

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Uraian Umum

Perencanaan merupakan hal penting dan sangat diperlukan dalam pelaksanaan suatu proyek bangunan. Pada tahap perencanaan struktur perlu dilakukan tinjauan pustaka sebagai metode pendekatan dalam proses perhitungan struktur nantinya. Tinjauan pustaka yang diperlukan berupa teori – teori analisa struktur, ilmu tentang kekuatan bahan serta hal lain yang berpedoman pada peraturan – peraturan yang berlaku di Indonesia.

Apabila terjadinya kesalahan dalam perencanaan, baik itu berupa kesalahan dalam perencanaan struktur maupun metode kerja yang salah akan berdampak buruk bagi kelangsungan kegiatan pelaksanaan proyek tersebut yang pada akhirnya akan berdampak pada kerugian. Perencanaan yang tepat akan memudahkan kita dalam mencapai sasaran utama dalam sebuah pekerjaan konstruksi sesuai keinginan kita dengan tetap memperhatikan standar keamanan, kekuatan, ekonomis dan artistik.

2.2 Tahap Perencanaan Kontruksi

Perencanaan sebuah konstruksi merupakan sebuah system yang harus dilakukan dengan tahapan-tahapan tertentu agar konstruksi yang dihasilkan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Adapun tahapan-tahapan yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Tahap Pra-rencana (*Premiliary Design*)

Pada tahap ini ahli struktur harus mampu berkomunikasi dengan baik dengan arsitek mengenai pemilihan komponen-komponen struktur yang penting, baik dimensi maupun posisinya.

2. Tahap Perencanaan

Pada tahap perencanaan pekerjaan konstruksi terdiri dari dua jenis perencanaan yaitu :

- a. Perencanaan arsitektur bangunan

Dalam perencanaan arsitektur bangunan ini, seorang perencana belum memperhitungkan kekuatan bangunan sepenuhnya. Dalam perencanaan arsitektur ini perencana merealisasikan keinginan-keinginan dari pemilik bangunan sesuai dengan desain yang diinginkannya.

b. Perencanaan struktur bangunan

Pada perencanaan struktur bangunan, perencana mulai menghitung komponen-komponen struktur berdasarkan dari bentuk arsitektural yang telah didapat. Perencana mulai merencanakan dimensi serta menyesuaikan komponen-komponan struktur tersebut agar memenuhi syarat-syarat konstruksi yang aman, kuat dan nyaman, namun masih berdasarkan prinsip-prinsip ekonomis.

Dalam perencanaan bangunan, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang telah ditetapkan dan berlaku di Indonesia. Adapun peraturan-peraturan yang dijadikan pedoman tersebut antara lain :

1. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)
2. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013).
3. Buku Perancangan Struktur Beton Bertulang karangan Agus Setiawan mengacu pada SNI 2847-2013.
4. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG 1987)

Suatu struktur bangunan gedung juga harus direncanakan kekuatannya terhadap suatu pembebanan, adapun jenis pembebanan antara lain :

1. Beban mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.

Berat sendiri dari bahan-bahan bangunan penting dan dari beberapa komponen gedung yang harus ditinjau di dalam menentukan beban mati dari suatu gedung.

2. Beban hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat termasuk beban.

3. Beban angin

Beban angin didistribusikan merata pada kolom yang berada di dinding terluar bangunan. Beban angin bangunan gedung yang termasuk sebagai Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) direncanakan sesuai dengan aturan pada SNI 1727-2013 sebagaimana berikut :

- Menentukan kecepatan angin dasar (V)
- Menentukan parameter beban angin
 - a. Faktor arah angin, k_d
 - b. Kategori eksposur : B
 - c. Faktor topografi, K_{zt}
 - d. Faktor efek tiupan angin, G
 - e. Klasifikasi tekanan internal, G_{CPI}
 - f. Menentukan Arah Angin

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 yang lainnya. Berikut adalah struktur bangunan yang memerlukan metode perhitungan:

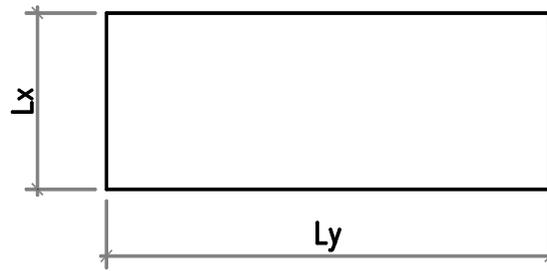
2.3.1 Pelat Lantai

Pelat lantai adalah suatu elemen horizontal utama yang berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun statis ke elemen pemikul beban vertikal, yaitu balok, kolom maupun dinding. Pelat lantai dapat direncanakan sehingga dapat berfungsi menyalurkan beban dalam satu arah (*pelat satu arah/ one way slab*) atau dapat pula direncanakan untuk menyalurkan beban dalam dua arah (*pelat dua arah/ Two way slab*). Tebal pelat umumnya jauh lebih kecil dari pada ukuran panjang maupun lebarnya. (Setiawan, 2016 : 4).

2.3.1.1. Jenis – Jenis Pelat

1. Pelat satu arah (*One way Slab*)

Jika sistem pelat hanya ditumpu kedua sisinya, maka pelat tersebut akan melentur atau mengalami lendutan dalam arah tegak lurus dari sisi tumpuan. Beban akan didistribusikan oleh pelat dalam satu arah saja yaitu ke arah tumpuan. Pelat jenis ini disebut juga dengan pelat satu arah. Apabila pelat tertumpu di keempat sisinya, dan rasio bentang panjang terhadap bentang pendek lebih besar atau sama dengan 2, maka hampir 95% beban akan dilimpahkan dalam arah bentang pendek, dan pelat akan menjadi sistem pelat satu arah. Sistem pelat satu arah cocok digunakan pada bentangan 3-6 meter dengan beban hidup sebesar 2,5-5 kN/m². (setiawan 2016, 252)



Gambar 2.1 Pelat Satu Arah

Menurut SNI 2847-2013 memberikan beberapa batasan dalam hal desain pelat satu arah :

1. Desain dilakukan dengan menggunakan asumsi lebar 1 meter
2. Ketebalan minimum pelat satu arah yang digunakan $f_y = 400 \text{ Mpa}$

Tabel 2.1 Tebal minimum pelat

Tebal minimum, h				
Komponen struktur	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar				
Pelat masif satu-arah	$\lambda / 20$	$\lambda / 24$	$\lambda / 28$	$\lambda / 10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$\lambda / 16$	$\lambda / 18$	$\lambda / 21$	$\lambda / 8$
<p>CATATAN :</p> <p>Panjang bentang dalam mm.</p> <p>Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:</p> <p>(a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), w_c, di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.</p>				

(b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan **(0,4 + $f_y/700$)**

(SNI 2847-2013 Tebal minimum balok non-prategang berdasarkan pasal 9.5.2.2)

3. Menghitung pembebanan (W_u)

Menghitung beban mati pelat termasuk beban berat sendiri pelat dan beban hidup dengan cara metode beban terfaktor.

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

Dimana :

W_u = Momen rencana

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

W_{LL} = Jumlah beban hidup pelat (kN/m)

4. Menghitung momen (M_u)

Jika pelat hanya terdiri dari satu bentangan saja, dengan anggapan tertumpu sederhana dikedua sisinya, maka momen lentur yang timbul akibat q yang terdistribusi merata adalah $M = qL^2/8$, dengan L adalah panjang bentang antara kedua tumpuan, bila pelat yang tertumpu pada beberapa tumpuan, maka akan timbul momen positif dan momen negatif. Prosedur analisis struktur menurut SNI 2847-2013, maka momen tersebut dapat digunakan jika :

- a. Beda panjang bentang tidak terlalu jauh, dengan batasan panjang bentang tidak boleh melebihi 20% dari beban terpendek
- b. Beban yang bekerja adalah beban merata
- c. Beban hidup tidak melebihi 3 kali beban mati

5. Perkiraan tinggi efektif

$$d = h - 20 \text{ mm (selimut beton) } - \frac{1}{2} \text{ diameter tulangan}$$

Tinggi efektif ketentuan tebal selimut beton bahwa luas penampang balok dan kolom dianjurkan mengambil selimut beton setebal 40 mm, sedangkan pelat yang tidak berhubungan langsung dengan tanah diambil selimut beton 20 mm. Ukuran atau diameter tulangan geser (sengkang) diambil sebesar 10 mm.

