Pada tepi balok induk (B2)

$$\alpha_{f2} = \frac{EI_b}{EI_s} = \frac{I_b}{I_s} = \frac{1/12 \cdot 400 \cdot 600^3}{1/12 \cdot 3625 \cdot 120^3} = 13,79$$

3. Pada tepi balok anak (B3)

$$\alpha_{f3} = \frac{EI_b}{EI_s} = \frac{I_b}{I_s} = \frac{1/12 \cdot 350 \cdot 500^3}{1/12 \cdot 3625 \cdot 120^3} = 6,98$$

4. Pada tepi balok anak (B3)

$$\alpha_{f4} = \frac{EI_b}{EI_s} = \frac{I_b}{I_s} = \frac{1/12 \cdot 350 \cdot 500^3}{1/12 \cdot 3175 \cdot 120^3} = 7,97$$

5. Rasio kekuatan rata-rata

$$\alpha_{fm} = \frac{31,26 + 13,79 + 6,98 + 7,97}{4} = 15,00$$

Dikarenakan  $\alpha_{fm} > 2,0$  maka dipakai persamaan sebagai berikut:

$$h_{min} = \frac{L_n \left( 0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} = \frac{3625 \left( 0,8 + \frac{370}{1400} \right)}{36 + 9 \cdot \frac{3625}{3175}} = 83,371 \text{ mm}$$

Dikarenakan  $h = 83,371 > 90 \text{ mm}$ , tidak memenuhi. Maka dilakukan menggunakan rumus pendekatan,

$$h = L_n / 36 = 3625 / 36 = 100,695 \approx 120 \text{ mm}$$

Berikut menentukan tebal plat lantai menurut peraturan SNI 2847-2019 pasal 7.3.1.1 untuk pelat 1 arah:

$$h = \frac{1}{10} \cdot W = \frac{1}{10} \cdot 1000 = 100 \text{ mm} \approx 120 \text{ mm}$$

3. Dimensi Kolom

Dimensi kolom direncanakan dengan cara menghitung beban mati dan beban hidup yang oleh kolom paling bawah sehingga ditemukan luas penampang minimal kolom yang boleh digunakan.

a. Akibat Beban Mati (DL)

$$\text{- Pelat} = 0,012 \times 8 \times 7,2 \times 24 \times 8 = 132,7 \text{ kN}$$

$$\text{- Balok} = 0,5 \times 0,7 \times (8+7,2) \times 24 \times 8 = 394,0 \text{ kN}$$

$$\text{- Kolom lt.1} = 0,5 \times 0,5 \times 7,5 \times 24 \times 1 = 45,0 \text{ kN}$$

$$\text{- Kolom lt.2-8} = 0,5 \times 0,5 \times 5,0 \times 24 \times 7 = 210 \text{ kN}$$

$$\text{- Kolom atap} = 0,5 \times 0,5 \times 3,4 \times 24 \times 1 = 20,4 \text{ kN}$$

$$\text{Total} = \text{Pelat} + \text{Balok} + \text{Kolom lt.1} + \text{Kolom lt.2-8} + \text{Kolom atap}$$

$$= 1429,6 \text{ kN}$$

b. Akibat beban hidup (LL)

$$\text{Ruang kelas} = 1,92 \times 8 \times 7,2 \times 8 = 884,7 \text{ kN}$$

c. Luas penampang minimal

$$\text{- Total } P_u = 1,2DL + 1,6LL = 1,2(1429,6) + 1,6(884,7) = 33131 \text{ kN}$$

$$\text{- } A_g = \frac{P_u}{0,2 \cdot f_c'} = \frac{33131}{0,2 \times 30} = 521839,7 \text{ mm}^2$$

- Dimensi kolom digunakan,  $b = 0,5 \text{ m}$ ,  $h = 0,5 \text{ m}$

$$b=h = \sqrt{A_g} = \sqrt{521839,7} = 722,4 \approx 750 \text{ mm}$$

Maka digunakan dimensi kolom sebesar 75/75 cm.

4. Dimensi Dinding Geser

Dalam perancangan ini, *shear wall* dirancang sebagai tipe dinding tumpu dengan ketebalan dinding sebagai berikut:

$$T_{min1} = 10 \text{ cm}$$

$$T_{min2} = 500/25 = 20 \text{ cm}$$

Maka, digunakan ketebalan dinding geser sebesar 25 cm.

Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur berdasarkan SNI 1727-2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terakit untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain dan PPURG 1987 untuk berat sendiri material. Sedangkan beban gempa berdasarkan SNI 1729-2019. Beban-beban yang bekerja pada gedung AC Politeknik Negeri Malang adalah sebagai berikut :

1. Beban Mati (*Dead Load*)

a. Berat sendiri struktur beton bertulang dihitung secara otomatis menggunakan *software Robot Structural Analysis Professional* (RSAP) 2021.

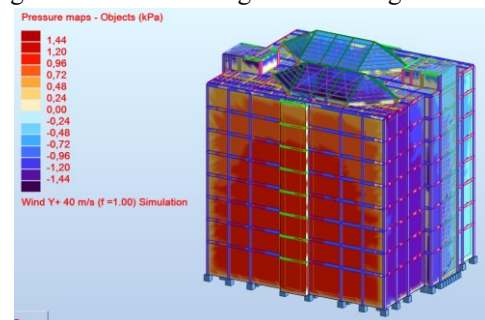
b. Beban mati tambahan pada pelat lantai 1-8 sebesar 1,30 kN/m<sup>2</sup>, pelat dak atap sebesar 0,63 kN/m<sup>2</sup>, tangga dan bordes sebesar 7,09 kN/m<sup>2</sup>, balok sebesar 62,00 kN/m<sup>2</sup>, dan atap rangka baja sebesar 0,5 kN/m<sup>2</sup>.

2. Beban Hidup (*Life Load*)

Beban hidup pada koridor, lobi, ruang kelas, gudang, dan atap berturut – turut sebesar 3,83 kN/m<sup>2</sup>, 4,79 kN/m<sup>2</sup>, 1,92 kN/m<sup>2</sup>, 6,00 kN/m<sup>2</sup>, dan 0,96 kN/m<sup>2</sup>.

3. Beban Angin (*Wind Load*)

Beban angin dihitung secara otomatis menggunakan *software Robot Structural Analysis Professional* (RSAP) 2021 dengan memasukkan data kecepatan angin dasar dan arah angin sesuai bangunan.



**Gambar 2.** Beban Angin pada *software* RSAP 2021

Sumber: Dokumen Penulis

4. Beban Hujan (*Rain Load*)  
Beban hujan yang bekerja sebesar 0,96 kN/m<sup>2</sup>.
5. Beban Gempa (*Earthquake Load*)  
Untuk beban gempa dihitung secara otomatis menggunakan *software Robot Structural Analysis Professional* (RSAP) 2021 dengan memasukkan data S<sub>1</sub>, S<sub>s</sub>, T<sub>L</sub>, R, dan I<sub>e</sub> pada kota Malang sebesar 0,4102; 0,8797; 20, 7, dan 1,5.
6. Kombinasi Pembebanan  
Sistem struktur harus didesain untuk menahan beban terfaktor sesuai dengan konsep desain LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) pada kombinasi pembebanan tanpa melebihi kekuatan desain komponen yang sesuai berdasarkan SNI 2847-2019.

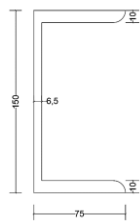
**Desain Elemen Struktur Atap Rangka Baja**

Desain elemen struktur atap rangka baja pada bangunan gedung AC Politeknik Negeri Malang berdasarkan SNI 1729-2002 dan spesifikasi baja struktural berdasarkan SNI 1729-2020 menggunakan hasil analisis dengan bantuan *software Robot Structural Analysis Professional* (RSAP) 2021 sebagai berikut :

**1. Desain Gording**

Langkah-langkah perhitungan gording sebagai berikut :

- a. Menentukan profil gording  
Digunakan profil baja C 150.75.6,55



**Gambar 4.** Profil C 150.75.6,5

Sumber: Dokumen Penulis

- b. Perhitungan momen dan gaya lintang  
Diperoleh dari hasil analisis *software Robot Structural Analysis Professional* (RSAP) 2021 sebesar :  
- M<sub>uy</sub> = 9,76 kN.m - M<sub>ux</sub> = 0,01 kN.m - V<sub>u</sub> = 15,96 kN  
- M<sub>A</sub> = 1,93 kN.m - M<sub>B</sub> = 5,60 kN.m - M<sub>C</sub> = 9,33 kN.m
- c. Menentukan kelangsingan penampang  
- Kelangsingan sayap (*flens*)  
 $\lambda_f = 7,50$  ;  $\lambda_p = 10,97$  ;  $\lambda_r = 28,87$   
 $\lambda_f < \lambda_p \rightarrow$  Kompak  
- Kelangsingan badan (*web*)  
 $\lambda_w = 20,00$  ;  $\lambda_p = 108,54$  ;  $\lambda_r = 164,54$   
 $\lambda_w < \lambda_p \rightarrow$  Kompak
- d. Menghitung kuat momen nominal

