

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Deskripsi Penelitian

Tugas akhir ini memodifikasi perencanaan gedung yang semula berupa struktur beton bertulang menjadi baja komposit. Penggunaan modifikasi baja komposit direncanakan dengan efisien dan aman untuk memikul beban-beban yang bekerja pada struktur agar fungsi gedung dapat berjalan sebagaimana mestinya.

3.2 Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini adalah metode penelitian kepustakaan. Pada penelitian kepustakaan, penulis memperoleh data dan bahan-bahan referensi berupa buku, diktat kuliah, jurnal, dan referensi lain yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini untuk kemudian dijadikan dasar perbandingan dengan data yang peneliti dapatkan di lapangan.

Data – data yang diperlukan untuk penyusunan tugas akhir ini antara lain :

1. Peta Lokasi Bangunan,
2. Data Teknis Bangunan,
3. Data Penyelidikan Tanah, dan
4. Gambar Perencanaan.

3.3 Studi Literatur

Penulis mempelajari literatur yang berkaitan dengan perancangan dan peraturan-peraturan yang dipakai pada perencanaan struktur gedung, antara lain:

1. SNI 1729 2002 tentang “Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung”,
2. SNI 1726 2019 tentang “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung”, sebagai revisi dari SNI 1726 2012 tentang “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung”,
3. SNI 1727 2013 tentang “Beban minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”,
4. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983.
5. Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD : “Agus Setiawan”,
6. Tabel Profil Baja.

3.4 Data Teknis Bangunan

Data–data teknis Gedung KKP Kelas II Bandung :

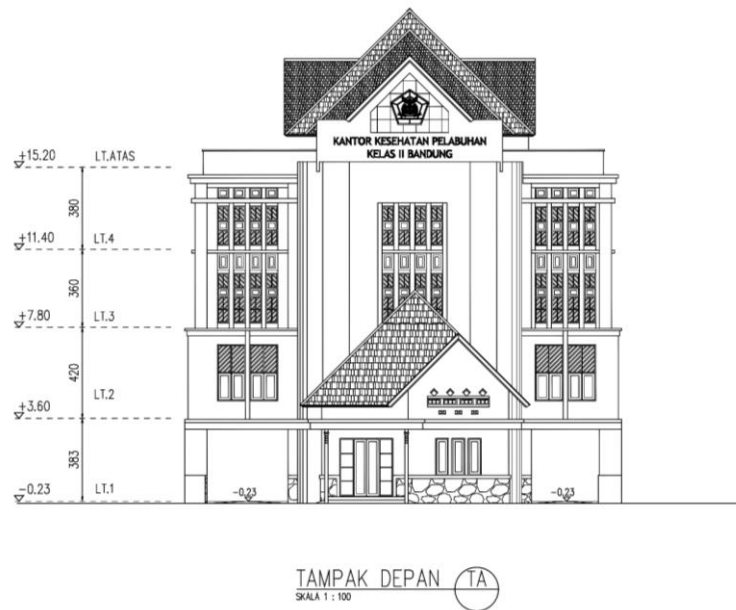
- | | | | |
|---|-----------------|---|--|
| 1 | Nama Bangunan | : | Gedung Kantor Kesehatan Pelabuhan Kelas II (KKP) Bandung |
| 2 | Fungsi Bangunan | : | Gedung Kantor Kesehatan |
| 2 | Alamat / Lokasi | : | Jalan Cikapayang Nomor 5, Kota Bandung, Jawa Barat |
| 3 | Pemilik (Owner) | : | Kementrian Kesehatan |
| 4 | Luas Bangunan | | |
| | Lantai Basement | : | 326.18 m ² |
| | Lantai 1 | : | 326.18 m ² |
| | Lantai 2 | : | 326.18 m ² |
| | Lantai 3 | : | 290.16 m ² |

Lantai 4	:	290.16 m ²
Lantai 5 (Tambahan)	:	290.16 m ²
Lantai 6 (Tambahan)	:	290.16 m ²
Lantai 7	:	290.16 m ²
5 Konsultan Perencana	:	PT. Muara Consult
6 Jumlah Lantai	:	8 Lantai (Sebelumnya 6 Lantai)
7 Tinggi Bangunan		
Lantai Basement	:	-3.80 m
Lantai 1	:	+3.60 m
Lantai 2	:	+4.20 m
Lantai 3	:	+3.60 m
Lantai 4	:	+3.80 m
Lantai 5 (Tambahan)	:	+3.80 m
Lantai 6 (Tambahan)	:	+3.80 m
Lantai 7	:	+3.00 m
8 Material Struktur	:	Beton Bertulang
9 Jenis Fondasi	:	Sumuran
10 Mutu Beton Struktur	:	K-225 sampai K-300

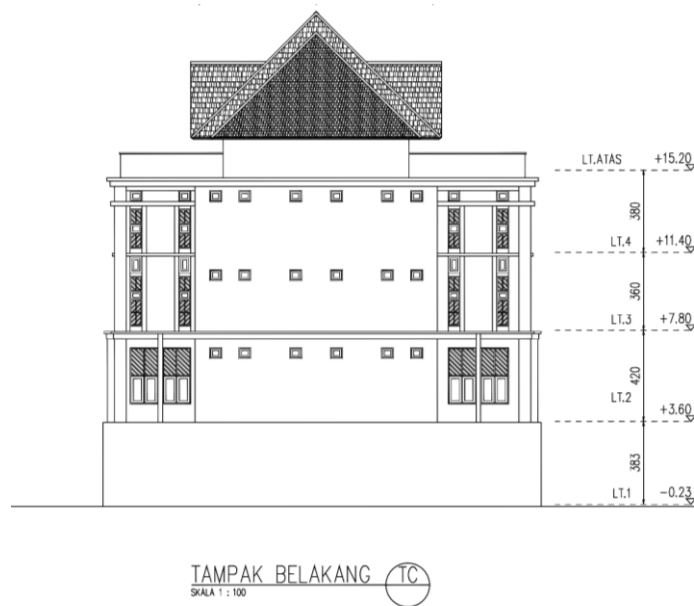
3.5 Data Penyelidikan Tanah

Data uji sondir merupakan data yang di pakai untuk menentukan perencanaan fondasi.