Tabel 2.2 Tebal Selimut Beton

	Tebal Selimut Beton (mm)
Beton yang di cor di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca.	50
- Batang tulangan D-19 hingga D-57.....	40
- Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil.....	
Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah:	
- Slab, dinding, balok usuk: Batang tulangan D-44 dan D-57.....	40
Batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil.....	20
- Balok, kolom: Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral.....	40
- Komponen struktur cangkang, pelat lipat: Batang tulangan D-19 dan yang lebih besar.....	20
Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil.....	13

(SNI 2847 : 2013 Beton cor setempat non-prategang berdasarkan pasal 7.7.1)

6. Menghitung faktor panjang efektif komponen struktur tekan (k)

$$k = \frac{M_u}{\phi \times b d \times \rho f_y^2}$$

Dimana : K = faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

M_u = Momen terfaktor pada penampang (KN/m)

b = Lebar penampang (mm) diambil 1 m

d_{eff} = faktor efektif pelat (mm)

ϕ = faktor reduksi kekuatan

7. Rasio penulangan

Dalam menentukan rasio tulangan terhadap batasan P_{maks} dan P_{min} maka $P_{min} < P < P_{maks}$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{(600 + f_y) \cdot f_y}$$

Jika $P_{min} > P$, maka pakai P_{min}

$P_{maks} < P$, maka pakai P_{maks}

8. Menghitung tulangan susut dan suhu Setelah menghitung tulangan susut dan suhu, maka mencari jarak antar tulangan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

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

dimana : A_b adalah luas penampang tulangan yang digunakan, sedangkan A_s adalah luas tulangan yang diperlukan oleh pelat unuk memikul momen lentur yang terjadi. Untuk menghitung Menghitung luas tulangan (A_s) digunakan rumus:

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

Dimana :

A_s : luas tulangan (mm²)

ρ : rasio penulangan

d_{eff} : tinggi efektif (mm)

9. Rasio minimum luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton untuk tulangan susut, suhu maupun tulangan pembagi mengacu pada tiga kondisi dibawah ini namun demikian nilainya tidak boleh kurang dari 0,0014.

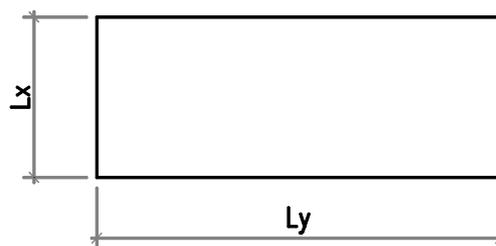
Tabel 2.3 persyaratan tulangan susut dan suhu untuk pelat

Pelat yang menggunakan tulangan ulir dengan mutu $F_y = 280$ atau 350 Mpa	0,0020
Pelat yang menggunakan tulangan ulir atau jaring kawat las dengan mutu $F_y = 400$ Mpa	0,0018
Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan luluh melebihi 420 Mpa diukur pada regangan leleh sebesar $0,35\%$	$0,0018 \times \frac{450}{F_y}$

(SNI 2847-2013 rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton berdasarkan pasal 7.12.2.1)

2. Pelat Dua Arah

Apabila struktur pelat beton ditopang keempat sisinya, dan rasio antara bentang panjang terhadap bentang pendeknya kurang dari 2, maka pelat tersebut dikategorikan ssebagai sistem pelat dua arah.



Gambar 2.2 Pelat Dua Arah

1. Ketebalan minimum pelat

SNI 2847-2013 menentukan ketebalan minimum pelat dua arah untuk mencegah terjadinya lendutan berlebih. Karena perhitungan lendutan dari pelat dua arah cukup rumit, dan untuk mencegah lendutan yang besar, maka ketebalan pelat dapat ditentukan menggunakan rumus :

$$h_{\min} = \frac{L_n \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9 (\alpha_m - 0.2)}$$

$$h_{\min} = \frac{L_n \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

Dalam segala hal tebal minimum pelat tidak boleh kurang dari yang telah ditentukan :

- a. Untuk $\alpha_m < 2,0$ tebal pelat minimum adalah 125 mm
- b. Untuk $\alpha_m > 2,0$ tebal pelat minimum adalah 90 mm

Tabel 2.4 Tebal Minimum Pelat Dua Arah

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	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 40$	$l_n / 40$
420	$l_n / 30$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$
520	$l_n / 28$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 34$	$l_n / 34$

(SNI 2487 – 2013 Tebal minimum pelat tanpa balok interior berdasarkan pasal 9.5.3.2)

2. Menghitung pembebanan

Menghitung beban mati pelat termasuk beban berat sendiri pelat dan beban hidup dengan cara metode beban terfaktor.

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

Dimana :

W_u = Momen rencana

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

W_{LL} = Jumlah beban hidup pelat (kN/m)

3. Mencari nilai α m dari masing-masing panel untuk mengecek apakah pemakaian hcoba telah memenuhi persyaratan hmin.

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

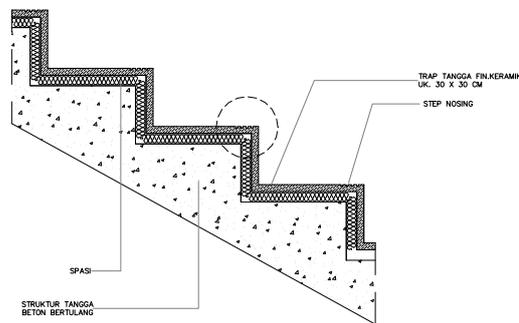
4. lebar efektif balok yang diambil dari nilai terkecil antara :

$$bw + 2 \left(\frac{ln}{2} \right) \quad \text{dan} \quad bw + 2 (8 hf)$$

5. Mencari Momen yang bekerja pada arah x dan y, dengan cara penyaluran “metode amplop” atau interpolasi

2.3.2 Tangga

Tangga merupakan salah satu bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat penghubung lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan bertingkat datarn kegiatan tertentu (Suprihadi, 1997).



Gambar 2.3 Tangga

Tangga secara umum terdiri dari anak tangga dan pelat tangga Anak tangga terdiri dari bagian :

1. *Antrede*

Antrede merupakan bagian anak tangga pada bidang horizoutal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.

2. *Optrede*

Optrede merupakan bagian dari anak tangga pada bidang vertikal yang selisih antara dua anak tangga yang berurutan. Syarat utama untuk tangga adalah sudut kemiringan tidak lebih dari 45° , yaitu :

- a. Antrede minimum 25 cm
- b. Opride maksimum 15 – 20 cm

Sebagai patokan 2 opride + 1 antride = 57 – 65 cm (untuk 1 langkah)

Syarat – syarat tangga :

1. tangga harus mudah dilwati atau dinaiki
2. tangga harus kuat dan kaku
3. ukuran tangga harus sesuai dengan fungsinya
4. material yang digunakan untuk pembuatan tangga terutama pembuatan gedung – gedung umum harus tahan dan bebas bahaya kebakaran
5. letakkan tangga harus cukup strategis

Hal – hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan tangga:

1. penentuan jumlah antrede dan optrede
2. panjang tangga = lebar antrede x panjang opride
3. jumlah optide = $\frac{\text{Tinggi Tangga}}{\text{Tinggi opride}}$
4. Lebar bordes = panjang tangga – (0,5 . (jumlah anak tangga-1) . Antrade)
5. Kemiringan tangga = $\text{arc } \theta \frac{\text{optride}}{\text{antride}}$
6. Gaya-gaya rencana dihitung dengan bantuan software SAP. Kombinasi beban yang digunakan
7. Perhitungan beban $W_u = 1,2 W_{DD} + W_{LL}$
8. Menghitung beban-beban pada tangga
 - Berat sendiri bordes tangga
 - Berat sendiri anak tangga
 - Berat sendiri pelat tangga

9. Menghitung beban hidup (WL)

Beban hidup pada tangga diambil 1,33 kN (berdasarkan SNI 1727:)

2.3.3 Balok

Balok adalah elemen horizontal ataupun miring yang panjang dengan ukuran lebar serta tinggi yang terbatas. Balok berfungsi untuk menyalurkan beban dari pelat. Pada umumnya balok dicetak secara monolit dengan pelat lantai, sehingga akan membentuk balok penampang T pada balok interior dan balok L pada balok-balok tepi. (Setiawan, 2016:4)

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

Balok beton bertulangan tunggal digunakan persamaan sebagai berikut :

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

$$\rho_{maks} = \left(\frac{0,003 + \frac{f_y}{E_s}}{0,009} \right) \rho_b$$

Untuk $F_y = 400$ Mpa, maka $\rho_{maks} = 0,0625 \rho_b$. nilai β dalam persamaan untuk ρ_b adalah 0,85 untuk nilai F_c' kurang atau sama dengan 28 Mpa, berkurang sebesar 0,05 untuk tiap kenaikan mutu beton sebesar 7 Mpa, nilai ρ_b dan ρ_{maks} untuk berbagai nilai F_c' dan F_y