Diperoleh hasil perhitungan kelangsingan penampang adalah kompak, maka kuat momen nominal sebagai berikut :

$$M_n = M_p = Z_x \cdot f_y = 27,60 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot M_n = 24,84 \text{ kN.m}$$

- e. Kontrol momen

$$\phi M_n \geq M_{uy}$$

$$24,84 \text{ kN.m} \geq 9,76 \text{ kN.m} \quad \text{OK!}$$

- f. Menghitung kuat geser nominal

- Koefisien tekuk geser pelat badan

$$K_v = 5,34 \text{ (tanpa pengaku transversal)}$$

- Koefisien kekuatan geser badan

$$C_{v1} = 1,0$$

- Luas badan

$$A_w = (h - (2 \cdot t_f)) \cdot t_w = (150 - (2 \cdot 11)) \cdot 7 = 845,0 \text{ mm}^2$$

- Kuat geser nominal

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_{v1} = 0,6 \cdot 240 \cdot 845,0 \cdot 1,0 = 121.680,00 \text{ N} = 121,68 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 1,0 \cdot V_n = 1,0 \cdot 121,68 = 121,68 \text{ kN}$$

- g. Kontrol geser

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$121,68 \text{ kN} \geq 15,96 \text{ kN} \quad \text{OK!}$$

**2. Desain Ikatan Angin**

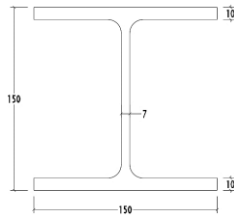
Langkah-langkah perhitungan ikatan angin sebagai berikut :

- a. Perhitungan gaya tarik  
Diperoleh dari hasil analisis *software Robot Structural Analysis Professional* (RSAP) 2021 sebesar,  
T<sub>u</sub> = 7,86 kN.
- b. Penentuan diameter tulangan  
d = besi P12 mm  
A<sub>g</sub> = 0,25 \cdot \pi \cdot d<sup>2</sup> = 0,25 \cdot \pi \cdot 12<sup>2</sup> = 113,097 mm<sup>2</sup>
- c. Kontrol kuat leleh  
 $\phi \cdot P_n = 0,9 \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 113,097 \cdot 240 = 24,439 \text{ kN}$
- d. Kontrol kuat tarik  
 $\phi \cdot P_n = 0,75 \cdot A_e \cdot f_u = 0,75 \cdot 113,097 \cdot 370 = 20,538 \text{ kN}$   
Dipilih nilai yang terkecil sebesar  $\phi \cdot P_n = 20,358 \text{ kN}$   
 $\phi \cdot P_n \geq T_u$  ; 20,358 kN  $\geq$  7,86 kN **OK!**

**3. Desain Rangka Baja**

Langkah-langkah dalam perencanaan rangka kuda-kuda baja *gable frame* dengan konsep LRFD adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan profil kuda-kuda  
Digunakan profil baja H 150.150.7

