

## PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG ASRAMA HAJI SEMARANG

*Fajar Rizkiyawan<sup>1)</sup>, Bambang Triyanto<sup>2)</sup>, Hartopo<sup>3)</sup>, Totok Apriyanto<sup>4)</sup>  
Prodi Sipil Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman Guppi  
Email: [Fajar21@gmail.com](mailto:Fajar21@gmail.com)<sup>1)</sup>, [Bambang20@gmail.com](mailto:Bambang20@gmail.com)<sup>2)</sup>, [hartopo\\_67@yahoo.com](mailto:hartopo_67@yahoo.com)<sup>3)</sup>,  
[apri.totok@gmail.com](mailto:apri.totok@gmail.com)<sup>4)</sup>*

### ABSTRACT

*Planning the Structure of the Semarang Hajj Dormitory Building is located on Jl. Abdul Rahman Saleh No. 285, Kalipancur, Kec. Ngaliyan, Semarang City, Central Java. This arama was built to improve the facilities and infrastructure of pilgrims in the Semarang area.*

*The planning of this building is carried out with primary data such as data from soil sondir, and is equipped with other secondary data. This structural planning analysis is assisted by the SAP 2000 software application (Structure Analyst Program) for structural modeling and calculating internal forces. The analysis carried out includes: calculation of the structure of the Foundation, Columns, Beams, Plates and Roofs.*

*From the results of the analysis obtained the type of foundation using piles with P1:1.00x1.75x0.70 m with 2 piles measuring 30x30 cm 9 m depth, P2:1.80x1.80x0.70 m with 4 piles measuring 35x35 cm depth 9 m, P3:1.90x1.90x0.70 m with 5 piles measuring 30x30 cm with a depth of 9 m. beam size 40x70 3-D22 principal reinforcement (support) 10-150 shear reinforcement, 3-D22 principal reinforcement (field) 10-150 shear reinforcement. beam size 30x50 2-D22 principal reinforcement (support) 10-150 shear reinforcement, 2-D22 main reinforcement (field) 10-150 shear reinforcement. beam size 15x30 main reinforcement 2-D19 (support) shear reinforcement 10-150, 2-D19 main reinforcement (field) shear reinforcement 10-150. Column 60x60 main reinforcement 8-D25, shear reinforcement 10-150. Column 70x70 main reinforcement 12-D25, shear reinforcement 10-150. Roof rafter beam WF 250.125.6.9, steel column WF 250.125.6.9, gording C. 125.50.20.2,3, roof covering: steel roof (span deck) distance between roof rafter beams 4 m, distance between steel columns 4 m, distance between gording 1 m, bolt diameter using 16 mm and steel anchor diameter 16 mm (length 50 cm). From the calculation results, each element of the building structure can be categorized as safe.*

**Keywords :** *Building Structural Planning, Building Structural Planning with the help of SAP 2000 Application, Earthquake Resistant Building Planning.*

### ABSTRAK

*Perencanaan Struktur Bangunan Gedung Asrama Haji Semarang berada di Jl. Abdul Rahman Saleh No. 285, Kalipancur, Kec. Ngaliyan, Kota Semarang, Jawa Tengah. Arama ini dibangun untuk meningkatkan sarana dan prasarana jamaah haji yang berada di wilayah semarang.*

*Perencanaan gedung ini dilakukan dengan data primer seperti data hasil sondir tanah, dan dilengkapi dengan data sekunder lainnya. Analisa perencanaan struktur ini dibantu dengan aplikasi software SAP 2000 (Struktur Analis Program) untuk pemodelan struktur dan menghitung gaya-gaya dalam. Adapun analisa yang dilakukan antara lain : perhitungan struktur Pondasi, Kolom, Balok, Plat dan Atap.*

Dari hasil analisa diperoleh jenis pondasi menggunakan Tiang pancang dengan P1:1,00x1,75x0,70 m dengan 2 tiang pancang ukuran 30x30 cm kedalaman 9 m, P2:1,80x1,80x0,70 m dengan 4 tiang pancang ukuran 35x35 cm kedalaman 9 m, P3:1,90x1,90x0,70 m dengan 5 tiang pancang ukuran 30x30 cm kedalaman 9 m. balok ukuran 40x70 tulangan pokok 3-D22 (tumpuan) tulangan geser  $\phi$ 10-150, tulangan pokok 3-D22 (lapangan) tulangan geser  $\phi$ 10-150. balok ukuran 30x50 tulangan pokok 2-D22 (tumpuan) tulangan geser  $\phi$ 10-150, tulangan pokok 2-D22 (lapangan) tulangan geser  $\phi$ 10-150. balok ukuran 15x30 tulangan pokok 2-D19 (tumpuan) tulangan geser  $\phi$ 10-150, tulangan pokok 2-D19 (lapangan) tulangan geser  $\phi$ 10-150. Kolom 60x60 tulangan pokok 8-D25, tulangan geser  $\phi$ 10-150. Kolom 70x70 tulangan pokok 12-D25, tulangan geser  $\phi$ 10-150. Balok rafter atap WF 250.125.6.9, kolom baja WF 250.125.6.9, gording C. 125.50.20.2,3, penutup atap: atap baja (span deck) jarak antar balok rafter atap 4 m, jarak antar kolom baja 4 m, jarak antar gording 1 m, diameter baut menggunakan 16 mm dan diameter angkur baja 16 mm (panjang 50 cm). dari hasil perhitungan setiap elemen struktur gedung tersebut dapat dikategorikan aman.

**Kata kunci :** Perencanaan Struktur Gedung, Perencanaan Struktur Gedung dengan bantuan Aplikasi SAP 2000, Perencanaan Bangunan Tahan Gempa.

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Asrama haji memiliki peranan dan fungsi yang sangat penting. Yaitu, sebagai sarana akomodasi kesiapan pemberangkatan jemaah haji, proses custom, immigration, and quarantine (CIQ). Asrama haji berfungsi mempersiapkan kondisi serta pemulihan fisik dan mental jemaah haji dalam rangka menghadapi perjalanan ibadah haji yang sangat melelahkan. Asrama haji juga digunakan sebagai tempat reservasi untuk dapat kembali ke tempat asal masing-masing setelah melaksanakan ibadah haji.

Guna untuk meningkatkan kualitas sarana dan prasarana jemaah haji yang berada di wilayah semarang maka Kementerian Agama membangun gedung asrama haji baru dengan kapasitas yang besar an fasilitas yang memadai. Untuk

memenuhi pelayanan kebutuhan akomodasi jemaah haji kala saat ini.

Dalam perkembangannya, asrama haji tidak hanya digunakan untuk operasional pelaksanaan ibadah haji. Asrama haji berkembang sebagai sarana akomodasi yang dapat digunakan oleh masyarakat umum. Sarana ini dimanfaatkan untuk berbagai kegiatan pendidikan, keagamaan, sosial, ekonomi dan kegiatan lainnya yang bersifat positif. Namun, sebagian besar asrama haji belum memiliki kesiapan, utamanya pada aspek manajemen dan infrastruktur.