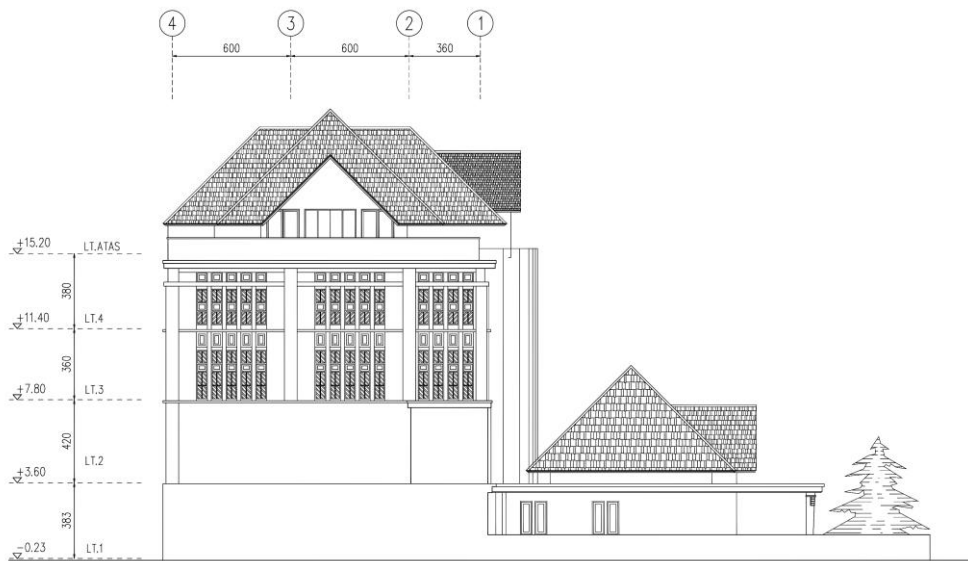
3.6 Gambar Teknis Perencanaan



Gambar 3.1 Tampak Depan

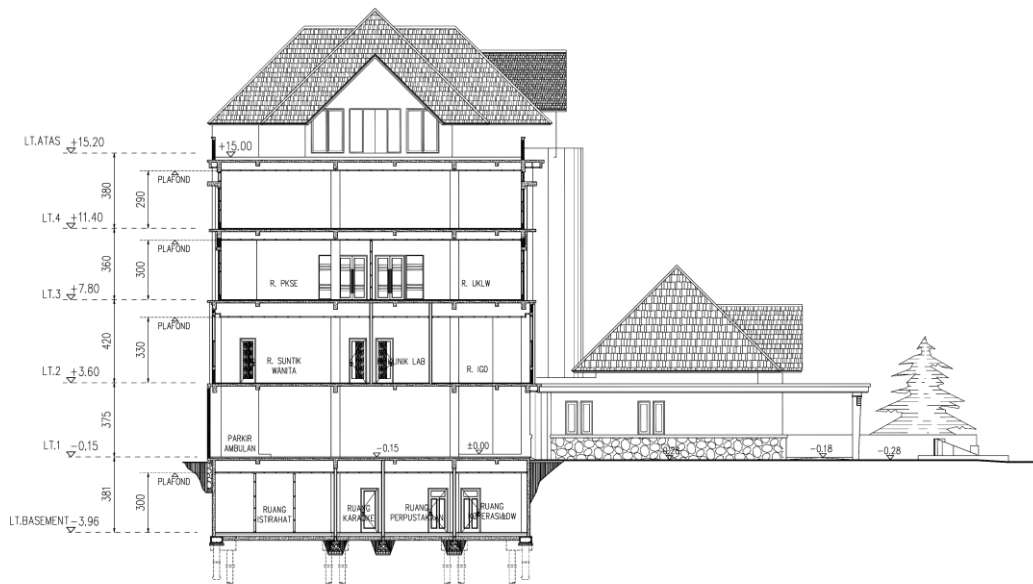


Gambar 3.2 Tampak Belakang



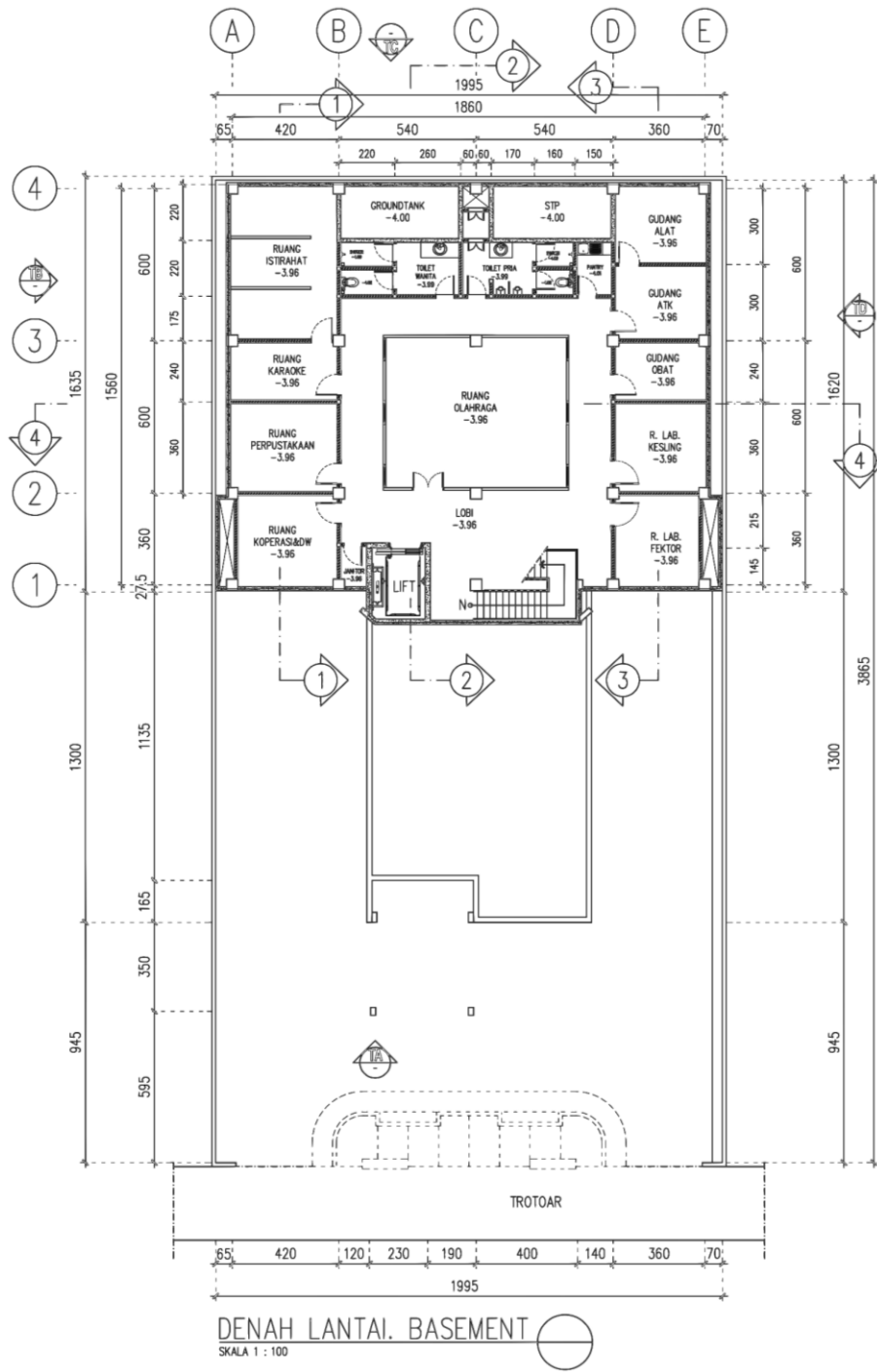
TAMPAK SAMPING KANAN TB
SKALA 1 : 100

Gambar 3.3 Tampak Samping

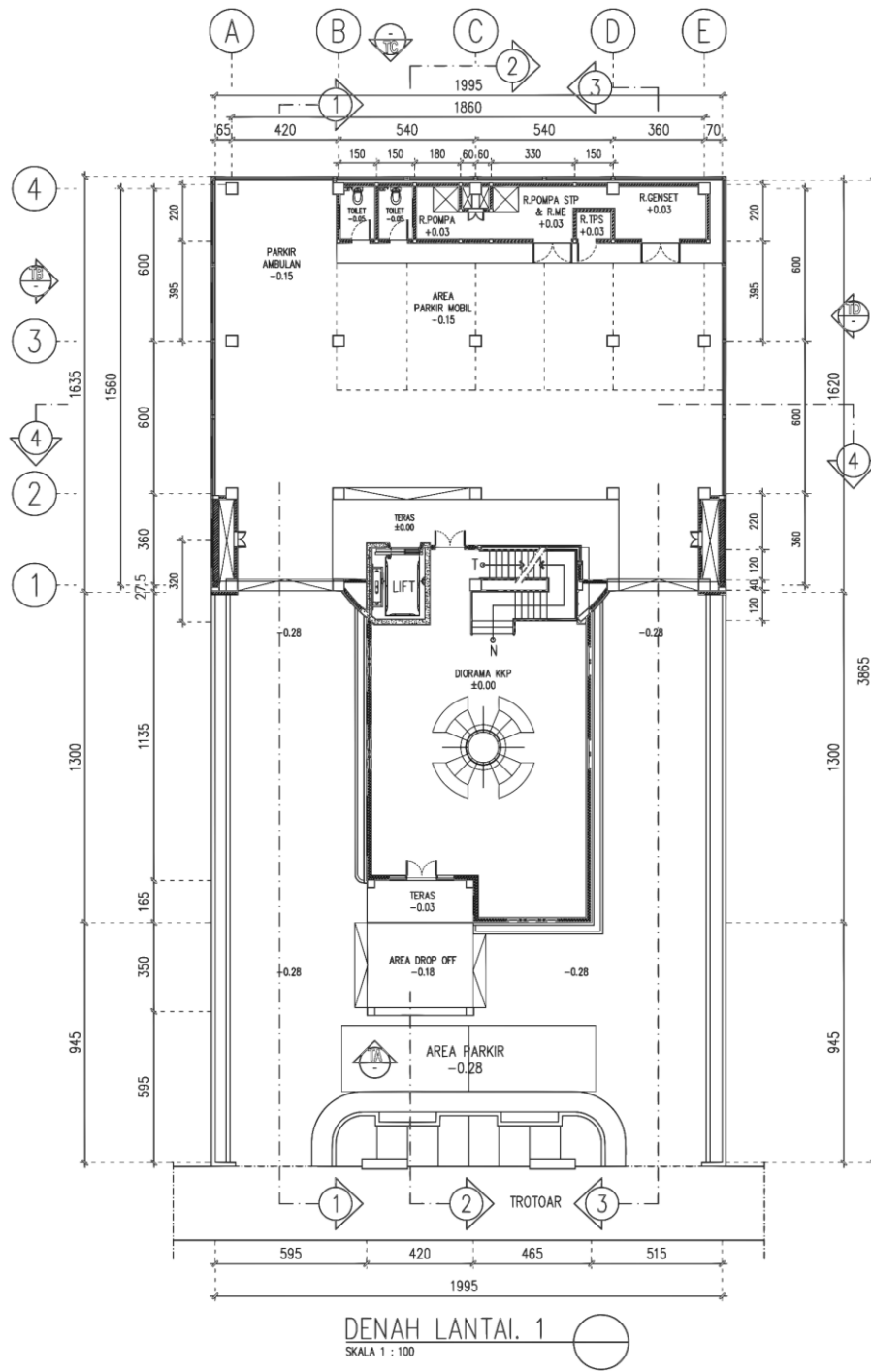


POTONGAN 1-1
SKALA 1 : 100

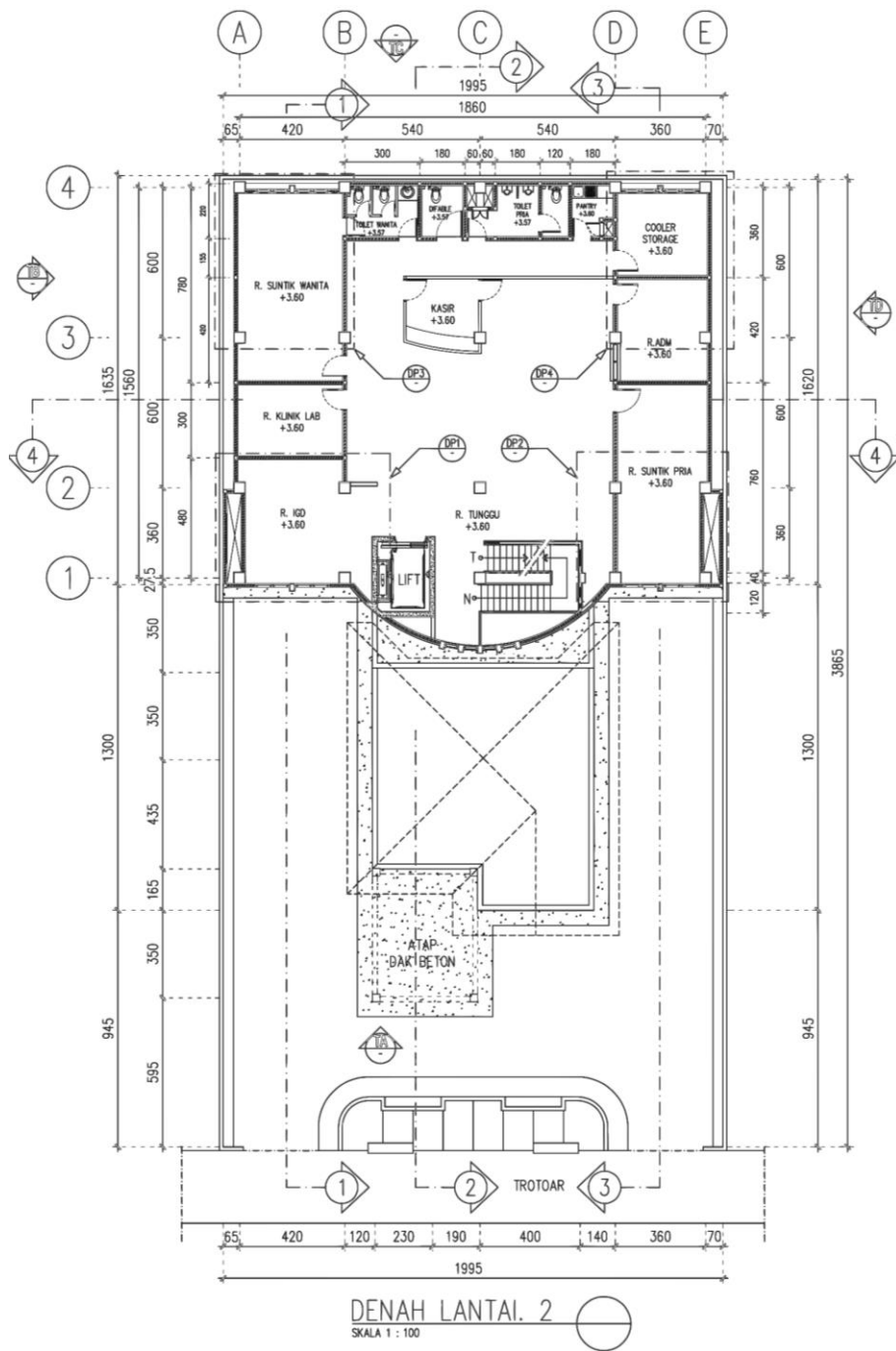
Gambar 3.4 Potongan 1-1



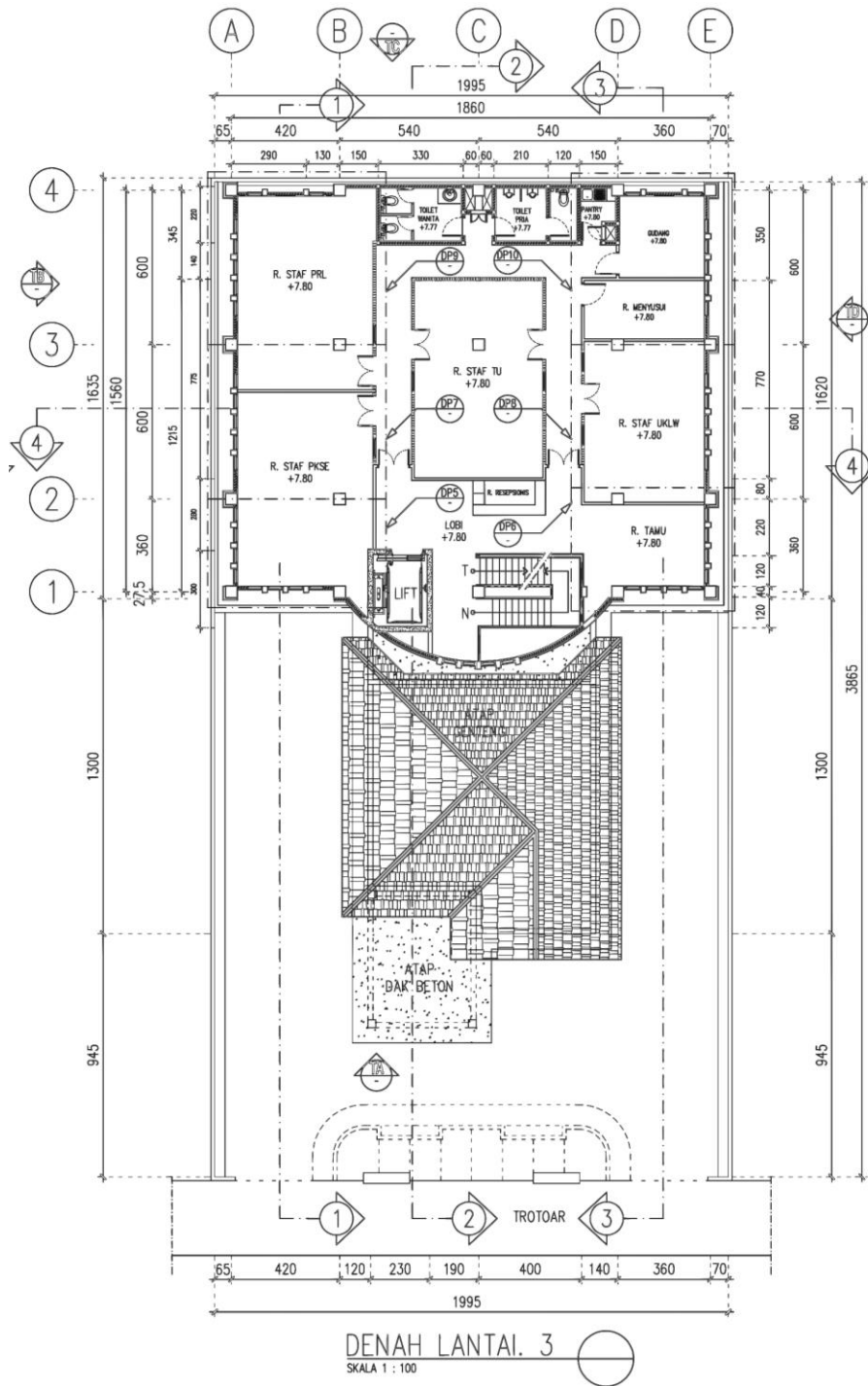
Gambar 3.5 Denah Lantai Basement



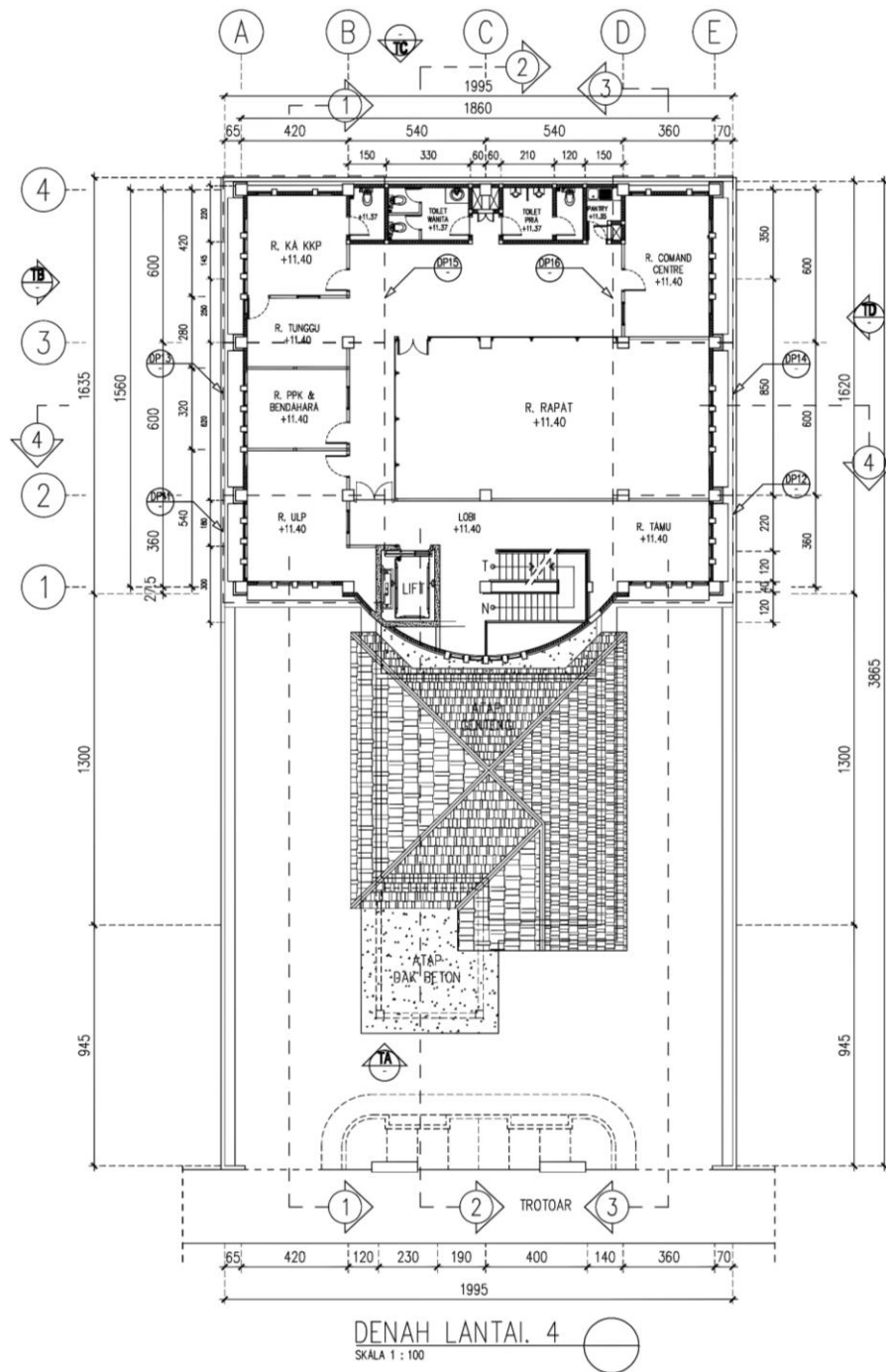
Gambar 3.6 Denah Lantai 1



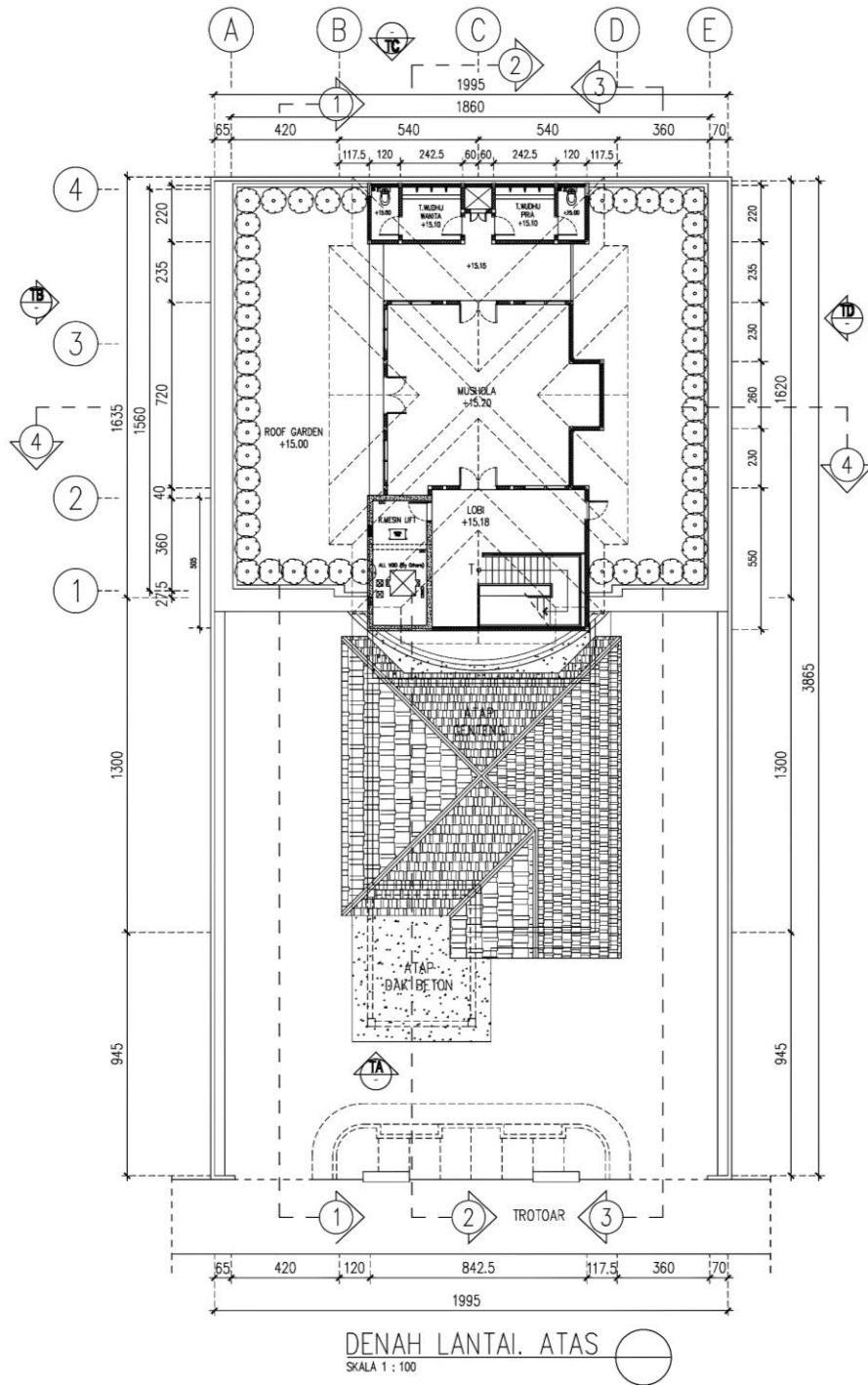
Gambar 3.7 Denah Lantai 2



Gambar 3.8 Denah Lantai 3



Gambar 3.9 Denah Lantai 4



Gambar 3.10 Denah Lantai 5

3.7 Data Modifikasi

Adapun Tugas Akhir ini melakukan modifikasi perencanaan struktur beton bertulang menjadi struktur baja komposit dengan data-data sebagai berikut :

1. Material struktur : Baja Komposit
2. Profi baja struktur : Wide Flange (WF)
3. Mutu baja profil : BJ 41
4. Tegangan putus baja profil (f_u) : 410 MPa
5. Tegangan leleh baja profil (f_y) : 250 MPa

3.8 Metode Pembebanan

Perencanaan pembebanan pada struktur ini berdasarkan pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983) dan SNI 03-1727-2013. Kombinasi beban terfaktor yang digunakan dalam metode desain kekuatan berdasarkan SNI 1727 2013 tentang tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain antara lain :

Kombinasi 1 $U = 1,4 D$

Kombinasi 2 $U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$

Kombinasi 3 $U = 1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + 1,0 (L \text{ atau } 0,5 W)$

Kombinasi 4 $U = 1,2 DL + 1,0 W + 1,0 LL + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$

Kombinasi 5 $U = 1,2 D + 1,0 E + L$

Kombinasi 6 $U = 0,9 D + 1,0 W$

Kombinasi 7 $U = 0,9 D + 1,0 E$

3.9 Pemodelan dan Analisis Struktur

Penulis melakukan pemodelan struktur utama menggunakan program ETABS 2016. Struktur direncanakan dalam ruang 3 dimensi untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam pada balok, kolom, dan tumpuan.