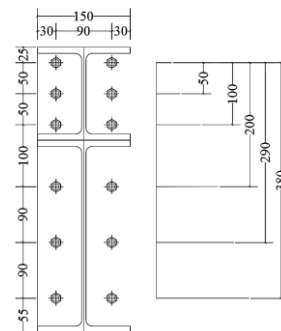


Gambar 5. Profil H 150.150.7

Sumber: Dokumen Penulis

- b. Perhitungan momen dan gaya lintang  
Diperoleh dari hasil analisis *software Robot Structural Analysis Professional (RSAP) 2021* sebesar :  
 $M_u = 21,37 \text{ kN.m}$   
 $V_u = 77,86 \text{ kN}$
  - c. Menentukan kelangsingan penampang
    - Kelangsingan sayap (*flens*)  
 $\lambda_f = 7,50$  ;  $\lambda_p = 10,97$  ;  $\lambda_r = 28,87$   
 $\lambda_f < \lambda_p \rightarrow$  Kompak
    - Kelangsingan badan (*web*)  
 $\lambda_w = 15,43$  ;  $\lambda_p = 108,54$  ;  $\lambda_r = 164,54$   
 $\lambda_w < \lambda_p \rightarrow$  Kompak
  - d. Menghitung kuat momen nominal  
Diperoleh hasil perhitungan kelangsingan penampang adalah kompak, maka kuat momen nominal sebagai berikut :  
 $M_n = M_p = Z_x \cdot f_y = 52,56 \text{ kN.m}$   
 $\phi M_n = 0,9 \cdot 52,56 = 47,30 \text{ kN.m}$
  - e. Kontrol momen  
 $\phi M_n \geq M_u$   
 $47,30 \text{ kN.m} \geq 21,37 \text{ kN.m}$  **OK!**
  - f. Menghitung kuat geser nominal
    - Koefisien tekuk geser pelat badan  
 $K_v = 5,34$  (tanpa pengaku transversal)
    - Koefisien kekuatan geser badan  
 $C_{v1} = 1,0$
    - Luas badan  
 $A_w = (h - (2 \cdot t_f) - (2 \cdot r)) \cdot t_w$   
 $= (150 - (2 \cdot 10) - (2 \cdot 11)) \cdot 7 = 910 \text{ mm}^2$
    - Kuat geser nominal  
 $V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_{v1} = 0,6 \cdot 240 \cdot 910 \cdot 1,0$   
 $= 131.040,00 \text{ N} = 131,04 \text{ kN}$   
 $\phi V_n = 1,0 \cdot V_n = 1,0 \cdot 131,04$   
 $= 131,04 \text{ kN}$
  - g. Kontrol geser  
 $\phi V_n \geq V_u$   
 $131,04 \text{ kN} \geq 7,86 \text{ kN}$  **OK!**
- 4. Desain Sambungan**  
 Jenis sambungan yang digunakan pada rangka kuda-kuda berupa sambungan baut. Rencana sambungan yang dirancang adalah sebagai berikut,

- a. Data perencanaan  
 Diameter baut ( $d_b$ ) = 16 mm  
 Jumlah baut ( $n$ ) = 12 bh  
 Tebal pelat ( $t_p$ ) = 7 mm  
 Tipe baut = A325  
 $f_y = 240 \text{ MPa}$   
 $f_u^p = 370 \text{ MPa}$   
 $f_u^b = 825 \text{ MPa}$
- b. Gaya-gaya yang bekerja  
 $P_u = 215,04 \text{ kN}$   
 $M_u = 21,31 \text{ kN.m}$
- c. Kuat geser nominal baut  
 $A_b = 0,25 \cdot \pi \cdot 16^2 = 201,06 \text{ mm}^2$   
 $\phi R_{n_v} = 0,75 \cdot 0,5 \cdot 825 \cdot 1 \cdot 201,06$   
 $= 62203,53 \text{ N} = 62,20 \text{ kN}$
- d. Kuat tumpu nominal baut  
 $\phi R_{n_d} = 0,75 \cdot 2,4 \cdot 16 \cdot 7 \cdot 370$   
 $= 74592,00 \text{ N} = 74,59 \text{ kN}$
- e. Kontrol kuat baut terhadap kombinasi geser dan tarik  
 $\Sigma y^2 = 2 \cdot (50^2 + 100^2 + 200^2 + 290^2 + 380^2)$   
 $= 562000,00 \text{ mm}^2$   
 $T_u = \frac{M_u \cdot y_{maks}}{\Sigma y^2} = \frac{21,31 \cdot 1000 \cdot 380}{562000,00} = 14,41 \text{ kN}$   
 $V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{215,04}{12} = 17,92 \text{ kN}$   
 $V_u < \phi R_{n_v}$  ;  $17,92 \text{ kN} < 49,76 \text{ kN}$  **OK!**  
 $f_t = \left( 807 - 1,5 \cdot \frac{17,92 \cdot 1000}{201,06} \right) = 673,31 \text{ MPa}$   
 $f_{t \text{ pakai}} = 621 \text{ MPa}$   
 $\phi R_{n_t} = 0,75 \cdot 621 \cdot 201,06$   
 $= 93644,59 \text{ N} = 93,64 \text{ kN}$   
 $T_u < \phi R_{n_t}$  ;  $14,41 \text{ kN} < 93,64 \text{ kN}$  **OK!**