Tabel 2.5 mutu beton dan tulangan baja

F_c' (Mpa)	β_1	F_y (Mpa)	ρ_b	ρ_{maks}	Ru_{maks}
20	0.85	240	0,04301	0.02258	4,09962

		400	0,02168	0,01355	4,09962
25	0,85	240	0,05376	0,02822	5,12453
		400	0,02709	0,01693	5,12453
30	0,84	240	0,06342	0,03330	6,06535
		400	0,03197	0,01998	6,06535
35	0,80	240	0,07083	0,03719	6,82763
		400	0,03570	0,02231	6,82763
40	0,76	240	0,07734	0,04060	7,51338
		400	0,03898	0,02436	7,51338

(Perancangan Struktur Beton Bertulang , setiawan hal 70)

Batas regangan tarik untuk penampang terkendali tarik adalah 0,005 dengan nilai ϕ dapat diambil sebesar 0,90. Nilai regangan tarik boleh diambil sebesar 0,004 namun bila ϕ harus direduksi. Persamaan kuat momen rencana berikut :

$$\phi Mn = Mu = Rubd^2$$

$$Ru = \phi p Fy \left(1 - \frac{pfy}{1,7 fc'} \right) = \phi Rn$$

Atau

$$\phi Mn = Mu = \phi Asfy \left(d - \frac{As x fy}{1,7 fc' x b} \right)$$

$$\phi Mn = Mu = \phi p fy bd^2 \left(1 - \frac{pfy}{1,7 fc} \right)$$

Jika nilai P diasumsikan, maka nilai Ru dapat dihitung menggunakan nilai $bd^2 = Mu / Ru$ Rasio d/b umumnya berkisaran 1 hingga 3 untuk keperluan praktis dapat diambil rasio $d/b = 2$. Sehingga nilai b dan d ditentukan, maka luas tulangan $As = p.b.d$ nilai p untuk balok bertulangan tunggal maka diambil nilai $Pmaks$

$$d = \sqrt{\frac{Mu}{Rub}}$$

jika nilai b / d sudah diberikan, nilai p dapat dihitung dengan memodifikasi persamaan

$$p = \left(\frac{0,85 f'c}{f_y} \right) - \left[\sqrt{1 - \frac{4 Mu}{1,7 \phi f'c b d^2}} \right] = \frac{0,85 f'c}{f_y} \left[\sqrt{\frac{1-2 Rn}{0,85 f'c}} \right]$$

$$= \frac{f'c}{f_y} \left[0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q} \right]$$

dengan :

$$Q = \left(\frac{1,7}{\phi} \right) \frac{Mu}{b d^2} = \left(\frac{1,7}{\phi v} \right) R_u$$

$$A_s = p b d = \frac{f'c}{f_y} \left[0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q} \right] b d$$

penampang persegi bertulangan rangkap

1. suatu balok beton penampang persegi dapat didesain sedemikian rupa sehingga memiliki rasio tulangan sebesar ρ_{maks} . dengan rasio tulangan sebesar ρ_{maks} ini, maka dapat dihitung besarnya kuat momen yang dapat dihasilkannya. Apabila momen lentur terfaktor yang bekerja masih lebih besar dari pada kuat momen rencana tersebut. Hitung rasio penulangan seimbang (ρ_b), dan rasio tulangan maksimum (ρ_{maks}) dengan menggunakan persamaan berikut ini:

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

2. Hitung luas tulangan tunggal maksimum dengan persamaan berikut :

$$A_{s maks} = A_{s1} = \rho_{maks} b d$$

3. Hitung $R_{u maks}$ dengan menggunakan persamaan berikut :

$$R_{u maks} = \phi \rho_{maks} \times f_y \times \left(1 - \frac{\rho_{maks} \times f_y}{1,7 f'_c} \right)$$

4. Hitung kuat momen rencana balok bertulang tunggal (M_{u1}), menggunakan ρ_{maks} dan $R_{u maks}$ sebagai berikut :

$$M_{u1} = R_{u maks} b d^2$$

Jika $M_{u1} < M_u$, maka diperlukan tulangan tekan, lanjut ke perhitungan berikutnya berikutnya.

Jika $M_{u1} > M_u$, maka tidak perlu tulangan tekan, hitung ρ dan A_s .

5. Hitung $M_{u2} = M_u - M_{u1}$ = kuat momen rencana yang dipikul oleh tulangan tekan.
6. Hitung A_{s2} dari hubungan $M_{u2} = \phi A_{s2} f_y (d - d')$, dan selanjutnya hitung luas tulangan total $A_s = A_{s1} + A_{s2}$.
7. Hitung tegangan tulangan tekan sebagai berikut:
 - a) Hitung $f'_s = 600 (c - d')/c \leq f_y$
 Nilai ε'_s dapat dihitung dari diagram regangan, dan $f'_s = \varepsilon'_s E_s$. Jika $\varepsilon'_s \geq \varepsilon_y$, maka tulangan tekan sudah leleh dan $f'_s = f_y$.
 - b) Hitung A'_s dari $M_{u2} = \phi A'_s f'_s (d - d')$. Jika $f'_s = f_y$ maka $A'_s = A_{s2}$. Jika $f'_s < f_y$, maka $A'_s > A_{s2}$ dan $A'_s = A_{s2} (f_y / f'_s)$.
8. Pilih tulangan yang akan digunakan sebagai A_s dan A'_s , yang mencukupi untuk lebar balok (b). pada beberapa kasus A_s dapat disusun dalam dua baris atau lebih.
9. Hitung tinggi balok (h) dan periksa bahwa $\rho - \rho' ((f'_s / f_y)) < \rho_{maks}$.
10. Lakukan pemeriksaan akhir, $\phi M_n > M_u$.
11. Regangan pada tulangan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\varepsilon_t = \frac{d_t - c}{c} \quad 0,003 \geq 0,005$$

Menghitung tulangan geser rencana

1. Hitung gaya geser ultimit (V_u) dari beban terfaktor yang bekerja pada struktur. Nilai V_u yang diambil sebagai dasar desain adalah nilai V_u pada lokasi penampang kritis, yaitu sejarak d dari muka tumpuan.
2. Hitung nilai ϕV_c dari persamaan :

$$\phi V_c = \phi \left(0,17\lambda\sqrt{f'_c} \right) b_w d$$

atau

$$\phi V_c = \phi \left(0,17\lambda\sqrt{f'_c} + 17\rho_w \frac{V_u d}{M_u} \right) b_w d \quad \phi \left(0,29\lambda\sqrt{f'_c} \right) b_w d$$

dengan

$$\phi = 0,75$$

3. Periksa nilai V_u
 Jika $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$, tidak dibutuhkan tulangan geser.
 Jika $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$, dibutuhkan tulangan geser minimum.
 Jika $V_u > \phi V_c$, tulangan geser harus disediakan langkah berikutnya.
4. Jika $V_u > \phi V_c$, hitung gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser menggunakan persamaan berikut :

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s \quad \text{atau} \quad V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

5. Hitung nilai V_{c1} dan V_{c2} dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_{c1} = 0,33\sqrt{f'_c} b_w d$$

$$V_{c2} = 0,66\sqrt{f'_c} b_w d$$

Apabila V_s lebih kecil dari V_{c2} , maka proses desain dapat dilakukan ke langkah berikutnya. Namun bila V_s lebih besar dari V_{c2} maka ukuran penampang harus diperbesar.

6. Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan berikut :

$$s_t = \frac{A_v f_{yt} d}{V_s}$$

7. Tentukan jarak maksimum tulangan sengkang sesuai dengan persyaratan dalam SNI 2847 : 2013. Jarak maksimum tersebut diambil dari nilai terkecil antara s_1 dan s_2 berikut ini:

$$s_2 = d/2 \leq 600 \text{ mm, jika } V_s \leq V_{c1} = 0,33\sqrt{f'_c} b_w d$$

$$s_2 = d/4 \leq 300 \text{ mm, jika } V_{c1} < V_s \leq V_{c2} = 0,66\sqrt{f'_c} b_w d$$

$$s_3 = A_v f_{yt} / 0,35 b_w \geq A_v f_{yt} / 0,62 b_w$$

s_{maks} dipilih dari nilai terkecil antara s_2 dan s_3 .

8. Apabila nilai s_1 yang dihitung lebih kecil dari s_{maks} , maka gunakan s_1 sebagai jarak tulangan sengkang dan jika s_1 yang dihitung lebih besar dari s_{maks} , maka gunakan s_{maks} sebagai jarak tulangan sengkang.