Gambar 3.11 Software ETABS 2016

Berikut langkah analisis struktur gedung dengan software ETABS v16 :

1. Persiapan

Tahap persiapan meliputi pengumpulan data yang diperlukan untuk melakukan pemodelan dan analisis struktur gedung dengan software ETABS.

2. Penggambaran Model Gedung (*New Model*)

Penggambaran model struktur gedung digambarkan dalam ruang 3 dimensi sesuai dengan gambar perencanaan. Pemodelan struktur meliputi struktur kolom, balok, dan pelat.

3. Pendefinisian Material (*Define – Materials*)

Material yang akan digunakan terlebih dahulu didefinisikan ke dalam software ETABS. Pendefinisian material ini meliputi data properties material seperti kuat tekan, kuat tarik, dan parameter lainnya.

4. Pendefinisian Elemen Struktur (*Define – Frame Section*).

Elemen struktur yang akan digunakan meliputi dimensi penampang balok dan kolom maupun ketebalan pelat lantai terlebih dahulu dilakukan pendefinisian.

5. Pendefinisian Jenis Pembebanan (*Define – Load Cases*).

Pembebanan yang terjadi pada struktur meliputi beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa.

6. Menentukan Kombinasi Pembebanan (*Define – Load Combination*)

Kombinasi beban terfaktor yang digunakan dalam metode desain kekuatan berdasarkan SNI 1727 2013 tentang tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain

7. Menentukan Elemen Struktur (*Assign – Frame/Area*)

Elemen struktur yang telah dilakukan pendefinisian selanjutnya dilakukan input ke dalam model struktur gedung.

8. Input Pembebanan ke dalam Model Gedung (*Assign – Joint/Frame/Area Loads*)

Pembebanan pada elemen struktur yang merupakan hasil dari analisis pembebanan di tahap sebelumnya kemudian dilakukan input sesuai pembebanan yang terjadi pada elemen struktur tersebut.

9. Analisis Struktur (*Analysis – Run Analysis*)

Analisis struktur dengan bantuan software ETABS v16.

10. Menampilkan Hasil Analisis (*Display – Show Forces*)

Gaya dalam tiap elemen struktur ditampilkan dalam bentuk tabel maupun diagram setelah proses analisis struktur selesai.

3.10 Desain Awal (*Preliminary Design*)

Penulis melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen-elemen struktur, sesuai dengan SNI 1729 2002 tentang Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. Selain penentuan dimensi profil awal, dilakukan penentuan mutu bahan dan material struktur.

3.10.1 Preliminary Design Pelat Baja Komposit

Syarat tebal pelat minimum menurut SNI 2847-2013 Pasal 9.5.3 adalah sebagai berikut :

a. Untuk $a_{fm} < 0,2$ ketebalan pelat minimum adalah sebagai berikut ini :

1. Pelat tanpa penebalan : 120 mm
2. Pelat dengan penebalan : 100 mm

b. Untuk $0,2 < a_{fm} < 2$ ketebalan pelat minimum harus memenuhi persamaan sebagai berikut ini :

$$h = \frac{l_n \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(a_{fm} - 0.2)} \quad (3.1)$$

Dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

c. Untuk $a_{fm} > 2,0$ ketebalan pelat minimum harus memenuhi persamaan sebagai berikut ini :

$$h = \frac{l_n \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \quad (3.2)$$

Dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

Dengan :

H = tebal pelat minimum (cm)

Fy = tulangan leleh baja tulangan (Mpa)

A = rasio kekuatan lentur penampang balok terhadap kuat lentur pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis sumbu tengah dari panel-panel yang bersebelahan (bila ada) pada tiap sisi balok.

a_{fm} = nilai rata-rata a untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel.

β = rasio bentang bersih dalam suatu arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah.

l_n = panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah, diukur dari muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lain pada kasus lainnya.

- d. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekuatan α tidak kurang dari 0,8.

$$\alpha = \frac{E_{cb}I_b}{E_{cp}I_p} \quad (3.3)$$

Dengan :

E_{cb} = modulus elastisitas balok beton

E_{cp} = modulus elastisitas pelat beton

I_b = momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok

I_p = momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat.

3.10.2 Preliminary Design Balok

$$\frac{M_u}{\phi} = M_n$$

Dengan asumsi tegangan baja mencapai tegangan plastis :

$$M_n = Z_p f_y$$

Maka, dari nilai Z_p didapat rencan awal dimensi balok :

$$Z_p = \frac{Mn}{f_y} \quad (3.4)$$

Dimana :

M_u = momen ultimate beban

ϕ = faktor reduksi lentur

M_n = momen nominal

Z_p = momen tahan plastis

f_y = tegangan leleh baja

3.10.3 Preliminary Design Kolom

$$\frac{P_u}{\phi} = P_n$$

Dengan asumsi tegangan baja mencapai tegangan plastis :

$$A = \frac{P_n}{f_y}$$

Maka dari nilai A didapat rencana awal dimensi kolom :

$$A = \frac{P_n}{f_y} \quad (3.5)$$

Dimana :

P_u = gaya aksial ultimate beban

ϕ = faktor reduksi gaya aksial tekan

P_n = momen nominal

A = luas penampang

3.11 Perencanaan Elemen Struktur

Perencanaan elemen struktur pada tugas akhir ini meliputi :

Struktur Atas : a. Struktur Rangka Atap

b. Struktur Utama : Pelat, Balok, Kolom, dan Sambungan

c. Struktur Sekunder : Tangga

Struktur Bawah : a. Basement : Dinding Basement dan Lantai Basement

b. Fondasi : Pilecap, Sloof, dan Bore Pile

3.10.1 Perencanaan Rangka Atap

Berikut merupakan langkah-langkah perencanaan rangka atap baja :

1. Persiapan

Data yang diperlukan untuk desain rangka atap baja adalah :

a. Denah rencana rangka atap

Denah rangka atap seperti pada gambar 3.12 terlebih dahulu direncanakan sesuai dengan bentuk atap.

b. Rencana kuda kuda

Rencana kuda-kuda seperti pada gambar 3.13 terlebih dahulu direncanakan sesuai dengan bentuk atap dan panjang bentang kuda kuda.

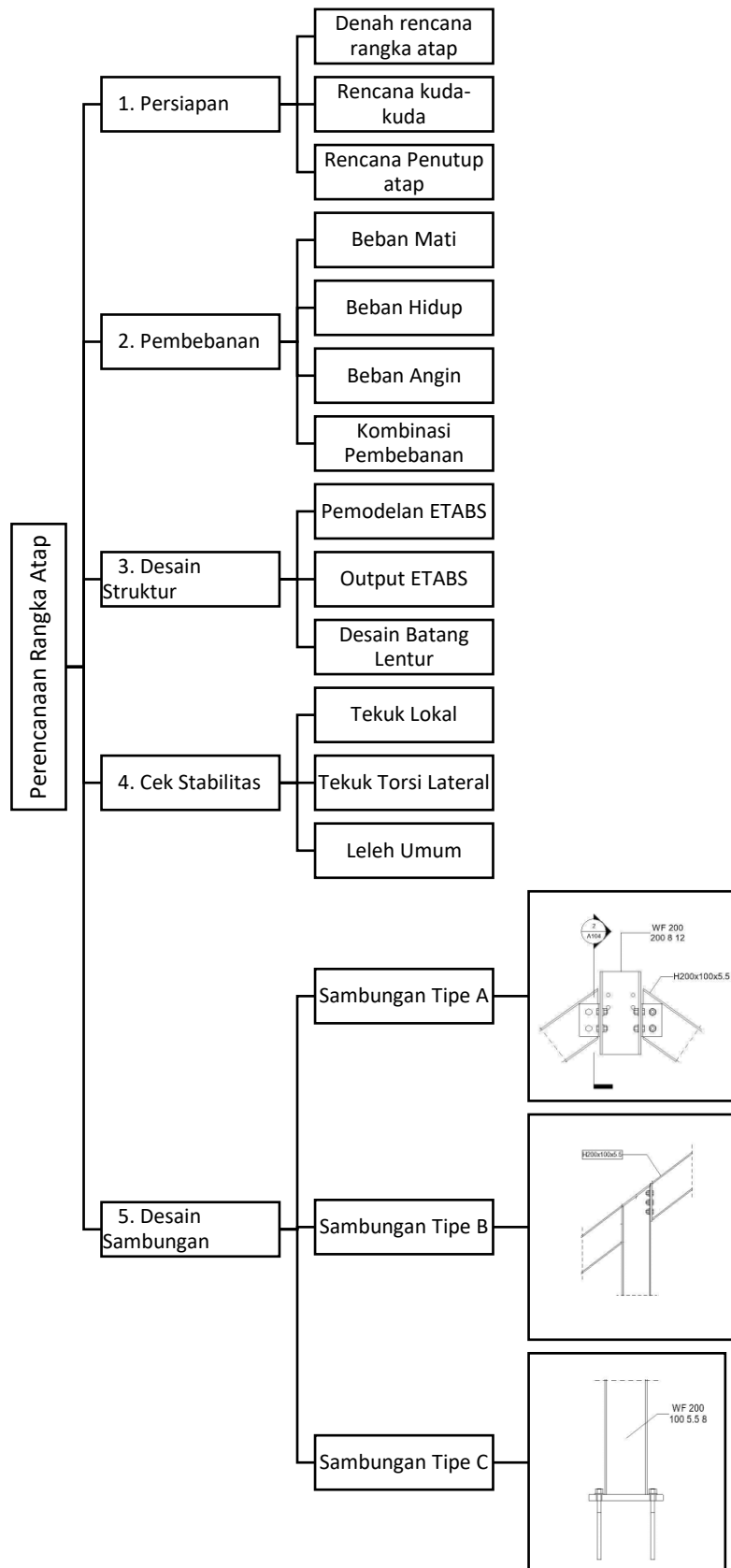
c. Pilihan material penutup atap

Dipilih material penutup atap :

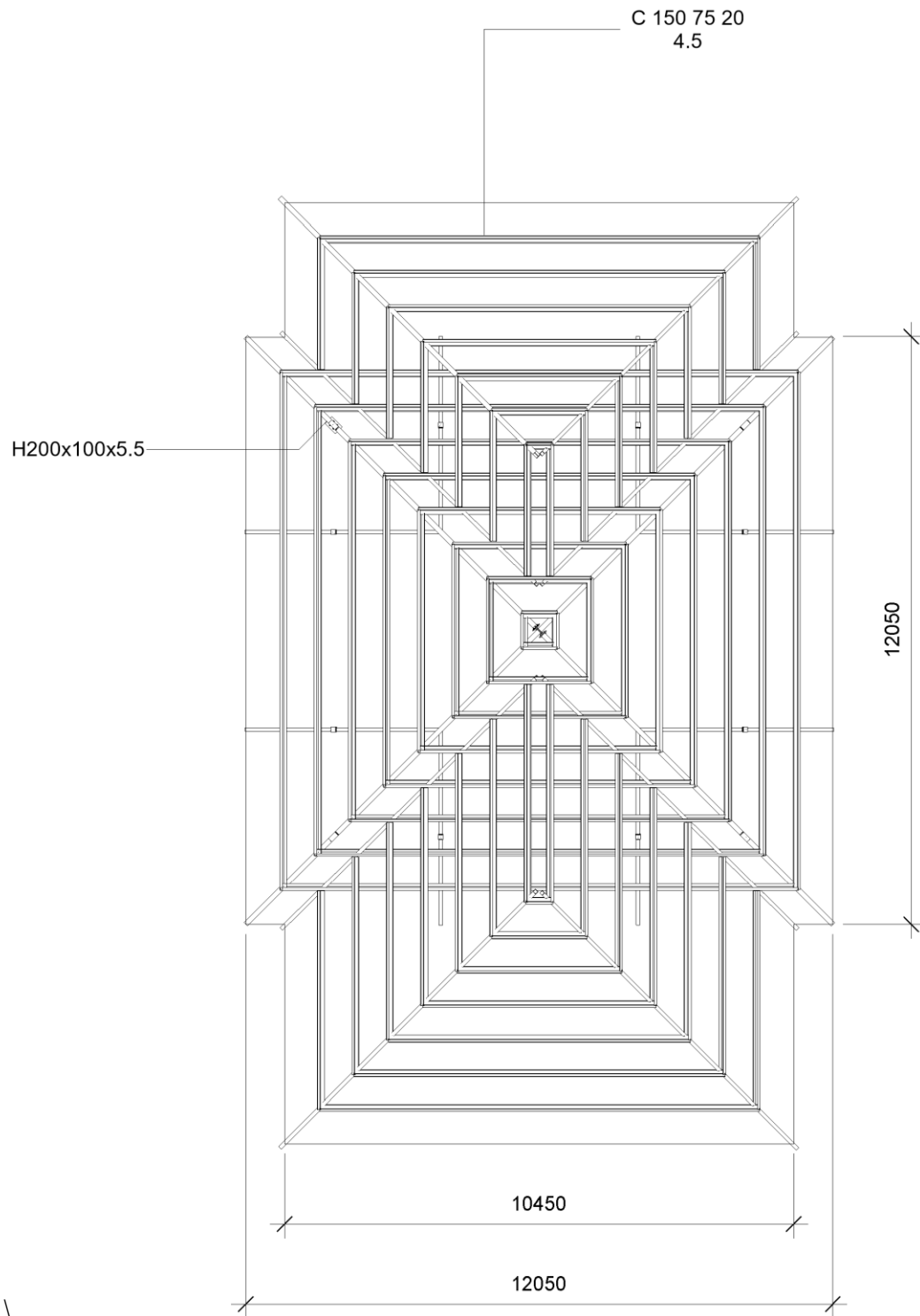
Genteng Bitumen Flat Shingles

Spesifikasi produk :

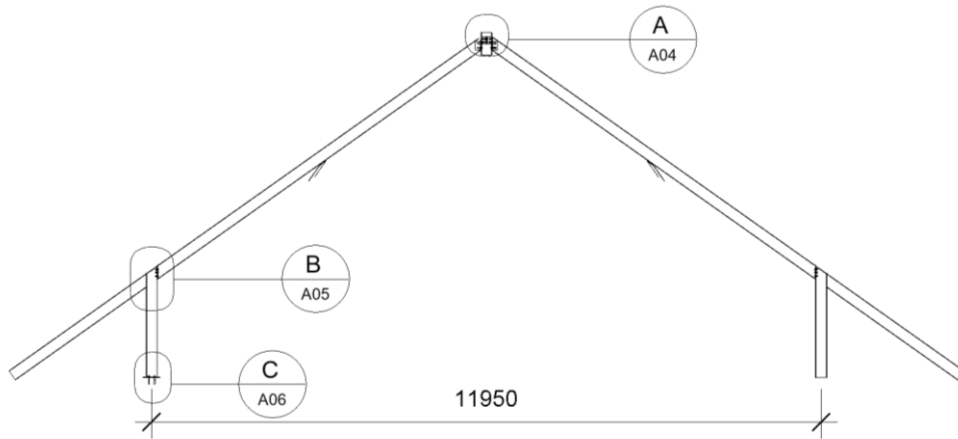
- Ukuran/lebar : 100 x 34 cm
- Ketebalan : 3,4 mm
- Berat : 10,5 kg/m