Gambar 1. Lokasi Perencanaan Bangunan

## B. Tujuan Penelitian

1. Jaskdjlakajld
2. Askdjald

## C. Manfaat Penelitian

1. Sebagai pedoman atau referensi untuk perencanaan pembangunan Asrama haji pada wilayah lain

## LANDASAN TEORI

Perencanaan merupakan perhitungan setelah dilakukan analisis struktur. Lingkup perencanaan pada beton konvensional meliputi pemilihan dimensi elemen dan perhitungan tulangan yang diperlukan agar penampang elemen mempunyai kekuatan yang cukup untuk memikul beban-beban pada kondisi kerja (*service load*) dan kondisi batas (*ultimate load*). Struktur dirancang dengan konsep kolom kuat balok lemah (*strong column weak beam*), dimana sendi plastis direncanakan terjadi di balok untuk meratakan energi gempa yang masuk[1].

Pemilihan jenis struktur atas (*upper structure*) mempunyai hubungan yang erat dengan sistem fungsional gedung. Dalam proses desain struktur perlu dicari kedekatan antara jenis struktur dengan masalah-masalah seperti arsitektural, efisiensi, *serviceability*, kemudahan pelaksanaan dan juga biaya yang diperlukan[1]. Adapun faktor yang

menentukan dalam pemilihan jenis struktur sebagai berikut :

1. Aspek Arsitektural
2. Aspek Fungsional
3. Kekuatan dan kestabilan struktur
4. Faktor ekonomi dan kemudahan pelaksanaan
5. Aspek Lingkungan

Untuk pemilihan jenis pondasi (*sub structure*) yang digunakan didasarkan pada beberapa pertimbangan, yaitu :

1. Keadaan tanah pondasi
2. Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya
3. Batasan-batasan dilingkungan sekelilingnya

Dalam perencanaan struktur bangunan gedung Asrama Haji ini dilakukan beberapa analisis antara lain :

### ➤ **Pemodelan Struktur**

Konsep tersebut merupakan dasar teori perencanaan dan perhitungan struktur, yang meliputi desain terhadap beban lateral (gempa), denah dan konfigurasi bangunan, pemilihan material, konsep pembebanan, faktor reduksi terhadap kekuatan bahan, konsep perencanaan struktur atas dan struktur bawah, serta sistem pelaksanaan.

### 1. Desain Terhadap Beban Lateral (Gempa)

Dalam mendesain struktur, kestabilan lateral adalah hal terpenting karena gaya lateral mempengaruhi desain elemen - elemen vertikal dan horizontal struktur. Mekanisme dasar untuk menjamin kestabilan lateral diperoleh dengan menggunakan hubungan kaku untuk memperoleh bidang geser kaku yang dapat memikul beban lateral. Beban lateral yang paling berpengaruh terhadap struktur adalah beban gempa dimana efek dinamisnya menjadikan analisisnya lebih kompleks. Tinjauan ini dilakukan untuk mengetahui metode analisis, pemilihan metode dan kriteria dasar perancangannya.

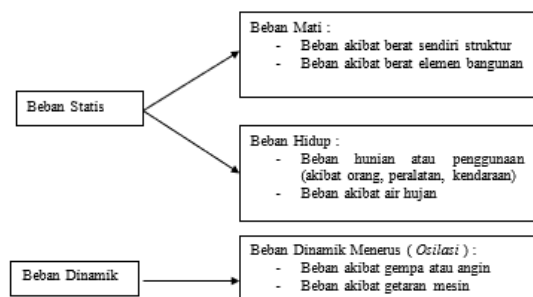
- a. Metode Analisis Struktur Terhadap Beban Gempa
- b. Pemilihan Cara Analisis

### 2. Konsep Pembebanan

Struktur bangunan harus dapat menerima berbagai macam kondisi pembebanan yang mungkin terjadi. Kesalahan dalam analisa beban merupakan salah satu faktor utama kegagalan struktur. Oleh sebab itu sebelum melakukan analisis dan desain struktur, perlu adanya gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur beserta karakteristiknya.

#### a. Beban – Beban pada Struktur

Dalam melakukan analisis desain suatu struktur, perlu ada gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur. Hal penting yang mendasar adalah pemisahan antara beban- beban yang bersifat statis dan dinamis



**Gambar 2. Beban pada struktur**

### 3. Faktor Reduksi Kekuatan

Faktor reduksi kekuatan merupakan suatu bilangan yang bersifat mereduksi kekuatan bahan, dengan tujuan untuk mendapatkan kondisi paling buruk jika pada saat pelaksanaan nanti terdapat perbedaan mutu bahan yang ditetapkan sesuai standar bahan yang ditetapkan dalam perencanaan sebelumnya. SNI 2847 – 2013 menetapkan berbagai nilai faktor reduksi ( $\phi$ ) untuk berbagai jenis besaran gaya yang didapat dari perhitungan struktur :

Kondisi Pembebanan	Faktor Reduksi
Beban lentur tanpa gaya aksial	0.80
Beban aksial dan beban aksial dengan lentur	
Gaya aksial tarik, aksial tarik dengan lentur Gaya aksial tekan, aksial tekan dengan lentur	0.80
Dengan tulangan Spiral	0.70
Dengan tulangan biasa	0.65
Lintang dan Torsi	0.75
Pada komponen struktur penahan gempa kuat	0.55
Pada kolom dan balok yang diberi tulangan diagonal	0.80
Tumpuan pada Beton	0.65
Daerah pengungkuran pasca tarik	0.85
Penampang lentur tanpa beban aksial pada komponen struktur pratarik dimana panjang penanaman <i>strand</i> -nya kurang dari panjang penyaluran yang ditetapkan	0.75
Beban lentur, tekan, geser dan tumpu pada beton polos structural	0.55

**Gambar 3. Faktor reduksi kekuatan[2]**

➤ **Analisa Perhitungan Struktur**

Struktur atas adalah struktur bangunan gedung yang secara visual berada di atas tanah, yang terdiri dari struktur portal utama yaitu kesatuan antara balok, kolom dan struktur sekunder seperti pelat, tangga, lift, balok anak. [2]

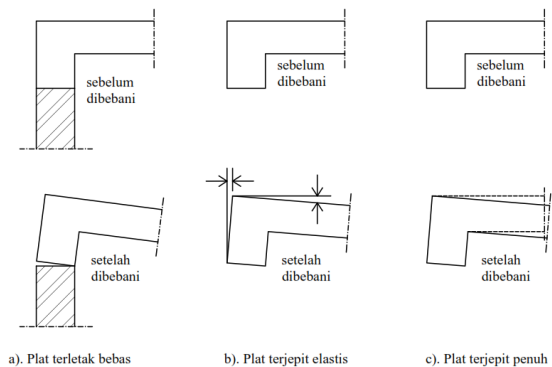
Perencanaan struktur portal utama direncanakan dengan menggunakan prinsip strong column weak beam, dimana sendi-sendi plastis diusahakan terletak pada balok-balok. [2]

1. *Perhitungan Plat*

Definisi plat beton bertulang yaitu struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Ketebalan bidang plat ini relative sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya. Plat beton bertulang ini sangat kaku dan arahnya

horizontal, sehingga pada bangunan gedung plat ini berfungsi sebagai diafragma/unsure pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal. Ada 3 jenis perletakan plat pada balok yaitu :

- Terletak Bebas
- Terjepit Elastis
- Terjepit Penuh



**Gambar 4. Perletakan plat pada balok**

1. Plat satu arah (arah lenturnya satu arah saja)

Pada plat satu arah hampir semua beban lantai menuju balok-balok dan sebagian kecil menuju ke gelagar.

