

Bab II

PRAKTIK PERANCANGAN BANGUNAN GEDUNG

2.1. Deskripsi Umum

Perancangan struktur merupakan unsur yang penting pada pembangunan suatu gedung agar dapat menghasilkan gedung yang kuat, aman dan ekonomis. Secara keseluruhan struktur bangunan gedung terdiri dari dua bagian yaitu struktur bagian atas yang berupa lantai, balok, kolom, dinding dan atap sedangkan struktur bagian bawah berupa fondasi dan balok sloof.

Keamanan merupakan faktor utama yang harus diperhatikan dalam perencanaan suatu gedung bertingkat tinggi. Gaya lateral maupun aksial harus diperhitungkan agar struktur memiliki ketahanan terhadap gaya-gaya tersebut. Dalam perencanaan suatu gedung, analisis terhadap gaya-gaya dalam struktur diperlukan untuk memperkirakan reaksi yang akan ditimbulkan apabila suatu struktur bangunan dikenai gaya tersebut. Penulis menggunakan program *ETABS* untuk membantu dalam menghitung gaya-gaya yang terjadi di dalam struktur bangunan.

2.1. Dasar Perencanaan

Dalam pengerjaan praktik perancangan bangunan gedung ini menggunakan ketentuan dan dasar perencanaan sebagai berikut:

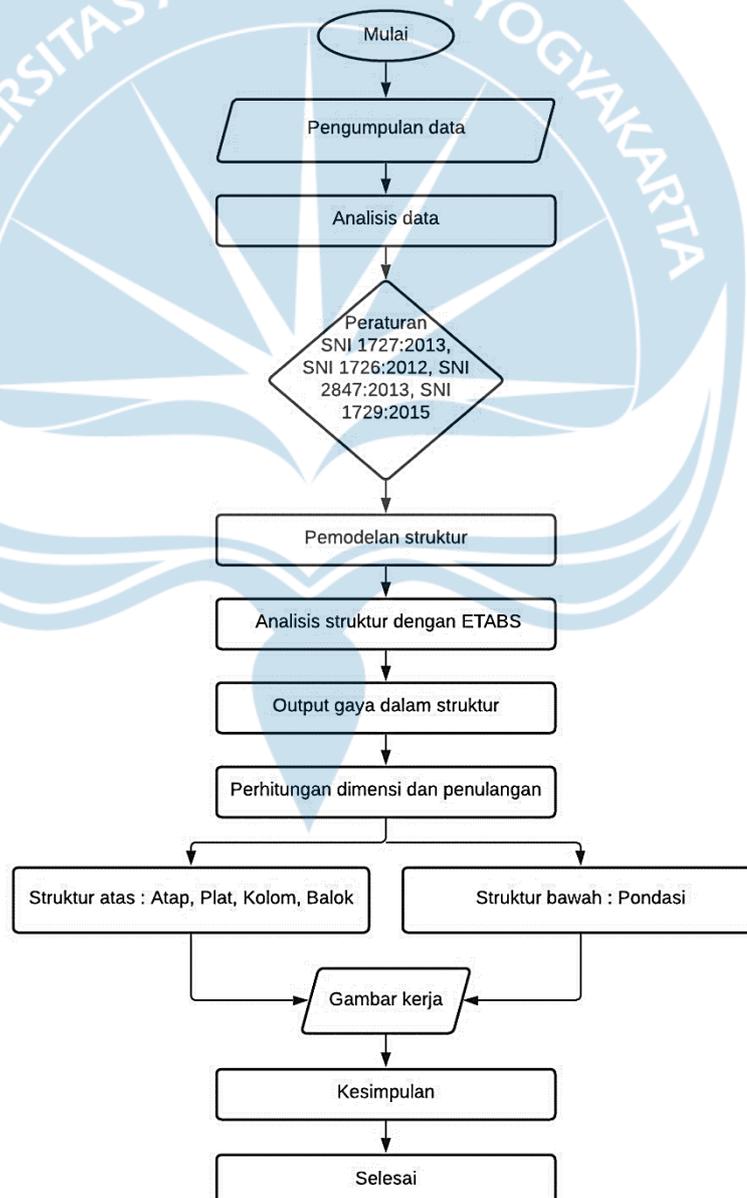
- a. Struktur yang ditinjau adalah struktur atas bangunan yang terdiri dari 3 lantai, serta struktur bawah bangunan yaitu pondasi telapak
- b. Bangunan didirikan di wilayah gempa dengan resiko gempa menengah
- c. Analisis ketahanan gempa mengacu pada SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung
- d. Analisis perhitungan struktur mengacu pada SNI 2847:2013 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung
- e. Analisa pembebanan mengacu pada SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain

f. Analisis struktur komponen baja mengacu pada SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural

g. Spesifikasi material yang digunakan:

1. Beton bertulang dengan $f'c = 25$ MPa
2. Baja tulangan dengan
 - a. $f_y = 270$ MPa untuk diameter ≤ 10 mm (BjTP).
 - b. $f_y = 400$ MPa untuk diameter > 10 mm (BjTD)

2.2. Metode Perancangan

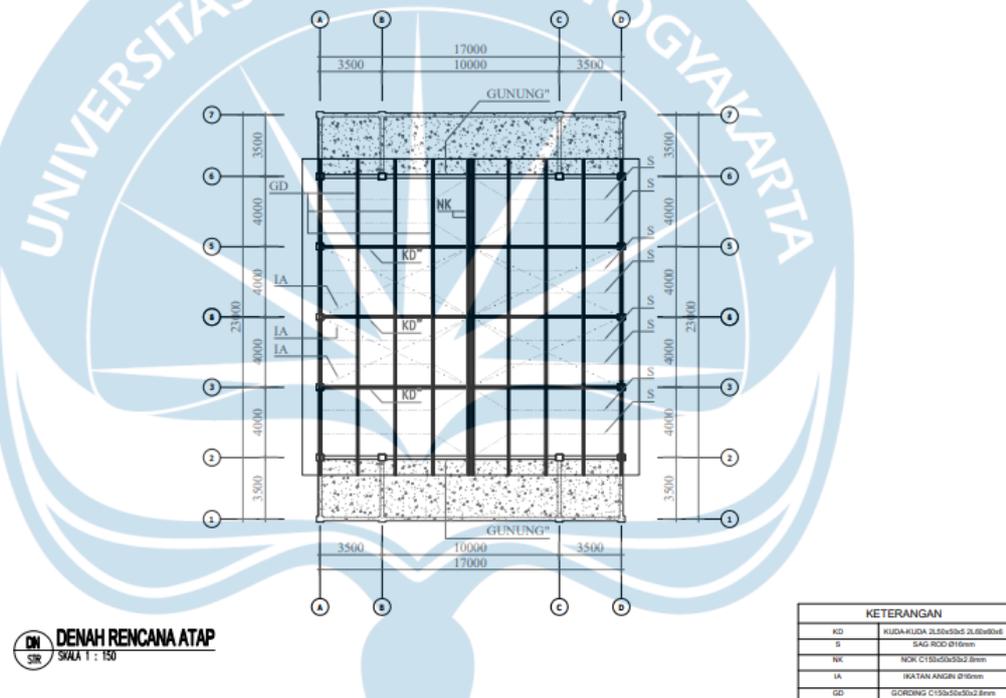


Gambar 2.1 Bagan Alir Perancangan Bangunan Gedung

2.3. Analisis Data dan Hasil Perancangan

2.3.1. Perencanaan Struktur Atap

Desain struktur atap ditentukan dengan berbentuk atap limasan menggunakan rangka kuda-kuda baja siku dan sambungan baut. Data dari soal diketahui ukuran bentang sebesar 17 m dan panjang atap, direncanakan beban-beban dari atap itu sendiri. Struktur kuda-kuda menerima berbagai beban di atasnya, baik itu beban mati (*dead load*) sebesar 2,081 Kn/m, beban hidup (*live load*) sebesar 1 Kn/m, dan beban angin (*wind load*).



Gambar 2.2 Denah Rencana Atap

Awal perancangan ditentukannya beban-beban yang berkaitan dengan gording dari berat sendiri, berat atap sesuai dengan item yang digunakan, dan berat plafond. Setelah profil gording di tentukan (C150x50x20x2.8), selanjutnya pengecekan defleksi dari profil tersebut dan perhitungan sag-rod. Apabila profil gording masih dalam keadaan aman perancangan dapat dilanjutkan ke tahap perancangan profil rangka baja.