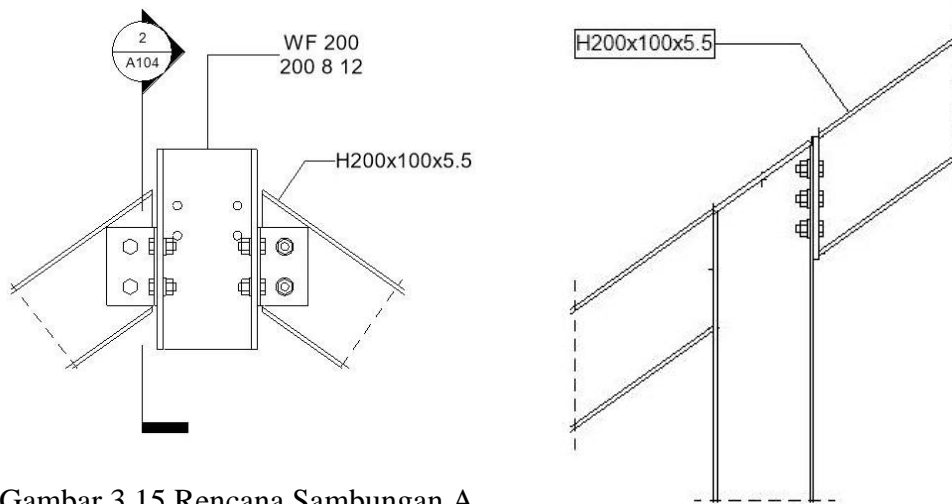
Gambar 3.12 Bagan Alir Perencanaan Atap



Gambar 3.13 Rencana Denah Rangka Atap

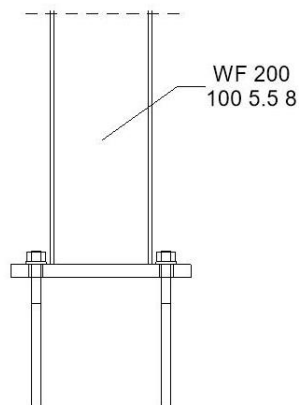


Gambar 3.14 Rencana Kuda Kuda Atap



Gambar 3.15 Rencana Sambungan A

Gambar 3.16 Rencana Sambungan B



Gambar 3.17 Rencana Sambungan C

d. Mutu dari rangka atap baja

Mutu rangka atap :

- Kuda-kuda : BJ 37
- Gording : BJ 37

e. Profil baja yang akan digunakan

- Kuda Kuda : WF 200 100 5.5
- Gording : C 150 75 20 4.5

2. Merencanakan pembebanan pada atap

a. Jenis beban pada atap :

- Beban Mati

Direncanakan beban mati dalam pembebanan atap yaitu :

- Berat penutup atap
- Berat sendiri rangka atap

- Beban Hidup

Beban hidup direncanakan sebesar 100 kg.

- Beban Angin

Menurut SNI 1729 1989 besarnya tekanan angin tiup harus diambil minimum sebesar 25 kg/m².

- Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban terfaktor yang digunakan dalam metode desain kekuatan berdasarkan SNI 1727 2013 antara lain :

Kombinasi 1 = 1,4 DL

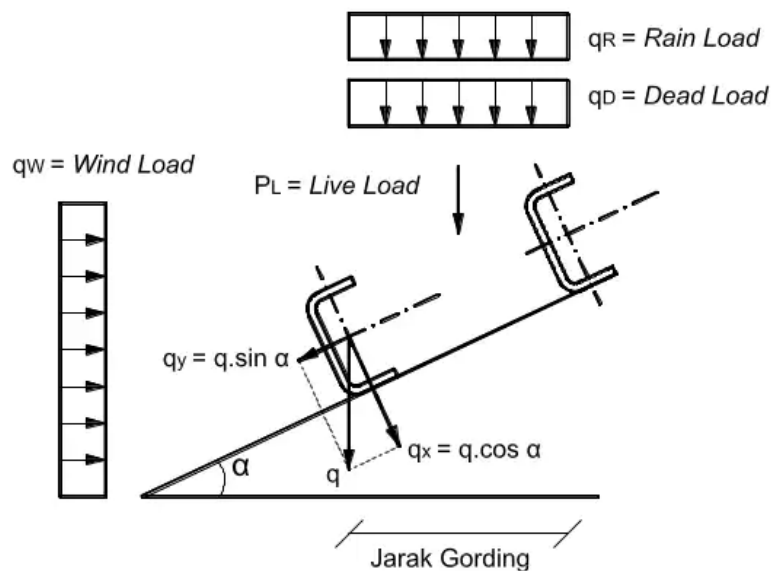
Kombinasi 2 = 1,2 DL + 1,6 LL + 0,5 R

Kombinasi 3 = 1,2 DL + 1,6 LL + 0,8 W U-S

- Kombinasi 4 = $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} + 0,8 \text{ W S-U}$
- Kombinasi 5 = $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} + 0,8 \text{ W T-B}$
- Kombinasi 6 = $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} + 0,8 \text{ W B-T}$
- Kombinasi 7 = $1,2 \text{ DL} + 1,3 \text{ LL} + 0,5 \text{ W U-S} + 0,5 \text{ R}$
- Kombinasi 8 = $1,2 \text{ DL} + 1,3 \text{ LL} + 0,5 \text{ W S-U} + 0,5 \text{ R}$
- Kombinasi 9 = $1,2 \text{ DL} + 1,3 \text{ LL} + 0,5 \text{ W T-B} + 0,5 \text{ R}$
- Kombinasi 10 = $1,2 \text{ DL} + 1,3 \text{ LL} + 0,5 \text{ W B-T} + 0,5 \text{ R}$
- Kombinasi 11 = $0,9 \text{ DL} + 1,3 \text{ W U-S}$
- Kombinasi 12 = $0,9 \text{ DL} + 1,3 \text{ W S-U}$
- Kombinasi 13 = $0,9 \text{ DL} + 1,3 \text{ W T-B}$
- Kombinasi 14 = $0,9 \text{ DL} + 1,3 \text{ W B-T}$

b. Distribusi pembebanan pada atap :

Distribusi beban pada atap seperti pada gambar dibawah ini :



Dengan,

$$q_y = q \cdot \cos a$$

$$q_x = q \cdot \sin a$$

α = sudut kemiringan atap

3. Desain batang lentur

Persyaratan kekuatan untuk balok pada sesain faktor beban dan resistensi menurut LRFD dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\phi M_n > M_u$$

Dimana,

ϕ = faktor resistensi (yakni reduksi kekuatan) untuk lentur = 0,90

M_n = kekuatan momen nominal

M_u = momen beban layanan terfaktor

Untuk penampang kompak,

$$M_n = M_p = Z \cdot F_y \quad (3.6)$$

Dimana,

M_p = kekuatan nominal plastic

Z = modulus plastic

F_y = tegangan leleh yang ditentukan

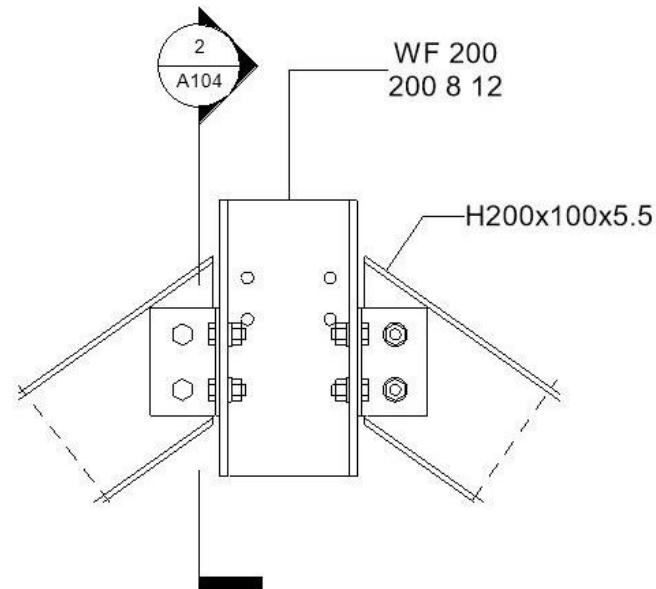
4. Cek stabilitas batang

Suatu balok dengan dua tumpuan yang menerima pembebanan akan mengalami gaya-gaya seperti momen dan geser. Oleh karena itu, maka suatu balok harus ditinjau dari :

- a. Stabilitas terhadap tekuk lateral
- b. Stabilitas terhadap tekuk lokal
- c. Stabilitas terhadap leleh umum

5. Desain sambungan

a. Sambungan Tipe A



Gambar 3.18 Sambungan Balok Kuda-Kuda

Berikut beberapa tahapan dalam desain sambungan atap tipe A :

- Tahanan tumpu pada bagian web balok :

$$R_d = \phi_f R_n = 2,4 \phi_f d_b t_p f_u$$

- Tahanan geser baut dengan dua bidang geser :

$$R_d = \phi_f R_n = 0,75 \cdot (0,5 f_u^b) \cdot m \cdot A_b$$

- Perhitungan jumlah baut :

$$n = \frac{R_u}{R_d}$$

- Periksa geser blok pada balok anak dan balok induk

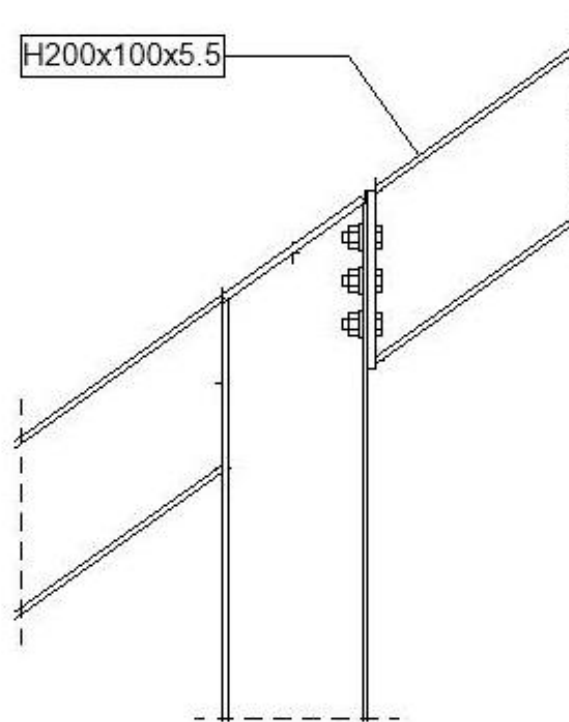
Geser leleh - tarik fraktur

$$T_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + f_u \cdot A_{nt} \geq T_u$$

Geser fraktur - tarik leleh

$$T_n = 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nt} + f_y \cdot A_{gv} \geq T_u$$

b. Sambungan Tipe B



Gambar 3.19 Sambungan Kuda-Kuda Kolom

d. Kontrol kuat geser daerah panel

Kuat geser nominal pada pelat badan kolom

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w$$

Dimana :

V_n = kekuatan nominal dalam geser

f_y = tegangan leleh

A_w = luas sayap

Kuat geser daerah panel

$$V_u \leq \phi V_n$$

dengan,

ϕ = faktor reduksi (yakni reduksi kekuatan) untuk geser = 0,90

V_u = beban geser layanan terfaktor

e. Desain sambungan baut

- Kuat geser nominal baut

(SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.2.1)

$$V_d = \phi_f V_n = \phi_f r_1 f_b^u A_b$$

Dimana :

$r_1 = 0,50$ tanpa ulir pada bidang geser

$r_1 = 0,40$ dengan ulir pada bidang geser

f_b^u = tegangan tarik putus baut (MPa)

A_b = luas bruto penampang baut (mm²)

$\phi_f = 0,75$ faktor reduksi kekuatan fraktur

- Kuat nominal baut dalam tarik

(SNI 1729 2002 pasal 13.2.2.2)

Kekuatan rencana tarik dari baut :

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f 0,75 f_u^b A_b$$

Dimana :

f_u^b = tegangan tarik putus baut, MPa

A_b = luasan bruto penampang baut, mm²

$\phi_f = 0,75$ faktor reduksi kekuatan fraktur

- Kuat nominal tumpu desain

(SNI 03-1729-2002 pasal 13.2.2.4)

$$R_d = \phi_f R_n = 2,4 \phi_f d_b t_p f_u$$

Dimana :

d_b = diameter nominal baut, mm

t_p = tebal pelat tertipis, mm

f_u = tegangan tarik putus terkecil antara baut dan pelat, MPa

ϕ_f = 0,75 faktor reduksi kekuatan fraktur

- Jarak baut

(SNI 03-1729-2002 pasal 13.4)

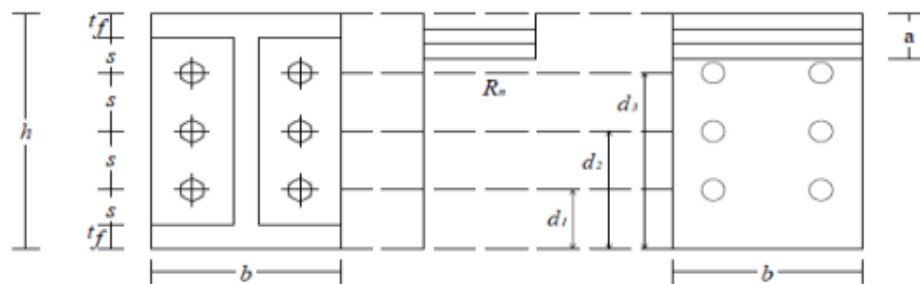
Jarak tepi minimum = 1.5 db

Jarak tepi maksimum = (4tp + 100 mm) atau 200 mm

Jarak minimum antar baut = 3 db

Jarak maksimum antar baut = 15 tp atau 200 mm

- Kontrol gaya tarik analisis plastis



Daerah Tarik (sama dengan daerah tekan) sejarak a dari ujung

Asumsi : $0 < a < (h - d_3)$ cm

- Kekuatan rencana tarik dari baut :

$$R_n = n_1 \cdot \phi_f \cdot 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b$$

$$f_y \cdot a \cdot b = n_1 \cdot \phi_f \cdot 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot n_2$$

Dimana :

n_1 = Jumlah baut dalam 1 baris

n_2 = Jumlah baut dalam 1 kolom

f_u^b = tegangan tarik putus baut, MPa

A_b = luasan bruto penampang baut, mm^2

$\phi_f = 0,75$ faktor reduksi kekuatan fraktur

- Kontrol asumsi a :

$$a = \frac{n_1 \cdot \phi_f \cdot 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot n_2}{f_y \cdot b} < (h - d_3)$$

- Kuat rencana sambungan baut :

$$Md = [n_1 \cdot \phi_f \cdot 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot n_2] + [\phi_f \cdot f_y \cdot a \cdot b(d - a/2)] \geq Mu$$

- Kontrol gaya geser baut

$$\frac{Vu}{n} \leq \phi Rn$$

Dengan,

Vu = Gaya geser ultimit

n = Jumlah baut

ϕRn = Kuat geser 1 baut

- Kontrol kombinasi geser dan tarik

Satu baut yang hanya memikul gaya geser terfaktor. V_r dalam permukaan friksi harus memenuhi :

(SNI 03-1729-2002, Pasal.13.2.3.1)

$$Vu < Vd = \phi Vn$$

Dimana,

$$Vd = \phi Vn = 1,13 \cdot \phi \cdot \mu \cdot m \cdot Tb$$

Dengan,

ϕ = 1 untuk lubang standar

μ = koefisien gesek = 0,25

m = jumlah bidang geser

Tb = gaya tarik baut minimum dari :

(SNI 03-1729-2002, Hal.172.Tab.18.2.-1)

- Kombinasi geser dan tarik pada sambungan tipe friksi :

(SNI 03-1729-2002, Pasal.13.2.3.3)

$$Vd = \phi \cdot Vn \cdot \left[1 - \frac{Tu}{1,13 \cdot Tb} \right] \geq Vu$$

Dimana,

Tu = Gaya tarik terfaktor

Tb = Gaya tarik baut minimum

f. Desain pelat ujung

- Sambungan las pelat ujung

Tebal las

Untuk $\frac{1}{4}'' < T < \frac{1}{2}'' = 6,4 < T < 12,7$, maka $t_e \text{ min filet} = \frac{3}{16}'' = 0,5 \text{ cm}$

Kekuatan desain las

$$\phi Rnw = 0,75 \cdot t_e \cdot 0,6 \cdot F_{EXX}$$

Dimana,

t_e = Tebal rencana las

F_{EXX} = Tegangan tarik putus logam las

Panjang las maksimum

$$Lw = 2 \cdot bb - tw$$

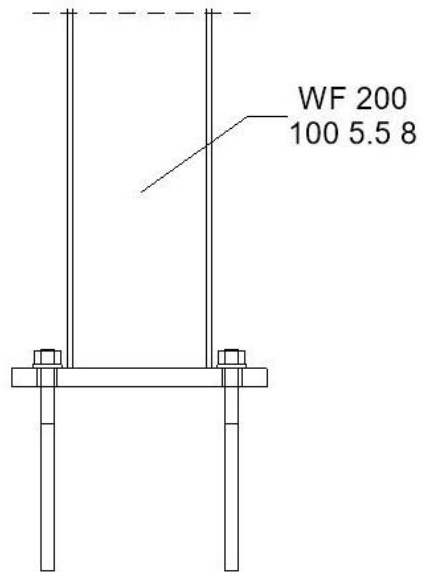
Kontrol kekuatan las

$$\phi Mp = 0,9 \cdot Zx \cdot fy$$

$$Tu \text{ maks} = \frac{\phi \cdot Mp}{hb - tfb}$$

$$T \text{ las} = Lw \cdot \phi Rnw \geq Tu \text{ maks}$$

c. Sambungan Tipe C



Gambar 3.20 Sambungan Kolom Baja-Kolom Komposit

Dalam perencanaan sambungan tipe C, dibagi menjadi beberapa bagian perhitungan elemen sambungan antara lain :

- Menghitung besaran m dan x :

$$m = \frac{N - 0,95d}{2}$$

$$x = f - \frac{d}{2} + \frac{tf}{2}$$

- Menghitung eksentrisitas :

$$e = \frac{Mu}{Pu}$$

- Menentukan kategori idealisasi struktur

Kategori A

Tidak ada eksentrisitas akibat momen.