2. Plat dua arah

Bila bentang panjang  $L / S$  bentang pendek kurang dari 2 maka permukaan lendutan mempunyai lengkungan ganda. Beban lantai dipikul dua arah oleh empat balok pendukung (perletakan plat). Pelat dikatakan pelat dua arah apabila rasio bentang pada Sisi panjang dengan Sisi

pendeknya kurang dari atau sama dengan dua ( $L_y/L_x \leq 2,0$ ),

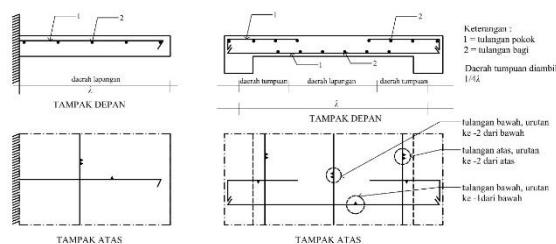
$$\beta = L_y/L_x \leq 2 \text{ (Plat 2 Arah)}$$

- **Sistem Penulangan Plat**

Sistem penulangan plat pada dasarnya dibagi menjadi 2 macam yaitu sistem perencanaan plat dengan tulangan pokok satu arah (one way slab) dan sistem perencanaan plat dengan tulangan pokok dua arah (two way slab).

- **Penulangan plat satu arah**

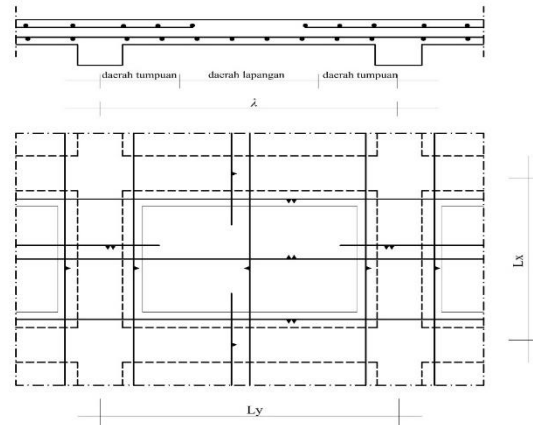
Plat dengan tulangan pokok satu arah ini akan dijumpai jika plat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja. Contoh plat satu arah adalah plat kantilever dan plat yang ditumpu oleh dua tumpuan sejajar.



**Gambar 5. Penulangan plat satu arah**

- **Penulangan plat dua arah**

Plat dengan tulangan pokok dua arah ini akan dijumpai jika plat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah. Contoh plat dua arah adalah plat yang ditumpu oleh 4 Sisi yang saling sejajar.



**Gambar 6. Penulangan plat dua arah**

- **Perencanaan Penulangan Plat**

Pada perencanaan plat beton bertulang, perlu diperhatikan beberapa persyaratan / ketentuan sebagai berikut :

- Pada perhitungan pelat, lebar plat diambil 1 m ( $b = 1000 \text{ mm}$ )
- Panjang bentang ( $L$ ) - Pasal 8.9 SNI 03-2847-2013

➤ Plat yang tidak menyatu dengan struktur pendukung

$$L = L_n + h \text{ dan } L < L_{as-as}$$

➤ Plat yang menyatu dengan struktur pendukung

$$\text{Jika } L_n \leq 3,0 \text{ m, maka } L = L_n$$

$$\text{Jika } L_n \geq 3,0 \text{ m, maka } L = L_n + 2 \times 50 \text{ mm (PBI-1971) [3]}$$

## 2. Perhitungan Balok

Balok merupakan elemen struktural yang utamanya memikul beban lateral. Beban-beban yang bekerja pada balok akan menghasilkan gaya reaksi pada titik

tumpu/perletakkan balok. Beban-bekan yang bekerja juga akan menghasilkan gaya geser dan momen lentur pada balok, Efek total dari semua gaya yang bekerja balok menghasilkan gaya geser dan momen lentur pada balok, menimbulkan gaya dalam berupa tarikan dan tekanan, dan menimbulkan lendutan pada balok. Balok dapat berbeda-beda berdasarkan jenis perletakan, profil (bentuk potongan melintang), panjang, dan jenis matenalnya.

Hingga perkembangan teknologi konstruksi saat ini, telah dikembangkan beberapa jenis balok sesuai dengan fungsi dan posisinya pada bangunan. Berikut ini adalah jenis – jenis balok :

- a. Balok sederhana
  - b. Balok kantilever
  - c. Balok dengan ujung tetap
  - d. Balok menerus atau *continue*
- Balok dengan tulangan tunggal

Balok dapat didefinisikan sebagai salah satu dari elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal, sedangkan portal merupakan kerangka utama garis-garis horizontal (balok) dan vertical (kolom) yang saling bertemu /berpotongan pada titik buhul (joint).

- Balok dengan tulangan rangkap
- Yang dimaksud dengan balok beton bertulang tulangan rangkap adalah balok beton yang diberi tulangan pada penampang beton daerah tarik dan daerah

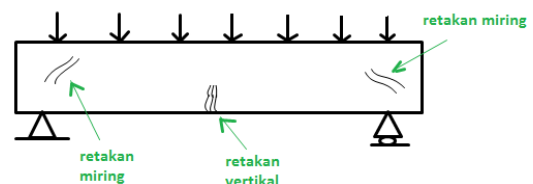
tekan sehingga balok akan lebih kuat dalam hal menerima beban yang berupa momen lentur. Pada praktek di lapangan hampir semua balok dipasang tulangan rangkap.



**Gambar 7. Pemasangan tulangan balok**

- Tulangan geser balok

Jika ada sebuah balok yang ditumpu secara sederhana (tumpuan sendi pada ujung yang satu dan tumpuan rol pada ujung lainnya), kemudian diatas balok diberi beban cukup berat, balok tersebut dapat terjadi 2 retakan yaitu retakan yang arahnya vertical dan retakan yang arahnya miring.



**Gambar 8. Jenis retakan pada balok**

Retakan vertikal terjadi akibat kegagalan balok dalam menahan beban lentur, sehingga biasanya terjadi pada daerah lapangan (bentang tengah) balok, karena pada daerah ini timbul momen lentur paling besar. Retak miring terjadi pada daerah ujung (dekat tumpuan) balok, karena pada daerah ini timbul gaya geser / gaya lintang paling besar.

