

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Perencanaan konstruksi merupakan campuran antara seni dan ilmu pengetahuan yang digabungkan dengan intuisi ahli-ahli struktur dengan dasar-dasar pengetahuan seperti statika, dinamika, mekanika bahan dan analisis struktur. Hal tersebut menghasilkan konstruksi bangunan yang ekonomis dan aman, bila rangkaian kegiatan yang berlangsung sesuai dengan sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan serta dengan hasil akhir yang maksimal.

2.2 Ruang Lingkup Perencanaan

Ruang lingkup Perencanaan Gedung Arsip BPKAD Kabupaten Ogan Komering Ulu (OKU) meliputi beberapa tahapan yaitu :

2.2.1 Perencanaan Konstruksi

Untuk membangun suatu bangunan, proses perencanaan dan konstruksi suatu struktur bangunan pada umumnya diatur oleh suatu aturan tertentu. Struktur pada suatu bangunan harus bisa mencapai syarat struktur yang baik agar struktur tersebut bersifat kokoh, aman, dan stabil. Adapun struktur pada bangunan gedung terdiri dari beberapa elemen struktur, yaitu : pondasi, *sloof*, kolom, balok, pelat lantai, tangga dan atap.

2.2.2 Dasar-dasar Perencanaan Konstruksi

Dalam Perencanaan Gedung Arsip BPKAD Kabupaten Ogan Komering Ulu (OKU) penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku dan buku-buku referensi diantaranya :

- a. Perencanaan Struktur Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung Berdasarkan SNI 2847:2013. Digunakan sebagai pedoman untuk menentukan tentang Perencanaan struktur beton bertulang, meliputi

Perencanaan / perencanaan komponen struktur balok, kolom, pelat, pondasi, dinding penahan tanah, hingga perencanaan struktur beton tahan gempa.

- b. Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727:2013. Pedoman ini digunakan untuk menentukan beban minimum dalam merancang bangunan gedung dan struktur lain.
- c. Buku Perencanaan Struktur Beton Bertulang oleh Agus Setiawan.
- d. Buku Struktur Beton Bertulang oleh Istimawan Dipohusodo.

2.3 Metode Perhitungan

Dalam pekerjaan suatu konstruksi bangunan, diperlukan beberapa metode perhitungan. Agar hasil dari perhitungan dapat menjadi suatu acuan dan konstruksi dapat menahan beban dengan sempurna, baik itu beban sendiri maupun pembebanan lainnya. Berikut adalah metode perhitungan struktur bangunan :

2.3.1 Perencanaan Pelat

Pelat beton dibuat untuk menyediakan suatu permukaan horizontal yang rata pada lantai bangunan atap, jembatan, atau jenis struktur lainnya. Pelat beton dapat ditumpu oleh dinding balok, kolom atau dapat juga terletak langsung diatas tanah. Pada struktur balok-pelat, umumnya balok dan plat dicor secara bersamaan sehingga menghasilkan suatu kesatuan struktur yang monolit. Pada suatu konstruksi bangunan gedung, pelat terdiri dari pelat atap dan pelat lantai. Ketebalan dari pelat beton umumnya jauh lebih kecil dibandingkan dengan ukuran bentangnya. (Setiawan, 2016:252)

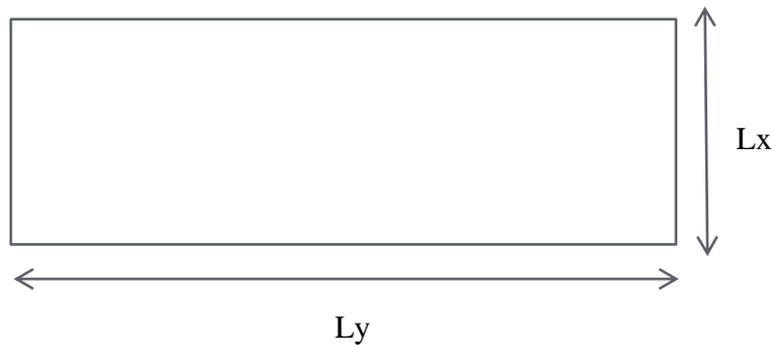
Pada umumnya struktur pelat lantai beton dalam suatu bangunan gedung dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu :

1. Pelat satu arah

Menurut Dipohusodo (1996), pelat satu arah adalah pelat yang ditumpu hanya pada kedua sisinya yang berlawanan saja dan beban-

beban ditahan oleh pelat dalam arah yang tegak lurus terhadap balok-balok penunjang.

Suatu pelat dikatakan pelat satu arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \geq 2$, dimana L_y dan L_x adalah panjang pelat dari sisi-sisinya.



Gambar 2.1 Pelat Satu Arah

Langkah-langkah perencanaan pelat satu arah :

1. Penentuan tebal pelat

Penentuan tebal pelat satu arah tergantung pada beban atau momen lentur yang bekerja, defleksi yang terjadi dan kebutuhan kuat geser yang dituntut (Dipohusodo, 1996).

2. Menghitung beban mati pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung momen rencana (W_u).

$$W_u = 1,2 W_{DD} + 1,6 W_{LL}$$

W_{DD} = Jumlah beban mati pelat (KN/m)

W_{LL} = Jumlah beba hidup pelat (KN/m)

3. Menghitung Momen Rencana (M_u) baik dengan cara tabel atau analisis.

4. Perkiraan tinggi efektif (d_{eff}).

5. Menghitung K_{perlu} .

6. Menentukan rasio penulangan (ρ) dari tabel.

7. Hitung As yang diperlukan.

8. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan suhu dan susut dengan rnenggunakan tabel.

Untuk tulangan suhu dan susut dihitung berdasarkan peraturan SNI 2013, yaitu :

Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014 :

- a. Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 adalah 0,0020.
 - b. Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 400 adalah 0,001 g.
 - c. Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar - 0,35% adalah $0,0018 \times 400/f_y$.
9. Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari lima kali tebal pelat atau 450 mm.
2. Pelat dua arah

Pelat dengan tulangan pokok dua arah ini akan dijumpai jika pelat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah.