Kategori B

$$0 \leq e \leq \frac{N}{6}$$

Kategori C

$$e = \frac{N}{6}$$

Kategori D

$$e > \frac{N}{6}$$

- Menghitung tegangan tumpu pada beton :

$$q = \phi c. 0,85. f'c. B. \sqrt{\frac{A2}{A1}}$$

$$\text{Asumsikan } \sqrt{\frac{A2}{A1}} = 2$$

$$f + \frac{N}{2}$$

$$f + e$$

$$Y = \left(f + \frac{N}{2}\right) \pm \sqrt{\left[-\left(f + \frac{N}{2}\right)\right]^2 - \frac{2.Pu.(f + e)}{q}}$$

$$\text{Periksa } \sqrt{\frac{A2}{A1}} = 2$$

$$Tu = q.Y - Pu$$

- Periksa angkur terhadap gaya geser

$$Vub = \frac{Vu}{n}$$

$$\text{Kontrol } \phi. fv. Ab > Vub$$

- Periksa angkur terhadap gaya tarik

$$fv = \frac{Vub}{Ab}$$

$$\text{Untuk angkur tipe A307 } Ft = 407 - 1,9fv < 310 \text{ MPa}$$

Untuk angkur tipe A325 $F_t = 807 - 1,5f_v < 621 \text{ MPa}$

$$T_{ub} = \frac{T_u}{nt}$$

Kontrol $\emptyset. ft. Ab > T_{ub}$

- Perhitungan tebal base Plate

Kategori A

$$tp \geq 1,49. c. \sqrt{\frac{Pu}{B. N. fy}}$$

Kategori B

$$tp \geq 1,49. c. \sqrt{\frac{Pu}{B. (N - 2e). fy}}$$

Kategori C

$$tp \geq 1,49. c. \sqrt{\frac{1,5. Pu}{B. N. fy}}$$

Kategori D

Untuk $Y > m$:

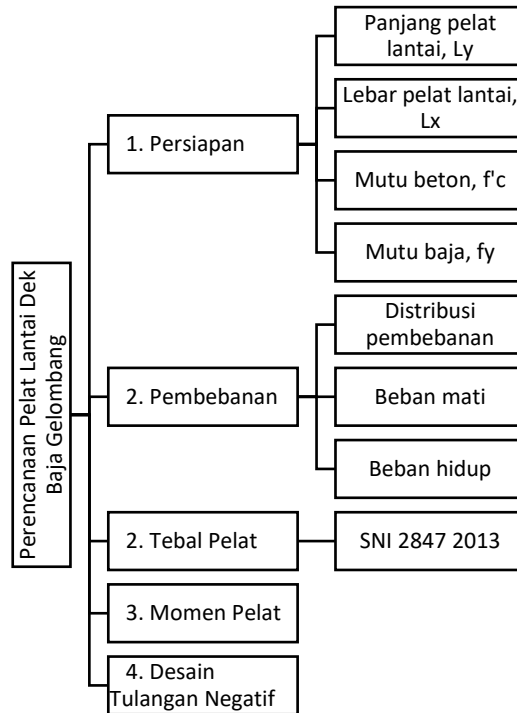
$$tp \geq 1,49. c. \sqrt{\frac{Pu}{B. Y. fy}}$$

Untuk $Y < m$:

$$tp \geq 2,11. \sqrt{\frac{Pu. \left(m - \frac{Y}{2}\right)}{B. fy}}$$

3.10.2 Perencanaan Pelat Lantai Dek Baja Gelombang

Berikut merupakan langkah-langkah perencanaan pelat lantai dek baja gelombang :



Gambar 3.21 Bagan Alir Perencanaan Pelat Lantai

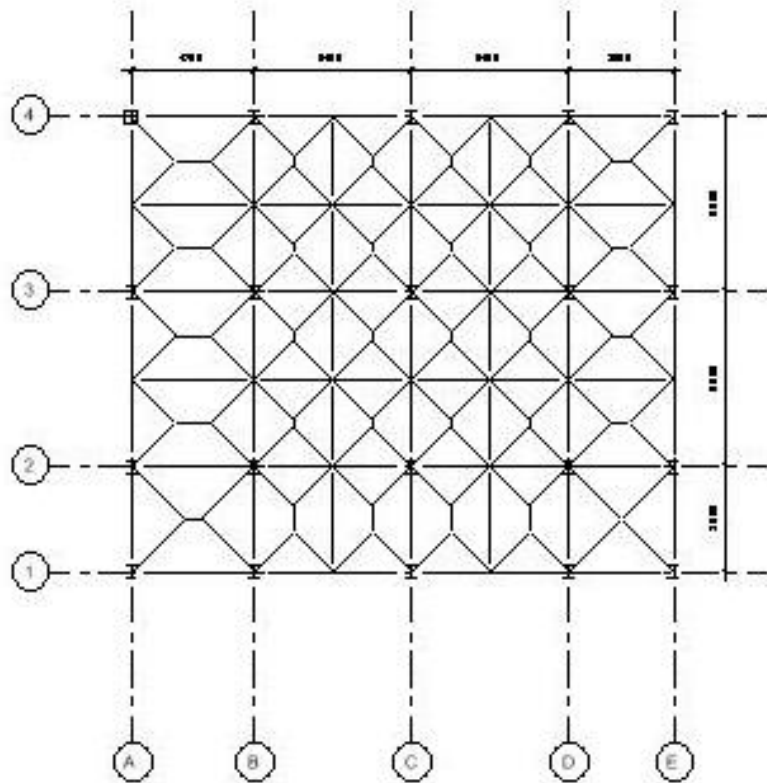
1. Persiapan

Data yang diperlukan untuk desain pelat lantai baja adalah :

- Panjang Pelat Lantai, L_y (mm)
- Lebar Pelat Lantai, L_x (mm)
- Kuat Tekan Beton, f'_c (MPa)
- Kuat Tarik Baja, f_y (MPa)

2. Pembebanan pada Pelat Lantai

Analisis pembebanan pelat lantai berdasarkan SNI 1727 2013 tentang tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Berikut distribusi pembebanan pada lantai :



Gambar 3.22 Distribusi Beban Pelat Lantai

- a. Beban Mati meliputi :
 - Berat pelat bondek
 - Berat pelat beton
 - Berat spesi
 - Berat penutup lantai
 - Berat rangka + penggantung
 - Berat plumbing
- b. Beban hidup meliputi beban pada lantai sesuai fungsi bangunan.
- c. Kombinasi pembebanan

$$q_u \text{ lantai} = 1,2 D + 1,6 L$$

2. Menentukan Tebal Pelat

Tebal pelat dicari dengan preliminary design sesuai SNI 2847 2013 pada poin bahasan 3.10.1 Preliminary Design Pelat Baja Komposit.

3. Menghitung Momen Pelat

Berikut adalah tabel perhitungan momen untuk pelat lantai :

Tabel 3.1 Tabel Perhitungan Momen Untuk Pelat Lantai

Jenis Tumpuan	Panjang Tumpuan	Momen Positif	Momen Negatif
Terjepit Bebas	$x = \frac{1}{6}L$	$Mu^+ = \frac{1}{8}qL^2$	$Mu^- = \frac{1}{16}qL^2$
Terjepit Penuh	$x = \frac{1}{5}L$	$Mu^+ = \frac{1}{16}qL^2$	$Mu^- = \frac{1}{16}qL^2$
Terjepit Elastis	$x = \frac{1}{4}L$	$Mu^+ = \frac{1}{24}qL^2$	$Mu^- = \frac{1}{12}qL^2$

4. Desain Tulangan Negatif

Rasio tulangan

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 f'c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0,85 f'c}} \right] \text{ dengan } Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2}$$

$$\rho_{balance} = 0,85 \beta_1 \frac{f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = \left(\frac{0,003 + f_y/E_s}{0,008} \right) \rho_{balance}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

Luas tulangan

$$As_{perlu} = \rho b d$$

$$At_{perlu} = \frac{1}{4} \pi d^2$$

Jumlah tulangan

$$n = \frac{As}{At}$$

Jarak antar tulangan

$$s = \frac{b}{n - 1}$$

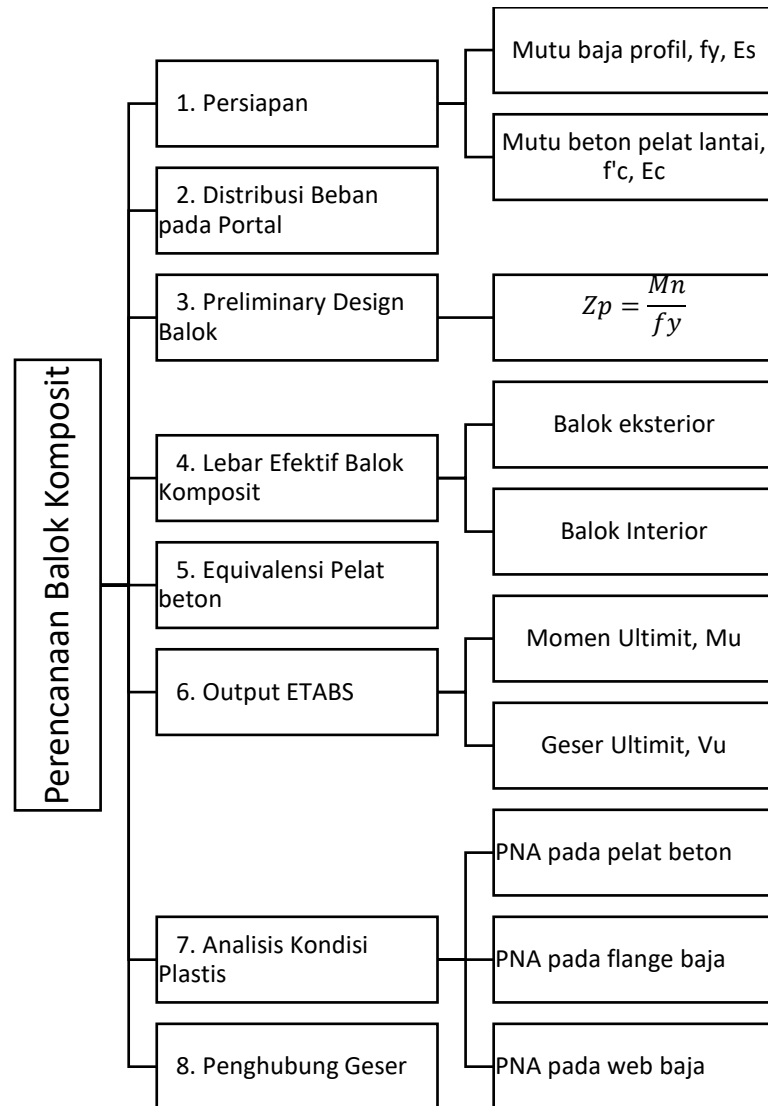
jarak antar tulangan pada pelat tidak boleh melebihi :

$$s < 2h$$

$$s < 220 \text{ mm}$$

3.10.3 Perencanaan Struktur Balok Komposit

Berikut merupakan langkah-langkah perencanaan struktur balok komposit :



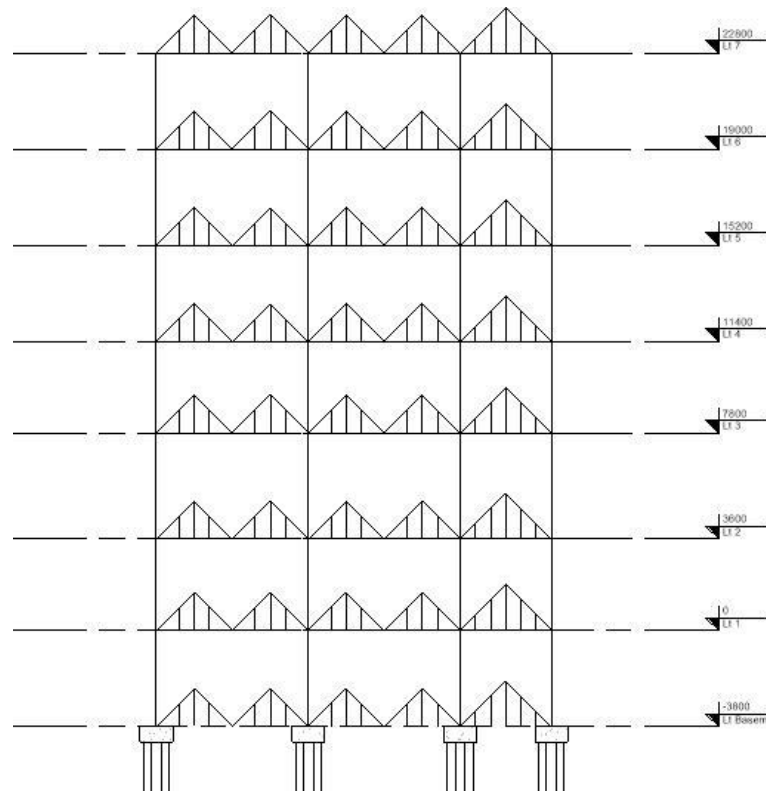
Gambar 3.23 Bagan Alir Perencanaan Balok Komposit

1. Persiapan

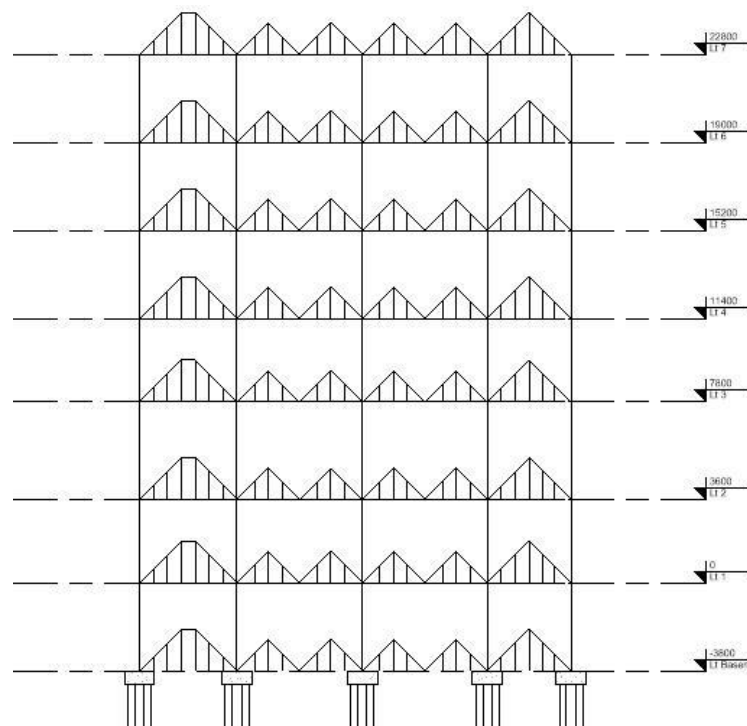
Data yang diperlukan untuk perencanaan balok komposit antara lain :

- Mutu baja profil
- Mutu beton pelat lantai
- Potongan portal memanjang
- Potongan portal melintang

2. Distribusi Beban pada Portal



Gambar 3.24 Distribusi Pembebanan Portal A



Gambar 3.25 Distribusi Pembebanan Portal 1

3. Menentukan Dimensi Awal (*Preliminary Design*)

Dimensi penampang balok dicari dengan preliminary design sesuai poin bahasan 3.10.2 Preliminary Design Balok Baja.