2.3.4 Kolom

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

Berikut langkah-langkah dalam perencanaan kolom adalah sebagai berikut :

1. Pembebanan Kolom
2. Nilai Eksentrisitas

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

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

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

Keterangan :

ψ = Kekakuan Relatif

EI = Nilai kekakuan

lk = Panjang kolom

lb = 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

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

$$\delta_b = \frac{Cm}{1 - \frac{Pu}{\phi \cdot Pc}} \geq 1,0$$

$$\delta_b = \frac{Cm}{1 - \frac{Pu}{\phi \cdot Pc}} \geq 1,0$$

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

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

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

Keterangan :

M_c = Momen Rencana

δ = Faktor Pembesar Momen

δ_b = Faktor Pembesar Momen untuk portal dengan pengaku

δ_s = Faktor Pembesar Momen untuk portal tanpa pengaku

M_{2b} = Momen terfaktor terbesar pada ujung komponen tekan akibat dari beban yang tidak menyebabkan goyangan besar, momen akibat dari gaya vertikal atau gravitasi

M_{2s} = 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 1,2% luas kolom)

Menentukan tulangan yang dipakai

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

9. Memeriksa P_u terhadap beban seimbang

$$d = h - d'$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.3.5 Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sebagai satu kesatuan yang lengkap. Portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati dan beban hidup dengan tinjauan arah memanjang dan arah melintang. Portal dihitung dengan menggunakan SAP2000 v22.

Adapun langkah-langkah perencanaan portal adalah sebagai berikut :

1. Analisa Pembebanan

a. Portal akibat beban mati

Pembebanan pada portal ini yaitu beban mati sumbangan dari pelat (berat sendiri pelat, berat adukan, berat penutup lantai, beban plafon dan penggantung langit-langit) dan berat pasangan dinding.

b. Portal akibat beban hidup

Beban hidup yang digunakan yaitu beban hidup sumbangan dari pelat dan harus sesuai dengan peraturan SNI 1727:2013 tentang pembebanan gedung dengan berdasarkan kepada fungsi gedung yang akan dibangun.

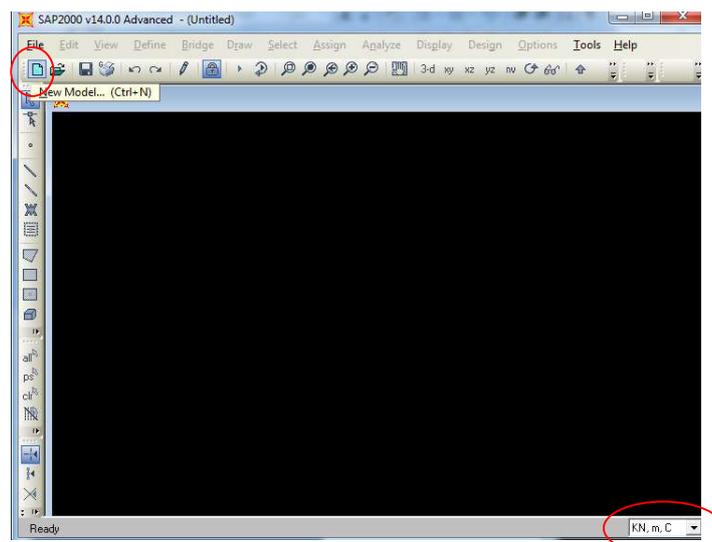
2. Menentukan gaya-gaya dalam

Dalam menghitung dan menentukan momen yang bekerja pada suatu struktur bangunan, kita mengenal metode dengan metode cross, takabeya ataupun metode dengan bantuan program yaitu menggunakan program SAP2000 v22.

Berikut adalah cara menghitung besarnya momen dengan menggunakan SAP2000 v22 :

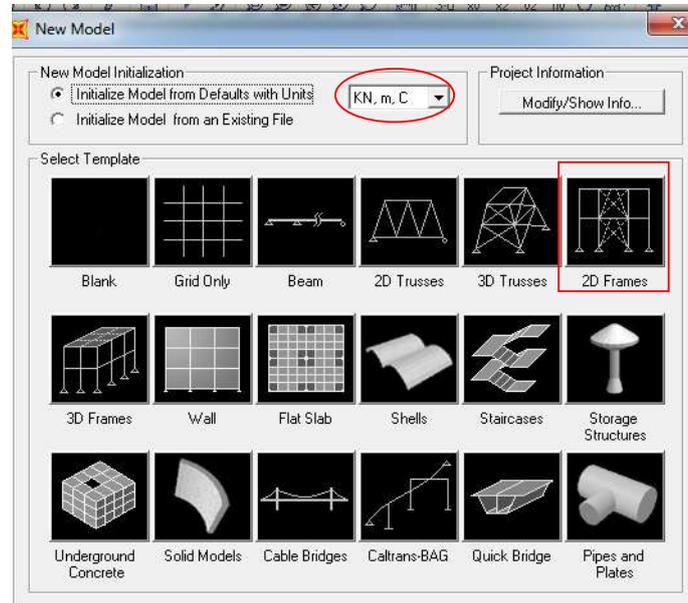
a. Buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup.

1.) Tetapkan satuan yang akan digunakan, misalnya KN, m, C. Klik *New Model* atau Ctrl+N.



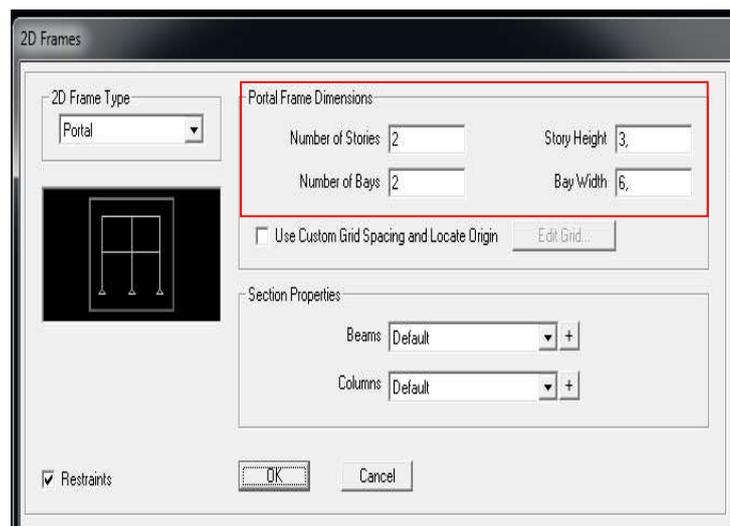
Gambar 2.4 *Toolbar New Model*

- 2.) Kemudian akan tampil kotak seperti gambar dibawah ini. Perhatikan satuan yang digunakan. Pilih model *template 2D Frames*.



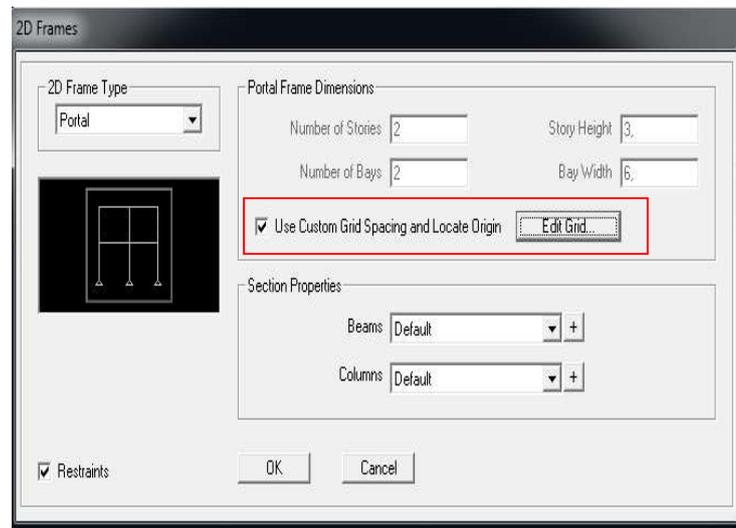
Gambar 2.5 Tampilan *New Model*

- 3.) Kemudian muncul tampilan seperti gambar 2.5. Pada *Portal Frame Dimensions* masukkan data *Number of stories* (jumlah lantai), *Story height* (tinggi antar lantai), *Number of Bay* (jumlah bentang), *Bay Width* (lebar antar bentang).