Gambar 6. Desain Sambungan

Sumber: Hasil Perancangan

**5. Desain Perletakan Kuda-Kuda**

Langkah-langkah perhitungan perletakan kuda-kuda sebagai berikut :

- a. Perencanaan tebal pelat tumpu  
 Digunakan pelat dengan ukuran 200 x 200 mm  
 $\sigma_d = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{215,04}{200 \cdot 200} = 5,38 \text{ MPa}$   
 $t = \frac{\sqrt{3 \cdot \sigma_d \cdot f_c}}{\sigma_{ijin}} = \frac{\sqrt{3 \cdot 5,38 \cdot 30}}{160} = 1,74 \approx 7 \text{ mm}$

b. Perencanaan baut angkur

Direncanakan 4 baut diameter M16 mm

$$A_b = 0,25 \cdot \pi \cdot d_b^2 = 0,25 \cdot \pi \cdot 16^2 = 201,06 \text{ mm}^2$$

a) Tahanan tumpu

$$\phi \cdot R_n = 4 \cdot 0,75 \cdot 2,4 \cdot 16 \cdot 7 \cdot 370 \\ = 298368,00 \text{ N} = 298,37 \text{ kN}$$

b) Tahanan geser

$$\phi \cdot V_n = 4 \cdot 0,75 \cdot 0,4 \cdot 825 \cdot 2 \cdot 201,06 \\ = 398102,62 \text{ N} = 398,10 \text{ kN}$$

Berdasarkan hasil di atas dipilih yang terkecil yaitu

$$\phi \cdot R_n = 298,37 \text{ kN}$$

$$\text{Rangka 1} = P_u < \phi \cdot R_n$$

$$= 215,04 \text{ kN} < 298,37 \text{ kN} \quad \text{OK!}$$

$$\text{Rangka 2} = P_u < \phi \cdot R_n$$

$$= 152,45 \text{ kN} < 298,37 \text{ kN} \quad \text{OK!}$$

c. Panjang angkur

$$T_s = 1,9 \text{ N/mm}^2$$

$$S = \frac{P_u}{n \cdot \pi \cdot d \cdot T_s} = \frac{215,04}{4 \cdot \pi \cdot 16 \cdot 1,9} = 562,91 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 450 \text{ mm}$$

d. Jarak baut angkur

Jarak antar baut

$$= 3 \cdot d_b \leq S \leq 15 \cdot t_p \quad (\text{atau } 200 \text{ mm})$$

$$= 3 \cdot 16 \leq S \leq 15 \cdot 7 \quad (\text{atau } 200 \text{ mm})$$

$$= 48 \leq S \leq 105 \quad (\text{atau } 200 \text{ mm})$$

Digunakan jarak antar baut sebesar  $S = 90 \text{ mm}$

e. Jarak baut ke tepi

Jarak baut ke tepi

$$= 1,5 \cdot d_b \leq S_1 \leq (4 \cdot t_p) + 100 \quad (\text{atau } 200 \text{ mm})$$

$$= 1,5 \cdot 16 \leq S_1 \leq (4 \cdot 7) + 100 \quad (\text{atau } 200 \text{ mm})$$

$$= 24 \leq S_1 \leq 128 \quad (\text{atau } 200 \text{ mm})$$

Digunakan jarak baut ke tepi sebesar  $S_1 = 55 \text{ mm}$

**Desain Elemen Struktur Beton Bertulang**

Desain elemen struktur pada bangunan gedung AC Politeknik Negeri Malang berdasarkan SNI 2847-2019 dengan bantuan *software Robot Structural Analysis Professional* (RSAP) 2021 sebagai berikut :

**1. Desain Struktur Pelat Lantai**

Dari hasil perhitungan diperoleh pelat lantai dengan tebal 120 mm dan penulangan 2 arah sebagai berikut,

**Tabel 1.** Penulangan Pelat 2 Arah

Tipe	Tul. Pokok Arah X		Tul. Pokok Arah Y	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
A	P10-200	P10-250	P10-200	P10-250
B	P10-200	P10-250	P10-200	P10-250
C	P10-150	P10-200	P10-150	P10-200
D	P10-200	P10-250	P10-200	P10-250
E	P10-200	P10-250	P10-200	P10-250
F	P10-200	P10-250	P10-200	P10-250
G	P10-200	P10-250	P10-200	P10-250
I	P10-200	P10-100	P10-200	P10-100
J	P10-200	P10-250	P10-200	P10-250
L	P10-200	P10-250	P10-200	P10-250