Dalam perencanaan struktur pelat dua arah, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung tebal minimum pelat
 - Identifikasi jenis plat dengan syarat yaitu, $\frac{l_y}{l_x} \leq 2$, adapun L_y sebagai sisi plat terpanjang dan L_x sebagai sisi terpendek.
 - Untuk plat tanpa balok interior yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya yang memiliki rasio bentang panjang terhadap bentang pendek maksimum 2, tebal minimum h tidak boleh kurang dari batasan pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Ketebalan minimum plat dua arah tanpa balok interior (mm)

| Tegangan leleh, f_y MPa | Tanpa penebalan [†] | | | Dengan penebalan [†] | | |
|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| | Panel eksterior | | Panel interior | Panel eksterior | | Panel interior |
| | Tanpa balok pinggir | Dengan balok pinggir [§] | | Tanpa balok pinggir | Dengan balok pinggir [§] | |
| 280 | ln / 33 | ln / 36 | ln / 36 | ln / 36 | ln / 40 | ln / 40 |
| 420 | ln / 30 | ln / 33 | ln / 33 | ln / 33 | ln / 36 | ln / 36 |
| 520 | ln / 28 | ln / 31 | ln / 31 | ln / 31 | ln / 34 | ln / 34 |

Untuk konstruksi dua arah, ln adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.
[†] Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.
[‡] Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5.
[§] Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α_r untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

(Sumber : SNI 2847 : 2013 Tabel 8.3.1.1 hal 134)

- Untuk plat dua arah dengan balok di antara tumpuan di semua sisi, ketebalan plat keseluruhan h harus memenuhi batasan berikut

1. Untuk α_{fm} lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0 , h tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

2. Untuk α_{fm} lebih besar dari 2,0 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

b. Menghitung α_{fm} masing masing panel

$$\alpha_1 = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}}$$

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{n}$$

c. Menghitung beban mati berat sendiri pelat dan kemudian hitung beban rencana total

$$W_U = 1,2W_{DL} + 1,6W_{LL}$$

d. Menghitung momen rencana (M_u)

Menghitung momen yang bekerja pada arah x dan y, dengan metoda koefisien momen pelat

e. Mencari tebal efektif pelat

Rasio tulangan dalam beton (ρ) dan memperkirakan besarnya diameter tulangan utama dan untuk menentukan tinggi efektif arah x (d_x) adalah :

$$d_x = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan arah x}$$

$$d_y = h - \text{tebal selimut beton} - \text{Ø tulangan pokok y} - \text{Ø tulangan arah x}$$

Tabel 2.2 Tebal Minimum Selimut Beton

| Paparan | Komponen Struktur | Tulangan | Ketebalan Selimut (mm) |
|---|--------------------------|---|------------------------|
| Dicor dan secara permanen kontak dengan tanah | semua | semua | 75 |
| Terpapar cuaca atau kontak dengan tanah | | Batang D19 sampai D57 | 50 |
| | | Batang D16, Kawat Ø13 atau D13 dan yang lebih kecil | 40 |
| Tidak terpapar cuaca atau kontak dengan | Pelat, Pelat berusuk dan | Batang D43 dan D57 | 40 |

| | | | |
|-------|---|---|----|
| tanah | Dinding | Batang D36 dan yang lebih kecil | 20 |
| | Balok, kolom, pedestal, dan, batang tarik | Tulangan utama, sengkang, sengkang ikat, spiral dan sengkang pengekat | 40 |

(Sumber : SNI 2847:2013:460)

f. Mencari rasio penulangan (ρ)

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y}; \text{ atau } \rho_{min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y}$$

$$\rho = \frac{F_c}{F_y} (0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q})$$

$$Q = \left(\frac{1,7}{\phi f_c'}\right) \frac{M_u}{b \cdot d^2}$$

(Agus Setiawan 2016:71)

g. Mencari luas tulangan (A_s)

$$A_{smin} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b \cdot d \text{ atau ;}$$

$$A_{smin} = \frac{1,4}{f_y} b \cdot d$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

h. Mencari jumlah tulangan (n)

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \pi \phi^2}$$

i. Mencari jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{1000 \times A_b}{A_s}$$

j. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta dengan tulangan susut dan suhu.

k. Memasang tulangan

Untuk arah y sama dengan langkah-langkah pada arah x, hanya perlu diingat bahwa tinggi efektif arah y (dy) tidak sama dengan yang digunakan dalam arah x $\rightarrow dy = h - p - \emptyset_{\text{arah x}} - \emptyset_{\text{arah y}}$

2.3.2 Perencanaan Tangga

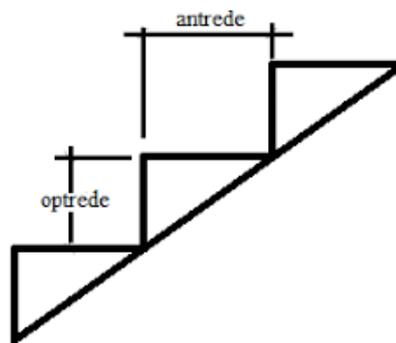
Tangga adalah merupakan salah satu bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat penghubung lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan bertingkat dalam kegiatan tertentu.

a. Bagian – bagian tangga

Secara garis besarnya tangga itu terdiri dari bagian – bagian seperti berikut :

1) Anak tangga (*trede*)

Anak tangga adalah bagian dari tangga yang berfungsi untuk memijakkan/melangkahkan kaki ke arah vertikal maupun horizontal (datar). Bidang *trede* datar yang merupakan tempat berpijaknya telapak kaki dinamakan *antrede* (langkah datar), sedangkan bidang *trede* tegak yang merupakan selisih tinggi antara dua *trede* yang berurutan dinamakan *optrede* (langkah tegak/naik).



Gambar 2.2 Antrede dan Optrede pada Tangga

2) Ibu tangga (*boom*)

Ibu tangga adalah bagian tangga berupa dua batang atau papan miring yang berfungsi menahan kedua ujung tangga.

3) Bordes

Bordes adalah bagian dari tangga yang merupakan bidang atar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila lelah.

4) Pelengkap

Pelengkap tangkap terdiri dari tiang sandaran (pegangan) dan ruji (*balustrade*). Tiang sandaran adalah tiang yang berdiri tegak yang ujung bawahnya tempat memanjatkan *boom* dan ujung atasnya sebagai tempat menumpanginya sandaran.

Berikut langkah – langkah Perencanaan tangga adalah sebagai berikut :

1) Perencanaan ukuran tangga

Perencanaan anak tangga

a) Menentukan ukuran optrede dan menghitung jumlah optrede

$$\text{Jumlah optrede} = \frac{\text{tinggi lantai}}{\text{tinggi optrede}}$$

b) Menentukan ukuran antrede dan menghitung jumlah antrede berdasarkan syarat anak tangga

$$2 \text{ optrede} + 1 \text{ antrede} = 57 - 65 \text{ cm}$$

$$\text{Jumlah antrede} = \frac{\text{panjang tangga}}{\text{lebar antrede}}$$

c) Merencanakan lebar tangga

d) Menghitung sudut kemiringan tangga

$$\text{Arc tan } \alpha = \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{lebar tangga}} < 45^\circ$$

2) Perencanaan pelat tangga dan bordes

a) Menghitung panjang bordes = $L_n + 2a$

b) Menghitung panjang sisi miring tangga

c) Merencanakan tebal pelat tangga dan bordes

3) Pembebanan dan perhitungan struktur

Beban mati

- Berat sendiri pelat tangga 24 KN/m^3 (SNI 1727,2013)
- Berat anak tangga 24 KN/m^3 (SNI 1727, 2013)
- Berat ubin $0,24 \text{ KN/m}^2$ (SNI 1727, 2013)

- Berat spesi $0,21 \text{ KN/m}^2$ (SNI 1727, 2013)
- Berat sandaran $0,73 \text{ KN/m}^2$ (SNI 1727,2013)

Beban hidup

- Beban hidup yang bekerja pada tangga yaitu $4,79 \text{ kN/m}^2$

4) Perhitungan struktur untuk mencari gaya – gaya yang bekerja.

