

BAB 2

PERANCANGAN STRUKTUR ATAS

2.1. Preliminary Design

2.1.1. Data Bahan

Material yang digunakan dalam pembangunan infrastruktur Gedung ini yakni berbahan dasar beton bertulang, Adapun data bangunan sebagai berikut:

- □ Type bangunan : Pasar Rakyat
- □ Letak Bangunan : Pusat kota
- □ Zona Gempa : IV (4)
- □ Lebar Bangunan : 20 m
- □ Panjang Bangunan : 38 m
- □ Mutu beton (f_c') : 30 MPa
- □ Mutu baja (f_y) : 280 MPa (Mutu tulangan baja plat)
420 MPa (Mutu tulangan baja kolom)

2.1.2. Peraturan

Dalam perencanaan bangunan ini terdapat beberapa acuan yang digunakan, diantaranya sebagai berikut:

1. □ SNI 1726-2019 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (Koreksi)”
2. □ SNI 2847-2019 “Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung”
3. □ SNI 4153-2008 “Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan SPT”
4. □ SNI 7394 2008 “Pekerjaan Beton”
5. □ SNI 8460-2017 “Persyaratan Perancangan Geoteknik”
6. □ SNI 1726-2019 “Perencanaan Ketahanan Gempa”
7. □ SNI 1727-2013 “Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”
8. □ SNI 1729-2015 “Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural”

2.1.3. Pembebanan

Di dalam pembangunan struktur dipastikan terdapat beban-beban yang bekerja didalamnya. Berikut merupakan pembebanan yang terdapat pada perhitungan struktur:

1. $DL = \text{Dead Load}$
2. $LL = \text{Live Load}$
3. \square Beban angin
4. \square Beban Gempa

2.2. Interpretasi Data Tanah dan Penentuan Kelas Situs

Interpretasi data tanah berdasarkan hasil penyelidikan tanah diketahui jenis tanah yang

2.2.1. Klasifikasi Tanah Berdasar Uji Distribusi Butiran

Berdasarkan data yang didapatkan pada hasil pengujian lapangan, diketahui jenis tanah adalah tanah berpasir dengan konsistensi sedang.

2.2.2. Penentuan Kelas Situs

Klasifikasi situs yang didapatkan dari SNI 1726:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, mendapatkan rata-rata nilai N yang diperoleh dari data penelitian untuk kebutuhan struktur spesifik bangunan adalah 24,6 sehingga bangunan ini tergolong didalam kategori tanah SD (tanah sedang).

2.2.3. Kategori Risiko

Untuk mengetahui bagaimana kategori risiko struktur bangunan Gedung dan non gedung diperoleh sesuai dengan Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non gedung untuk Beban Gempa pada SNI 1726:2019 Tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung maka masing-masing bangunan dapat disimpulkan sebagai berikut, tergolong risiko pada tingkat II.

2.2.4. Penentuan Sistem Struktur

Sistem struktur yakni kombinasi dari bagian struktur pendukung tiga dimensi. Tugas utama dari sistem tersebut adalah untuk memungkinkan bangunan secara aman dan efektif dalam mendukung beban yang bekerja dan mengalirkannya dari struktur atas hingga ke dalam tanah.

Maka dari itu, setelah melihat dan menilai dari ketinggian bangunan serta resiko yang ada maka kami memilih menggunakan Sistem Struktur *Rigid Frame* (Rangka Kaku) yaitu sistem struktur yang dalam pembangunannya dilakukan secara monolit.

2.3. Perencanaan Pembebanan Struktur

Kombinasi pembebanan yang ditetapkan pada perhitungan ini sebagai berikut :

1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
3. $1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$
4. $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
5. $0,9 D + 1,0 W$

Kombinasi pembebanan yang dipengaruhi oleh beban seismik :

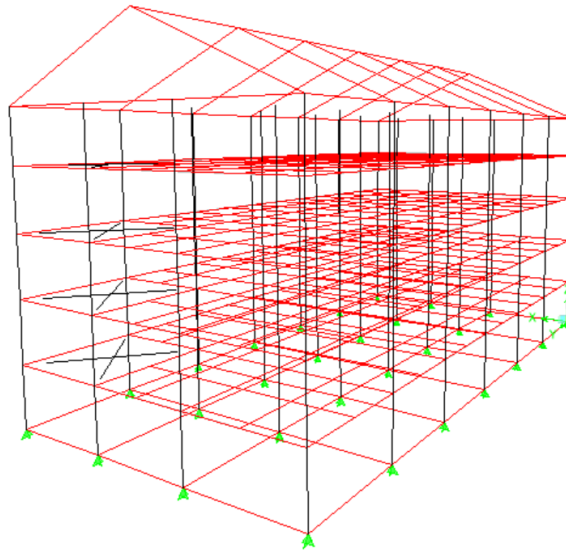
6. $1,2 D + E_v + E_h + L$
7. $0,9 D - E_v + E_h$

2.4. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur dari kelompok kami menggunakan 3 aplikasi yaitu:

1. **ETABS 9**
Pemodelan struktur dengan ETABS diperoleh hasil untuk perhitungan struktur balok dan plat lantai.
2. **SAP 2000**
Pemodelan struktur dengan SAP2000 digunakan untuk menentukan perhitungan tangga.
3. **IKOLAT 2000**
Pemodelan struktur menggunakan IKOLAT 2000 diperoleh hasil bagi perhitungan kolom.
4. **RSA**
RSA digunakan untuk mencari respon spektrum diagram.