4. Menentukan Lebar Efektif

Untuk balok interior :

$$b_{eff} \leq \frac{L}{4}$$

$$b_{eff} \leq b_0$$

Untuk balok eksterior :

$$b_{eff} \leq \frac{L}{8} + (\text{jarak pusat balok ke tepi pelat})$$

$$b_{eff} \leq \frac{1}{2}b_0 + (\text{jarak pusat balok ke tepi pelat})$$

5. Konversi Pelat Beton ke Penampang Baja

Rasio modulus elastisitas

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

Lebar Komposit

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n}$$

Luas Penampang Komposit

$$A_{tr} = b_{tr} \cdot t_s$$

6. Output Momen Ultimit

Didapat hasil analisis gaya dalam ultimit M_u dan V_u oleh software ETABS.

7. Analisis Plastis Balok Komposit

- a. Sumbu netral penampang plastis

$$\sum H = C - T$$

$$C = T$$

$$0.85 \cdot f'c \cdot beff \cdot a = Ag \cdot fy$$

$$a = \frac{Ag \cdot fy}{0.85 \cdot f'c \cdot beff}$$

b. Momen nominal

$$\phi Mn = 0,9 \cdot T \cdot y$$

c. Kontrol gaya geser

- Jika perbandingan maksimum tinggi terhadap tebal panel h/t_w memenuhi:

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}}$$

Dengan :

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$$

Kuat geser nominal pelat badan harus diambil seperti ditentukan dalam pasal

8.8.3. yaitu :

$$V_n = 0,6 f_y A_w$$

dengan A_w adalah luas kotor pelat badan.

- Jika perbandingan maksimum tinggi terhadap tebal panel h/t_w memenuhi:

$$1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}}$$

Kuat geser nominal pelat badan harus diambil seperti ditentukan dalam pasal

8.8.4. yaitu :

$$V_n = 0,6 f_y A_w \left[1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \right] \frac{1}{\left(\frac{h}{t_w}\right)}$$

Atau :

$$V_n = 0,6f_y A_w \left[C_v + \frac{(1 - C_v)}{1,15\sqrt{1 + (a/h)^2}} \right]$$

Dengan :

$$C_v = 1,10 \frac{\sqrt{k_n E / f_y}}{(h/t_w)}$$

- Jika perbandingan maksimum tinggi terhadap tebal panel h/t_w memenuhi:

$$1,37 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \leq \frac{h}{t_w}$$

Kuat geser nominal pelat badan harus diambil seperti ditentukan dalam pasal

8.8.5. yaitu :

$$V_n = \frac{0,9A_w k_n E}{(h/t_w)^2}$$

Atau :

$$V_n = 0,6f_y A_w \left[C_v + \frac{(1 - C_v)}{1,15\sqrt{1 + (a/h)^2}} \right]$$

Dengan :

$$C_v = 1,15 \frac{k_n E}{f_y} \frac{1}{(h/t_w)^2}$$

- d. Kontrol Terhadap Lendutan

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I_x}$$

Tabel 3.2 Batas Lendutan Maksimum

Komponen struktur beban tidak terfaktor	Beban tetap	Beban sementara
Balok pemikul dinding atau finishing yang getas	L/360	
Balok biasa	L/240	
Kolom dengan analisis orde pertama saja	h/500	h/200
Kolom dengan analisis orde kedua	h/300	h/200

8. Merencanakan Penghubung Geser (*Shear Connector*)

- a. Persyaratan Diameter Stud yang Diiijinkan

Diameter maksimum yang disyaratkan adalah 2,5 kali tebal sayap

$$2,5 t_f = 2,5 (9) = 22,5 \text{ mm}$$

22,5 mm > 10 mm maka, stud bisa digunakan

- b. Luas Penampang Stud

$$A_{sc} = \frac{1}{4} \pi d^2$$

- c. Kuat Geser Stud

Kuat nominal satu penghubung geser jenis paku yang ditanam di dalam pelat beton masif adalah:

$$Q_n = 0,5 A_{sc} \sqrt{f_c' E_c} \leq A_{sc} f_u$$

Keterangan:

A_{sc} = luas penampang penghubung geser jenis paku, mm²

f_u = tegangan putus penghubung geser jenis paku, MPa

Q_n = kuat nominal geser untuk penghubung geser, N

d. Jumlah Stud

$$n = \frac{C}{Q_n \cdot r_s}$$

Dengan,

$$r_s = \frac{0.85 \cdot w_r}{\sqrt{N_r \cdot h_r}} \left(\frac{H_s}{h_r} - 1 \right) \leq 1$$

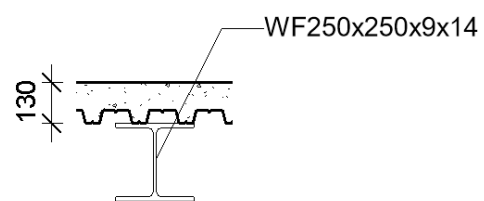
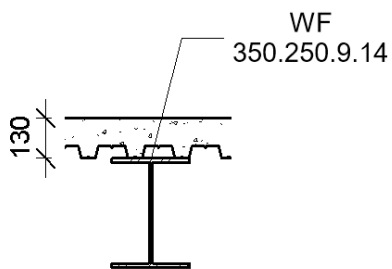
e. Jarak Stud

Persyaratan jarak antar penghubung geser

Jarak Minimum (6d)

Jarak Maksimum (8td)

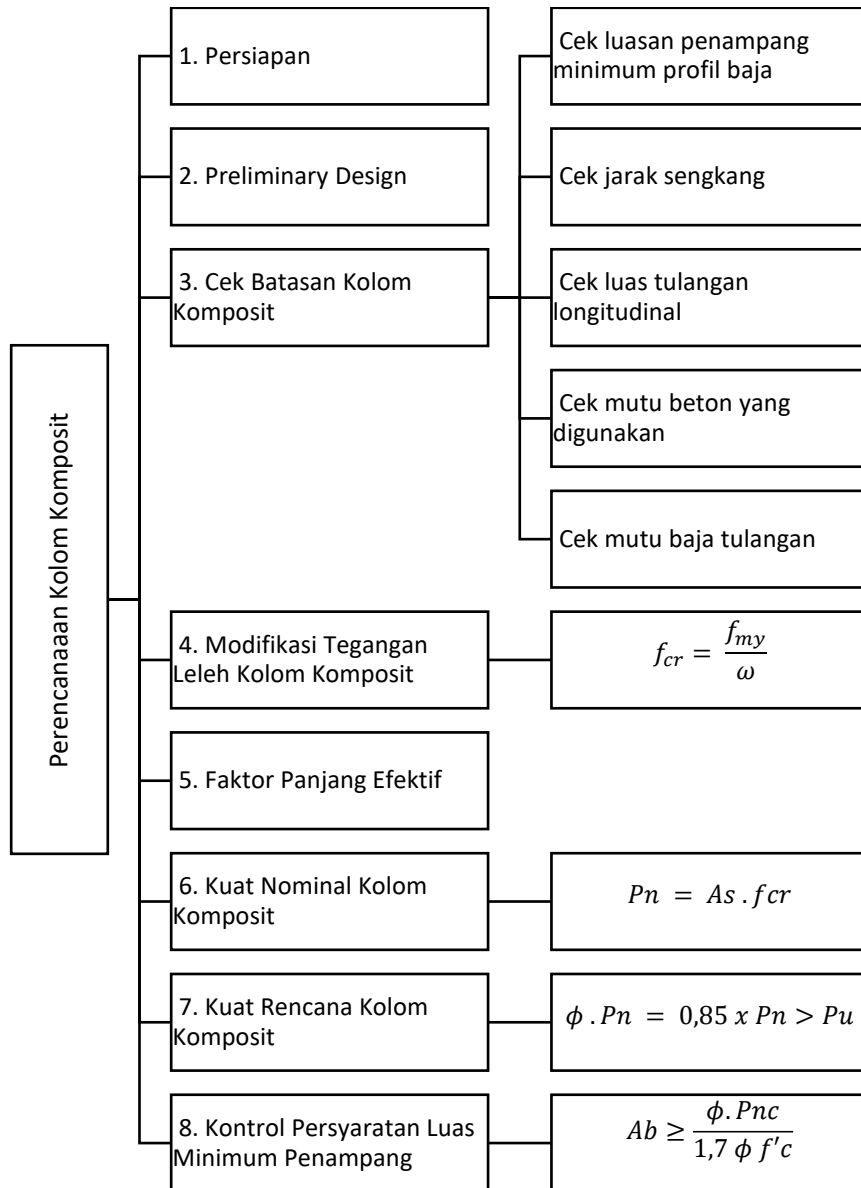
$$s = \frac{L}{n}$$



Gambar 3.26 Penampang Balok Induk Gambar 3.27 Penampang Balok Anak

3.10.4 Perencanaan Struktur Kolom

Berikut merupakan langkah-langkah perencanaan struktur kolom komposit :



Gambar 3.28 Bagan Alir Perencanaan Kolom Komposit

1. Persiapan

Dalam perencanaan struktur kolom data yang diperlukan antara lain :

- a. Beban Aksial Ultimit
- b. Mutu kolom baja, f_y
- c. Mutu beton, $f'c$

2. Menentukan Dimensi Awal (*Preliminary Design*)

Dimensi penampang balok dicari dengan preliminary design sesuai poin bahasan 3.9.3 Preliminary Design Balok Baja.

3. Cek Batasan Kolom Komposit

- a. Cek luasan penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c} > 4\%$$

Dengan,

A_s = Luas penampang baja

A_c = Luas penampang kolom

- b. Cek jarak sengkang

$$S < \frac{2}{3} \cdot b$$

Dengan,

S = Jarak sengkang rencana

b = Lebar kolom

- c. Cek luas tulangan longitudinal

$$A_{st} > 0,18 \cdot spasi$$

Dengan,

$Spasi = b - (2 \times \text{Selimut beton}) - (2 \times \text{dia sengkang}) - \text{dia tulangan utama}$

- d. Cek mutu beton yang digunakan

$$21 \text{ MPa} \leq f'_c \leq 55 \text{ MPa}$$

- e. Cek mutu baja tulangan

$$F_y < 380 \text{ MPa}$$

4. Modifikasi Tegangan Leleh Kolom Komposit

$$f_{cr} = \frac{f_{my}}{\omega}$$

Untuk :

$$\lambda_c \leq 0,25 \quad \text{maka } \omega = 1$$

$$0,25 \leq \lambda_c \leq 1,2 \quad \text{maka } \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c}$$

$$\lambda_c \geq 1,2 \quad \text{maka } \omega = 1,25 \lambda_c^2$$

Dimana :

$$\lambda_c = \frac{k_c \cdot L}{f_m \cdot \pi} \sqrt{\frac{f_{my}}{E_m}}$$

Dengan :

$$f_{my} = f_y + C_1 \cdot f_{yr} \left(\frac{A_r}{A_s} \right) + C_2 \cdot f'_c \cdot \left(\frac{A_c}{A_s} \right)$$

$$E_m = E + C_3 \cdot E_c \cdot \left(\frac{A_c}{A_s} \right)$$

$$E_c = 0,041 \cdot w^{1,5} \sqrt{f'_c}$$

Untuk profil baja berselubung beton :

$$C_1 = 0,7$$

$$C_2 = 0,6$$

$$C_3 = 0,2$$

4. Output ETABS

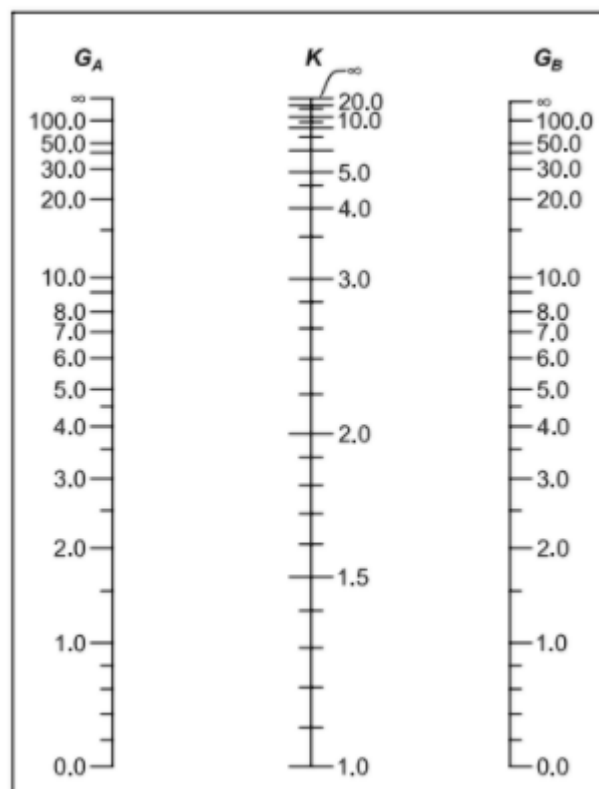
Output software ETABS berupa gaya aksial ultimit pada kolom.

5. Faktor Panjang Tekuk

Untuk kolom pada struktur portal, faktor panjang tekuknya (k) dipengaruhi oleh nilai G pada ujung – ujung kolom. Nilai G pada salah satu ujung adalah ratio jumlah kekakuan semua kolom terhadap jumlah kekakuan semua balok yang bertemu diujung.