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan diperoleh pelat lantai dengan tebal 120 mm dan penulangan 1 arah sebagai berikut,

**Tabel 2.** Penulangan Pelat 1 Arah

Tipe	Tul. Pokok Arah X		Tul. Pokok Arah Y	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
H			P10-200	P10-250
K	P10-200	P10-250		

Sumber: Hasil Perhitungan

**2. Desain Struktur Pelat Tangga**

Dari hasil analisis dan perhitungan diperoleh tebal pelat tangga sebesar 120 mm dengan penulangan sebagai berikut.

**Tabel 3.** Penulangan Struktur Pelat Tangga

Daerah	Arah X	Arah Y
Tumpuan	P10-100	P10-100
Lapangan	P10-200	P10-200

Sumber: Hasil Perhitungan

**3. Desain Struktur Balok**

Dari hasil analisis dan perhitungan diperoleh balok dimensi 500/700, 400/600, 350/500, dan 300/400 dengan penulangan sebagai berikut.

**Tabel 4.** Penulangan Struktur Balok

Balok	Tumpuan			Lapangan		
	Atas	Bawah	Geser	Atas	Bawah	Geser
500/700	8S22	5S22	S13-100	8S22	5S22	S13-100
400/600	6S22	4S22	S13-100	6S22	4S22	S13-100
350/500	5S19	3S19	S13-100	5S19	3S19	S13-100
300/400	4S19	2S19	S13-100	4S19	2S19	S13-100

Sumber: Hasil Perhitungan

**4. Desain Struktur Kolom**

Dari hasil analisis dan perhitungan diperoleh dimensi 1000/1000, 600/600, dan 550/550 dengan penulangan sebagai berikut.

**Tabel 5.** Penulangan Struktur Kolom

Kolom	Tul. Utama	Tul. Sengkang	
		Tumpuan	Lapangan
1000 x 1000	32-S25	5S13-100	5S13-150
600 x 600	24-S25	3S13-100	3S13-150
550 x 550	20-S25	3S13-100	3S13-125

Sumber: Hasil Perhitungan

**5. Desain Struktur Shearwall**

Dari hasil analisis dan perhitungan diperoleh tebal *shearwall* sebesar 250 mm dengan penulangan sebagai berikut.

**Tabel 6.** Penulangan Struktur Shearwall

Tipe	SW1		SW2	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
Longitudinal	S25-200	S25-200	S25-200	S25-200
Transversal	2S13-250	2S13-250	2S13-250	2S13-250

Sumber: Hasil Perhitungan

**6. Desain Struktur Sloof**

Dari hasil analisis dan perhitungan untuk struktur sloof diperoleh dimensi 250/500 dengan penulangan sebagai berikut.

**Tabel 7.** Penulangan Struktur Sloof

Sloof	Tumpuan			Lapangan		
	Atas	Bawah	Geser	Atas	Bawah	Geser
250/500	6S19	4S19	P10-125	6S19	4S19	P10-150

Sumber: Hasil Perhitungan

**7. Desain Struktur Pondasi Bored Pile**

Dari hasil perhitungan dan analisis untuk bored pile diameter 60 cm dengan panjang 10 m diperoleh kekuatan per tiang dan jumlah tiang yang dibutuhkan pada pilecap PC-2b sebagai berikut.

**Tabel 8.** Daya Dukung Pondasi Bored Pile

Qu (kN)	Qall (kN)	Jumlah
5529,10	1862,58	4 buah

Sumber: Hasil Perhitungan

**8. Desain Struktur Pilecap**

Dari hasil perhitungan dan analisis untuk struktur pilecap didapatkan tebal sebesar 1000 mm dengan dimensi dan penulangan sebagai berikut.