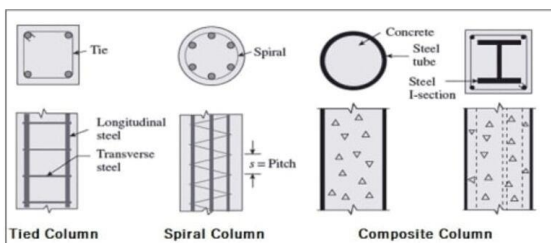
### 3. Perhitungan Kolom

Kolom merupakan elemen tekan yang menumpu balok yang memikul gaya – gaya pada lantai. Kekuatan kolom dievaluasi dengan memperhatikan prinsip – prinsip sebagai berikut :

1. Distribusi regangan disepanjang tebal kolm bersifat linier
2. Tidak terjadi slip antara beton dan tulangan
3. Regangan tekan maksimum beton pada kondisi unlimit = 0,003
4. Kekuatan tarik beton diabaikan [4]

Beberapa type kolom yang sering dijumpai dilapangan yaitu :

- a. Kolom penampang persegi yang dipasang tulangan longitudinal dengan tulangan pengikat lateral.
- b. Kolom penampang bulat yang dipasang tulangan longitudinal yang dapat dipasang tulangan pengikat spiral maupaun berbentuk cicin (hoop).
- c. Kolom komposit dimana kolom terdiri atas beton dan profil baja struktural yang berada dalam beton. [4]



**Gambar 9. Type kolom**

- Kekuatan Kolom

Kekuatan kolom pendek yang dibebani secara konsentrik terbagi atas komponen sambungan beton dan sambungan baja. [4]

Poc kekuatan aksial beton tanpa tulangan adalah :

$$Poc = 0,85 \cdot f'c (Ag - As)$$

Poc kekuatan aksial beton tulangan baja adalah :

$$Pos = fy \cdot As$$

Dimana :

As : luas total tulangan baja yaitu  $As + As'$

Ag : luas total penampang kotor

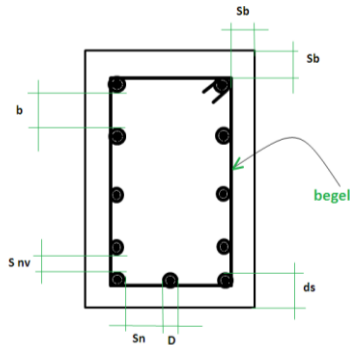
- Perencanaan Kolom

Berdasarkan analisis yang pernah dilakukan, Mac Gregor (1997) mengungkapkan bahwa pemilihan tipe kolom dengan sistem penulangannya ditentukan berdasarkan rasio antara eksentrisitas beban terhadap tinggi penampang ( $e/h$ ) yang dilakukan sebagai berikut :

- Untuk  $e/h < 0,1$  kolom penampang bulat dengan sengkang bulat (spiral atau hoop) lebih efisien digunakan, terutama berkaitan dengan kapasitas beban yang dimilikinya.



- Untuk  $e/h > 0,2$  kolom persegi dengan penulangan dua Sisi (two faces) lebih efisien penggunaannya.
- Untuk  $e/h < 0,2$  penggunaan kolom persegi dengan penulangan empat Sisi (four faces) lebih efisien penggunaannya. [4]



**Gambar 10. Penempatan tulangan kolom**

- Tulangan geser kolom

Faktor kegagalan kolom dapat pula disebabkan oleh ketidak mampuan kolom dalam menerima gaya geser atau gaya lintang yang bekerja dalam kolom. Besarnya gaya geser ini sangat erat kaitanya dengan besarnya momen yang bekerja pada kedua ujung kolom, dan mempunyai hubungan menurut persamaan berikut :

$$Vuk = \frac{Mu2 - Mu1}{Lk} [4]$$

#### 4. Perhitungan Pondasi

Secara garis besar struktur bangunan dibagi menjadi 2 bagian utama yaitu struktur bangunan di dalam tanah dan struktur

bangunan di atas tanah. Struktur bangunan di bawah tanah sering disebut struktur bawah, sedangkan bangunan di atas tanah sering disebut struktur atas. Struktur bawah suatu bangunan disebut pondasi yang bertugas memikul bangunan di atasnya. Seluruh muatan (beban) dari bangunan, termasuk beban - beban yang bekerja pada bangunan dan berat sendiri pondasi, harus dipindahkan dan diteruskan oleh pondasi ke tanah dasar dengan sebaik - baiknya.

- Daya dukung tanah

Jenis dan besar kecilnya ukuran pondasi sangat ditentukan oleh kekuatan/daya dukung tanah di bawah pondasi tersebut. Sebagai contoh untuk pondasi telapak, semakin kuat daya dukung tanah semakin kecil ukuran pondasi yang akan direncanakan. Sebaliknya, semakin lemah daya dukung tanah maka semakin besar ukuran pondasi yang akan direncanakan.

- Daya dukung tanah

Kekuatan/daya dukung tanah pada umumnya dapat diketahui melalui berbagai usaha berikut :

- Peraturan bangunan setempat yang dikeluarkan oleh Lembaga terkait.
- Pengalaman tentang pembuatan pondasi yang sudah ada atau keterangan yang berkaitan dengan pondasi di sekitarnya.

- Hasil pemeriksaan/pengujian tanah, baik pengujian di laboratorium maupun pengujian di lapangan.

- Perencanaan pondasi telapak

Peraturan untuk pondasi tercantum pada pasal 15 SNI 03 2487-2013. Perencanaan pondasi harus mencakup segala aspek agar terjamin keamanannya sesuai dengan syarat yang berlaku.

- Menentukan ukuran pondasi

Ukuran pondasi ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$\sigma = \frac{P}{B \cdot L} \pm \frac{Mx}{\frac{1}{6} \cdot B \cdot L^2} \pm \frac{My}{\frac{1}{6} \cdot B \cdot L^2} + q \leq \sigma t$$

$$q = (hf \cdot \gamma c) + (ht \cdot \gamma t)$$

- Mengontrol kuat geser 1 arah

Dihitung gaya geser (Vu) akibat tekanan tanah ke atas :

$$Vu = \alpha \cdot B \left( \frac{\sigma_{max} + \sigma a}{2} \right)$$

$$\sigma a = \sigma_{min} + \frac{(B - a) \cdot (\sigma_{max} - \sigma_{min})}{B}$$

- Mengontrol kuat geser 2 arah

Dihitung gaya geser pons terfaktor :

$$Vu = \{B \cdot L - (b + d) \cdot (h +)\} \cdot \left( \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \right)$$

- Menghitung tulangan pondasi

Menurut pasal 15.4.4 SNI 03-2847-2013 untuk pondasi telapak persegi panjang, tulangan arah panjang harus didistribusikan merata pada seluruh lebar pondasi. Sedangkan tulangan arah pendek dibagi menjadi 2 bagian yaitu tulangan pada jalur

pusat dipasang lebih rapat dan tulangan pada jalur tepi dipasang lebih renggang.