2.5. Interpretasi Output Pemodelan

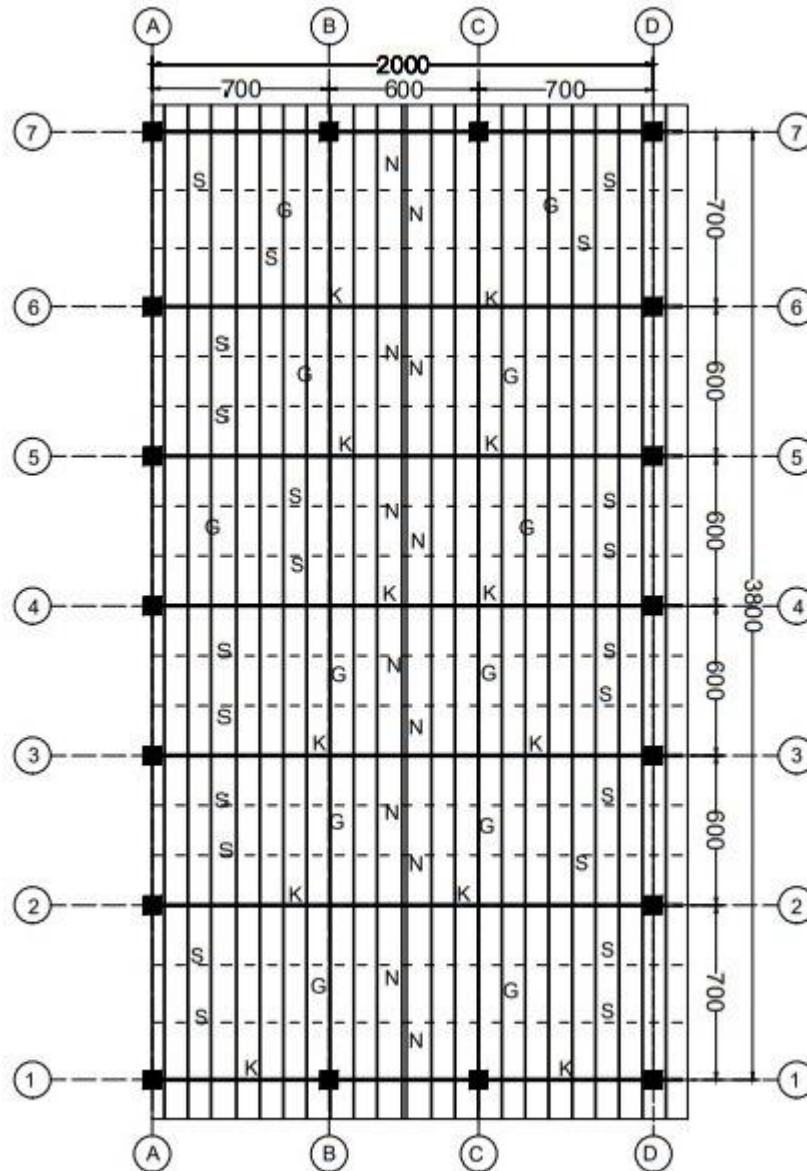


Gambar 2. 1 Pemodelan 3 Dimensi

2.6. Perancangan Struktur Atap

Dalam perancangan struktur atap ini digunakan struktur baja pelana. Atap pelana merupakan jenis atap yang hanya memiliki dua sisi miring yang terlihat seperti segitiga. Perhitungan pada perancangan struktur atap ini didasarkan pada bentang kuda-kuda. Pada perhitungan perancangan strukturnya, terdapat beberapa aspek yang harus dipertimbangkan diantaranya adalah seperti beban mati, beban hidup, dan beban angin. Selanjutnya pada penentuan dimensi rangka batang kuda-kuda, melihat seberapa kuatnya, dan memperhitungkan besarnya sambungan antara batang satu dengan batang lainnya.

2.7. Rencana Gording



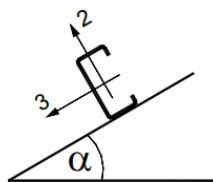
Gambar 2. 2 Denah Rencana Atap

Untuk merencanakan sebuah atap harus memperhatikan terlebih dahulu rencana pembuatan gording bagaimana gording tersebut disusun. Beberapa hal yang perlu diperhatikan seperti:

- a. Jarak gording melintang untuk atap berbahan dasar genteng biasanya 1800 mm - 2500 mm, sedangkan untuk atap dari bahan dasar seng atau asbes diantara 1000 - 1300 mm.

- b. Bentang gording ini diperoleh dari jarak antar kuda-kuda, dimana jaraknya sama seperti jarak antar kolom.
- c. Jumlah sag-rod diperoleh dari jarak antar kuda-kuda dengan ketentuan jarak maksimal yang dapat digunakan sebesar 2000 mm.
- d. Pemasangan tali baja (ikatan angin) dilakukan secara menyilang diantara kuda-kuda. Ikatan angin ini tidak harus ada pada masing-masing kuda-kuda karena dapat dipasang secara bergantian.
- e. Ketika beberapa aspek tersebut telah dipahami, maka langkah berikutnya dapat membuat denah rencana atap.

Beban gording:



- Berat sendiri = diperkirakan = 0,0927 kN/m
- Berat atap = $\frac{\alpha}{\cos \alpha} \times \text{berat atap}$ = 0,160 kN/m
- Berat plafond = a x berat plafon = 0,18 kN/m

Dead Load (*D*) rencana gording $q = 0,432$ kN/m

Beban pekerja *P* diambil sebesar 1,0 kN sebagai beban Live (*L*)

Rencana momen gording:

- $M_{3,D} = \frac{1}{8} q \cos a (L1)^2 = 2,488$ kNm
- $M_{2,D} = \frac{1}{8} q \sin a \left(\frac{L1}{3}\right)^2 = 0,101$ kNm
- $M_{3,L} = \frac{1}{4} P \cos a (L1) = 1,644$ kNm
- $M_{2,L} = \frac{1}{4} P \sin a \left(\frac{L1}{3}\right) = 0,22$ kNm
- $M_{3,U} = 1,4 M_{3,D} = 3,484$ kNm
- $M_{3,U} = 1,2 M_{3,D} + 1,6 M_{3,L} = 5,617$ kNm
- $M_{2,U} = 1,4 M_{2,D} = 0,141$ kNm
- $M_{2,U} = 1,2 M_{2,D} + 1,6 M_{2,L} = 0,440$ kNm

Memilih ukuran gording berbentuk C Lips, diperoleh dari tabel profil penampang diantaranya: $I3 = Ix$ (mm⁴) ; $I2 = Iy$ (mm⁴) ; $W3 = Wx$ (mm³) dan $W2 = Wy$ (mm³)

Cek tegangan pada profil C:

$$f_b = \frac{M_{3,U}}{\phi W_3} + \frac{M_{2,U}}{\phi W_2} \leq F_y, \text{ jika tidak terpenuhi maka pilih profil yang lain.}$$

dengan nilai $\phi = 0,9$ untuk lentur dan geser (tabel 6.4-2 SNI 03-1729-2002).