**Tabel 9.** Penulangan Struktur Pilecap

Pilecap	Dimensi m	Arah X		Arah Y	
		Atas	Bawah	Atas	Bawah
PC-1	3,0 x 1,5	S22-175	S22-100	S22-175	S22-100
PC-2a	3,0 x 3,0	S22-175	S22-100	S22-175	S22-100
PC-2b	3,0 x 3,0	S22-175	S22-100	S22-175	S22-100
PC-3a	3,0 x 4,5	S22-175	S22-100	S22-175	S22-100
PC-3b	3,0 x 4,5	S22-175	S22-100	S22-175	S22-100
PC-4	6,0 x 6,0	S22-175	S22-100	S22-175	S22-100
PC-5	6,0 x 9,0	S22-175	S22-100	S22-175	S22-100

Sumber: Hasil Perhitungan

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisa perhitungan struktur yang direncanakan atau dirancang pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan beberapa hasil perencanaan sesuai dengan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Struktur Rangka Atap Baja
  - a) Gording menggunakan profil C 150.75.6,5
  - b) Ikatan angin menggunakan besi polos P12 mm
  - c) Kuda-kuda atap rangka baja profil H 150.150.7
  - d) Sambungan baut dengan diameter 16 mm
  - e) Perletakan rangka kuda-kuda menggunakan base plate 200.200.7
  - f) Sambungan angkur 4M16 mm dengan panjang 450 mm
2. Struktur Atas Beton Bertulang
  - a) Pelat Lantai

Pelat lantai yang digunakan tebal 120 mm dengan penulangan pelat dua arah yang ditentukan berdasarkan tipe pelat.

- Tulangan lapangan arah x : P10-100, P10-200, dan P10-250 mm
- Tulangan lapangan arah y : P10-150, P10-200, dan P10-250 mm
- Tulangan tumpuan arah x : P10-100, P10-150, dan P10-200 mm
- Tulangan tumpuan arah y : P10-150, P10-200, dan P10-250 mm

Pelat lantai yang digunakan tebal 120 mm dengan penulangan pelat satu arah yang ditentukan berdasarkan tipe pelat.

- Tul. lapangan arah x dan y : P10 – 250 mm
- Tul.tumpuan arah x dan y : P10 – 250 mm

b) Pelat Tangga

Pelat tangga yang digunakan tebal 120 mm dan penulangan :

- Tulangan lapangan arah x : P10 – 200 mm
- Tulangan lapangan arah y : P10 – 200 mm
- Tulangan tumpuan arah x : P10 – 100 mm
- Tulangan tumpuan arah y : P10 – 100 mm

c) Balok

Balok B1 500/700 mm dan penulangan :

- Tulangan tumpuan atas : 8S22
- Tulangan tumpuhan bawah : 5S22
- Tulangan lapangan atas : 5S22
- Tulangan lapangan bawah : 8S22
- Sengkang tumpuan : S13 – 100 mm
- Sengkang lapangan : S13 – 150 mm

Balok B2 400/600 mm dan penulangan :

- Tulangan tumpuan atas : 6S22
- Tulangan tumpuhan bawah : 4S22
- Tulangan lapangan atas : 4S22
- Tulangan lapangan bawah : 3S22
- Sengkang tumpuan : S13 – 100 mm
- Sengkang lapangan : S13 – 150 mm

Balok B3 350/500 mm dan penulangan :

- Tulangan tumpuan atas : 5S19
- Tulangan tumpuhan bawah : 3S19
- Tulangan lapangan atas : 3S19
- Tulangan lapangan bawah : 5S19
- Sengkang tumpuan : S13 – 100 mm
- Sengkang lapangan : S13 – 150 mm

Balok B4 300/400 mm dan penulangan :

- Tulangan tumpuan atas : 4S19
- Tulangan tumpuhan bawah : 2S19
- Tulangan lapangan atas : 2S19
- Tulangan lapangan bawah : 4S19
- Sengkang tumpuan : S13 – 100 mm

- Sengkang lapangan : S13 – 150 mm
- d) Kolom
- Kolom K1 1000/1000 mm dan penulangan :
- Tulangan utama : 32 S25
- Sengkang tumpuan : 5S13 – 100 mm
- Sengkang lapangan : 5S13 – 150 mm
- Kolom K2 600/600 mm dan penulangan :
- Tulangan utama : 24 S25
- Sengkang tumpuan : 3S13 – 100 mm
- Sengkang lapangan : 3S13 – 150 mm

Kolom K3 550/5050 mm dan penulangan :

- Tulangan utama : 20 S22
- Sengkang tumpuan : 3S13 – 100 mm
- Sengkang lapangan : 3S13 – 125 mm

e) Dinding Geser (*Shear Wall*)

SW dengan tebal dinding 250 mm dan penulangan :