- Menghitung kuat dukung pondasi

Kuat dukung pondasi dikontrol dengan persamaan sebagai berikut :

$$P \leq Pu$$

$$Pu = \Phi \cdot 0,85 \cdot F'c \cdot A \text{ dengan } \Phi = 0,65$$

### 5. Struktur Atap

Atap merupakan bagian dari bangunan gedung (rumah) yang letaknya berada dibagian paling atas, yang berfungsi sebagai penutup/pelindung bangunan dari panas terik matahari dan hujan sehingga memberikan kenyamanan bagi penggunaan bangunan, untuk perencanaannya atap ini haruslah diperhitungkan dan harus mendapat perhatian yang khusus dari perencana (arsitek).

- Sifat mekanis baja

Menurut SNI 03-1729-2015 tentang tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung Sifat mekanis baja struktural yang digunakan dalam perencanaan harus memenuhi persyaratan minimum, Tegangan Leleh (fy) dan Tegangan Putus.

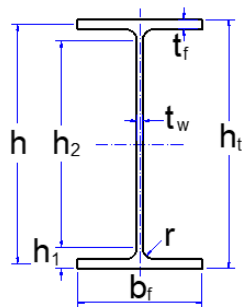
Jenis Baja	Tegangan putus minimum, $f_t$ (MPa)	Tegangan leleh minimum, $f_y$ (MPa)	Peregangan minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

**Gambar 11. Sifat mekanis baja struktural**

Sifat-sifat mekanis lainnya, Sifat-sifat mekanis lainnya baja struktural untuk maksud perencanaan ditetapkan sebagai berikut:

- Modulus elastisitas,  $E= 2100000$  MPa
- Modulus geser,  $G= 80.000$  MPa
- Misbah poisson,  $\mu = 0,3$
- Perhitungan balok baja WF

a. Data profil baja



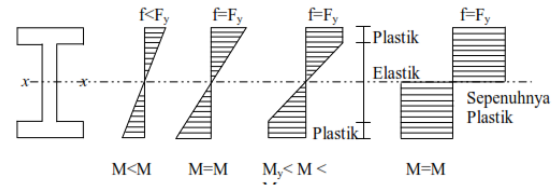
b. Perhitungan kekuatan

Syarat yang harus dipenuhi untuk balok dengan pengaku, maka nilai  $a/h \leq 3,00$

Ketebalan plat badan dengan pengaku vertikal tanpa pengaku memanjang harus memenuhi :

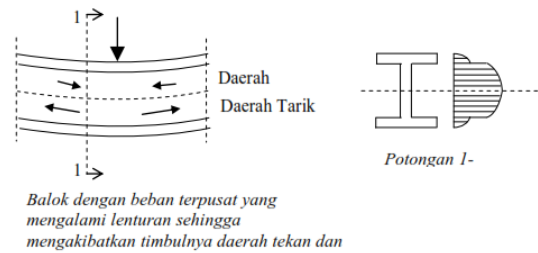
$$\frac{h}{t_w} \leq 7,07 * \sqrt{E/f_y}$$

- c. Perhitungan momen nominal pengarul *local bucking*
- d. Momen nominal penampang
- e. Stabilitas terhadap tekuk lateral
- f. Kekuatan momen nominal



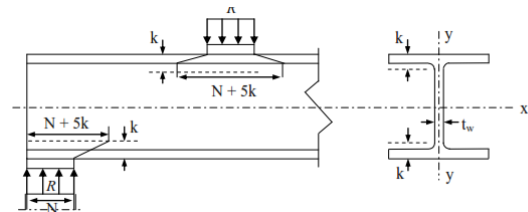
**Gambar 12. Distribusi tegangan**

g. Kekuatan geser nominal



**Gambar 13. Perilaku balok dalam gaya geser**

h. Stabilitas terhadap gaya tekan tumpu



**Gambar 14. Balok yang menerima gaya tekan tumpu**

i. Kekuatan terhadap interaksi geser dan lentur

6. *Perhitungan Kolom Baja WF*

Kolom dapat dikategorikan berdasarkan panjangnya. Kolom pendek jenis kolom yang kegagalannya berupa kegagalan material (ditentukan oleh kekuatan material). Dapat juga dikatakan bahwa kolom pendek adalah elemen struktur kolom yang mempunyai nilai perbandingan antara panjangnya

dengan dimensi penampang melintang relatif kecil.

- Batas kelangsingan penampang

Periksa kelangsingan penampang :

$$Flens \frac{b/2}{t_f} < \lambda r = \frac{250}{\sqrt{f'c}}$$

$$Web \frac{h}{t_w} < \lambda r = \frac{665}{\sqrt{f'c}}$$

- Persamaan interaksi aksial-momen

Periksa interaksi aksial - momen :

$$\frac{Nu}{\phi * Nn} \geq 0,2 : \frac{Nu}{\phi * Nn} + \frac{8}{9} \left( \frac{Mux}{\phi b * Mnx} + \frac{Muy}{\phi b * Mny} \right) \leq 1,0$$

### METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 14. Bagan alir perencanaan struktur gedung

### ANALISA PERHITUNGAN

#### Perhitungan dimensi plat, kolom dan balok

- Dimensi plat

Data Plat :

1. Tebal Plat Rencana (hf) = 12 cm
2. Kuat Tekan Beton (f'c) = 25 Mpa
3. Kuat Leleh Tulangan (fy) = 400 Mpa
4. Panjang Plat (Lx) = 300 cm
5. Lebar Plat (Ly) = 400 cm
6. Balok yang ditumpu Plat (x) = 30/50 cm
7. Balok yang ditumpu Plat (y) = 40/70 cm

Perhitungan Perencanaan :

1. Rasio antar Bentang

$$a. \beta = \frac{Ly}{Lx}$$

$$b. \beta = \frac{400}{300}$$

$$c. \beta = 1,3 \leq 2 \text{ (Plat 2 Arah)}$$

2. Perhitungan Tebal Minimum Plat

- a. Data Plat PL1 :

1. Tebal plat rencana (hf) : 12 cm = 0,12 m

2. Lebar balok (b) : 40 cm = 0,40 m

3. Tinggi balok (h) : 70 cm = 0,70 m

4. Panjang balok (Lb) : 400 cm = 4 m

5.  $E_c = 4700\sqrt{f'c}$

$$E_c = 4700\sqrt{25}$$

$$E_c = 23500 \text{ kg/cm}^2$$

$$6. I_{\text{Balok}} = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$I_{\text{Balok}} = \frac{1}{12} \cdot 0,4 \cdot 0,70^3$$

$$I_{\text{Balok}} = 0,0114 \text{ m}^4$$

$$7. I_{\text{Plat}} = \frac{1}{12} \cdot lb \cdot hf^3$$

$$I_{\text{Plat}} = \frac{1}{12} \cdot 4 \cdot 0,12^3$$

$$I_{\text{Plat}} = 0,000576 \text{ m}^4$$

$$8. \alpha_{fm} = \frac{E_{\text{balok}} \cdot I_{\text{balok}}}{E_{\text{plat}} \cdot I_{\text{plat}}}$$

$$\alpha_{fm} = \frac{23500 \cdot 0,0114}{23500 \cdot 0,000576}$$

$$\alpha_{fm} = 1,9791$$

Untuk  $\alpha_{fm} = 1,9791$  sesuai dengan

ketebalan minimum SNI-2847-2013 pasal

9.5.3.3 maka untuk  $\alpha_{fm} < 2,0$

menggunakan rumus :

$$h_{\min} = \frac{l_n \left( 0,8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$$

$$h_{\min} = \frac{l_n \left( 0,8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$$

$$h_{\min} = \frac{3600 \left( 0,8 + \frac{400}{1400} \right)}{36 + 5 * 1,384(1,9791 - 0,2)}$$

$$h_{\min} = 80,903 \text{ mm}$$

Maka tebal plat rencana 12 cm / 120 mm aman digunakan.