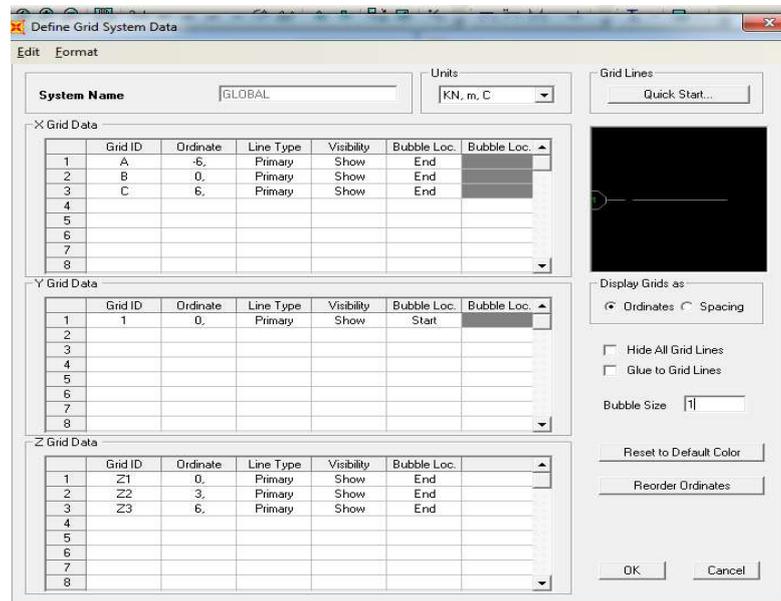


Gambar 2.6 Tampilan *2D Frames*

- 4.) Beri centang pada *Use Custom Grid Spacing and Locate Origin*, kemudian klik *Edit Grid*. Maka akan muncul tampilan *Define Grid System Data* (seperti gambar 2.7). Atur kembali jarak portal sesuai dengan data perencanaan dan sesuai arah x dan z pada SAP2000 v14.

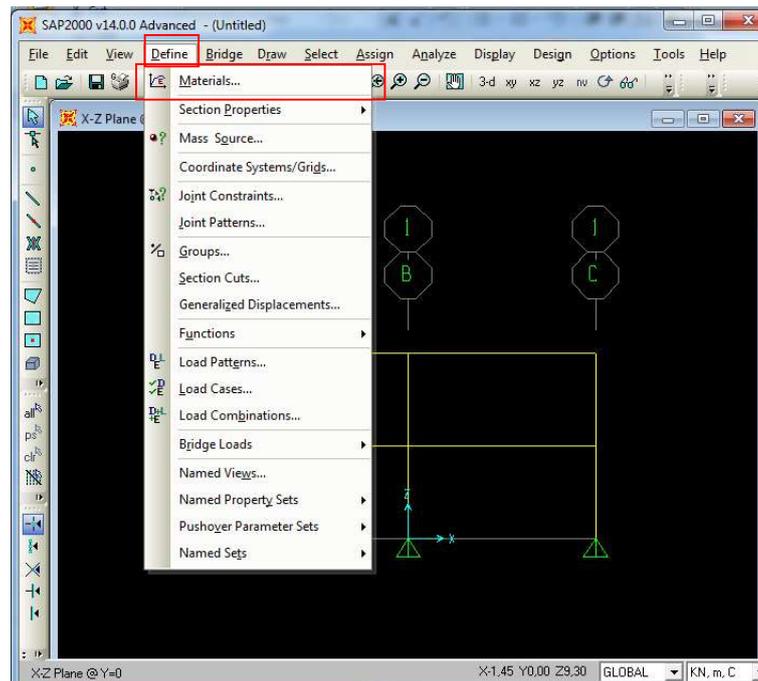


Gambar 2.7 Tampilan *2D Frames*



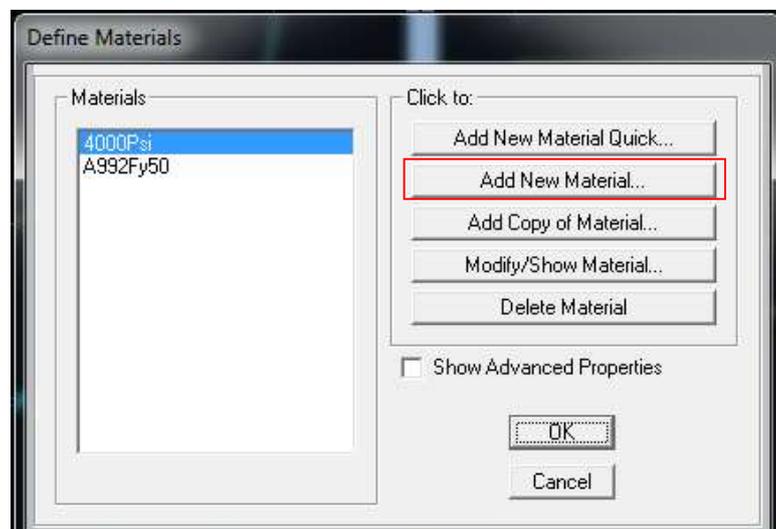
Gambar 2.8 *Define Grid System Data*

- 5.) Menentukan *Material*
- a.) Klik *Define* pada *toolbar*, lalu klik *materials*.



Gambar 2.9 *Toolbar Define Materials*

b.) Kemudian muncul tampilan *Define Materials* dan pilih *Add New Material*.



Gambar 2.10 *Define Materials*

c.) Muncul tampilan *Material Property Data* seperti gambar 2.11. Masukkan data untuk *material* yang akan digunakan.

Untuk *material* beton :

- *Material Type* yang dipilih adalah *Concrete*.
- Masukkan nilai *Weight per Unit Volume* dengan nilai berat jenis beton yaitu 24 KN/m^3 .
- Masukkan mutu beton yang digunakan pada *Specified Concrete Compressive Strenght, f_c'*
- Hitung *Modulus of Elasticity, E* dengan rumus $4700\sqrt{f_c}$ atau $4700*\text{sqr}(f_c)$.

Untuk *material* baja tulangan :

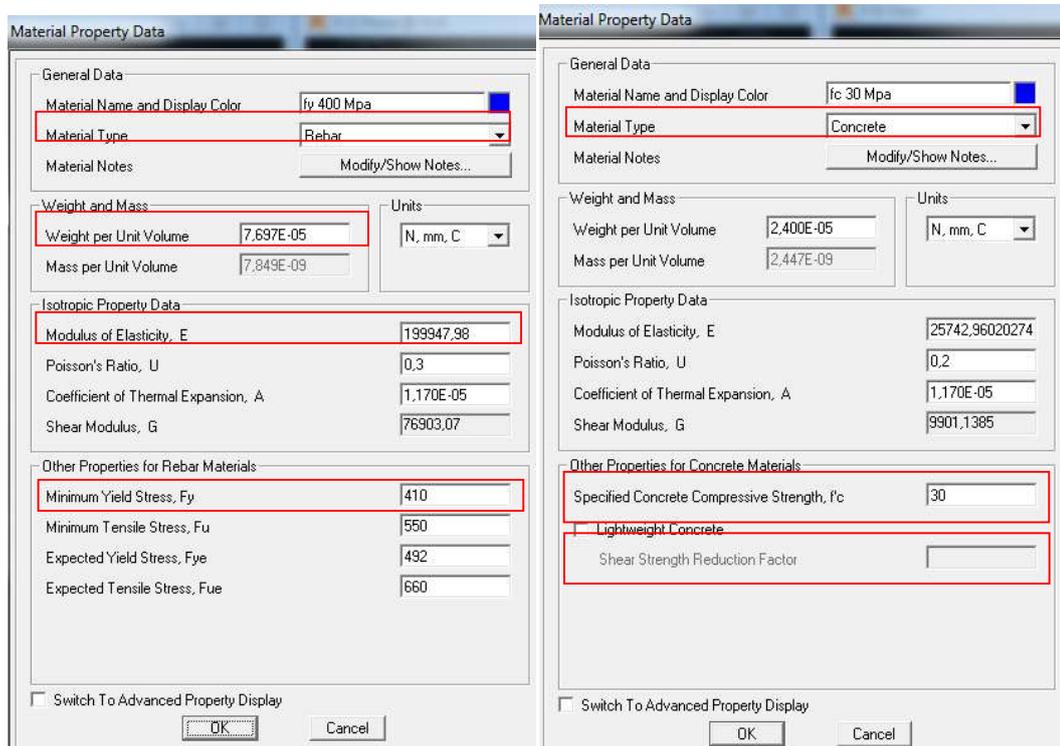
- *Material Type* yang dipilih adalah *Rebar*.
- Masukkan mutu baja tulangan yang digunakan pada f_y dan f_u sesuai tabel 2.6.