Menggunakan program SAP 2000 :

- Membuat permodelan tangga pada SAP 2000.
- Memasang tumpuan pada permodelan tangga.
- Masukkan beban – beban yang bekerja pada anak tangga dan bordes yang telah dikombinasikan antara beban mati dan beban hidup.
- Setelah pembebanan sudah selesai dimasukkan pada permodelan maka kita dapat melakukan “run analysis” namun “self weight” dijadikan 0 karena beban sendiri dihitung secara manual.

5) Perhitungan tulangan

- a. Penentuan momen yang bekerja
- b. Penentuan tulangan yang diperlukan
- c. Menentukan tinggi efektif (d_{eff})
 $d = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \varnothing \text{tulangan pokok}$
- d. Menentukan rasio penulangan (ρ)

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

$$\rho = \frac{0,85f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2R_n}{0,85f'_c}} \right)$$

e. Menghitung luas tulangan (A_s)

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{eff}$$

Dimana :

A_s : luas tulangan (mm^2)

ρ : rasio penulangan

d_{eff} : tinggi efektif (mm)

- f. Menentukan tulangan pokok yang akan digunakan beserta tulangan suhu dan susut dengan menggunakan tabel.

2.3.3 Perencanaan Balok Anak

Balok merupakan batang horizontal dari rangka struktural yang memikul beban tegak lurus sepanjang beban tersebut (biasanya berasal dari dinding, pelat, atau atap bangunan) dan menyalurkan beban pada kolom atau struktur yang ada dibawahnya. Selain itu balok juga berfungsi sebagai pengekang dari struktur kolom satu dengan yang lain. Dalam perencanaannya, balok mempunyai bermacam-macam ukuran atau dimensi sesuai dengan jenis dan besar beban yang akan dipikul oleh balok itu sendiri.

Secara umum balok terdiri dari dua jenis yaitu balok induk dan balok anak. Balok anak adalah balok yang berfungsi sebagai pembagi atau pendistribusi beban. Pada bangunan bertingkat biasanya terlihat bahwa ujung-ujung balok anak terhubung pada balok induk. Meskipun berukuran lebih kecil daripada balok induk, penggunaan komponen ini sangat vital. Khususnya untuk mendukung bentang kerja optimal dari pelat lantai.

Berikut ini langkah perhitungan balok anak:

1. Menentukan dimensi balok, mutu beton dan mutu baja yang akan digunakan.
2. Menghitung pembebanan pada balok anak
3. Menentukan momen dan gaya geser maksimum berdasarkan hasil analisa menggunakan SAP2000.
4. Melakukan perhitungan tulangan lentur lapangan dan tumpuan.
 - a. Penulangan tumpuan dan lapangan

$$1.) \text{Tentukan } d_{\text{eff}} = h - p - \emptyset_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tulangan utama}}$$

$$2.) k = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot d^2}$$

$$3.) A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$4.) \text{Pilih tulangan dengan dasar } A_s \text{ terpasang} \geq A_s \text{ direncanakan.}$$

b. Rencana Tulangan Geser

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \cdot b_w \cdot d$$

$$V_u \leq \phi V_c \text{ (tidak memerlukan tulangan geser)}$$

$$V_u > \phi V_c \text{ (memerlukan tulangan geser)}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$$

Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan berikut :

$$s_1 = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{V_s}$$

$$s_2 = \frac{d_{eff}}{2}$$

Keterangan :

V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = Gaya geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = Kuat geser nominal

V_s = Kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = Luas penampang tulangan geser total pada daerah sejarak s

d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

f_y = Mutu baja

f_c = Mutu beton

b_w = Lebar balok

s = Jarak pusat ke pusat tulangan batang tulangan geser kearah sejajar tulangan pokok

ϕ = Faktor reduksi (untuk geser = 0,75)

2.3.4 Perencanaan Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan yang berfungsi menahan beban sebagai suatu kesatuan lengkap yang berdiri sendiri dengan atau tanpa dibantu oleh diafragma-diafragma horizontal atau sistem-sistem lantai.

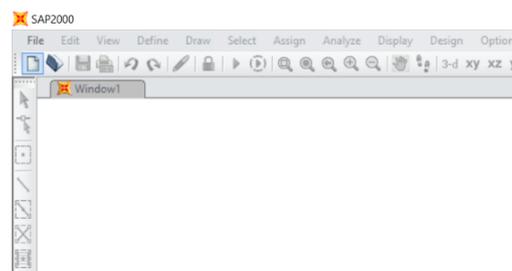
Adapun langkah-langkah perencanaan portal adalah sebagai berikut

a. Menentukan gaya-gaya dalam

Untuk mengetahui nilai gaya-gaya dalam, digunakan program SAP 2000. Adapun langkah – langkah adalah sebagai berikut :

1. Buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup

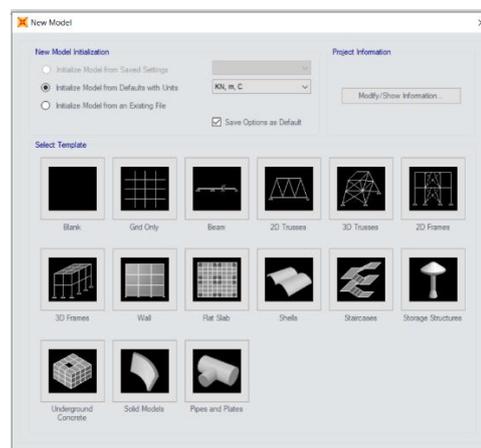
a) Klik *New Model* atau CTRL + N



Gambar 2.3 Tampilan *Toolbar New Model*

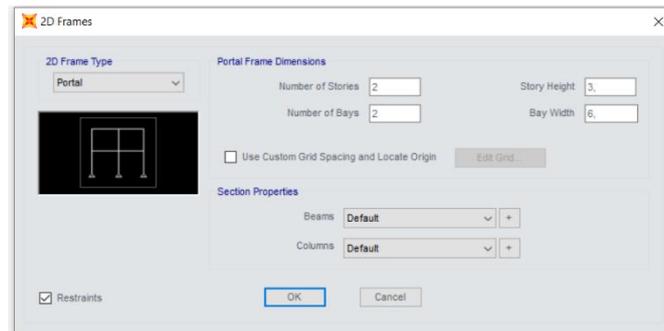
b) Selanjutnya akan ditampilkan kotak dialog *New Model*