- Dimensi Balok

Perhitungan Perencanaan :

1. Dimensi balok induk & tiebeam (a)

- Bentang 6 m

$$- h_{\min} = \frac{\ell}{16} \left( 0,14 + \frac{fy}{700} \right)$$

$$h_{\min} = \frac{6}{16} \left( 0,14 + \frac{400}{700} \right)$$

$$h_{\min} = 0,364 \text{ m} \approx 0,60 \text{ m}$$

$$- b_{\min} = \frac{1}{2} h$$

$$b_{\min} = \frac{1}{2} 0,70$$

$$b_{\min} = 0,35 \text{ m} \approx 0,35 \text{ m}$$

2. Dimensi balok anak 1 & tiebeam (b)

- Bentang 4 m

$$- h_{\min} = \frac{\ell}{16} \left( 0,14 + \frac{fy}{700} \right)$$

$$h_{\min} = \frac{4}{16} \left( 0,14 + \frac{400}{700} \right)$$

$$h_{\min} = 0,242 \text{ m} \approx 0,40 \text{ m}$$

$$- b_{\min} = \frac{1}{2} h$$

$$b_{\min} = \frac{1}{2} 0,50$$

$$b_{\min} = 0,25 \text{ m} \approx 0,25 \text{ m}$$

3. Dimensi balok anak 2 & tiebeam (c)

- Bentang 3 m

$$- h_{\min} = \frac{\ell}{16} \left( 0,14 + \frac{fy}{700} \right)$$

$$h_{\min} = \frac{3}{16} \left( 0,14 + \frac{400}{700} \right)$$

$$h_{\min} = 0,182 \text{ m} \approx 0,30 \text{ m}$$

$$- b_{\min} = \frac{1}{2} h$$

$$b_{\min} = \frac{1}{2} 0,40$$

$$b_{\min} = 0,20 \text{ m} \approx 0,20 \text{ m}$$

- Dimensi Kolom

Ketentuan Perencanaan :

$$\frac{I_{\text{kolom}}}{L_{\text{kolom}}} \geq \frac{I_{\text{balok}}}{L_{\text{balok}}}$$

1. Tipe Kolom (a)

$$- \frac{\frac{1}{12}h}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 60^3}{400}$$

$$- h \geq 540000 \text{ cm}^4$$

- $h \geq 54,00$  cm
- jadi kolom tipe (a) adalah 70/70

2. Tipe Kolom (b)

- $\frac{\frac{1}{12}h}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot 30.50^3}{400}$
- $h \geq 312500 \text{ cm}^4$
- $h \geq 31,24$  cm
- jadi kolom tipe (b) adalah 60/60

**Perhitungan Penulangan Plat, Kolom dan Balok**

▪ **Perhitungan penulangan plat**

Data perencanaan Plat PL1 :

- Kuat tekan beton ( $f'c$ ) : 25 MPa
- Tegangan leleh baja untuk tulangan lentur ( $f_y$ ) : 400 MPa
- Panjang bentang plat arah x ( $L_x$ ) : 3,00 m
- Panjang bentang plat arah y ( $L_y$ ) : 4,00 m
- Tebal plat lantai rencana ( $h$ ) : 0,12 m
- Koefisien momen plat :  $L_y/L_x = 4,00/3,00 = 1,33$
- Dua arah karena  $L_y/L_x < 2$

Dengan diperoleh nilai koefisien momen plat adalah 1,33, maka diperoleh nilai momen masing-masing sumbu, dengan 4 sisi terjepit sesuai dengan tabel diatas adalah :

- Lapangan x ( $C_{1x}$ ) = 60
- Lapangan y ( $C_{1y}$ ) = 31

- Tumpuan x ( $C_{tx}$ ) = 31
- Tumpuan y ( $C_{ty}$ ) = 57

- Diameter tulangan yang digunakan ( $\phi$ ): 12 mm
- Tebal bersih selimut beton ( $t_s$ ): 25 mm

Dari analisa perhitungan didapat data :

- Kuat tekan beton rencana  $f'c = 25$  MPa
- Tegangan leleh baja  $f_y = 400$  MPa
- Tebal plat rencana = 120 mm
- Penulangan arah X =  $\phi$  12-200
- Penulangan arah Y =  $\phi$  12-200

▪ **Perhitungan Penulangan Balok**

*Balok type B1 (40/70)*

Data perencanaan :

- Kuat tekan beton ( $f'c$ ) : 25 MPa
- Tegangan leleh baja untuk tulangan lentur ( $f_y$ ) : 400 MPa
- Tegangan leleh baja untuk tulangan geser ( $f_y$ ) : 240 MPa
- Lebar balok ( $b$ ) : 400 mm
- Tinggi balok ( $h$ ) : 700 mm
- Diameter tulangan (deform) yang digunakan(D) : 22 mm
- Diameter sengkang (polos) yang digunakan(P) : 10 mm
- Tebal bersih selimut beton ( $t_s$ ): 40 mm

Untuk perhitungan momen dan gaya geser rencana di hitung menggunakan SAP.

*Balok type B2 (30/50)*

Data perencanaan :

- Kuat tekan beton ( $f'c$ ): 25 MPa
  - Tegangan leleh baja untuk tulangan lentur ( $f_y$ ) : 400 MPa
  - Tegangan leleh baja untuk tulangan geser ( $f_y$ ) : 240 MPa
  - Lebar balok (b) : 300 mm
  - Tinggi balok (h) : 500 mm
  - Diameter tulangan (deform) yang digunakan(D) : 22 mm
  - Diameter sengkang (polos) yang digunakan(P) : 10 mm
  - Tebal bersih selimut beton ( $t_s$ ) : 40 mm
- Untuk perhitungan momen dan gaya geser rencana di hitung menggunakan SAP.