Tabel 2.6 Sifat Mekanis Baja Struktural

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, f_u (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

(sumber: SNI 03-1729-2002)

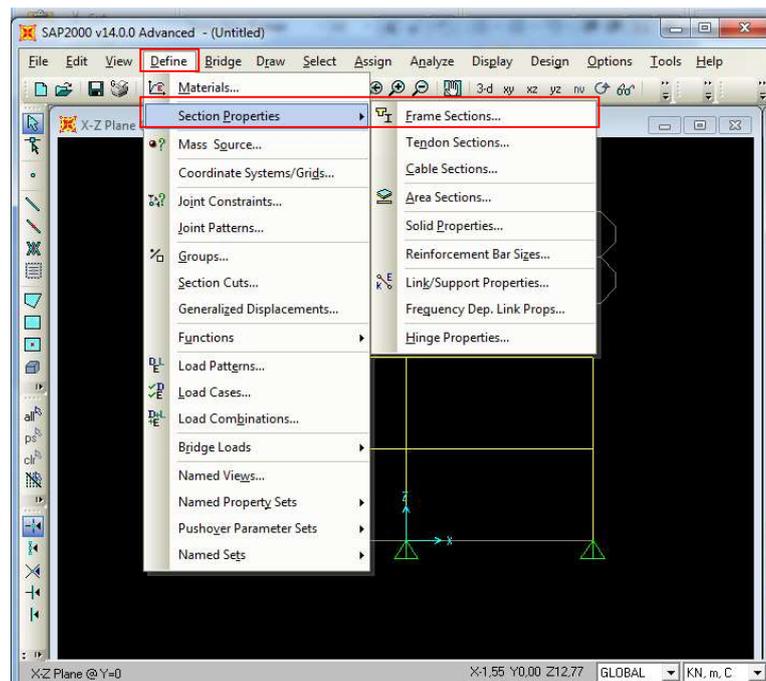
- Hitung f_{ye} dan f_{ue} dengan rumus $f_{ye} = 1,2*f_y$ dan $f_{ue} = 1,2*f_u$.



Gambar 2.11 Material Property Data

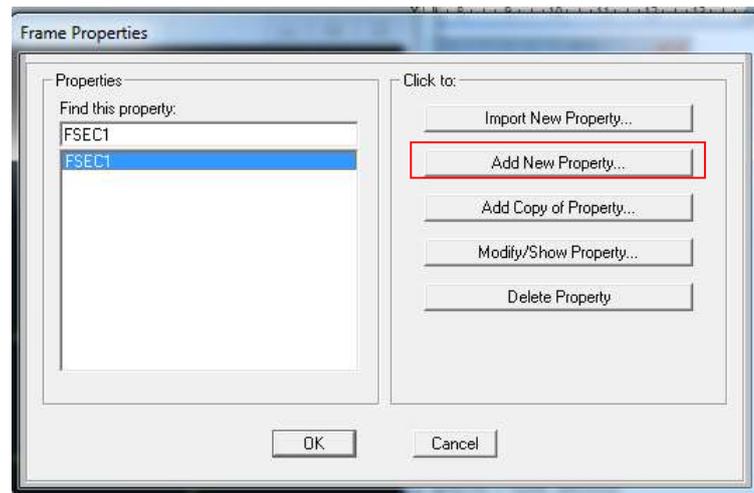
6.) Menentukan dimensi kolom dan balok

a.) Pilih menu pada *toolbar*, *Define* > *section properties* > *Frame sections*.

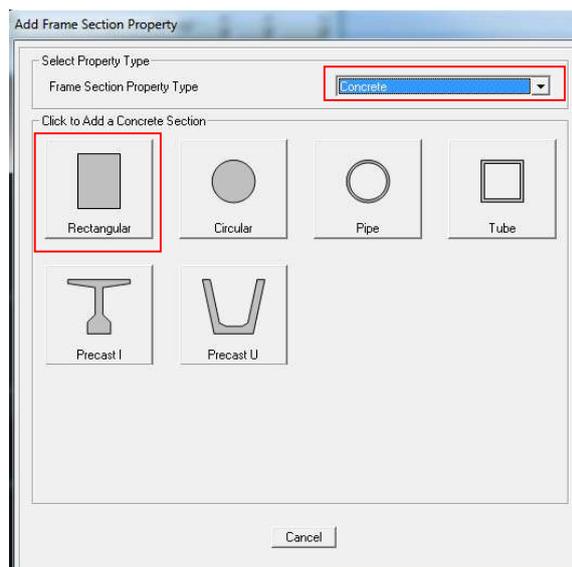


Gambar 2.12 *Toolbar Define Frame Sections*

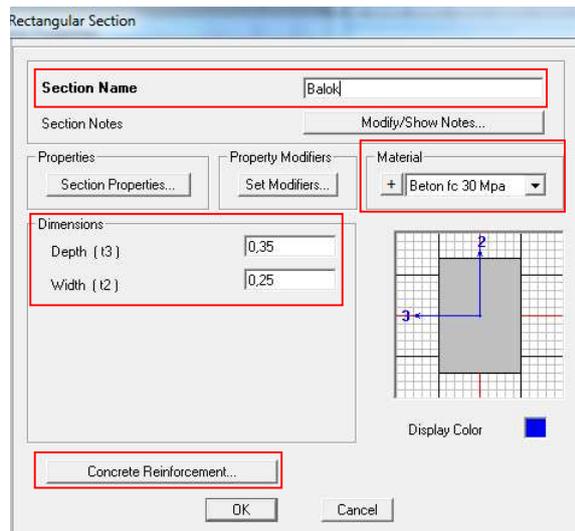
b.)Kemudian muncul tampilan *Frame Sections* dan pilih *Add New Property*.

Gambar 2.13 *Frame Sections*

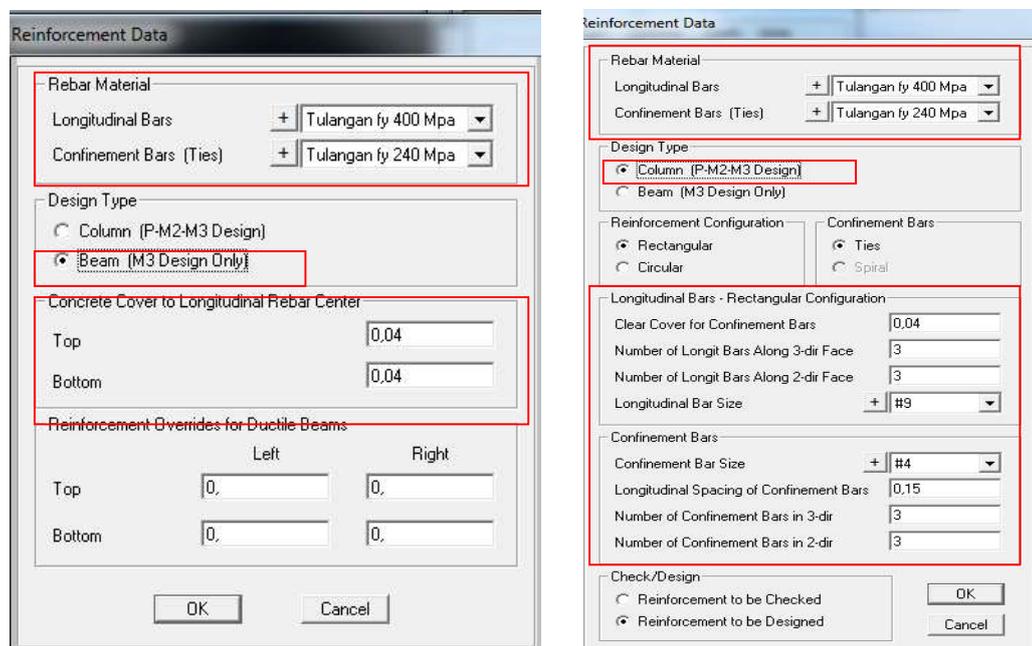
c.) Pada *Select Property Type*, ganti *Frame Section Property Type* menjadi *Concrete*. Lalu pilih *Rectangular* untuk penampang yang berbentuk segiempat.

Gambar 2.14 Tampilan *Add Frame Section Property*

- d.) Ganti *Section Name* dengan nama balok / kolom. Masukkan ukuran tinggi (*Depth*) dan lebar (*Width*) dari balok / kolom serta material sesuai dengan perencanaan. Kemudian klik *Concrete Reinforcement*, klik *Column* (untuk kolom), *Beam* (untuk balok) lalu klik ok.