Tetapkan satuan yang akan dipakai, misalnya KN, m, C



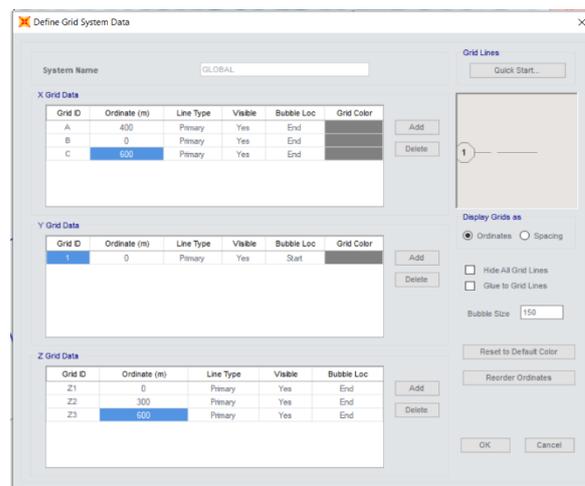
Gambar 2.4 Tampilan *New Model*

- c) Pilih model template *2D Frames*, akan muncul jendela seperti gambar 2.5 isikan *Number of stories*, *story height*, *Number of Bays*, dan *bay width* masukan sesuai data – data perencanaan. Kemudian klik ok.



Gambar 2.5 Tampilan *2D Frames*

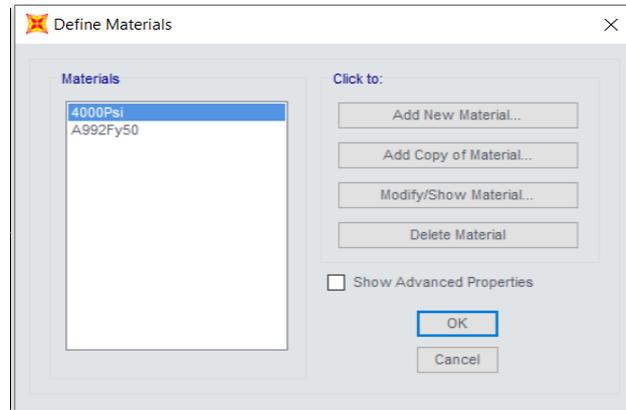
- d) Untuk mengatur kembali jarak – jarak pada portal. Dapat dilakukan dengan cara **klik 2x** pada *grid point* yang terdapat pada portal. Maka, akan muncul tampilan *Define Grid System* data (dapat dilihat pada gambar 2.6) setelah itu dapat dilakukan penyesuaian jarak portal dengan data perencanaan yang ada dan disesuaikan arah x, dan z pada SAP v.21



Gambar 2.6 *Define Grid System* data

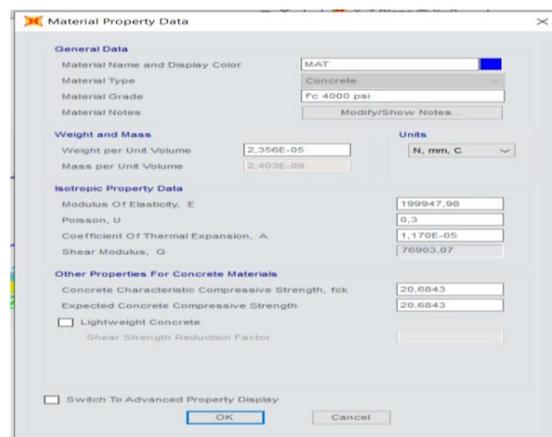
b. Menentukan material

- a) Langkah pertama klik *Define* pada *Toolbar* > selalu klik *Materials* maka akan muncul jendela *Define Material*.



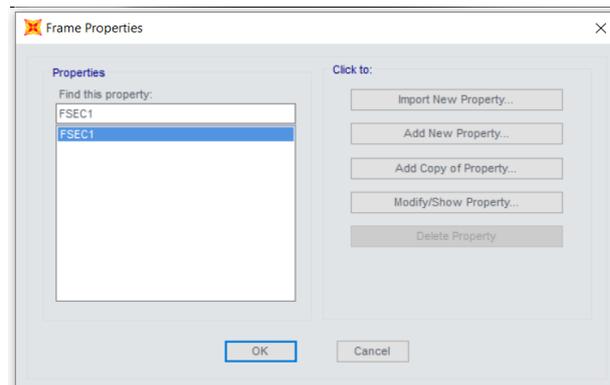
Gambar 2.7 Jendela *Define Material*

- b) Pilih *Add New Material*, maka akan muncul jendela material *Property Data*. Ganti nilai *Weight per unit volume* dengan 24 (nilai ini adalah nilai dari berat jenis beton). Ubah nilai *Modulus of Elasticity* dengan rumus $4700\sqrt{F_c} \cdot 1000$, serta ubah juga nilai *Fc* dan *Fy* sesuai dengan perencanaan dengan masing – masing dikali 1000, klik *OK*.



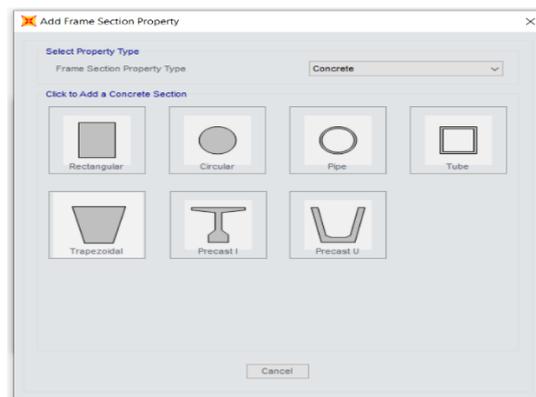
Gambar 2.8 Jendela *Material Property Data*

- c. Menentukan nilai dimensi kolom dan balok
- a) Blok *frame* kolom/balok, lalu pilih *menu* pada *toolbar*, *Define* > *section properties* > *Frame section*, setelah memilih *menu* diatas akan tampil *Toolbar Frame Properties* seperti pada gambar 2.9.