Perancangan rangka atap menggunakan kombinasi beban 1.4D dan 1.2D+1.6L dan gaya dipilih yang paling besar dengan hasil 9,474 Kn. Kemudian masuk ke

perhitungan sagrod dengan ketentuan luas batang sagrod ($\emptyset=0,9$) sesuai dengan rumus

$$A_{st} = \frac{Ft \times 10^3}{\emptyset Fy} \quad (2 - 1)$$

Menghasilkan luas batang sagrod sebesar 360,300 mm². Pembebanan atap dihitung disetiap sambungan rangka kuda-kuda. Beban-beban P1, P2 dan P3 dihitung sesuai dengan jarak gording (lebar atap yang didukung) dan panjang gording (jarak antara kuda-kuda). Berat atap dan plafon diambil dari peraturan pembebanan yang berlaku, untuk berat sendiri kuda-kuda diperkirakan 0,50 kN/m'. setelah dihitung mendapatkan hasil P1=8,461 Kn P2=9,227 Kn P3=9,466 Kn. Untuk pembebanan angin beban angin dari kiri, besarnya W1, W2, W3, W4, W5 dan W6 dihitung sesuai dengan besar tiupan angin (Qw), koefisien beban angin (Cti atau Cis), jarak gording (lebar atap yang didukung) dan panjang gording (jarak antara kuda-kuda).

Gaya gaya hasil perhitungan tersebut diterapkan pada permodelan 2D yang menggunakan *software* SAP2000 sehingga mendapatkan profil penampang yang akan ditentukan. Setelah profil penampang ditentukan (2L50x50x5 dan 2L60x60x6) mendapatkan hasil masing-masing $r_x < r_y$, $r_{min}=15.2\text{mm}$ dan $r_x < r_y$, $r_{min}=18.16\text{ mm}$ dari perhitungan r_x dan r_y profil batang. Selanjutnya melakukan cek tarik batang dengan syarat kelangsungan

$$\square \square \frac{L_k}{r} < 300 \text{ untuk elemen sekunder} \quad \text{Ps.10.3.4}$$

r

$$\square \square \frac{L_k}{r} < 240 \text{ untuk elemen primer} \quad \text{Ps.10.3.4}$$

r

Selanjutnya, melakukan perhitungan sambungan rangka kuda-kuda. Ketentuan sambungan menggunakan sambungan baut dengan baut ulir M12 $r=0.4$ direncanakan kuat geser baut dengan rumus $Vd = \emptyset f . ri . fu^b Ab$ didapat hasil 23750.440 N. Jarak lubang dari tepi ditetapkan 1.5 x diameter baut sehingga didapat 20mm dan jarak antar baut ditetapkan 1.8 x diameter baut dari perhitungan didapat 40 mm. Jika semua perhitungan diatas telah dilakukan perhitungan kuat rencana

tumpu dengan rumus $Rd = 2,4 \cdot \Phi f \cdot db \cdot fp \cdot fu$ dan menghitung jumlah baut dengan rumus berikut.

$$nb = \frac{Nu}{2vb \text{ atau } Rd} \quad (2 - 2)$$

Dari sekian perhitungan dan data yang dibutuhkan sudah terpenuhi selanjutnya dibuat gambar kerja.

2.3.2. Perencanaan tangga

Perancangan dimulai dengan pengumpulan data sesuai dengan rencana denah bangunan. Ditentukan dengan tinggi bordes $\frac{1}{2}$ dari tinggi lantai dan lebar bordes $\frac{1}{2}$ dari as penempatannya yang masing masing berukuran 1850 mm dan 1750mm. direncanakan besar *antrede* 300mm dan *optrade* 185 mm maka jumlah anak tangga 20 buah dengan sudut kemiringan 31.6° .

Pembebanan rencana berupa beban terhadap tangga yang meliputi berat sendiri, beban anak tangga, beban ubin dan spesi, dan beban railing tangga sebesar $4,38 \text{ Kn/m}^2$. Selain itu, direncanakan beban bordes meliputi beban sendiri, beban ubin dan spesi, dan beban railing sebesar $5,65 \text{ Kn/m}^2$.

Dari permodelan SAP2000 diperoleh *Shear Force Diagram* (SFD), *Bending Moment Diagram* (BMD), dan Reaksi Tumpuan. Gaya-gaya tersebut diperlukan pada perhitungan penulangan untuk mencari momen dan gaya geser. Sebelum memasuki perhitungan ditetapkan tebal plat tangga (150mm) lebar tangga (1000 mm) selimut beton 25mm dengan mutu besi $f_y = 400 \text{ Mpa}$ untuk tulangan pokok dan $f_y=270 \text{ Mpa}$ untuk tulangan susut, dan mutu beton 25Mpa.