Cek defleksi gording:

$$-\square \delta_2 = \frac{5}{384} \frac{q \cos \alpha (L_1)^4}{EI} + \frac{1}{48} \frac{P \cos \alpha (L_1)^3}{EI}$$

$$\delta_2: \frac{4877081403148250}{358656000000000} + \frac{322314568929567}{448320000000000} = 20.788 \text{ mm}$$

$$-\square \delta_3 = \frac{5}{384} \frac{q \sin \alpha \left(\frac{L_1}{3}\right)^4}{EI} + \frac{1}{48} \frac{P \sin \alpha \left(\frac{L_1}{3}\right)^3}{EI}$$

$$\delta_3: \frac{21914968652336}{430080000000000} + \frac{4344922561508}{537600000000000} = 1,318 \text{ mm}$$

$$-\square \delta = \sqrt{\delta_3^2 + \delta_2^2} \leq \frac{1}{240} L_1, \text{ sesuai batas lendutan maksimum (tabel 6.4-1 SNI 03-1729-2002)}$$

$$-\square \delta: \sqrt{20.788^2 + 1.318^2} = 20.829 \text{ (AMAN)}$$

$$-\square \frac{1}{240} L_1 = \frac{1}{240} \times 7000 \times 1000 = 29.167$$

Rencana Sag-rod dan Kombinasi Pembebanan

Sag-rod berfungsi untuk menghubungkan gording yang satu dengan gording yang lainnya. Selain itu, sag-rod memiliki fungsi untuk mencegah terjadinya pelengkungan pada gording. Jumlah gording di bawah nok pada sejumlah $n = 4$ baris, sehingga gaya sag-rod terbesar adalah:

$$F_{t,D} = n \left(\frac{L_1}{3} q \sin \alpha \right) \text{ dan } F_{t,L} = \frac{n}{2} P \sin \alpha$$

Jumlah gording (n) = 12

$$F_{t,D} = n \left(\frac{L_1}{3} q \sin \alpha \right) = 12 \times \frac{7000}{3} \times 0,148 = 4,140$$

$$F_{t,L} = \left(\frac{n}{2} P \sin \alpha \right) = \frac{12}{2} \times 0,342 = 2,052$$

Untuk kombinasi pembebanan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$-F_{t,U} = 1,4 F_{t,D}$$

$$F_{t,U} = 1,4 \times 4,140$$

$$F_{t,U} = 5,796 \text{ kN}$$

$$-F_{t,U} = 1,2 F_{t,D} + 1,6 F_{t,L}$$

$$F_{t,U} = 1,2 \times 4,140 + 1,6 \times 2,052$$

$$F_{t,U} = 8,252 \text{ kN}$$

Luas bentang Sag-rod yang diperlukan:

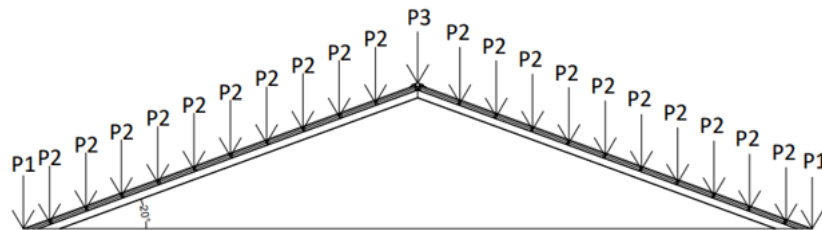
$$Asr = \frac{F_{t,U} \times 10^3}{\phi Fu} = \frac{8,252 \times 10^3}{0,90 \times 240} = 38,202 \text{ mm}^2$$

$$\text{diameter: } \sqrt{\frac{Asr \times 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{38,202 \times 4}{\pi}} = 6,974 \text{ mm}$$

maka digunakan Sag-rod dengan diameter = 10 mm

2.7.1. Rencana Beban Kuda-Kuda

Setelah melakukan perhitungan pada gording, sag-rod dan struktur atap lainnya maka dapat mulai untuk merencanakan beban kuda-kuda. Untuk menentukan besarnya tritisan pada bagian pinggiran atap berkisar antara 750 mm hingga 1250 mm. Kemudian untuk masing-masing beban P1, P2, dan P3 ditempatkan sesuai dengan jarak gording yang telah dihitung.



Gambar 2. 3 Pembebanan Atap

1. □ Beban P1:

$$\text{- □ Berat gording} = 7 \times 0,059 = 0,414 \text{ kN}$$

$$\text{- □ Berat atap} = \frac{\left(\frac{1}{2}+1\right)}{\cos 20} \times 7 \times 0,15 = 1,676 \text{ kN}$$

$$\text{- □ Berat plafond} = \left(\frac{1}{2} + 1\right) \times 7 \times 0,18 = 1,890 \text{ kN}$$

$$\text{Beban P1} = 3,980 \text{ kN}$$

2. □ Beban P2:

$$\text{- □ Berat gording} = 7 \times 0,059 = 0,414 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
-\square \text{ Berat atap} &= \frac{1}{\cos 20} \times 7 \times 0,15 &= 1,117 \text{ kN} \\
-\square \text{ Berat plafond} &= 1 \times 7 \times 0,18 &= 1,260 \text{ kN} \\
\text{Beban P2} &&= 2,792 \text{ kN}
\end{aligned}$$

3. □Beban P3:

$$\begin{aligned}
-\square \text{ Berat gording} &= 2 \times 7 \times 0,059 &= 0,829 \text{ kN} \\
-\square \text{ Berat atap} &= \frac{1}{\cos 20} \times 7 \times 0,15 &= 1,117 \text{ kN} \\
-\square \text{ Berat plafond} &= 1 \times 7 \times 0,18 &= 1,260 \text{ kN} \\
\text{Beban P3} &&= 3,206 \text{ kN}
\end{aligned}$$