- Tulangan longitudinal arah x : S25 – 200 mm
- Tulangan longitudinal arah y : S25 – 200 mm
- Tulangan transversal arah x : 2S13 – 250 mm
- Tulangan transversal arah y : 2S13 – 250 mm

3. Struktur Bawah Beton Bertulang

a) Sloof

Sloof S1 250/500 mm dan penulangan :

- Tulangan tumpuan atas : 6S19
- Tulangan tumpuan bawah : 4S19
- Tulangan lapangan atas : 4S19
- Tulangan lapangan bawah : 6S19
- Sengkang tumpuan : P10 – 125 mm
- Sengkang lapangan : P10 – 150 mm

b) Pondasi Bored Pile

Pondasi bored pile dengan diameter tiang sebesar 600 mm dan kedalaman 10 m.

c) Pondasi Pilecap

Pilecap tipe PC-1 (3,0 x 1,5 x 1,0 m)

- Tulangan bawah arah x : S22 – 100 mm
- Tulangan atas arah x : S22 – 175 mm
- Tulangan bawah arah y : S22 – 100 mm
- Tulangan atas arah y : S22 – 175 mm

Pilecap tipe PC-2 a dan b (3,0 x 3,0 x 1,0 m)

- Tulangan bawah arah x : S22 – 100 mm
- Tulangan atas arah x : S22 – 175 mm
- Tulangan bawah arah y : S22 – 100 mm
- Tulangan atas arah y : S22 – 175 mm

Pilecap tipe PC-3 a dan b (3,0 x 4,5 x 1,0 m)

- Tulangan bawah arah x : S22 – 100 mm
- Tulangan atas arah x : S22 – 175 mm
- Tulangan bawah arah y : S22 – 100 mm
- Tulangan atas arah y : S22 – 175 mm

Pilecap tipe PC-4 (6,0 x 6,0 x 1,0 m)

- Tulangan bawah arah x : S22 – 100 mm

- Tulangan atas arah x : S22 – 175 mm
- Tulangan bawah arah y : S22 – 100 mm
- Tulangan atas arah y : S22 – 175 mm
- Pilecap tipe PC-5 (6,0 x 9,0 x 1,0 m)
- Tulangan bawah arah x : S22 – 100 mm
- Tulangan atas arah x : S22 – 175 mm
- Tulangan bawah arah y : S22 – 100 mm
- Tulangan atas arah y : S22 – 175 mm

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Agus, Setiawan, 2008, *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*, Jakarta: Erlangga.
- [2] Agus, Setiawan, 2013, *Perancangan Struktur Beton Bertulang*, Jakarta: Erlangga.
- [3] Agus, Setiawan, 2016, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*, Jakarta: Erlangga.
- [4] Ali, Asroni, 2010, *Balok dan Pelat Beton Bertulang*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [5] Dipohusudo, Istimawan, 1994, *Struktur Beton Bertulang*, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [6] Fathansyah, Ir, 2002, *Analisa-Analisa Dalam Proyek*, Bandung.
- [7] Imran, I., & Hendrik, F, 2014, *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*, Bandung: ITB.
- [8] Kusuma, Ir. Gideon H., M. Eng., 1993, *Grafik dan tabel Perhitungan Beton Bertulang, I* Universitas Kristen Petra Surabaya, Surabaya.
- [9] Nawy, E. G, 1990, *Beton Bertulang – Suatu Pendekatan Dasar*, Jakarta: Erlangga.
- [10] Nawy, E. G, 2005, *Reinforced Concrete : A Fundamental Approach*, New Jersey: Pearson Education, Inc.
- [11] Nilson, Darwin, & Dolan, 1997, *Design of Concrete Structures*, New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- [12] Paulay, T., & Priestley, M, 1992, *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*, Canda: John Wiley & Sons, Inc.
- [13] SNI 1726, 2019, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*, Jakarta.
- [14] SNI 1727, 2020, *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, Jakarta.
- [15] SNI 1729, 2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*, Jakarta.
- [16] SNI 1729, 2020, *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*, Jakarta.
- [17] SNI 2847, 2019, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*, Jakarta.



- [18] Sudarmoko, 1996, *Diagram Perancangan Kolom Beton Bertulang*, Yogyakarta: Biro.
- [19] Utomo, Dito Putro dan Bister Purba, 2019, *Penerapan Datamining pada Data Gempa Bumi Terhadap Potensi Tsunami di Indonesia*, Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Budi Darma, Medan.