*Balok type B3 (15/30)*

Data perencanaan :

- Kuat tekan beton ( $f'c$ ) : 25 MPa
- Tegangan leleh baja untuk tulangan lentur ( $f_y$ ) : 400 MPa
- Tegangan leleh baja untuk tulangan geser ( $f_y$ ) : 240 MPa
- Lebar balok (b) : 250 mm
- Tinggi balok (h) : 400 mm
- Diameter tulangan (deform) yang digunakan(D) : 16 mm
- Diameter sengkang (polos) yang digunakan(P) : 10 mm
- Tebal bersih selimut beton ( $t_s$ ) : 40 mm

Untuk perhitungan momen dan gaya geser rencana di hitung menggunakan SAP.

Dari analisa perhitungan didapat data :

- Kuat tekan beton rencana  $f'c = 25$  MPa
- Tegangan leleh baja tulangan lentur  $f_y = 400$  MPa
- Tegangan leleh baja tulangan geser  $f_y = 400$  MPa
- Balok 40x70 :  
Tulangan pokok = 3-D22 (tumpuan)  
Tulangan geser =  $\emptyset$  10-150  
Tulangan pokok = 3-D22 (Lapangan)  
Tulangan geser =  $\emptyset$  10-150
- Balok 30x50 :  
Tulangan pokok = 2-D22 (tumpuan)  
Tulangan geser =  $\emptyset$  10-150  
Tulangan pokok = 2-D22 (Lapangan)  
Tulangan geser =  $\emptyset$  10-150
- Balok 15x30 :  
Tulangan pokok = 2-D16 (tumpuan)  
Tulangan geser =  $\emptyset$  10-150  
Tulangan pokok = 2-D22 (Lapangan)  
Tulangan geser =  $\emptyset$  10-150

▪ **Perhitungan Penulangan Kolom**

*Kolom type K1 (60/60)*

Data perencanaan :

- Kuat tekan beton ( $f'c$ ) : 25 MPa
- Tegangan leleh baja untuk tulangan lentur ( $f_y$ ) : 400 MPa
- Tegangan leleh baja untuk tulangan geser ( $f_y$ ) : 240 MPa

- Lebar kolom (b) : 600 mm
  - Panjang balok (h) : 600 mm
  - Tinggi kolom ( $\ell_u$ ): 4 m
  - Faktor reduksi kekuatan geser ( $\Phi$ ): 0,65
  - Diameter tulangan (deform) yang digunakan(D) : 25 mm
  - Diameter sengkang (polos) yang digunakan(P) : 10 mm
  - Tebal bersih selimut beton ( $t_s$ ) : 40 mm
- Untuk perhitungan momen dan gaya geser rencana di hitung menggunakan SAP.

*Kolom type K2 (70/70)*

- Kuat tekan beton ( $f'_c$ ) : 25 MPa
  - Tegangan leleh baja untuk tulangan lentur ( $f_y$ ) : 400 MPa
  - Tegangan leleh baja untuk tulangan geser ( $f_y$ ) : 240 MPa
  - Lebar kolom (b) : 700 mm
  - Panjang balok (h) : 700 mm
  - Tinggi kolom ( $\ell_u$ ): 4 m
  - Faktor reduksi kekuatan geser ( $\Phi$ ): 0,65
  - Diameter tulangan (deform) yang digunakan(D) : 25 mm
  - Diameter sengkang (polos) yang digunakan(P) : 10 mm
  - Tebal bersih selimut beton ( $t_s$ ) : 40 mm
- Untuk perhitungan momen dan gaya geser rencana di hitung menggunakan SAP.

Dari analisa perhitungan didapat data :

- Kuat tekan beton rencana  $f'_c = 25$  MPa
- Tegangan leleh baja tulangan lentur  $f_y = 400$  MPa
- Tegangan leleh baja tulangan geser  $f_y = 400$  MPa
- Kolom 60x60 :  
Tulangan pokok = 8-D25  
Tulangan geser =  $\emptyset$  10-150
- Kolom 70x70 :  
Tulangan pokok = 12-D25  
Tulangan geser =  $\emptyset$  10-150

**Perhitungan Pondasi**

Data yang digunakan :

S1 :  $q_c = 150$  kg/cm<sup>2</sup>  
 $t_f = 300$  kg/cm<sup>3</sup>  
 $L = 8,5$  m

*Dimensi Pondasi type P1*

Perencanaan tiang pancang :

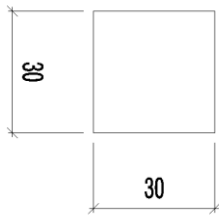
$V = 255,721$  kN (SAP)  
 $M_x = 24,5946$  kNm (SAP)  
 $M_y = 1,4183$  kNm (SAP)

- Data sondir yang digunakan :

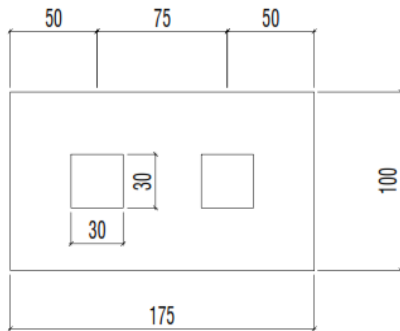
S1 :  $q_c = 150$  kg/cm<sup>2</sup>  
 $t_f = 300$  kg/cm<sup>3</sup>  
 $L = 8,5$  m

- Jenis pondasi = tiang pancang
- Dimensi tiang pancang rencana = 30 x 30 cm





- Dimensi pile cap = 100 x 175 cm



*Dimensi Pondasi type P2*

Perencanaan tiang pancang :

$$V = 616,152 \text{ kN (SAP)}$$

$$M_x = 8,4481 \text{ kNm (SAP)}$$

$$M_y = 1,5063 \text{ kNm (SAP)}$$

- Data sondir yang digunakan :

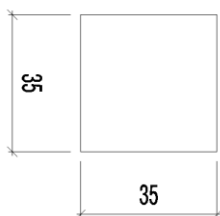
$$S1 : q_c = 150 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_f = 300 \text{ kg/cm}^2$$

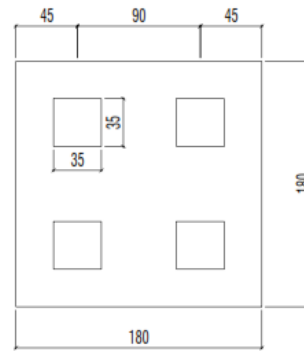
$$L = 8,5 \text{ m}$$

- Jenis pondasi = tiang pancang

- Dimensi tiang pancang rencana = 35 x 35 cm



- Dimensi pile cap = 180 x 180 cm



*Dimensi Pondasi type P3*

Perencanaan tiang pancang :

$$V = 676,413 \text{ kN (SAP)}$$

$$M_x = 126,0713 \text{ kNm (SAP)}$$

$$M_y = 1,8946 \text{ kNm (SAP)}$$

- Data sondir yang digunakan :

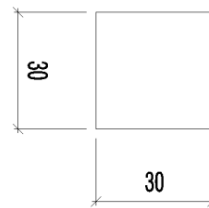
$$S1 : q_c = 150 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_f = 300 \text{ kg/cm}^2$$