2.7.2. Perhitungan Sambungan WF

- □Momen M_u : 82,8 kNm
- □Gaya geser V_u : 2,74 kN
- □Diameter baut : 22 mm
- □Plat sambung : 10 mm
- □A baut : $0,25 \times \pi \times \text{diameter baut} = 380 \text{ mm}^2$
- □Baja WF yang dipasang : 30 × 15
- □Kemiringan atap : 20
- □Tinggi sambungan : $\frac{30}{\cos 20} \times \frac{\pi}{180} = 31,93 \text{ cm} = 319 \text{ mm}$
- □ d_1 : 44 mm = 50 mm
- □ d_2 : 44 mm = 50 mm
- □ y_1 : $2 \times d_1 = 100 \text{ mm}$
- □ y_2 : $\frac{319 - 2 \times 50}{2} = 109,7 \text{ mm}$
- □ y_3 : 109,7 mm
- □ y_a : $y_3 + y_2 + y_1 - y_b = 162,1 \text{ mm}$
- □ y_b : $\frac{2 \times 380 \times 100 + 2 \times 380 \times (100 + 109,7) + 2 \times 380 \times (100 + 109,7 + 109,7)}{4 \times 2 \times 380}$
: 157,2 mm
- □ Σy_2 : $y_b^2 + (y_b - y_1)^2 + (y_a - y_3)^2 + y_a^2$
: $157,2^2 + (157,2 - 100)^2 + (162,1 - 109,7)^2 + 162,1^2$
: 57011,1
- □ $y_a + y_b$: 319,3 mm
- □ f_{ub} : $585 \text{ N/mm}^2 = 0,585 \text{ kN/mm}^2$
- □ ϕ_f : 0,75 f_i

- r_1 : 0,4 (baut ulir)
- r_2 : 0,5 (baut polos)
- Kuat geser baut : $V_d = \phi f \times r_1 \times f_{ub} \times A. \text{ baut} = 66,71$
- Kuat tarik baut : $T_d = \phi f \times 0,75 \times f_{ub} \times A. \text{ baut} = 125,1$
- Tarik maks baut : $f_t = \frac{M_u \times y_{max}}{2 \Sigma y^2} = 117,6$
- Geser pada baut : $f_v = \frac{V_u}{8} = 0,343$
- Interaksi geser dan tarik : $f_i = \sqrt{\left(\frac{f_t}{T_d}\right)^2 + 3 \left(\frac{f_v}{V_d}\right)^2} = 0,9405$

2.8. Perancangan Balok

Balok merupakan salah satu konstruksi yang memiliki fungsi sebagai penyalur momen dan torsi dari plat menuju struktur kolom. Fungsi lain dari balok adalah sebagai rangka batang antar kolom, sehingga pada saat dipindahkan kolom tetap menjadi satu dan tetap pada bentuk dan posisinya semula. Terdapat dua jenis balok yaitu balok utama dan balok pembantu, keduanya memiliki fungsi yang sama namun balok pembantu membagi plat menjadi beberapa bagian yang memungkinkan plat memikul beban pada area yang lebih kecil. Tulangan lentur balok didesain berdasar gabungan beban hidup, beban mati, serta beban gempa.

Dalam perancangan struktur balok hampir sama dengan kolom, yang membedakan adalah pada perhitungan pembesannya. Pada struktur balok terdapat perhitungan pada daerah tumpuan dan lapangan yang menjadi salah satu faktor yang penting agar struktur balok aman dan kuat dalam menahan beban yang akan diterima. Berikut merupakan macam-macam balok yang dipakai:

- f'_c : 25 Mpa
- F_y : 420 Mpa
- h : 500 mm
- b : 250 mm
- d tulangan : 19 mm
- d sengkang : 10 mm
- Selimut beton : 20 mm

a. Perencanaan Tulangan Tumpuan

- M_u : 226,89 (dari etabs)
- d : $500 - (20 + 10 + \frac{19}{2}) = 460,5 \text{ mm}$

- ρ_{Rn} : $\frac{226,89}{0,9 \times 250 \times 19^2} = 0,00279$
- ρ_{\min} : $\frac{1,4}{420} = 0,0033$
- ρ_{perlu} : $\left(\frac{0,85 \times 25}{420}\right) \times \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 0,00279}{0,85 \times 25}\right)}\right) = 0,0043$
- ρ_{maks} : $0,75 \times \frac{0,85 \times 0,85 \times 25}{420} \times \frac{600}{600+420} = 0,01897$

$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$, maka dipakai ρ_{perlu}

- A_s_{perlu} : $0,0043 \times 460,5 \times 1000 = 2000,038$
- $A_s_{\text{terpasang}}$: $8 \times \pi \times \frac{1}{4} \times 19^2 = 2268,23$

Dipasang tulangan 8D19

$A_s_{\text{perlu}} < A_s_{\text{terpasang}} = \text{Aman}$

b. Perencanaan Tulangan Lapangan

- M_u^+ : 123,84 (dari etabs)
- d : $500 - (20 + 10 + \frac{19}{2}) = 460,5 \text{ mm}$
- ρ_{Rn} : $\frac{123,84}{0,9 \times 250 \times 19^2} = 0,001525$
- ρ_{\min} : $\frac{1,4}{420} = 0,0033$
- ρ_{perlu} : $\left(\frac{0,85 \times 25}{420}\right) \times \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 0,001525}{0,85 \times 25}\right)}\right) = 0,00232$
- ρ_{maks} : $0,75 \times \frac{0,85 \times 0,85 \times 25}{420} \times \frac{600}{600+420} = 0,01897$

$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min} < \rho_{\text{maks}}$, maka dipakai ρ_{\min}

- A_s_{perlu} : $0,0033 \times 460,5 \times 1000 = 1535$
- $A_s_{\text{terpasang}}$: $6 \times \pi \times \frac{1}{4} \times 19^2 = 1701,172$