Perencanaan penulangan berupa menghitung R_n , ρ , dan A_s perlu pada tulangan pokok. Mengecek gaya geser (V_c) dan menganalisa perhitungan tulangan susut. Pada perhitungan ini dihasilkan tulangan sebesar D16-400 dan D16-200. Setelah itu pengecekan gaya geser yang diterima dari perencanaan penulangan.

Perencanaan balok bordes perlu ditinjau dari hasil perencanaan tangga sebelumnya. Dari pembebanan sampai dengan perhitungan penulangan dan tahap pengecekan gaya yang dihasilkan.

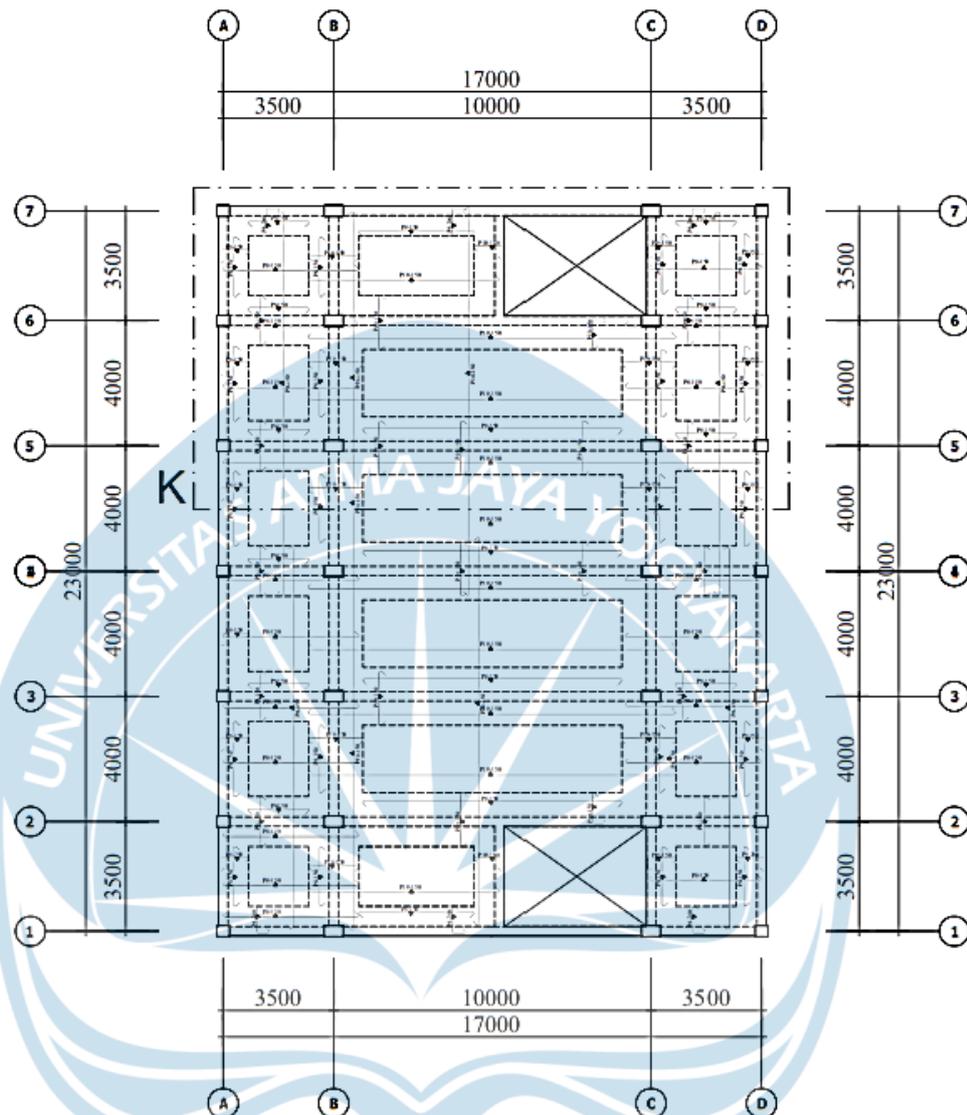
2.3.3. Perencanaan plat lantai

Perencanaan pelat lantai bermula dari peninjauan parameter pelat lantai itu sendiri. Pada perencanaan ditetapkan mutu baja $f_y=400 \text{ Mpa}$ untuk tulangan pokok,

$f_y = 270$ Mpa untuk tulangan susut dan mutu beton sebesar 25 Mpa. Dengan ukuran rencana tebal pelat untuk atap dan lantai masing-masing 120mm dan 145mm.