Gambar 2.15 Tampilan *Rectangular Section*

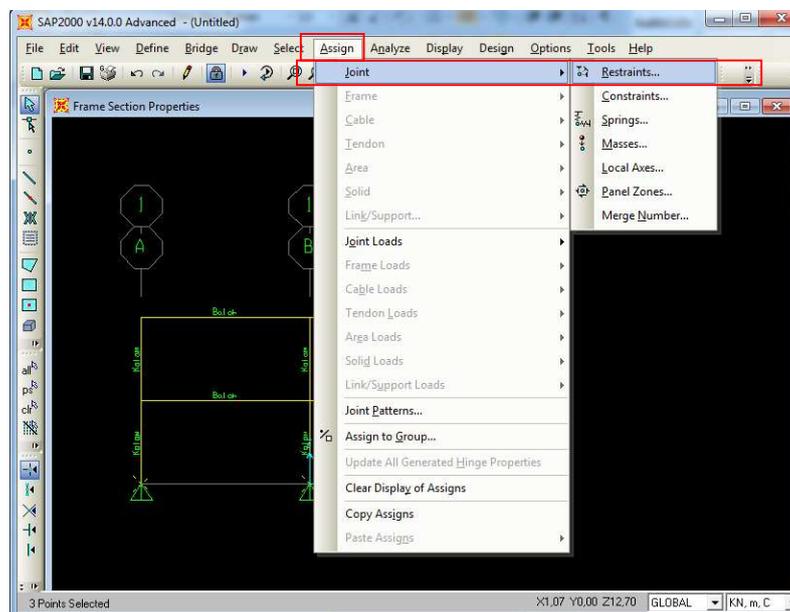


Gambar 2.16 Tampilan *Reinforcement Data*

e.) Untuk mengaplikasikan *frame* balok dan kolom tersebut dengan cara memilih atau blok batang yang merupakan balok atau kolom kemudian pada *toolbar* pilih menu *Assign > Frame > Frame Section* – pilih balok atau kolom.

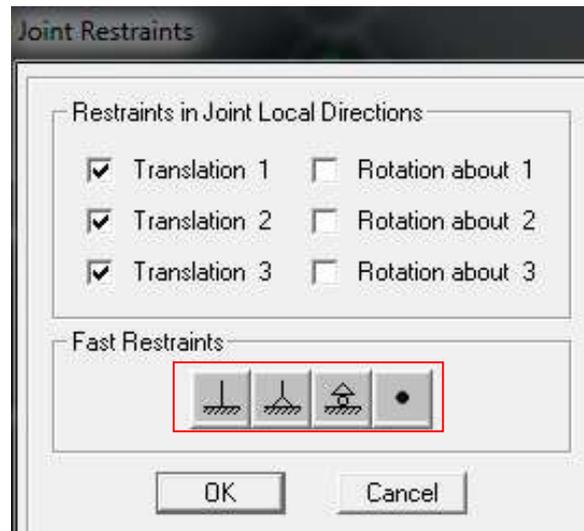
7.) Memasukkan perletakkan pada portal

a.) Pilih *Grid Point* yang akan dipasang perletakkan. Pilih menu pada *Toolbar > Assign > Joint > Restraints*.



Gambar 2.17 *Toolbar Assign*

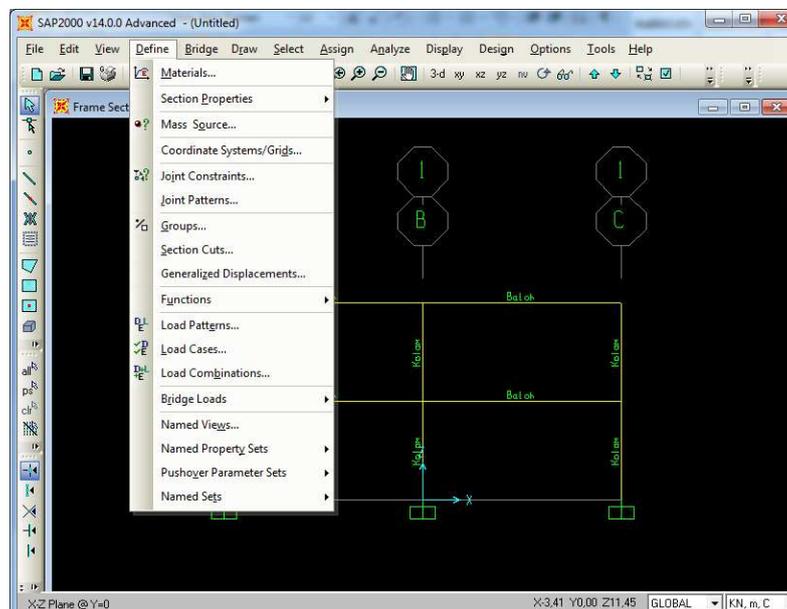
b.) Kemudian muncul tampilan *Joint Restraints*. Pilih perletakkan yang akan dipakai.



Gambar 2.18 Tampilan *Joint Restraints*

8.) Pembebanan

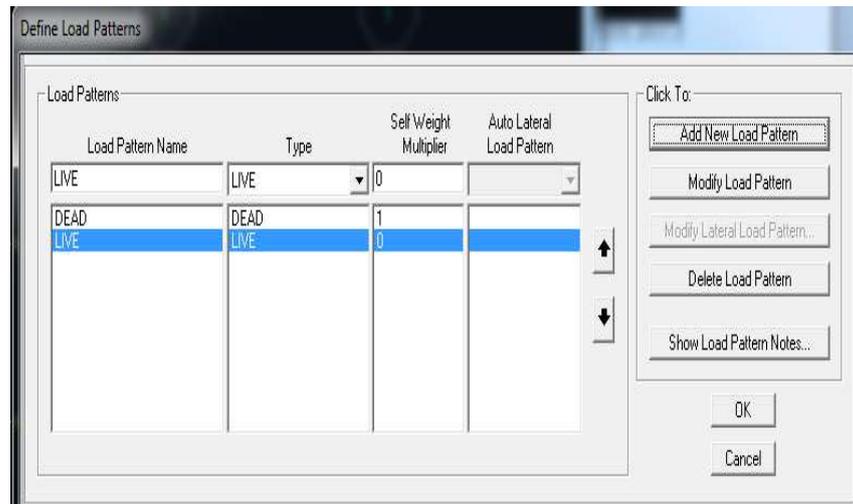
a.) Pilih menu pada *Toolbar > Define > Load Pattern*.



Gambar 2.19 *Toolbar Define*

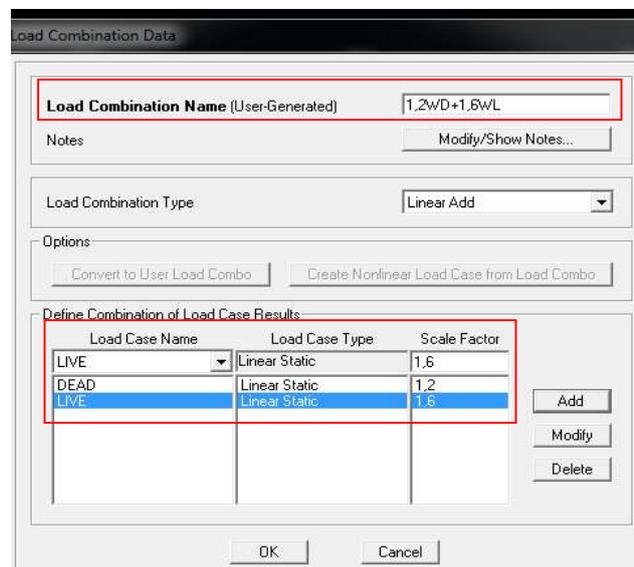
b.) Masukkan nama pembebanan, tipe pembebanan dan nilai koefisiennya.

Klik *Add New Load Pattern*. Kemudian klik ok.



Gambar 2.20 Define Load Pattern

- c.) Pilih menu pada *Toolbar* > *Define* > *Load Cases*.
- d.) Pilih menu pada *Toolbar* > *Define* > *Load Combination*. Masukkan nama kombinasi pembebanan yang digunakan yaitu $1,2WD + 1,6WL$, dan koefisiennya.

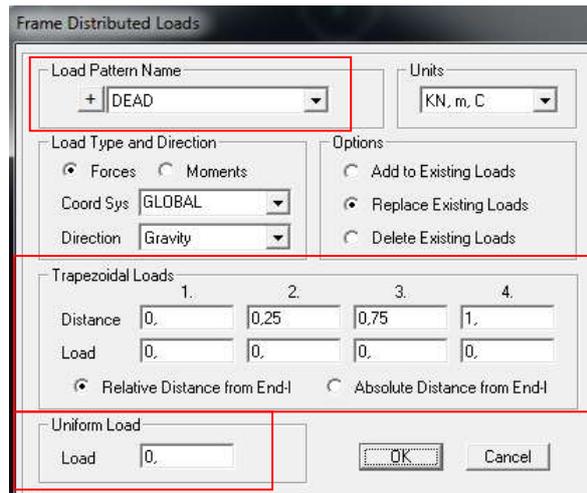


Gambar 2.21 Tampilan Load Combination Data

- e.) Mengaplikasikan beban mati dan beban hidup pada batang dengan cara blok batang yang akan diinput. Kemudian jika :
- Akibat beban merata

Pilih menu pada *Toolbar > Assign > Frame Loads > Distributed*. Pilih pembebanan pada *Load Pattern Name*.