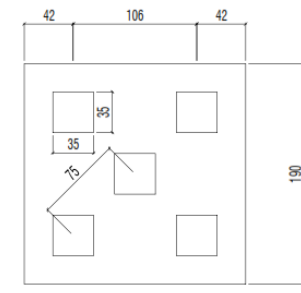
$$L = 8,5 \text{ m}$$

- Jenis pondasi = tiang pancang

- Dimensi tiang pancang rencana = 30 x 30 cm



- Dimensi pile cap = 190 x 190 cm



Dari analisa perhitungan didapat data :

- Kuat tekan beton rencana  $f'_c = 25 \text{ MPa}$

- Tegangan leleh baja  $f_y = 400$  MPa
- Pondasi P1 :  
 Ukuran pilecap = 1,75 m x 1,00 m x 0,70 m  
 Tulangan pokok = D9-150  
 Tulangan geser = D9-150  
 Selimut beton = 70 mm  
 Dimensi tiang pancang = 30 x 30 cm  
 Jumlah tiang pancang = 2 tiang pancang  
 Kedalaman tiang pancang = 9 m
- Pondasi P2 :  
 Ukuran pilecap = 1,80 m x 1,80 m x 0,70 m  
 Tulangan pokok = D9-150  
 Tulangan geser = D9-150  
 Selimut beton = 70 mm  
 Dimensi tiang pancang = 35 x 35 cm  
 Jumlah tiang pancang = 4 tiang pancang  
 Kedalaman tiang pancang = 9 m
- Pondasi P3 :  
 Ukuran pilecap = 1,90 m x 1,90 m x 0,70 m  
 Tulangan pokok = D9-150  
 Tulangan geser = D9-150  
 Selimut beton = 70 mm  
 Dimensi tiang pancang = 30 x 30 cm  
 Jumlah tiang pancang = 5 tiang pancang  
 Kedalaman tiang pancang = 9 m

### Perhitungan Atap

1. Perencanaan Atap :
  - Balok rafter atap = WF250.125.6.9
  - Kolom baja = WF250.125.6.9

- Gording = C125.50.20.2,3
- Penutup atap = atap baja (*span deck*)
- Jarak antar balok rafter atap = 4 m
- Jarak antar kolom baja = 4 m
- Jarak antar gording = 1 m
- Diameter baut = 16 mm
- Diameter angkur = 16 (panjang 50 cm)

### PENUTUP

Dari hasil analisis perhitungan didapat kesimpulan:

#### 1. Data perencanaan bangunan

- Nama : Perencanaan Struktur Bangunan Gedung Asrama Haji Semarang
- Lokasi : Jl. Abdul Rahman Saleh No. 285, Kalipancur, Kec. Ngaliyan, Kota Semarang, Jawa Tengah
- Panjang Bangunan arah X : 37 Meter
- Panjang Bangunan arah Y : 44 Meter
- Tinggi Bangunan : 19,37 Meter
- Luas Bangunan : 1261,2 m<sup>2</sup>
- Tinggi Antar Lantai : 4 Meter

#### 2. Perencanaan Plat Lantai :

- Kuat tekan beton rencana  $f'_c = 25$  MPa
- Tegangan leleh baja  $f_y = 400$  MPa
- Tebal plat rencana = 120 mm

- Penulangan arah X =  $\emptyset$  12-200
- Penulangan arah Y =  $\emptyset$  12-200

### 3. Perencanaan Balok :

- Kuat tekan beton rencana  $f'c = 25$  MPa
- Tegangan leleh baja tulangan lentur  $f_y = 400$  MPa
- Tegangan leleh baja tulangan geser  $f_y = 400$  MPa
- Balok 40x70 :  
Tulangan pokok = 3-D22 (tumpuan)  
Tulangan geser =  $\emptyset$  10-150  
Tulangan pokok = 3-D22 (Lapangan)  
Tulangan geser =  $\emptyset$  10-150
- Balok 30x50 :  
Tulangan pokok = 2-D22 (tumpuan)  
Tulangan geser =  $\emptyset$  10-150  
Tulangan pokok = 2-D22 (Lapangan)  
Tulangan geser =  $\emptyset$  10-150
- Balok 15x30 :  
Tulangan pokok = 2-D16 (tumpuan)  
Tulangan geser =  $\emptyset$  10-150  
Tulangan pokok = 2-D22 (Lapangan)  
Tulangan geser :=  $\emptyset$  10-150

### 4. Perencanaan Kolom :

- Kuat tekan beton rencana  $f'c = 25$  MPa
- Tegangan leleh baja tulangan lentur  $f_y = 400$  MPa
- Tegangan leleh baja tulangan geser  $f_y = 400$  MPa
- Kolom 60x60 :  
Tulangan pokok = 8-D25

Tulangan geser =  $\emptyset$  10-150

- Kolom 70x70 :

Tulangan pokok = 12-D25

Tulangan geser =  $\emptyset$  10-150

### 5. Perencanaan Kolom :

- Kuat tekan beton rencana  $f'c = 25$  MPa
- Tegangan leleh baja  $f_y = 400$  MPa
- Pondasi P1 :  
Ukuran pilecap = 1,75 m x 1,00 m x 0,70 m  
Tulangan pokok = D9-150  
Tulangan geser = D9-150  
Selimut beton = 70 mm  
Dimensi tiang pancang = 30 x 30 cm  
Jumlah tiang pancang = 2 tiang pancang  
Kedalaman tiang pancang = 9 m
- Pondasi P2 :  
Ukuran pilecap = 1,80 m x 1,80 m x 0,70 m  
Tulangan pokok = D9-150  
Tulangan geser = D9-150  
Selimut beton = 70 mm  
Dimensi tiang pancang = 35 x 35 cm  
Jumlah tiang pancang = 4 tiang pancang  
Kedalaman tiang pancang = 9 m
- Pondasi P3 :  
Ukuran pilecap = 1,90 m x 1,90 m x 0,70 m  
Tulangan pokok = D9-150  
Tulangan geser = D9-150  
Selimut beton = 70 mm  
Dimensi tiang pancang = 30 x 30 cm  
Jumlah tiang pancang = 5 tiang pancang

Kedalaman tiang pancang = 9 m

6. Perencanaan Atap :

- Balok rafter atap = WF250.125.6.9
- Kolom baja = WF250.125.6.9
- Gording = C125.50.20.2,3
- Penutup atap = atap baja (*span deck*)
- Jarak antar balok rafter atap = 4 m
- Jarak antar kolom baja = 4 m
- Jarak antar gording = 1 m
- Diameter baut = 16 mm
- Diameter angkur = 16 (panjang 50 cm)

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Setiawan, Agus. 2010. **Perencanaan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2013**. Penerbit Erlangga, Jakarta.
2. SNI 2847-2013. **Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung**. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
3. Chirstady, Hary. Edisi Ketiga. 2015. **Analisa dan Perencanaan Fondasi I**. Gajahmada University Press, Yogyakarta.
4. Asroni, Ali. 2010. **Balok dan Plat Bertulang**. Graha Ilmu, Yogyakarta.