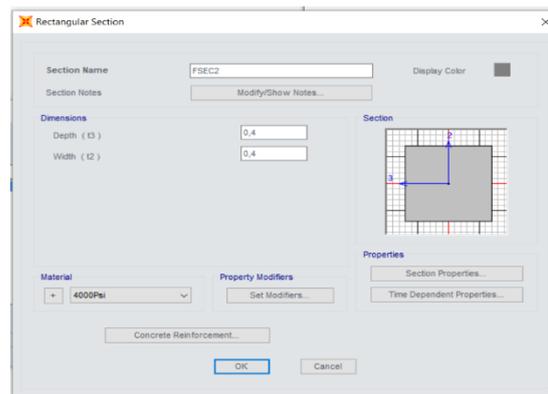


Gambar 2.9 *Toolbar Frame Properties*

- b) Klik *Add new property*, maka akan muncul jendela *add Frame Election Property*. Pada *Select Property Type*, ganti *frame selection property type* menjadi *concrete*. Lalu pilih *rectangular* pada *click to add a Concrete section* (untuk penampang berbentuk segiempat).

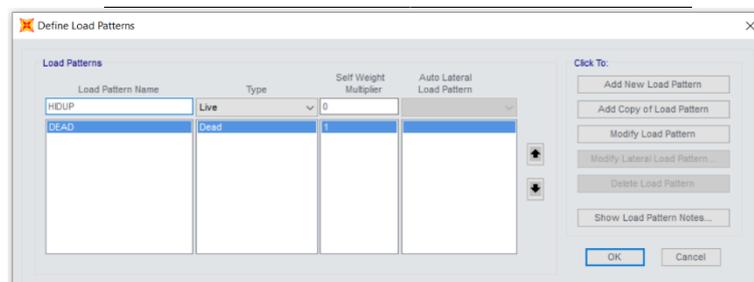


Gambar 2.10 *Toolbar Frame Properties*



Gambar 2.11 Jendela *Rectangular Section*

- c) Ganti *section name* dengan nama Balok (untuk balok), kolom (untuk kolom). Ganti ukuran tinggi (*Depth*) dan lebar (*Width*) Balok/Kolom sesuai dengan perencanaan. Kemudian klik *Concrete Reinforcement*, klik *Column* (untuk kolom), *Beam* (untuk balok) lalu klik OK.
- d) Untuk menentukan *frameter* tersebut balok atau kolom yaitu dengan cara memblok *frame* kemudian pada *toolbar* pilih menu *Assign – Frame / Cable / Tendon – Frame Section* – pilih Balok atau Kolom.
- d. Membuat cases beban mati, beban hidup dan angin
- a) Pilih menu pada *toolbar*, *Define – Load pattern* – buat nama pembebanan, tipe pembebanan dan nilai koefisiennya diisi dengan nilai 0. Lalu klik *add New Load pattern* seperti yang terlihat pada gambar. Apabila selesai klik OK.

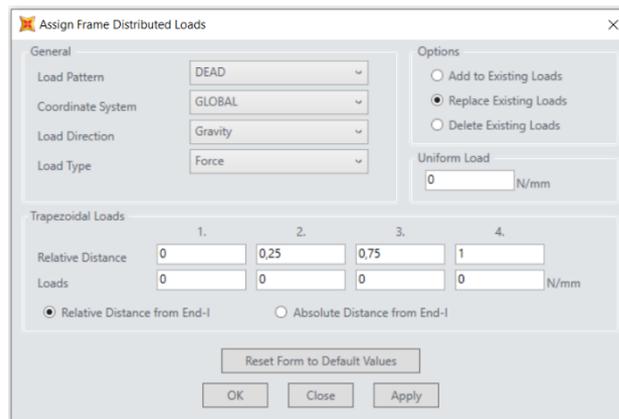


Gambar 2.12 Jendela *Define Load Pattern*

b) Input nilai beban mati, beban hidup dan angin

1) Akibat beban merata

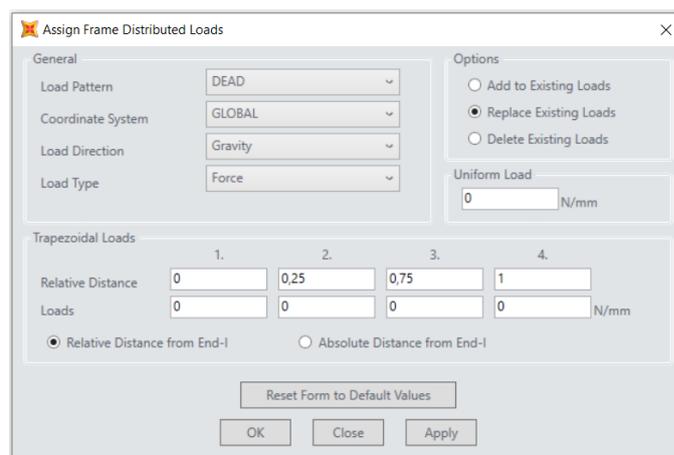
Blok *frame* yang akan di input, lalu pilih menu pada *toolbar*, *Assign – Frame Loads – Distributed* – pilih beban mati atau beban hidup untuk pembebanan tersebut pada *Load patter*.



Gambar 2.13 Jendela *Frame Disributed Loads*

2) Akibat beban terpusat

Sama halnya dengan menginput data pada pembebanan merata, hanya saja setelah memilih menu *Frame – selanjutnya* yang dipilih adalah *Points*, maka akan tampil jendela seperti gambat berikut :

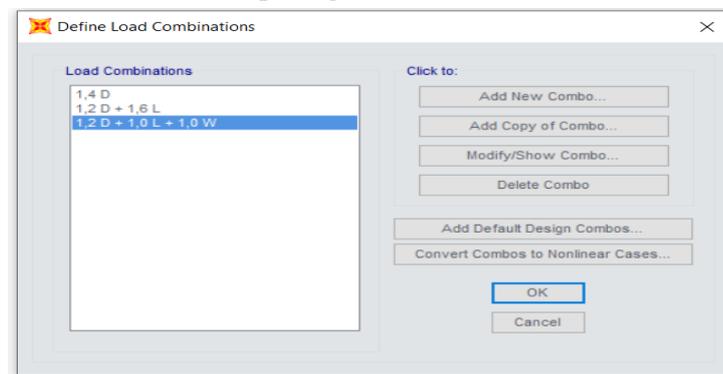


Gambar 2.14 Jendela *Frame Point Loads*

e. *Input Load Combination* (beban kombinasi), yaitu :