Untuk tumpuan jepit nilai $G = 1$

Untuk tumpuan sendi nilai $G = 10$



Gambar 3.29 Nilai K untuk Komponen Struktur Bergoyang

6. Kuat Nominal Kolom Komposit

$$P_n = A_s \cdot f_{cr}$$

7. Kuat Rencana Kolom Komposit

$$\phi \cdot P_n = 0,85 \times P_n > P_u$$

8. Kontrol Persyaratan Luas Minimum Penampang Beton Yang Menahan Beban Desain Kolom

Kemampuan profil baja menahan beban :

$$\phi P_{ns} = 0,85 \cdot A_s \cdot f_y$$

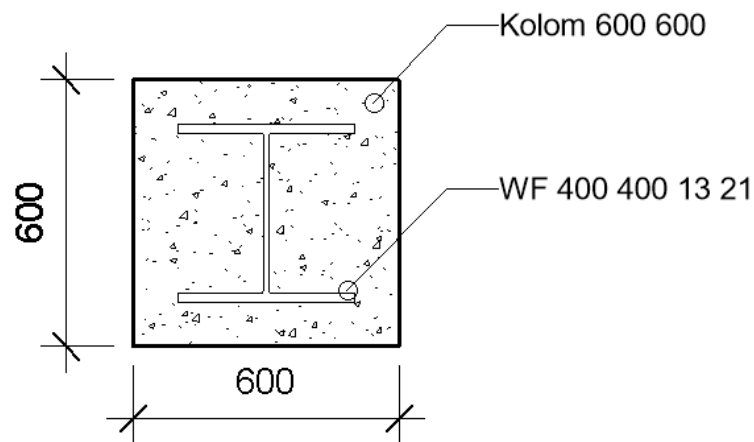
Kemampuan penampang beton menahan beban :

$$\phi \cdot P_{nc} = \phi P_n - \phi P_{ns}$$

Syarat yang harus dipenuhi untuk luas penampang beton :

$$\phi \cdot P_{nc} \leq 1,7 \phi f'_c \cdot A_b$$

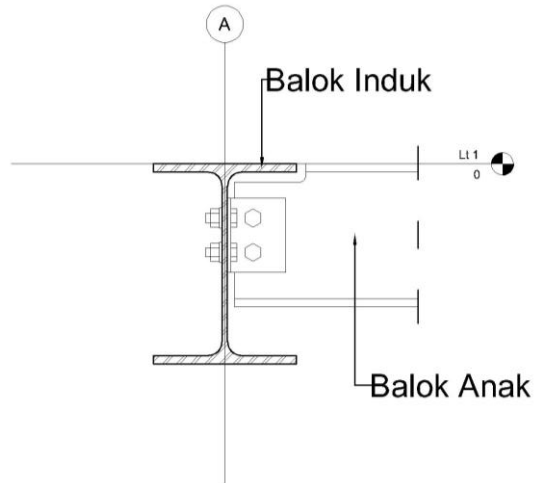
$$A_b \geq \frac{\phi \cdot P_{nc}}{1,7 \phi f'_c}$$



Gambar 3.30 Penampang Kolom Komposit

3.10.5 Perencanaan Sambungan

1. Desain Sambungan Balok Anak - Balok Induk



Gambar 3.31 Sambungan Balok - Balok

Berikut beberapa tahapan dalam desain sambungan balok anak dan balok induk :

- Tahanan tumpu pada bagian web balok :

$$R_d = \phi_f R_n = 2,4 \phi_f d_b t_p f_u$$

- Tahanan geser baut dengan dua bidang geser :

$$R_d = \phi_f R_n = 0,75 \cdot (0,5 f_u^b) \cdot m \cdot A_b$$

- Perhitungan jumlah baut :

$$n = \frac{R_u}{R_d}$$

- Periksa geser blok pada balok anak dan balok induk

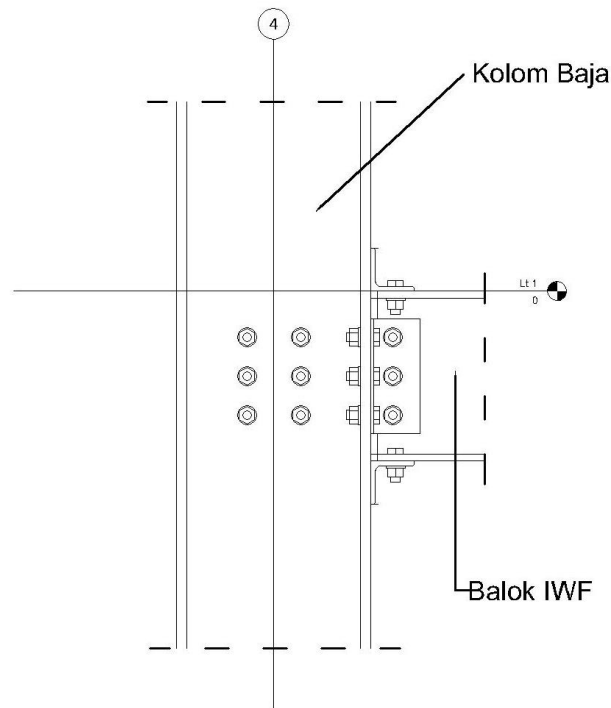
Geser leleh - tarik fraktur

$$T_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + f_u \cdot A_{nt} \geq T_u$$

Geser fraktur - tarik leleh

$$T_n = 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nt} + f_y \cdot A_{gv} \geq T_u$$

2. Desain Sambungan Kolom – Balok



Gambar 3.32 Sambungan Kolom - Balok

- Perhitungan tahanan nominal baut

Kekuatan rencana geser baut

$$V_d = \phi_f V_n = \phi_f r_1 f_b^u A_b$$

Kekuatan rencana tumpu baut

$$R_d = \phi_f R_n = 2,4 \phi_f d_b t_p f_u$$

Kekuatan rencana tarik baut

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f 0,75 f_u^b A_b$$

- Desain siku penyambung atas dan bawah

$$d = \frac{Mu}{2.Td}$$

$$a = b - t \text{ siku} - r \text{ siku}$$

Dengan d, maka gaya yang bekerja pada profil siku :

$$T = \frac{Mu}{d}$$

Gaya ini menimbulkan momen pada profil siku sebesar :

$$Mu = 0,5 \cdot T \cdot a$$

Kapasitas nominal penampang persegi :

$$Mu = \phi Mn = 0,9 \cdot \left(\frac{b \cdot d^2}{4} \right) \cdot fy$$

Sehingga diperoleh panjang minimum siku :

$$b = \frac{4 \cdot Mu}{0,9 \cdot fy \cdot d^2}$$

Dengan panjang b pada flens kolom.

- Perhitungan sambungan sayap balok

Baut yang menghubungkan sayap balok dengan siku penyambung adalah sambungan dengan satu bidang geser, sehingga :

$$n = \frac{Pu}{Rd_{geser}}$$

Dengan,

$$Pu = \frac{Mu}{l}$$

Dimana :

Mu = Momen ujung

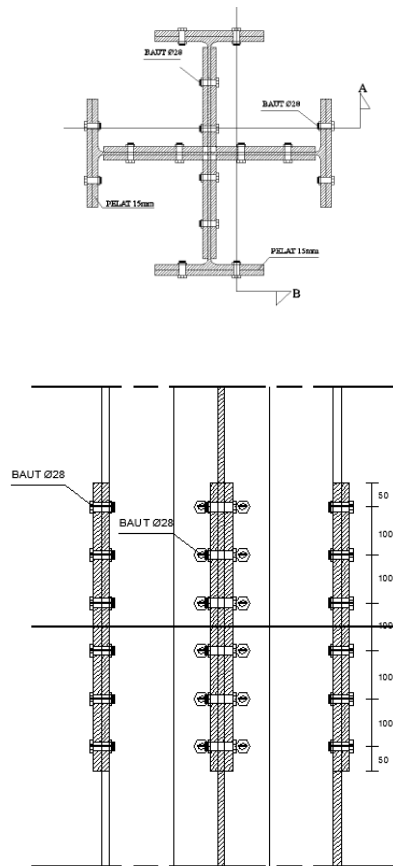
l = Jarak baut atas dan bawah

- Perhitungan sambungan web balok

Baut yang menghubungkan web balok dengan sayap kolom adalah sambungan dengan satu bidang geser, sehingga :

$$n = \frac{Pu}{Rd_{geser}}$$

3. Desain Sambungan Kolom – Kolom



Gambar 3.33 Sambungan Kolom-Kolom

- Perhitungan distribusi beban aksial pada kolom

$$P_{u \text{ web}} = \frac{A_{\text{badan}}}{A_{\text{profil}}} \cdot P_u$$

$$P_{u \text{ flens}} = P_u - P_{u \text{ web}}$$

- Perhitungan distribusi beban momen pada kolom

$$M_{u \text{ web}} = \frac{I_{\text{badan}}}{I_{\text{profil}}} \cdot M_u$$

$$M_{u \text{ flens}} = M_u - M_{u \text{ web}}$$

- Perhitungan tahanan nominal baut

Kekuatan rencana geser baut

$$V_d = \phi_f V_n = \phi_f r_1 f_b^u A_b$$

Kekuatan rencana tumpu baut

$$R_d = \phi_f R_n = 2,4 \phi_f d_b t_p f_u$$

Kekuatan rencana tarik baut

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f 0,75 f_u^b A_b$$

- Perhitungan pelat sambung sayap

Gaya kopel pada sayap

$$T = \frac{Mu \text{ flens}}{d}$$

Total gaya pada sayap

$$Pu = T + \frac{Pu \text{ flens}}{4}$$

Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{Pu}{\phi V n}$$

Kontrol jarak baut

(SNI 03-1729-2002 pasal 13.4)

Jarak tepi :

$$(S1) = 1,5 \text{ db s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$(S2) = 1,25 \text{ db s/d } 12 \text{ tp atau } 150 \text{ mm}$$

Jarak baut :

$$(S) = 3 \text{ db s/d } 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

- Perhitungan pelat sambung web

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan :

$$Mu = (Mu \text{ badan} + Vu \times e)$$

Gaya akibat Pu

$$Ruv\ 1 = \frac{Pu\ web}{2n}$$

Gaya akibat Vu

$$Ruh\ 1 = \frac{Vu}{n}$$

Gaya akibat Mu

$$Ruv\ 2 = \frac{Mu\ x}{\sum(x^2 + y^2)}$$

$$Ruh\ 2 = \frac{Mu\ y}{\sum(x^2 + y^2)}$$

Gaya total

$$Ru\ total = \sqrt{(\sum Ruv)^2 + (\sum Ruh)^2} \leq \phi Rn$$

Kontrol jarak baut

Jarak tepi :

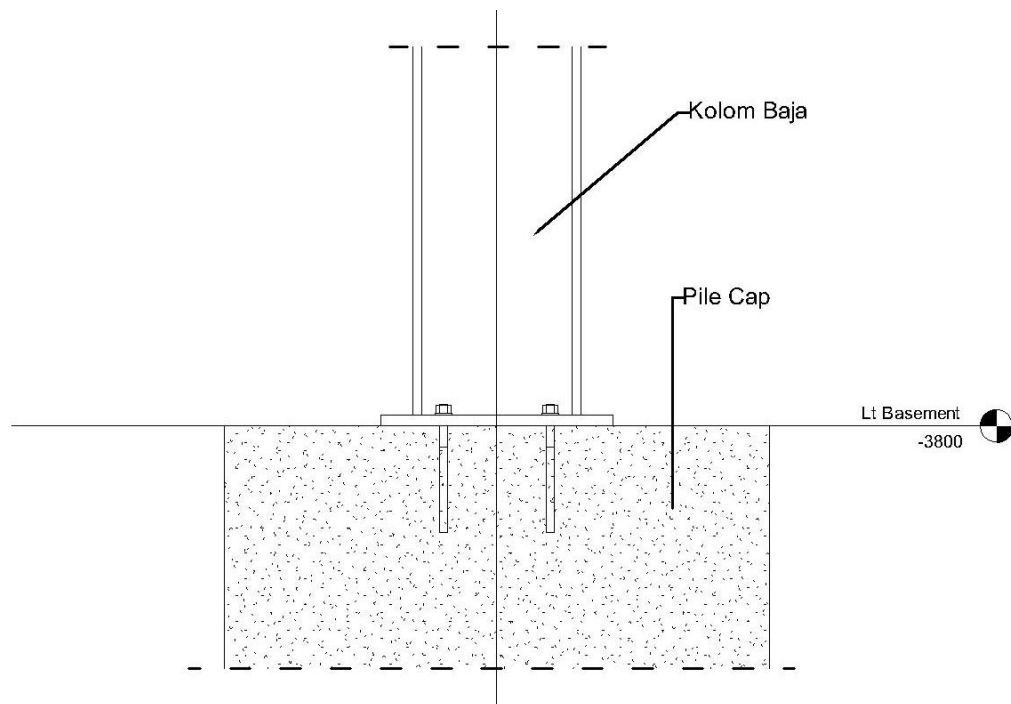
$$(S1) = 1,5\ db\ s/d\ (4tp + 100)\ \text{atau}\ 200\ mm$$

$$(S2) = 1,25\ db\ s/d\ 12\ tp\ \text{atau}\ 150\ mm$$

Jarak baut :

$$(S) = 3\ db\ s/d\ 15\ tp\ \text{atau}\ 200\ mm$$

4. Desain Sambungan Kolom – Pilecap



Gambar 3.34 Sambungan Kolom Pilecap

Menghitung besaran m dan x :

$$m = \frac{N - 0,95d}{2}$$

$$x = f - \frac{d}{2} + \frac{tf}{2}$$

Menghitung eksentrisitas :

$$e = \frac{Mu}{Pu}$$

- Menentukan kategori idealisasi struktur

Kategori A

Tidak ada eksentrisitas akibat momen.

Kategori B

$$0 \leq e \leq \frac{N}{6}$$

Kategori C

$$e = \frac{N}{6}$$

Kategori D

$$e > \frac{N}{6}$$

- Menghitung tegangan tumpu pada beton :

$$q = \phi c. 0,85. f'c. B. \sqrt{\frac{A2}{A1}}$$

$$\text{Asumsikan } \sqrt{\frac{A2}{A1}} = 2$$

$$f + \frac{N}{2}$$

$$f + e$$

$$Y = \left(f + \frac{N}{2}\right) \pm \sqrt{\left[-\left(f + \frac{N}{2}\right)\right]^2 - \frac{2.Pu.(f + e)}{q}}$$

$$\text{Periksa } \sqrt{\frac{A2}{A1}} = 2$$

$$Tu = q.Y - Pu$$

- Periksa angkur terhadap gaya geser

$$Vub = \frac{Vu}{n}$$

$$\text{Kontrol } \phi. fv. Ab > Vub$$

- Periksa angkur terhadap gaya tarik

$$fv = \frac{Vub}{Ab}$$

$$\text{Untuk angkur tipe A307 } Ft = 407 - 1,9fv < 310 \text{ MPa}$$

Untuk angkur tipe A325 $F_t = 807 - 1,5f_v < 621 \text{ MPa}$

$$T_{ub} = \frac{T_u}{nt}$$

Kontrol $\emptyset. ft. Ab > T_{ub}$

- Perhitungan tebal base Plate

- Kategori A

$$tp \geq 1,49. c. \sqrt{\frac{Pu}{B. N. fy}}$$

- Kategori B

$$tp \geq 1,49. c. \sqrt{\frac{Pu}{B. (N - 2e). fy}}$$

- Kategori C

$$tp \geq 1,49. c. \sqrt{\frac{1,5. Pu}{B. N. fy}}$$

- Kategori D

Untuk $Y > m$:

$$tp \geq 1,49. c. \sqrt{\frac{Pu}{B. Y. fy}}$$

Untuk $Y < m$:

$$tp \geq 2,11. \sqrt{\frac{Pu. \left(m - \frac{Y}{2}\right)}{B. fy}}$$

3.10.6 Perencanaan Tangga

Adapun parameter yang perlu diperhatikan pada perencanaan struktur tangga adalah sebagai berikut :

3.10.6.1 Anak Tangga

Untuk mencapai tingkat kenyamanan yang ideal, ukuran lebar anak tangga (antride) antara 20-33 cm, sementara tinggi anak tangga (optride) antara 15-18 cm. Tinggi anak tangga dilambangkan dengan (t) dan lebar anak tangga dengan (i). Idealnya $60 \leq (2t + i) \leq 65$ cm.

3.10.6.2 Kemiringan Tangga

Koefisien kemiringan tangga dapat dihitung dengan rumus :

$$z = y / x$$

Dengan,

z = koefisien kemiringan tangga

y = tinggi tangga (cm)

x = panjang tangga (cm)

3.10.6.3 Pagar dan Pegangan Tangga

Beberapa syarat kenyamanan perencanaan pegangan tangga :

- Baluster harus dibuat cukup rapat, tinggi 90-100 cm, dan
- Tidak menghasilkan bagian yang tajam

3.10.6.4 Bordes

Untuk memberikan kenyamanan ada pula aturan baku bagi pembuatan bordes tangga. Setiap ketinggian maksimum 12 anak tangga (setinggi 1,5 - 2 m) harus dibuat bordes (landing).

3.10.7 Perencanaan Basement

3.11.7.1 Perencanaan Dinding Basement

Dalam perencanaan struktur diaphragm wall yang mampu memikul beban vertikal dan lateral dapat dilakukan dengan mengikuti diagram alir pada Gambar 3.1. Berdasarkan Gambar 3.1 langkah-langkah dalam merencanakan diaphragm wall tersebut antara lain.

1. Menentukan beban yang akan bekerja pada diaphragm Wall

Beban yang bekerja pada turap dinding terdapat 2 macam:

- a. Beban luar :

Berupa beban dari luar selama proses konstruksi diaphragm wall Beban luar pada perhitungan kedalaman turap kemudian akan dianggap sebagai surcharge, yang letaknya berada pada bagian aktif dari dinding penahan tanah yang akan direncanakan.