Dipasang tulangan 6D19

$A_s_{\text{perlu}} < A_s_{\text{terpasang}} = \text{Aman}$

c. Perencanaan Tulangan Sengkang

- V_c : 0
- V_u : 145,7224
- V_s : $\frac{145,7224}{0,75} = 194,297$

Digunakan 3D10

$$A_v : \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,539 \text{ mm}^2$$

$$S1 : \frac{3 \times 78,539 \times 420 \times 460,5}{194,297 \times 1000} = 234,5443 \text{ mm}$$

$$S2 : \frac{460,5}{4} = 115,125 \text{ mm}$$

$$S3 : 6 \times 19 = 114 \text{ mm}$$

$$S4 : 150 \text{ mm}$$

$$S \text{ Pakai} : 100$$

Digunakan 3D10-100 (Tumpuan)

Digunakan 3D10-100 (Lapangan)

2.9. Perancangan Kolom

Kolom merupakan salah satu bagian pada struktur yang mengalami desak dan tergelong dalam komponen utama pada sebuah bangunan yang memiliki fungsi sebagai struktur pemikul beban vertikal, pada struktur kolom itu sendiri tidak memperoleh kuat lentur secara langsung. Menurut Dipohusodo, 1994 kolom terbagi menjadi tiga, antara lain:

1. Kolom pengikat sengkang lateral

Kolom ini merupakan kolom beton dengan pembesian tulangan utama memanjang dan memiliki sengkang dengan arah menyamping diseluruh bagian kolom secara memanjang pada jarak tertentu.

2. Kolom pengikat spiral

Kolom ini mempunyai tulangan utama yang memanjang dan melingkar di sepanjang kolom dan membentuk heliks. Kegunaannya adalah memberi ketahanan kolom untuk menerima desakan yang cukup besar. Manfaat lain juga bisa mengantisipasi pendistribusian kembali momen dan tegangan pada struktur secara keseluruhan.

3. Struktur kolom komposit

Struktur kolom ini yaitu unit struktur desak yang diperkuat pada arah membujur dengan batang baja profil dengan atau tidak diberikan batang tulangan utama yang membujur.

Selain itu, pada bangunan gedung mempunyai dimensi kolom yang berbeda dari kolom satu dengan kolom yang lain, seperti berikut:

1. Kolom struktural

Kolom struktural adalah kolom yang menerima beban aksial pertama yang selanjutnya akan disalurkan ke pondasi. Pada SNI 2847:2013, kolom harus dirancang untuk menyerap gaya aksial beban faktor pada setiap lantai atau atap dan momen maksimum beban faktor bersama-sama antara lantai atau atap yang berdekatan yang dipertimbangkan.

2. Kolom Praktis

Kolom praktis merupakan kolom yang terletak pada antar tembok dan berguna untuk menyokong kegunaan dari kolom struktural. Pada SNI 03-2834-1992 dijelaskan bahwa kolom praktis beton bertulang berukuran $15\text{cm} \times 20\text{cm}$ dengan tulangan utama minimal diameter 12mm, Sengkang dengan diameter 8mm dengan jarak 10cm yang memiliki fungsi sebagai pengaku dinding pasangan.

Berikut merupakan contoh perhitungan perencanaan tulangan kolom

- □ Ukuran kolom : $0,7 \times 0,7 \text{ m}$
- □ Ketinggian : 18.06 m
- □ Lantai 1 : 0 m
- □ Lantai 2 : 3,6 m
- □ Lantai 3 : 7,2 m
- □ Lantai 4 : 10,8 m
- □ Plafon : 14,9 m
- □ F'_c : 25 Mpa
- □ E : 25742960,2 kN/m²
- □ F_y : 420 Mpa
- □ Momen + : 268,965 kNm
- □ Momen - : 331,927 kNm
- □ Lk 1 : 3,6 m
- □ Ik 1 : $\frac{1}{12} \times 0,7 \times 0,73 = 0,02 \text{ m}^4$
- □ Kk 1 : $\frac{4 \times 25742960,2 \times 0,02}{3,6} = 572304,143$
- □ Lk 2 : 3,6 m
- □ Ik 2 : $\frac{1}{12} \times 0,7 \times 0,73 = 0,02 \text{ m}^4$
- □ Kk 2 : $\frac{4 \times 25742960,2 \times 0,02}{3,6} = 572304,143$

- ΣK : $572304,143 + 572304,143 = 1144608,286$
- $M_k 1$: $\frac{572304,143}{1144608,286} \times (268,965 + 331,927) = 300,4461142 \text{ kNm}$
- $M_k 2$: $\frac{572304,143}{1144608,286} \times (268,965 + 331,927) = 300,4461142 \text{ kNm}$
- Berat Kolom : $0,7 \times 0,7 \times 3,6 \times 24 \times 1,2 = 50,8032$

Mutu Bahan

- Mutu beton : 30 Mpa
- Mutu baja : 420 Mpa
- Modulus baja : 200 000

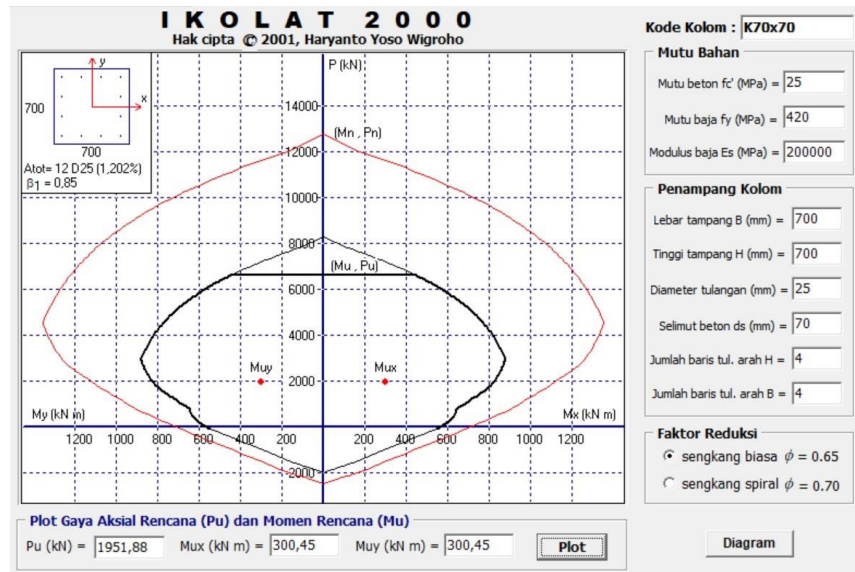
Penampang Kolom

- Lebar tampang B : 700 mm
- Tinggi tampang H : 700 mm
- Diameter tulangan : 25 mm
- Selimut beton : 70 mm
- Jumlah baris tulangan arah H : 4
- Jumlah baris tulangan arah B : 4