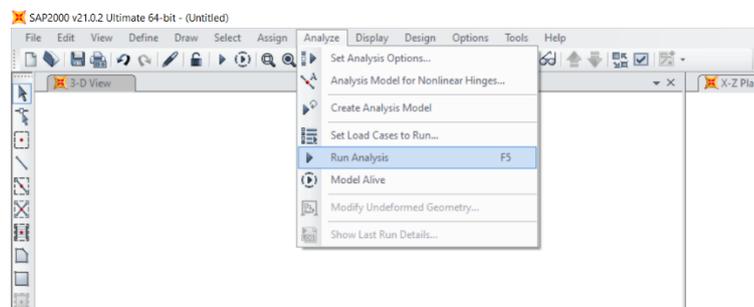
- 1) 1,4 Beban Mati
- 2) 1,2 Beban Mati + 1,6 Beban Hidup
- 3) 1,2 Beban Mati + 1,0 Beban Hidup + 1,0 Beban Angin

Balok seluruh frame yang akan di kombinasi, kemudian pilih menu pada toolbar, Define – Combination – add new combo, kemudian akan terlihat seperti gambar berikut :



Gambar 2.15 Jendela *Loads Combination*

f. Run Analysis, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.16 Jendela *Frame Point Loads*

2.3.5 Perencanaan Balok Induk

Balok merupakan salah satu pekerjaan beton bertulang. Balok induk adalah balok yang bertumpu pada kolom. Seluruh gaya-gaya yang bekerja pada balok akan didistribusikan ke pondasi melalui kolom bangunan.

Berikut langkah perencanaan balok :

1. Menentukan dimensi balok, mutu beton dan mutu baja yang akan digunakan.
2. Menghitung pembebanan pada balok induk.
3. Menentukan momen dan gaya geser maksimum berdasarkan hasil analisa menggunakan program SAP2000.
4. Melakukan perhitungan tulangan lentur lapangan dan tumpuan.

a. Penulangan tumpuan dan lapangan

$$1.) \text{Tentukan } d_{\text{eff}} = h - p - \emptyset_{\text{seengkang}} - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tulangan utama}}$$

$$2.) k = \frac{M_u}{\emptyset \cdot b \cdot d^2}$$

$$3.) A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

4.) Pilih tulangan dengan dasar A_s terpasang $>$ A_s direncanakan.

b. Rencana Tulangan Geser

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \cdot b_w \cdot d$$

$V_u \leq \emptyset V_c$ (tidak memerlukan tulangan geser)

$V_u > \emptyset V_c$ (memerlukan tulangan geser)

$$V_u \leq \emptyset V_n$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_u \leq \emptyset V_c + \emptyset V_s$$

Hitung jarak tulangan seengkang berdasarkan persamaan berikut :

$$s_1 = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{V_s}$$

$$s_2 = \frac{d_{eff}}{2}$$

Keterangan :

| | |
|-------------|---|
| V_c | = Kuat geser nominal yang disumbangkan beton |
| V_u | = Gaya geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton |
| V_n | = Kuat geser nominal |
| V_s | = Kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser |
| A_v | = Luas penampang tulangan geser total pada daerah sejarak s |
| d | = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik |
| f_y | = Mutu baja |
| f_c | = Mutu beton |
| b_w | = Lebar balok |
| s | = Jarak pusat ke pusat tulangan batang tulangan geser kearah sejajar tulangan pokok |
| \emptyset | = Faktor reduksi (untuk geser = 0,75) |

2.3.6 Perencanaan Kolom

Kolom adalah salah satu komponen struktur vertikal yang secara khusus difungsikan untuk memikul beban aksial tekan (dengan atau tanpa adanya momen lentur) dan memiliki rasio tinggi atau panjang terhadap dimensi terkecilnya sebesar 3 atau lebih. Kolom memikul beban vertikal yang berasal dari pelat lantai atau atap dan menyalurkannya ke pondasi. (Agus Setiawan, 2016:144)

Langkah kerja dalam Perencanaan kolom adalah sebagai berikut :

1. Pembebanan Kolom
2. Nilai Eksentrisitas

$$e = \frac{M_u}{\Sigma P_u}$$

Keterangan :

e = Eksentrisitas

M_u = Momen terfaktor pada penampang

ΣP_u = Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan

3. Nilai Kontribusi Tetap terhadap Deformasi

$$\beta \cdot d = \frac{1,2 D}{1,2 D + 1,6 L}$$

Keterangan :

β = Rasio bentang bersih arah memanjang

d = tinggi efektif

4. Nilai Kekakuan Kolom dan Balok

Modulus Elastisitas :

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

Inersia :

$$I_k = 1/12 \times b \times h^3$$

$$I_b = 1/12 \times b \times h^3$$

Kekakuan :

$$E I_k = \frac{E_c \cdot I_k}{2,5 \cdot (1 + \beta \cdot d)}$$

$$E I_b = \frac{E_c \cdot I_b}{5 \cdot (1 + \beta \cdot d)}$$

Keterangan :

E_c = Modulus Elastisitas

I_k = Inersia Kolom

I_b = Inersia Balok

$E I_k$ = Kekakuan Kolom

$E I_b$ = Kekakuan Balok

5. Kekakuan Relatif

$$\psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{l_k} \right) \text{kolom}}{\sum \left(\frac{EI}{l_b} \right) \text{balok}}$$

Keterangan :

ψ = Kekakuan Relatif

EI = Nilai kekakuan

l_k = Panjang kolom

l_b = Panjang balok

6. Kelangsingan Kolom

Kelangsingan Kolom dengan ketentuan :

- a. Elemen struktur tekan bergoyang

$$\frac{kl_u}{r} \leq 22$$

- b. Elemen struktur tekan tak bergoyang

$$\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

Dimana :

M_1 : momen ujung terfaktor pada kolom

M_2 : momen ujung terfaktor pada kolom

K : faktor panjang efektif komponen struktur beton

l_u : panjang tak terkekang dari elemen kolom

R : jari-jari putaran potongan lintang komponen struktur tekan

7. Pembesaran Momen

$$M_c = \delta_b \cdot M_{2b} + \delta_s \cdot M_{2s}$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi \cdot P_c}} \geq 1,0$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi \cdot P_c}} \geq 1,0$$

$$P_c = \frac{\mu^2 EI}{(kl_u)^2}$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 \cdot \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \geq 0,4$$

$$C_m = 1,0 \text{ (Kolom tanpa pengaku)}$$

Keterangan :

M_c = Momen Rencana

δ = Faktor Pembesaran Momen

δ_b = Faktor Pembesaran Momen untuk portal dengan pengaku

δ_s = Faktor Pembesaran Momen untuk portal tanpa pengaku

$M2b$ = Momen terfaktor terbesar pada ujung komponen tekan akibat dari beban yang tidak menyebabkan goyangan besar, momen akibat dari gaya vertikal atau gravitasi

$M2s$ = Momen terfaktor terbesar pada ujung komponen tekan akibat dari beban yang tidak menyebabkan goyangan besar, momen akibat dari gaya vertikal atau gravitasi

C_m = Faktor Koreksi

P_u = Beban Rencana Aksial terfaktor

P_c = Beban Tekuk Euler

8. Desain Penulangan

Penentuan syarat batas rasio penulangan kolom 1%-8% (diambil rasio penulangan 2% luas kolom).