Pembebanan pelat lantai meliputi beban sendiri, beban pasir, beban ubin + spesi, beban plafon, lain-lain -> finishing (wp) didapat untuk atap $LL=1,0$ Kn/m², $DL=0,6$ Kn/m² dan untuk lantai $LL = 4,79$ Kn/m², $DL=2,13$ Kn/m² diambil dari SNI 1727 2013 pada Tabel 4.1 beban hidup terdistribusi rerata minimum dan beban terpusat. Koefisien momen diambil dari Peraturan Beton Indonesia (PBI) tahun 1971 untuk pelat dengan tumpuan monolit di ke-empat sisi. Didalam tabel disertakan koefisien-koefisien M_{lx} , M_{ly} , dan M_{tx} digunakan sebagai mana mestinya sesuai dengan kegunaan perancangan. Dalam perancangan ini perlu dilakukan analisa M_u untuk mengetahui *moment* yang terjadi pada struktur pelat lantai, analisa V_u untuk mengetahui gaya geser maksimal dan V_c untuk mengetahui kapasitas kekuatan geser dari struktur itu sendiri.

Setelah analisis pelat lantai selesai dan diperoleh ukuran dan jarak tulangan maka gambar kerja dapat dibuat.



Gambar 2.3 Denah Atap

2.3.4. Perencanaan kolom dan balok

Sebelum melangkah ke analisis kolom dan balok, yaitu permodelan 3 dimensi pada *software* ETABS v9.2 dengan memasukkan data-data yang dibutuhkan seperti data material yang akan dipakai, dimensi atau ukuran dari denah rencana, ukuran item kolom balok dan pelat, kombinasi beban, sampai dengan spectrum gempa untuk menganalisis gaya gempa yang terjadi pada rencana lokasi bangunan.

Pembebanan dilakukan selama permodelan. Pembebanan yang dimasukkan kedalam permodelan 3 dimensi berupa *live load*, *dead load*, *superdead load*, *quake*. Tahap perhitungan analisis gempa pada perencanaan gedung ini mengacu pada SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Analisis gempa yang dilakukan dengan

menggunakan metode analisis dinamik spektrum respons. Analisis dimulai dengan menentukan wilayah dimana bangunan berada yaitu di kota Sumba yang mempunyai nilai $S_s = 1,118g$ dan $S_1 = 0,438g$. Kategori resiko yang diambil merupakan kategori II karena gedung difungsikan sebagai kantor yang memiliki faktor keutamaan gempa (I_e) = 1,0

Untuk kombinasi beban yang diterapkan pada software etabs berupa 18 variasi kombinasi. Setelah data pada permodelan 3d lengkap dilakukan analisis yang menghasilkan data-data seperti M_x , M_y , V , P yang masing masing diolah data menggunakan *Microsoft Excel* dengan rumus perencanaan kolom dan balok sesuai dengan SNI 2847:2002.

Tahap perencanaan balok diawali dengan menentukan dimensi balok induk dan balok anak. Ukuran balok direncanakan dengan rumus $h=1/10 L$ sampai $1/15 L$ dan lebar $b = 1/2 h$ sampai dengan $2/3 h$. Tahap selanjutnya merupakan perhitungan rasio penulangan (ρ perlu) yang akan dibandingkan dengan rasio maksimum (ρ maks) dan rasio minimum (ρ min) dan harus memenuhi syarat bahwa $\rho \text{ min} \leq \rho \text{ perlu} \leq \rho \text{ maks}$, setelah syarat terpenuhi tahap selanjutnya adalah menentukan luas tulangan (A_s perlu) dan jumlah (n) tulangan yang dibutuhkan untuk balok. Keamanan balok ditinjau dengan melakukan perbandingan momen lentur akibat beban berfaktor (M_u) dengan momen nominal (M_n) yang harus memenuhi syarat bahwa $M_u < M_n$. Tulangan tumpuan dan lapangan juga memiliki syarat yang sama yaitu $M_u < M_n$. Penentuan tulangan geser dilakukan dengan menghitung kuat geser beton (V_c) lalu dilanjutkan dengan menghitung kuat geser sengkang yang diperlukan (V_s). Untuk perhitungan jarak sengkang (s) dilakukan dengan cara mengalikan luas penampang kaki sengkang (A_v) dengan mutu tulangan baja (f_y) dan tinggi efektif balok (d) lalu dibagi dengan kuat geser sengkang yang diperlukan (V_s).