Faktor Reduksi

- Sengkang biasa \emptyset : 0,65

Digunakan IKOLAT dan mendapatkan hasil:



Gambar 2. 4 IKOLAT Kolom

- □ Pu : 1951,88 kN
- □ Mux : 300,45 kNm
- □ Muy : 300,45 kNm

Tabel 2. 1 Beban Etabs

Kolom	Tinggi	Letak	Pu	M2	M3	Pu	M2	M3
Lantai 4	3.6	Atas	437.1673	300.45	300.45	126.84	0	123.67
		Bawah	487.9705	300.45	300.45	127.05	0	165.47
Lantai 3	3.6	Atas	925.1379	300.45	300.45	134.47	0	123.62
		Bawah	975.9411	300.45	300.45	133.44	0	189.84
Lantai 2	3.6	Atas	1413.108	300.45	300.45	140.9	0	123.42
		Bawah	1463.912	300.45	300.45	139.67	0	209.66
Lantai 1	3.6	Atas	1901.079	300.45	300.45	146.71	0	123.96
		Bawah	1951.882	300.45	300.45	144.28	0	226.89

Untuk mencari sengkang digunakan:

- □ bc : $0,7 \times 10^3 - 2 \times 70 = 560 \text{ mm}$
- □ Ach : $bc^2 = 313600 \text{ mm}^2$
- □ Ag : $(0,7 \times 10^3) \times (0,7 \times 10^3) = 490000 \text{ mm}^2$

- $\square P_u$: 1951,88 kN
- $\square 0,3A_g f_c$: $\frac{0,3 \times A_g \times f_c}{1000} = 4410 \text{ kN}$
- $\square x_i$: $\frac{bc - 2 \times 10 - \text{tul yg digunakan}}{3}$
: $\frac{560 - 2 \times 10 - 25}{3} = 171,667 \text{ mm}$
- $\square a$: $0,3 \times \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \times \frac{f_c}{f_y}$
: $0,3 \times \left(\frac{490000}{313600} - 1 \right) \times \frac{25}{420} = 0,0100446$
- $\square b$: $0,09 \times \frac{f_c}{f_y}$
: $0,09 \times \frac{25}{420} = 0,00535714$

Diantara a dan b diambil yang terbesar, maka dipakai (a)

Tabel 2. 2 Hasil Perhitungan Sengkang

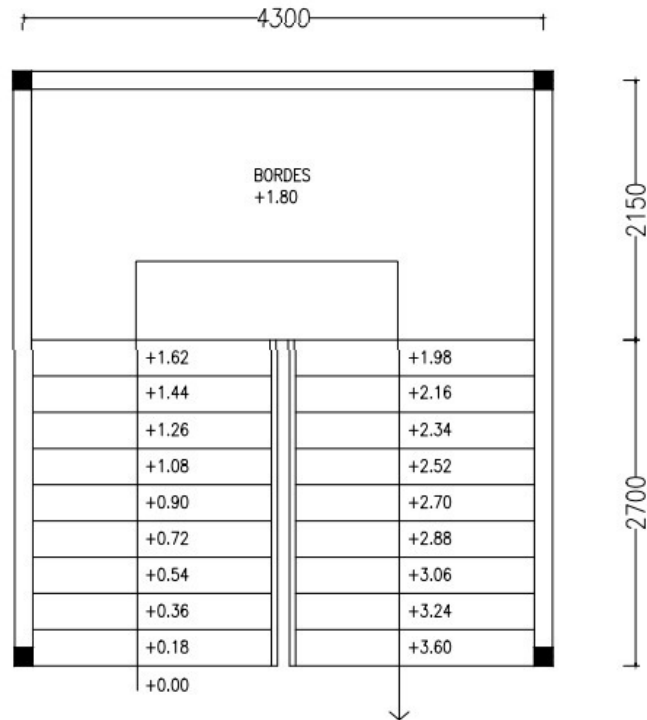
So			Ash/s	As	Spasi	Dipasang tulangan sengkang			As Pakai
mm	mm	mm	mm ² /mm	mm ²	mm	Dalam panjang lo		mm ²	
159.44	175	150	6.750	675.000	100	4	D	16	804.248

2.10. Perancangan Plat Lantai

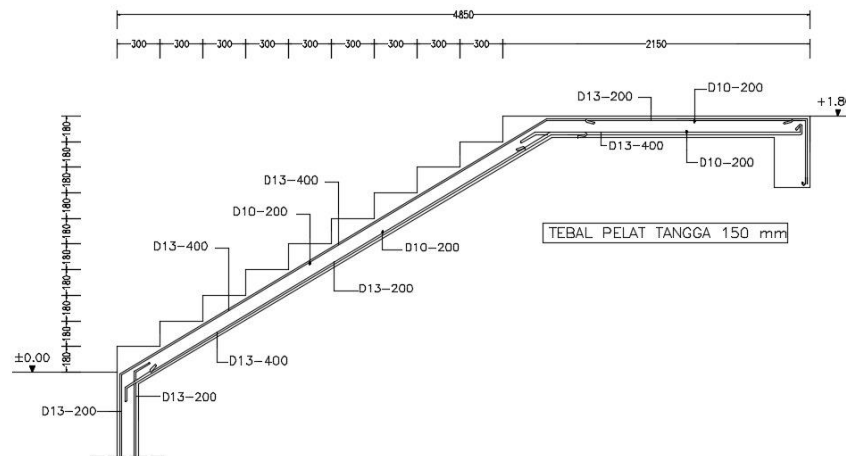
Plat beton bertulang adalah struktur yang terbuat dari beton bertulang dengan bidang mendatar, yang bebannya bekerja tegak lurus terhadap bidang struktur. Sifat dari plat lantai harus kuat, kaku, kokoh, rata dan nyaman untuk dipijak. Ketentuan tebal plat lantai sesuai dengan hal-hal berikut ini:

1. \square Beban yang akan disangga.
2. \square Bahan yang dipakai.
3. \square Jarak antar balok penyangga.
4. \square Besar lendutan yang diijinkan

2.11. Perancangan Tangga



Gambar 2. 5 Denah Tangga



Gambar 2. 6 Penulangan Tangga

Perancangan konstruksi tangga dan bordes melingkupi ukuran, penulangan plat tangga, serta juga kemiringan. Beton bertulang dengan mutu beton $f'c = 30$ MPa digunakan dalam perencanaan struktur tangga dan diperkirakan memiliki komposisi yang sama pada setiap lantainya. Ketetapan kenyamanan menggunakan aturan acuan ukuran dan sudut anak tangga. Untuk mewujudkan konstruksi tangga yang aman dan nyaman, maka digunakan perkiraan acuan ukuran tangga seperti di bawah ini:

O = Optrede (Langkah tegak) = 15cm – 20cm

A = Antrede (Langkah datar) = 20cm – 35cm

Sebagai contoh digunakan optrede 17 cm dan antrede 30 cm.

$2 \times O + A = 61-65$ (ideal)

$2 \times 17 + 30 = 64$ (OK)

Sedangkan perhitungan pengukuran kemiringan adalah sebagai berikut:

$Tg \alpha = 17/30 = 0,567$

$\alpha = 30^\circ$

Syarat kemiringan $25^\circ < 30^\circ < 45^\circ$ (OK)

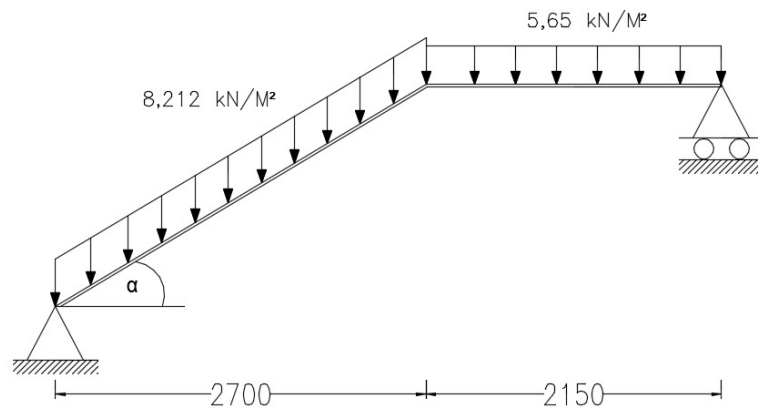
$h' = h + \frac{O}{2} \times \cos \alpha = 15 + \frac{17}{2} \times \cos 30^\circ = 22,4 \text{ cm} = 0,224 \text{ m}$

Maka ekuivalen tebal anak tangga adalah $0,224 - 0,15 = 0,074$ meter.

Berikut merupakan data perancangan tangga:

- Jarak antar lantai = 3600 mm
- Lebar tangga (*LI*) = 4300 mm
- Lebar bordes = 2150 mm
- Tinggi optrede (*O*) = 180 mm
- Jumlah anak tangga (*n*) = 20 buah
- Lebar antrede (*A*) = 300 mm
- Sudut kemiringan (α) = $30,96^\circ$
- Tebal plat tangga = 150 mm

Rencana Beban Tangga



Gambar 2. 7 Pembebanan Tangga

1. □Beban mati tangga (q_{tg}):

- □ Berat sendiri tangga	$= \frac{0,15}{\cos 20} \times 24$	$= 4,002 \text{ kN/m}^2$
- □ Berat anak tangga	$= \frac{1}{2} \times 0,18 \times 24$	$= 2,16 \text{ kN/m}^2$
- □ Berat ubin dan spesi	$= 0,05 \times 24$	$= 1,05 \text{ kN/m}^2$
- □ Berat railing (diasumsikan)	$= 1$	$= 1 \text{ kN/m}^2$
<hr/>		
Total q_{tg}		$= 8,212 \text{ kN/m}^2$

2. □Beban mati bordes (q_{bd}):

- □ Berat sendiri tangga (bordes)	$= \frac{150}{1000} \times 24$	$= 3,6 \text{ kN/m}^2$
- □ Berat ubin dan spesi	$= 0,05 \times 24$	$= 1,05 \text{ kN/m}^2$
- □ Berat railing (diasumsikan)	$= 1$	$= 1 \text{ kN/m}^2$
<hr/>		
Total q_{bd}		$= 5,65 \text{ kN/m}^2$

3. □Beban hidup (q_{LL}):

- □ Berat beban hidup tangga (pasar)	$= 4,8 \text{ kN/m}^2$
<hr/>	
Total q_{LL}	$= 4,8 \text{ kN/m}^2$