Menentukan tulangan yang dipakai

$$\rho = \rho' = \frac{As \text{ pakai}}{b \cdot d}$$

9. Memeriksa P_u terhadap beban seimbang

$$d = h - d'$$

$$C_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y}$$

$$\alpha_b = \beta_1 \cdot C_b$$

$$f_s' = \left(\frac{cb - d'}{cb} \right) \cdot 0,003, \text{ Jika } f_s' \leq \frac{f_y}{E_s} \text{ maka } f_s' = f_s' \cdot E_s$$

$$\text{Jika } f_s' \geq \frac{f_y}{E_s} \text{ maka } f_s' = f_y$$

$$\phi P_n = \phi \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot \alpha_b \cdot b + A_s' \cdot f_s' - A_s \cdot f_y)$$

$$\phi P_n = P_u \text{ (Beton belum hancur pada daerah tarik)}$$

$$\phi P_n < P_u \text{ (Beton hancur pada daerah tarik)}$$

C_b adalah jarak dari serat tepi terdesak ke garis netral keadaan seimbang

β_1 adalah konstanta yang tergantung dari kuat tekan beton

$$f_c' \leq 30 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,85$$

$$f_c' > 30 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,85 - (f_c' - 30) \geq 0,65$$

10. Memeriksa Kekuatan Penampang

a. Akibat Keruntuhan Tarik

$$P_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \left[\frac{h}{2} - e \right] + \sqrt{\left(\frac{h}{2} - 2 \right)^2 + \frac{2 \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - d'')}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}}$$

b. Akibat Keruntuhan Tekan

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\left(\frac{e}{d - d'} \right) + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\left(\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^3} \right) + 1,18}$$

2.3.7 Perencanaan Sloof

Sloof adalah bagian dari struktur bangunan yang diletakkan horizontal diatas pondasi bangunan. Sloof berfungsi meratakan beban yang diterima kolom ke pondasi dan menjadi pengikat antar kolom, dinding dan pondasi.

Berikut langkah-langkah perhitungan pada sloof :

1. Menentukan dimensi sloof
2. Menghitung pembebanan pada sloof dengan beban terfaktor
 - a. Beban sendiri
 - b. Beban dinding dan plesteran
3. Menghitung nilai momen dengan menggunakan SAP2000.
4. Melakukan perhitungan tulangan lentur lapangan dan tumpuan.
 - a. Penulangan tumpuan dan lapangan
 - 1.) Tentukan $d_{eff} = h - p - \emptyset_{sengkang} - 1/2 \emptyset_{tulangan\ utama}$
 - 2.) $k = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot d^2}$
 - 3.) $A_s = \rho \cdot b \cdot d$
 - 4.) Pilih tulangan dengan dasar A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan.

Keterangan :

A_s = luas tulangan tarik non prategang

p = rasio penulangan tarik non-prategang

b = lebar balok sloof

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

b. Rencana Tulangan Geser

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \cdot b_w \cdot d$$

$V_u \leq \emptyset V_c$ (tidak memerlukan tulangan geser)

$V_u > \emptyset V_c$ (memerlukan tulangan geser)

Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan berikut :

$$s_1 = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{V_s}$$

$$s_2 = \frac{d_{eff}}{2}$$

Keterangan :

V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = Gaya geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = Kuat geser nominal

V_s = Kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = Luas penampang tulangan geser total pada daerah sejarak s

d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

f_y = Mutu baja

f_c = Mutu beton

b_w = Lebar balok

s = Jarak pusat ke pusat tulangan batang tulangan geser ke arah sejajar tulangan pokok

\emptyset = Faktor reduksi (untuk geser = 0,75)

2.3.8 Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Pondasi dalam istilah ilmu teknik sipil dapat didefinisikan sebagai bagian dari struktur bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi menyalurkan beban-beban yang diterima dari struktur atas ke lapisan tanah. Proses desain struktur pondasi memerlukan analisa yang meliputi kondisi/jenis struktur atas, beban-beban kerja pada struktur, profil dari lapisan tanah tempat bangunan/struktur tersebut berada, serta kemungkinan terjadinya penurunan (*settlement*). Langkah yang dilakukan

dalam proses desain pondasi meliputi proses pemilihan jenis pondasi, letaknya pada tanah, penentuan ukuran/dimensi pondasi tersebut, hingga penentuan bagaimana pelaksanaan konstruksinya. (Agus Setiawan, 2016:331).

Berikut ini adalah langkah-langkah perhitungan dalam merancang pondasi :

1. Menghitung Pembebanan
2. Menentukan daya dukung izin tanah melalui perhitungan dengan berdasarkan data-data yang ada sebagai berikut :

- a. Berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang :

$$Q_{tiang} = 0,3 \times f c' \times A_{tiang}$$

- b. Berdasarkan ketahanan tanah

$$Q_{izin} = \frac{qc \cdot Ab}{Fb} + \frac{JHP \cdot O}{Fs}$$

$$Q_{izin} = \frac{Q_{ultimit}}{F}$$

Keterangan :

Q izin = Daya Dukung Izin Tiang (KN)

qc = Nilai Tekanan Konus di ujung tiang (kg/cm²)

Atiang/Ab = Luas Penampang ujung tiang , (cm²)

JHP = Jumlah Hambatan Pelekat, (kg/cm)

O = Keliling Penampang Tiang (cm)

Fb = Faktor Keamanan Daya Dukung Ujung (Fb = 3)

Fs = Faktor Keamanan Daya Dukung Gesek (Fs = 5)

F = Faktor keaman daya dukung (F = 3)

3. Menentukan Jumlah Tiang Pancang

$$Q = (P \times 10\%) + P + \text{berat poer}$$

$$n = \frac{P_{total}}{Q_{izin}}$$

Keterangan :

Q = Total Beban

P = Beban pada pondasi

n = Jumlah Tiang Pancang

4. Menentukan Jarak antar Tiang Pancang

$$S = 2,5D - 3D$$

Keterangan :

S = Jarak antar tiang

D = Diameter tiang (tiang)