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \quad (2-3)$$

Pengecekan keamanan dengan membandingkan A_v dengan A_v minimal dan memiliki syarat $A_v > A_v$ minimal.

Perencanaan menggunakan 2 tipe kolom yang berukuran 450 x 450 mm dan 450 x 650 mm. Gaya yang terjadi pada kolom didapatkan dari perhitungan analisis struktur beton yang bekerja pada bangunan dengan bantuan *software* ETABS. Hasil

yang didapatkan kemudian dianalisis dan diperhitungkan kembali untuk menentukan dimensi kolom. Tahap selanjutnya merupakan perhitungan nilai M_{ux} dan M_{uy} dengan menggunakan diagram interaksi kolom Nod – Mod untuk mendapatkan kebutuhan tulangan kolom. Perhitungan kebutuhan tulangan geser kolom diperoleh dari data gaya geser (V_u) yang telah diperoleh

2.3.5. Perencanaan pondasi

Analisa permodelan 3D pada *software* ETABS menghasilkan berbagai gaya. Salah satu yang digunakan untuk perancangan pondasi yaitu gaya reaksi tumpuan pada dasar bangunan. Gaya tersebut merupakan data yang diperlukan untuk menentukan desain pondasi tersebut selain data-data lain berupa kedalaman tanah keras, berat volume beton, berat volume tanah, daya dukung tanah, dimensi kolom pedestal, dan rencana dimensi tulangan pokok dan tulang susut.

Karena perencanaan menggunakan pondasi telapak. Pertama dilakukan dengan menentukan tebal pondasi telapak. Perhitungan dimensi fondasi telapak menggunakan beban aksial tidak berfaktor.

$$A = \frac{PU}{\sigma \text{ efektif}} \quad (2-4)$$

Dan pengecekan menggunakan rumus

$$\sigma = \frac{V}{A} \pm \frac{My}{I_y} \pm \frac{Mx}{I_x} + q < \sigma_{\text{ijin tanah (daya dukung tanah)}} \quad (2-5)$$

$$q_u = \frac{PU}{A} < \sigma \text{ efektif} \quad (2-6)$$

Perhitungan kuat geser beton pondasi dengan menghitung tinggi efektif beton pondasi (d) dan pemeriksaan terhadap syarat tulangan maksimum dengan melakukan perhitungan kuat geser satu arah dan kuat geser dua arah. Apabila perhitungan aman, dapat dilanjutkan dengan merencanakan penulangan.

Pehitungan penulangan dilakukan dengan menghitung momen lentur (M_u) dan penetapan rencana tulangan sehingga dapat menghitung kontrol regangan tulangan tarik dan penentuan tulangan susut. Sehingga diperoleh hasil tulangan yang akan dipakai.

2.4. Kesimpulan

- a. Perencanaan atap ini menggunakan profil gording C 150x50x20x2.8 mm dan kuda-kuda profil Double Angle 2L50x50x5 mm. Atap ini memiliki bentang 17 m x 17 m
- b. Perencanaan plat menggunakan ketebalan pelat untuk atap dan lantai masing-masing 120mm dan 145mm.
- c. Perencanaan tangga memiliki besar antrede 300mm dan oprade 185 mm maka jumlah anak tangga 20 buah dengan sudut kemiringan 31.6° tulangan sebesar D16-400 dan D16-200.
- d. Perencanaan Balok dengan dimensi B10 lt 2&3 (350x700mm) dan B9 2&3 dengan dimensi (350x500mm). Balok B9 dag dengan dimensi BA1 (250x350mm) dan B9 Ring (250x300), B10 Ring (250x400) dan B10 Lt dag (250x500).
- e. Perencanaan kolom menggunakan 2 tipe kolom yang berukuran 450 x 450 mm dan 450 x 650 mm.