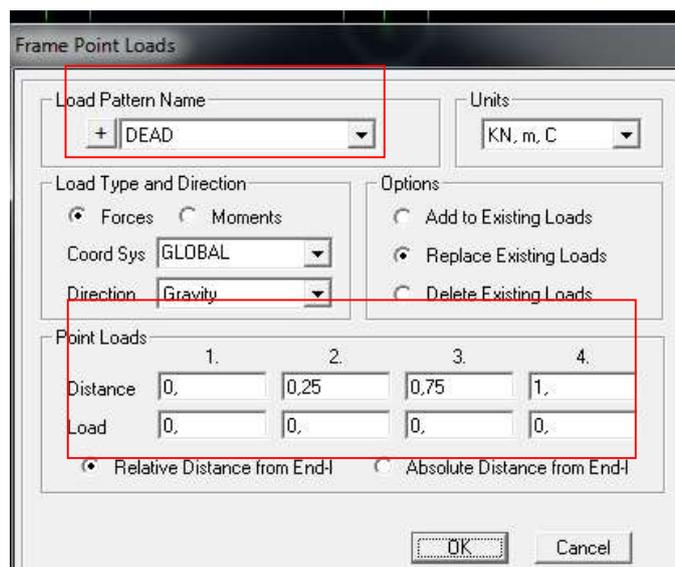
Untuk beban pada jarak tertentu, dapat memasukkan nilai beban pada *Trapezoidal Loads*. Sedangkan untuk beban yang sama rata, dapat memasukkan nilai beba pada *Uniform Load*.



Gambar 2.22 Tampilan *Frame Distributed Loads*

- Akibat beban terpusat

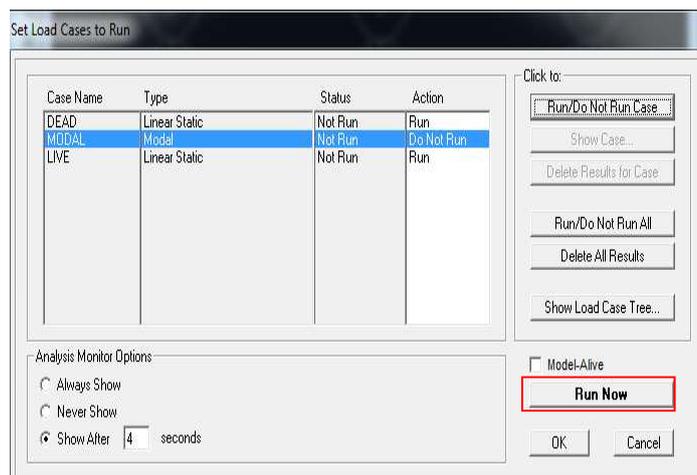
Pilih menu pada *Toolbar > Assign > Frame Loads > Point*. Pilih pembebanan pada *Load Pattern Name*. Masukkan jarak dan nilai beban pada batang tersebut.



Gambar 2.23 Tampilan *Frame Point Loads*

9.) Run Analysis

Untuk mengetahui gaya dan momen pada portal dapat dilakukan dengan cara menganalisis. Pilih menu pada *toolbar* > *Analyze* > *Run Analysis*.



Gambar 2.24 Run Analysis

2.3.6 Sloof

Sloof merupakan salah satu struktur bawah suatu bangunan yang menghubungkan pondasi dan berfungsi sebagai penerima beban dinding di atasnya sehingga bila terjadi penurunan pada pondasi, diharapkan penurunan tersebut dapat tertahan atau akan terjadi penurunan yang bersamaan.

Langkah perhitungan sloof sama seperti pada pondasi. Adapun langkah perhitungan sloof adalah sebagai berikut :

1. Menentukan dimensi, mutu beton, dan mutu tulangan yang akan digunakan.
2. Menghitung pembebanan pada sloof untuk kemudian di proses menggunakan program SAP untuk mendapatkan data gaya dalamnya.
3. Menentukan momen dan gaya geser maksimum berdasarkan hasil analisa menggunakan program SAP.
4. Melakukan perhitungan tulangan lentur lapangan dan tumpuan.
5. Menghitung penulangan geser.

2.3.7 Pondasi

Pondasi adalah 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 (Setiawan, 2016). Penentuan beban pondasi berdasarkan hasil kombinasi beban sesuai SNI 2847-2013 untuk mengetahui jumlah tiang pancang,

Adapun langkah – langkah perhitungan pondasi tiang pancang adalah :

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/cm ²) |
| Atiang / Ab | = Luas Pnampang ujung tiang , (cm ²) |
| 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 Manajemen Proyek

2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat-Syarat Beserta Gambar

Rencana Kerja dan Syarat-syarat adalah dokumen yang berisikan nama proyek berikut dengan penjelasannya berupa jenis, besar dan lokasinya, serta tata cara pelaksanaan, syarat-syarat pekerjaan, syarat mutu pekerjaan, dan keterangan lain yang hanya dapat dijelaskan dalam bentuk RKS. Adapun hal-hal yang terdapat di dalam RKS adalah sebagai berikut :

1. Syarat Umum :
 - a. Keterangan tentang pemberi tugas
 - b. Keterangan mengenai perencanaan
 - c. Syarat-syarat peserta lelang
 - d. Bentuk surat penawaran

2. Syarat administrasi:
 - a. Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan
 - b. Tanggal Penyerahan pekerjaan / barang
 - c. Syarat-syarat pembayaran
 - d. Denda atas keterlambatan
 - e. Besarnya jaminan penawaran
 - f. Besarnya jaminan pelaksanaan

3. Syarat Teknis
 - a. Jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilakukan
 - b. Jenis dan mutu bahan, antara lain bahwa semaksimal mungkin harus menggunakan hasil produksi dalam negeri dengan memperlihatkan potensi nasional

- c. Gambar detail, gambar konstruksi, dan segala sesuatu yang menjadi pelengkap untuk menunjang semua kegiatan di proyek

2.4.2 Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada, dan dihitung dalam setiap jenis pekerjaan. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek.

2.4.3 Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Guna dari harga satuan ini agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari hasil perkalian dengan volume pekerjaan. Analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya (RAB).

2.4.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. (Bachtiar Ibrahim. *Rencana dan Estimate Real of Cost*).

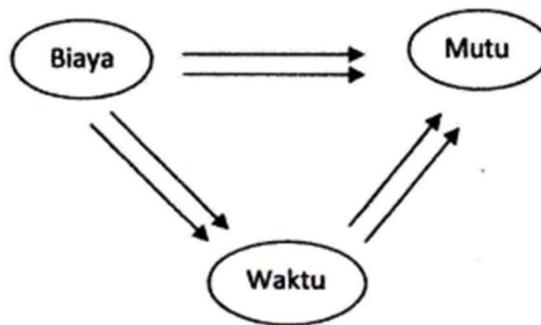
2.4.5 Rencana Pelaksanaan

1. NWP (*Network Planning*)

Network Planning merupakan suatu teknik dalam perencanaan dan pengawasan pekerjaan. Model ini memungkinkan untuk merencanakan prioritas berdasarkan pembagian waktu pelaksanaan dengan cukup efektif, karena dapat dengan jelas diketahui ketergantungan antara suatu kegiatan yang sedang dilakukan dengan kegiatan yang akan dilakukan selanjutnya.

Network Planning memiliki beberapa jenis, yaitu Metode Jalur Kritis (Critical Path Methode / CPM), Precedence Diagram Method (PDM), Program Evaluation and Review Technique (PERT) dan Grafic Evaluation and Review Technique (GERT). Adapun kegunaan Network Planning adalah sebagai berikut :

1. Mengkoordinasi berbagai pekerjaan.
2. Mengetahui apakah suatu pekerjaan tergantung atau tidak dengan pekerjaan lainnya.
3. Mengetahui pekerjaan apa yang harus lebih dahulu diselesaikan.
4. Mengetahui berapa hari suatu proyek dapat diselesaikan.



Gambar 2.25 Diagram *Network Planning*

2. *Barchart*

Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal, sedangkan kolom arah horizontal menunjukkan waktu dan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. Barchart menguraikan tentang uraian setiap pekerjaan mulai dari tahap awal

sampai berakhirnya pekerjaan, bobot pekerjaan dan pelaksanaan pekerjaan.

Keuntungan dari penggunaan Barchart adalah :

1. Bentuknya sederhana
2. Mudah dalam pembuatan
3. Mudah dimengerti

Kekurangan dari penggunaan Barchart adalah :

1. Hubungan antara pekerjaan yang satu dengan yang lain tidak ditunjukkan secara spesifik
2. Sukar mengadakan perbaikan.

3. Kurva “S”

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progres pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. 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. Bentuk dari Kurva S biasanya mempunyai kemiringan yang landai pada tahap permulaan dan tahap akhir pada pelaksanaan proyek.