5. Menentukan Efisiensi Kelompok Tiang

Banyak persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung efisiensi kelompok tiang, seperti persamaan Converse-Labarre sebagai berikut:

$$\theta = \text{Arc tan } \frac{d}{s}$$

$$Eq = 1 - \frac{\theta}{90} \left(\frac{(n-1) + (m-1)n}{m.n} \right)$$

Keterangan :

Eq = Efisiensi Kelompok Tiang

m = Jumlah baris

n = Jumlah tiang dalam satu baris

d = Diameter tiang

s = Jarak antar tiang (as ke as)

6. Menghitung Daya Dukung Tiang Kelompok

$$Q_{ult} = Eq \cdot n \cdot Q_{tiang}$$

$$Q_{ult} > Q$$

7. Cek Beban yang bekerja pada masing-masing tiang

$$\Sigma x^2 = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + \dots$$

$$\Sigma y^2 = y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 + \dots$$

$$Q_i = \frac{Q}{n} + \frac{M_x \cdot Y_i}{\Sigma y^2} + \frac{M_y \cdot X_i}{\Sigma x^2}$$

Dimana :

Q_i = Beban yang bekerja pada tiang nomor i, (KN)

Q = Total Beban Vertikal yang bekerja, (KN)

n = Jumlah Tiang (buah)

M_y = Momen yang berusaha untuk memutar sb-y (KNm).

M_x = Momen yang berusaha untuk memutar sb-x (KNm).

X_i = Jarak Tiang nomor i terhadap sb-y diukur sejajar sb-y, (m)

Y_i = Jarak Tiang nomor i terhadap sb-x diukur sejajar sb-y, (m)

Σx^2 = Jumlah Kuadrat Jarak Seluruh Tiang, terhadap sb-y, (m)

Σy^2 = Jumlah Kuadrat Jarak Seluruh Tiang, terhadap sb-x, (m)

8. Cek Tebak Poer

$$P_u \text{ rata-rata} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots}{n}$$

9. Menghitung Gaya Geser

a. Untuk aksi dua arah

Gaya geser terfaktor :

$$V_u = n \times P_u$$

Gaya geser nominal :

$$\beta = \frac{b}{1}$$

$$b_o = n \cdot B'$$

$$\phi V_c = \phi \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \times b_o \times d \times \sqrt{f_c'}$$

- b. Untuk aksi satu arah

Gaya geser terfaktor :

$$V_u = 1 \times P_u$$

Gaya geser nominal :

$$\phi V_c = \phi \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \times b_w \times d \times \sqrt{f_c'}$$

Jika $\phi V_c > V_u$, maka tidak dibutuhkan tulangan geser

Keterangan :

V_c = Kuat Geser Nominal disumbangkan beton

V_u = Kuat Geser terfaktor pada penampang

ϕ = Faktor reduksi untuk geser (0,75)

P_u = Beban yang bekerja pada pondasi

10. Pengangkatan Tiang Pancang

Pengangkatan dibagi menjadi 2 pola :

- a. Pengangkatan Pola 1 (pada waktu pengangkatan)
- b. Pengangkatan Pola 2 (pada waktu mendirikan)

11. Penulangan Tiang Pancang

- a. Tulangan pokok tiang pancang

Menentukan nilai k menggunakan persamaan berikut :

$$k = \frac{M_{max}}{\phi b d^2}$$

Menentukan luas tulangan (A_s) dengan menggunakan persamaan :

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

Keterangan :

b : Ukuran tiang

d : Tinggi efektif

b. Menentukan jumlah tulangan

Selain menggunakan tabel, pada buku beton bertulang Istimawan Dipohusodo dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4}\pi d_b^2}$$

Keterangan :

A_s : Luas tulangan

d_b : diameter tulangan

2.4 Pengelolaan Proyek

2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)

Rencana kerja dan syarat –syarat (RKS) merupakan dokumen penting selain gambar rencana untuk kelengkapan dokumen tender. Keberadaannya sangat menentukan kepentingan dari berbagai pihak yang akan terlibat dalam realisasi pekerjaan, dimulai sejak tahap awal dari proses realisasi ide dari pemilik proyek.

2.4.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah pekerjaan bentuk bangunan yang memenuhi syarat, menentukan biaya, dan menyusun tata cara pelaksanaan teknik dan administrasi. Tujuan rencana anggaran biaya adalah untuk memberikan gambaran yang pasti mengenai bentuk konstruksi, besar biaya, dan pelaksanaan atau penyelesaian.

2.4.3 Rencana Pelaksanaan (*Time Schedule*)

1. Network Planning (NWP)

Network Planning merupakan suatu alat pengendalian pekerjaan di lapangan yang ditandai dengan simbol-simbol tertentu berupa urutan pekerjaan dalam suatu proyek kegunaan dari *Network Planning* adalah sebagai berikut:

- a. Mengkoordinasi antar satu kegiatan dengan kegiatan yang lainnya
- b. Mengetahui ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan lainnya
- c. Mengetahui pekerjaan yang harus diselesaikan terlebih dahulu
- d. Mengetahui berapa lama proyek dapat diselesaikan

Pengendalian proyek konstruksi ini juga diharapkan dapat menyelaraskan antara biaya proyek yang ekonomis, menghasilkan mutu pekerjaan yang baik/berkualitas dan selesai tepat waktu karena ketiganya adalah 3 elemen yang saling mempengaruhi yaitu biaya, mutu dan waktu. Apabila biaya proyek berkurang/dikurangi, sementara waktu pelaksanaan tetap maka secara otomatis anggaran belanja material akan dikurangi dan mutu pekerjaan akan berkurang. Secara umum proyek akan merugi. Akan tetapi, jika waktu pelaksanaan mundur/terlambat, sementara tidak ada rencana penambahan anggaran, maka mutu pekerjaan juga akan berkurang. Secara umum proyek akan merugi.

Namun, jika mutu ingin dijaga, sementara waktu pelaksanaan mundur/terlambat, maka akan terjadi peningkatan anggaran belanja. Secara umum proyek akan merugi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa inti dari 3 komponen proyek konstruksi, bagaimana menjadwal dan mengendalikan pelaksanaan proyek agar berjalan sesuai dengan schedule yang telah ditetapkan, selesai tepat waktu dan tidak terjadi pengurangan mutu pekerjaan ataupun penambahan anggaran biaya.

2. Barchart dan Kurva S

Barchart merupakan diagram batang yang secara sederhana dapat menunjukkan informasi rencana jadwal proyek beserta durasinya, menguraikan tentang uraian setiap pekerjaan mulai dari

tahap awal sampai berakhirnya pekerjaan, bobot pekerjaan dan pelaksanaan pekerjaan. Sedangkan kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dari awal sampai berakhirnya pekerjaan. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapatkan dari perbandingan harga pekerjaan dan harga total keseluruhan dari jumlah penawaran.