Rencana Penulangan Tangga

- □ Momen akibat <i>Dead Load (DL)</i>	$= 21,6 \text{ kN/m}^3$
- □ Momen akibat <i>Live Load (LL)</i>	$= 15,99 \text{ kN/m}^3$
- □ $M_u = 1,4 M_{DL}$	$= 1,4 \times 21,6 = 30,24 \text{ kNm}$

$$-\square M_u = 1,2 M_{DL} + 1,6 M_{LL} = 1,2 \times 21,6 + 1,6 \times 15,99 = 51,504 \text{ kNm}$$

$$\text{Dipakai } M_{UR} = 51,504 \text{ kNm}$$

$$-\square \text{ Geser akibat } \textit{Dead Load} (DL) = 16,75 \text{ kN/m}^3$$

$$-\square \text{ Geser akibat } \textit{Live Load} (LL) = 12,6 \text{ kN/m}^3$$

$$-\square V_u = 1,4 V_{DL} = 1,4 \times 16,75 = 23,45 \text{ kNm}$$

$$-\square V_u = 1,2 V_{DL} + 1,6 V_{LL} = 1,2 \times 16,75 + 1,6 \times 12,6 = 40,26 \text{ kNm}$$

$$\text{Dipakai } V_{UR} = 40,26 \text{ kNm}$$

$$-\square \text{ Mutu Beton } (F'c) = 25 \text{ MPa}$$

$$-\square \text{ Mutu Tulangan Tangga } (F_y) = 280 \text{ MPa}$$

$$-\square \text{ Selimut beton } (S_b) = 20 \text{ mm}$$

$$-\square \text{ Tebal Plat } (h) = 150 \text{ mm}$$

$$-\square \text{ Koefisien } F_y = 0,8$$

$$-\square \text{ D tul pokok} = 13 \text{ mm}$$

$$-\square \text{ D tul susut} = 10 \text{ mm}$$

$$-\square \text{ As tulangan pokok} = \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 = 132,73 \text{ mm}^2$$

$$-\square \text{ As tulangan susut} = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

a. □ Tulangan Lentur

$$-\square \text{ Lebar bersih } (dx) = 150 - 20 - \frac{13}{2} = 123,5 \text{ mm}$$

$$-\square M_n = \frac{51,504 \times 10^6}{0,8} = 64380000 \text{ Nmm}$$

$$-\square R_n = \frac{64380000}{1000 \times 123,5} = 4,221017$$

$$-\square m = \frac{280}{0,85 \times 25} = 13,17647059$$

$$-\square \rho = \frac{1}{13,17647059} \times (1 - (1 -$$

$$\left(\left(\frac{2 \times 13,17647059 \times 4,221017}{280} \right) \right)^{0,5} = 0,016973$$

$$-\square \rho \text{ min.} = 0,002$$

$$-\square \text{ As perlu} = 150 \times 0,016973 \times 123,5 = 314,425 \text{ mm}^2$$

$$-\square S = \frac{132,74 \times 1000}{314,425} = 422,17 \text{ mm}$$

$$-\square S \text{ max} = 3 \times 150 = 450 \text{ mm dan } 450 \text{ mm}$$

$$\text{Dipasang tulangan} = D13 - 400$$

$$-\square \text{ Lebar bersih } (dy) = 150 - 20 - 13 - \frac{13}{2} = 110,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
-\square Mn &= \frac{51,504 \times 10^6}{0,8} = 64380000 \text{ Nmm} \\
-\square Rn &= \frac{64380000}{1000 \times 1105} = 5,272619 \\
-\square m &= \frac{280}{0,85 \times 25} = 13,17647059 \\
-\square \rho &= \frac{1}{13,17647059} \times (1 - (1 - \\
&\quad \left(\left(\frac{2 \times 13,17647059 \times 5,272619}{280} \right) \right)^{0,5}) = 0,022027 \\
-\square \rho \text{ min.} &= 0,002 \\
-\square As \text{ perlu} &= 150 \times 0,022027 \times 110,5 = 323,07 \text{ mm}^2 \\
-\square S &= \frac{132,74 \times 1000}{323,07} = 410,87 \text{ mm} \\
-\square S \text{ max} &= 3 \times 150 = 450 \text{ mm dan } 450 \text{ mm} \\
\text{Dipasang tulangan} &= D13 - 400
\end{aligned}$$

Cek Geser

$$\begin{aligned}
-\square Vc &= \frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 1000 \times 123,5 = 102,92 \\
-\square \emptyset Vc &= 0,75 \times 102,92 = 77,19 \\
-\square \emptyset Vc > Vu &= 77,19 > 40,26 \text{ (AMAN)}
\end{aligned}$$

b. □ Tulangan Susut

$$\begin{aligned}
-\square \text{Lebar bersih } (dx) &= 150 - 20 - \frac{10}{2} = 125 \text{ mm} \\
-\square Mn &= \frac{51,504 \times 10^6}{0,8} = 64380000 \text{ Nmm} \\
-\square Rn &= \frac{64380000}{1000 \times 125} = 4,12032 \\
-\square m &= \frac{280}{0,85 \times 25} = 13,17647059 \\
-\square \rho &= \frac{1}{13,17647059} \times (1 - (1 - \left(\left(\frac{2 \times 13,17647059 \times 4,12032}{280} \right) \right)^{0,5})) = \\
&\quad 0,016512 \\
-\square \rho \text{ min.} &= 0,002 \\
-\square As \text{ perlu} &= 150 \times 0,016512 \times 125 = 309,593 \text{ mm}^2 \\
-\square S &= \frac{78,54 \times 1000}{309,593} = 253,688 \text{ mm} \\
-\square S \text{ max} &= 5 \times 150 = 750 \text{ mm dan } 450 \text{ mm} \\
\text{Digunakan tulangan} &= D10 - 250 \\
-\square \text{Lebar bersih } (dy) &= 150 - 20 - 10 - \frac{10}{2} = 115 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
-\square M_n &= \frac{51,504 \times 10^6}{0,8} = 64380000 \text{ Nmm} \\
-\square R_n &= \frac{64380000}{1000 \times 115} = 4,868053 \\
-\square m &= \frac{280}{0,85 \times 25} = 13,17647059 \\
-\square \rho &= \frac{1}{13,17647059} \times (1 - (1 - \\
&\left(\left(\frac{2 \times 13,17647059 \times 4,868053}{280} \right) \right)^{0,5} = 0,020029 \\
-\square \rho \text{ min.} &= 0,002 \\
-\square A_s \text{ perlu} &= 150 \times 0,020029 \times 115 = 345,497 \text{ mm}^2 \\
-\square S &= \frac{78,54 \times 1000}{345,497} = 227,325 \text{ mm} \\
-\square S \text{ max} &= 5 \times 150 = 750 \text{ mm dan } 450 \text{ mm} \\
\text{Digunakan tulangan} &= \text{D10} - 200
\end{aligned}$$