- b. Beban dalam :

Berupa beban yang ditimbulkan dari tekanan tanah aktif, serta air tanah

2. Menghitung kedalaman jepit dinding
3. Preliminary desain diaphragm wall
4. Pemodelan dan analisis struktur
5. Penulangan diaphragm wall

3.11.7.2 Perencanaan Lantai Basement

Pendefinisian pelat satu arah dan dua arah dapat dilihat dari rasio panjang terpanjang dengan panjang pendek pada suatu pelat (berdasarkan buku wang salmon jilid 2 edisi ke-4 bab 16). Jika lebih besar dari 2 maka pelat itu bisa dikatakan pelat satu arah dan perhitungan dilakukan sama seperti perhitungan

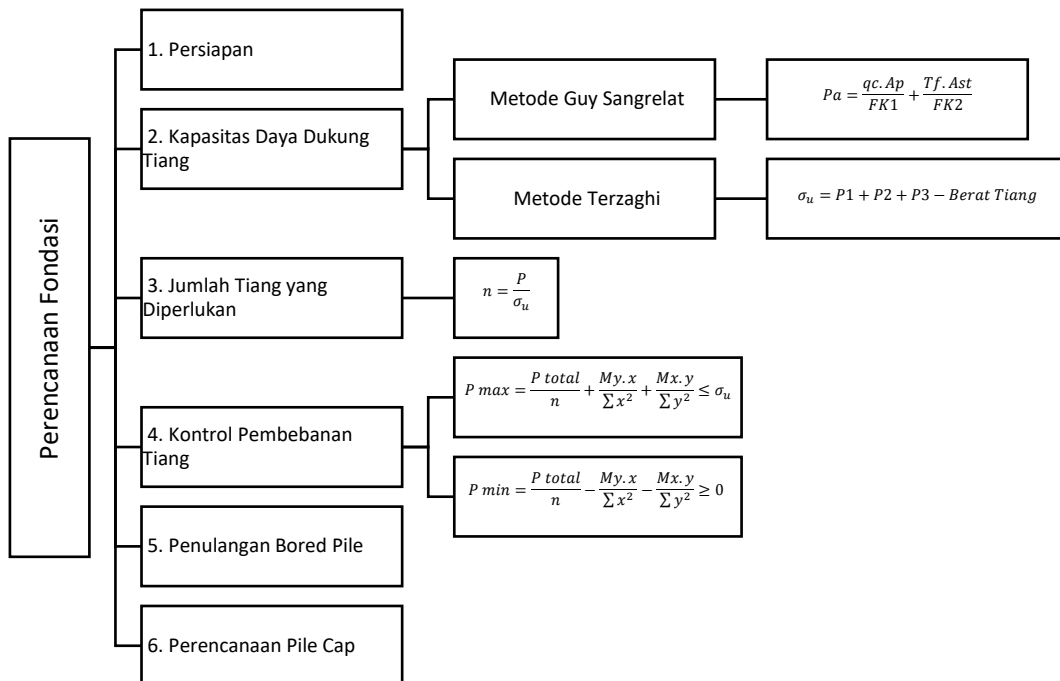
balok. Jika rasionya lebih kecil dari 2 maka pelat itu bisa dikatakan pelat dua arah. Beban-beban yang bekerja pada pelat disesuaikan SNI 1727-2013 pembebanan pelat direncanakan menerima beban mati dan beban hidup dengan kombinasi pembebanan yang sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 9.2.(1) yaitu :

$$Q_u = 1,4D$$

3.10.8 Perencanaan Fondasi

Perencanaan fondasi dan pile cap direncanakan mampu menahan struktur atas gedung. Dalam merencanakan fondasi data yang diolah adalah data tanah berdasarkan hasil uji sondir / *Cone Penetration Test* (CPT).

Berikut merupakan langkah-langkah perencanaan fondasi :



Gambar 3.35 Bagan Alir Perencanaan Fondasi

1. Persiapan

Data yang dibutuhkan untuk perencanaan fondasi bored pile antara lain :

- a. Data tanah
- b. Gaya aksial dan momen dari struktur atas
- c. Mutu beton, f^c
- d. Mutu baja tulangan, f_y
- e. Data penampang fondasi

2. Kapasitas Daya Dukung Tiang

- a. Kapasitas izin berdasarkan data sondir dengan metode Guy Sangrelat

$$Pa = \frac{qc \cdot Ap}{FK1} + \frac{Tf \cdot Ast}{FK2}$$

Dengan,

qc = Tahanan ujung konus sondir

Ap = Luas penampang tiang

Tf = Jumlah Hambatan Lekat

Ast = Keliling penampang tiang

$FK1$ = 3

$FK2$ = 5

- b. Kapasitas ijin berdasarkan cara statis dengan metode Terzaghi

Faktor pengaruh bentuk, untuk fondasi bulat :

$$\alpha = 1,3 ; \beta = 0,3$$

- Tahanan adhesi tiang dan tanah

$$P1 = \frac{1}{SF} \cdot K \cdot H \cdot c$$

- Tahanan gesek dinding tiang

$$P2 = \frac{1}{SF} \cdot K \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot H^2 \cdot \gamma_t \right) (1 + \tan^2 \varphi) \cdot \tan \varphi$$

- Tahanan ujung tiang

$$P3 = \frac{1}{SF} \cdot Ab \cdot \bar{\sigma}_u$$

Dengan,

$$\bar{\sigma}_u = (1,3 \cdot c1 \cdot Nc) + (H1 \cdot \gamma1' \cdot Nq) + (\beta \cdot \gamma1' \cdot Ny)$$

Maka didapat :

$$\sigma_u = P1 + P2 + P3 - \text{Berat Tiang}$$

3. Jumlah Tiang Yang Diperlukan

$$n = \frac{P}{\sigma_u}$$

$$P = Pu + \text{Berat Pile Cap}$$

$$\text{Jarak antar tiang-tiang (S1)} = 2,5D \leq S1 \leq 3D$$

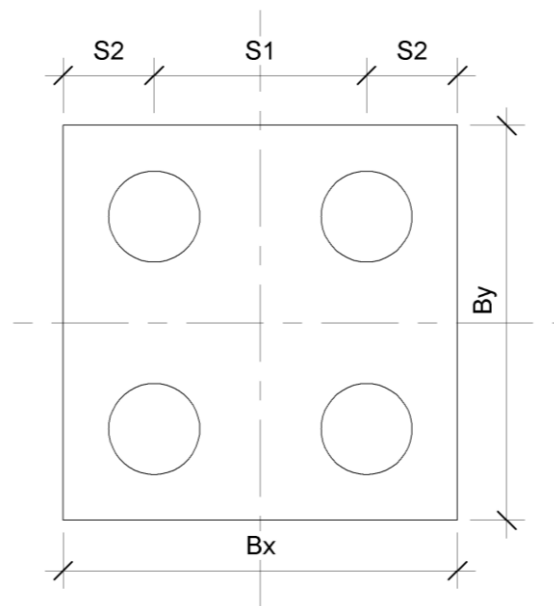
$$\text{Jarak tiang ke tepi (S2)} = 1D \leq S2 \leq 1,5D$$

4. Kontrol Pembebanan Pada Tiang

$$P \text{ terjadi} = \frac{P \text{ total}}{n} \pm \frac{My \cdot x}{\sum x^2} \pm \frac{Mx \cdot y}{\sum y^2}$$

$$P \text{ max} = \frac{P \text{ total}}{n} + \frac{My \cdot x}{\sum x^2} + \frac{Mx \cdot y}{\sum y^2} \leq \sigma_u$$

$$P \text{ min} = \frac{P \text{ total}}{n} - \frac{My \cdot x}{\sum x^2} - \frac{Mx \cdot y}{\sum y^2} > 0$$



Gambar 3.36 Susunan Bored Pile

5. Penulangan Bored Pile

a. Tulangan utama

Momen maksimum rencana pada dasar kolom

$$M1 = \frac{Mu}{n}$$

Kapasitas momen pada dasar tiang

$$M1 = 0,75 \cdot Ast \cdot fy \cdot d$$

$$Ast = \frac{M1}{0,75 \cdot fy \cdot d}$$

Jumlah tulangan yang digunakan

$$n = \frac{Ast}{A}$$

Luas tulangan yang digunakan

$$As = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

Rasio tulangan terhadap luas penampang

$$Ag = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$\rho = \frac{As}{Ag}$$

b. Tulangan sengkang spiral

Gaya geser rencana pada tiang

$$Vn = \frac{Vu}{\phi}$$

$$H = \frac{Vn}{n}$$

Gaya geser yang ditahan oleh beton

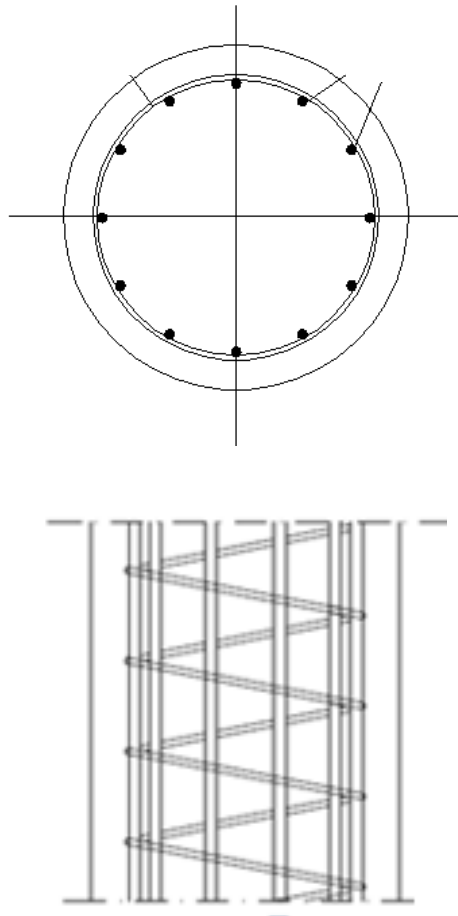
$$Vc = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times b \times d$$

Gaya geser aktual penampang

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

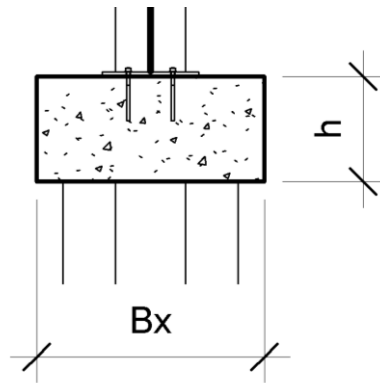
Kapasitas geser tiang

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



Gambar 3.37 Penulangan Bored Pile

6. Perencanaan Pile Cap



Gambar 3.38 Potongan Pilecap

- Gaya aksial pada tiang

$$P_i = \frac{P_u}{n} \pm \frac{M_y \cdot x}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y}{\sum y^2}$$

- Momen pada sisi kolom

$$M_u = \sum P_i \cdot x_i$$

- Penulangan pile cap

Rasio tulangan

Rasio tulangan balance

$$\rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

Rasio tulangan maksimum

$$\rho_{max} = \left(\frac{0,003 + \frac{f_y}{E_s}}{0,008} \right) \cdot \rho_b$$

Rasio tulangan minimum

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

Rasio tulangan perlu

$$bd^2 = \frac{Mu}{\rho \cdot fy \cdot \left(1 - 0.59 \cdot \frac{400}{25} \cdot \rho\right)}$$

$$\rho = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

Jumlah tulangan yang diperlukan

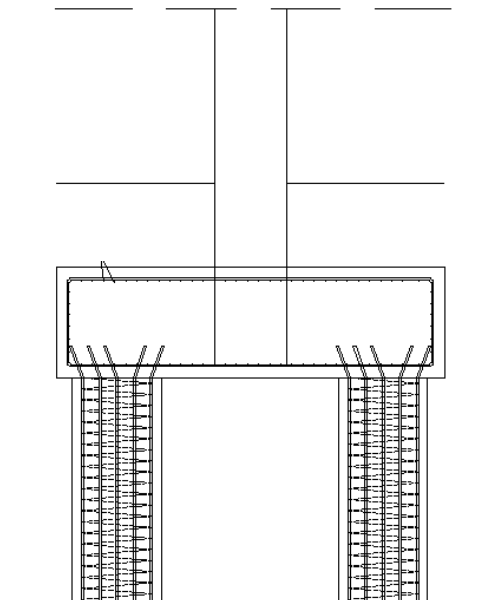
$$n = \frac{As}{At}$$

Jarak antar tulangan

$$s = \frac{b}{n - 1}$$

Jarak antar tulangan tidak boleh melebihi :

$$s < 2h$$



Gambar 3.39 Penulangan Pilecap

3.12 Kontrol Perencanaan

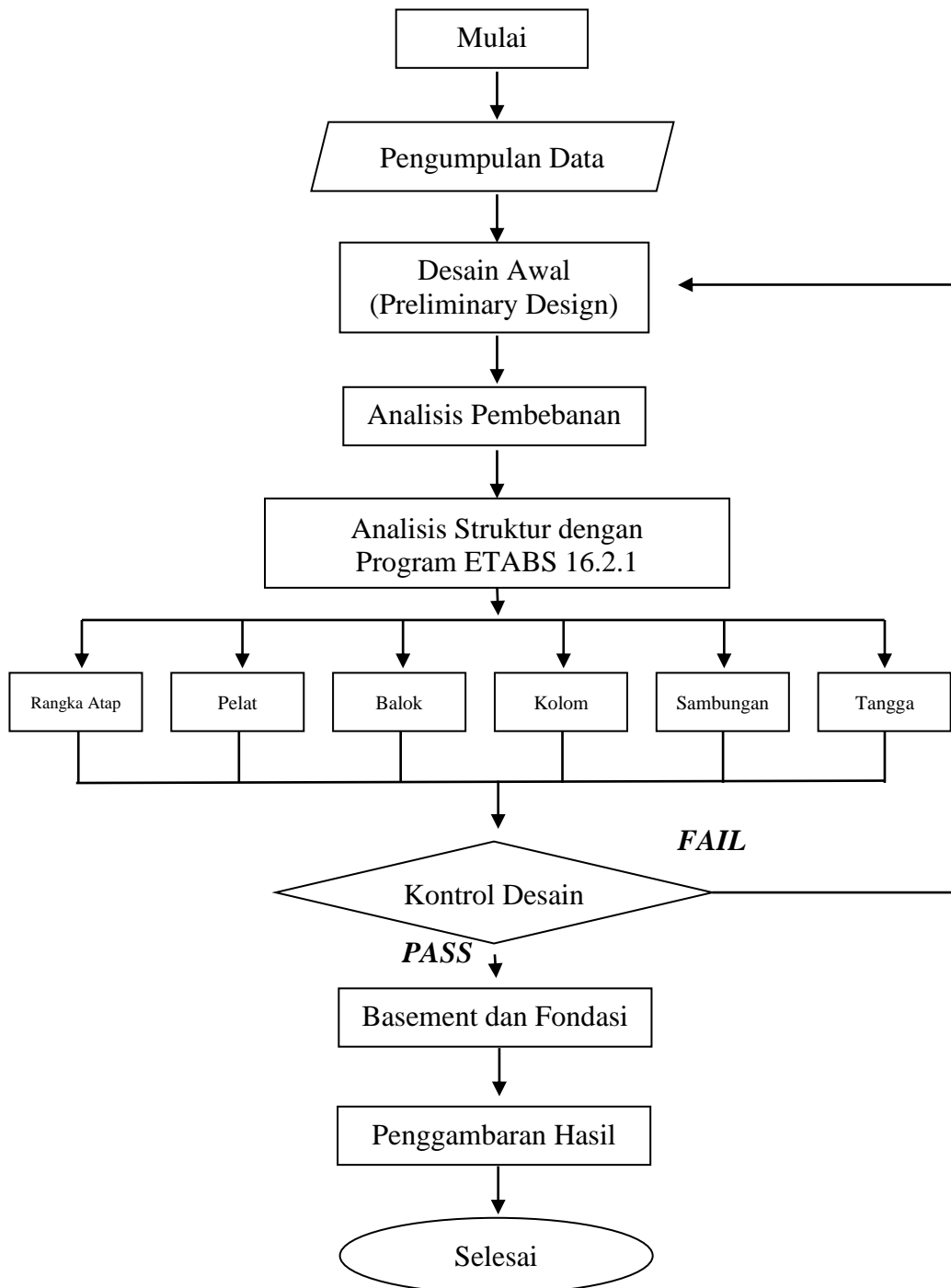
Setelah melakukan analisis struktur bangunan, tahap selanjutnya penulis melakukan kontrol desain meliputi kontrol atap, elemen struktur atas, dan elemen struktur bawah.

Tahap kontrol dilakukan dengan tujuan mengetahui apakah desain yang penulis rencanakan telah sesuai dengan syarat-syarat dan peraturan perencanaan yang berlaku. Jika telah dikategorikan memenuhi syarat dan peraturan tersebut, maka dapat dilakukan tahap penggambaran detail, namun apabila tidak memenuhi maka dilakukan re-design.

3.13 Penggambaran Hasil Perencanaan

Setelah tahapan perencanaan dan memenuhi syarat kontrol, dilakukan penggambaran hasil dari perencanaan. Penggambaran hasil perencanaan ini menggunakan program bantu Autodesk Revit dan Autodesk Autocad.

3.14 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.40 Bagan Alir Penelitian