

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Dalam perencanaan suatu konstruksi gedung diperlukan aturan serta teori dan ilmu tentang kekuatan bahan serta berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia. Ilmu secara teoritis saja tidaklah cukup karena analisis teori hanya pada idealisme struktur, sedangkan gaya-gaya yang terhitung hanya merupakan pendekatan dari keadaan yang sebenarnya.

Perencanaan adalah bagian yang penting dari pembangunan suatu konstruksi bangunan dan perencanaan dari suatu konstruksi bangunan harus memenuhi berbagai syarat konstruksi yang telah ditentukan, yaitu kuat, kaku, kokoh, bentuk yang serasi dan dilaksanakan dengan biaya yang ekonomis tetapi tidak mengurangi mutu dari bangunan tersebut.

2.2 Ruang Lingkup Perencanaan

Ruang lingkup perencanaan meliputi beberapa tahapan-tahapan yaitu persiapan, studi kelayakan, mendesain bangunan, perhitungan struktur dan perhitungan biaya.

2.3 Perencanaan Konstruksi

Struktur adalah suatu kesatuan dan rangkaian dari beberapa elemen yang direncanakan agar mampu menerima beban luar maupun berat sendiri tanpa mengalami perubahan bentuk yang melampaui batas persyaratan.

Ada dua struktur pendukung bangunan yaitu :

1. Struktur bangunan atas (*Upper Structure*)

Struktur bangunan atas harus mampu mewujudkan perencanaan dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi keamanan maupun kenyamanan bagi penggunanya. Untuk itu, bahan

bangunan yang nantinya akan digunakan sebagai bahan dasar dari konstruksi hendaknya memenuhi kriteria sebagai berikut :

- a. Tahan api
- b. Kuat dan Kokoh
- c. Mudah diperoleh, dalam arti tidak memerlukan biaya mobilisasi bahan yang demikian tinggi
- d. Awet untuk jangka waktu pemakaian yang lama
- e. Ekonomis, dengan perawatan yang relatif mudah

Dari kriteria-kriteria yang diatas, maka sebagai komposisi struktur utama dari bangunan ini menggunakan struktur beton bertulang.

Perhitungan perencanaan untuk bangunan struktur bagian atas (*Upper Structure*) ini meliputi :

- a. Perhitungan Pelat Lantai
- b. Perhitungan Tangga
- c. Perhitungan Portal
- d. Perhitungan Balok
- e. Perhitungan Kolom

2. Struktur bangunan bawah (*Sub Structure*)

Struktur bangunan bawah merupakan sistem pendukung bangunan yang menerima beban struktur atas, untuk diteruskan ke tanah dibawahnya.

Perhitungan perencanaan struktur bagian bawah (*Sub Structure*) ini meliputi :

- a. Perhitungan Sloof
- b. Perhitungan Pondasi

2.4 Dasar Perencanaan

Perhitungan struktur bangunan gedung ini berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia, diantaranya :

1. Peraturan Pembebanan Bangunan untuk Rumah dan Gedung (PPUGI, 1983). Pedoman ini digunakan untuk menentukan beban yang diizinkan untuk merencanakan bangunan rumah serta gedung. Ketentuan ini memuat beban-beban yang harus diperhitungkan dalam perencanaan bangunan.
2. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002).
 Dalam tata cara ini terdapat persyaratan-persyaratan dan ketentuan dalam teknis perencanaan, serta pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung sebagai pedoman atau acuan dalam perencanaan dan pelaksanaan untuk mendapatkan struktur yang aman dan ekonomis.
3. Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI oleh Istimawan Dipohusodo.1996.
4. Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 oleh W.C.Vis dan Gideon Kusuma.
5. Analisis dan Desain Pondasi Edisi Keempat Jilid 2 oleh Joseph E.Bowles.

Suatu struktur gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap pembebanan, pembebanan didapat berdasarkan bahan bangunan dan komponen gedung. Adapun jenis pembebanan tersebut 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.

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat diganti selama masa dari gedung itu, sehingga mengakibatkan adanya perubahan dalam

pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap, beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air.

3. Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung dan bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban memperhitungkan adanya tekanan positif dan negatif yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Beban menganggap adanya tekanan positif (*pressure*) dan tekanan negatif/isapan (*suction*) bekerja tegak lurus bidang yang ditinjau.

4. Beban Khusus

Beban Khusus adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang terjadi akibat selisih suhu, pengangkatan dan pemasangan, penurunan pondasi, susut, gaya-gaya tambahan yang berasal dari beban hidup seperti gaya rem yang berasal dari keran, gaya sentrifugal dan gaya dinamis yang berasal dari mesin-mesin, serta pengaruh-pengaruh khusus lainnya.(SNI-03-1727-1989-F)

2.5 Metode Perhitungan

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

2.5.1 Perencanaan Atap

Rangka Atap adalah suatu bagian dari struktur gedung yang berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan penutup atap, sehingga dalam perencanaan pembebanan tergantung dari jenis penutup atap yang digunakan.

1. Pembebanan

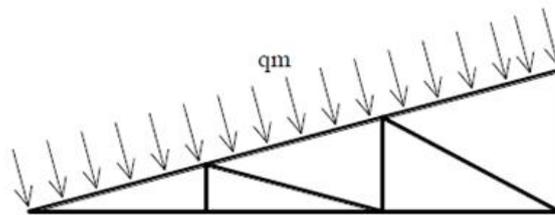
Pembebanan yang bekerja pada rangka atap adalah :

a. Beban Mati

Beban mati adalah beban dari semua bagian atap yang tidak bergerak, beban tersebut adalah :

1. Beban sendiri kuda-kuda
2. Beban penutup atap
3. Beban gording

Pembebanan mati yang bekerja pada rangka atap terlihat pada gambar 2.1 berikut :



Gambar 2.1 Pembebanan Mati

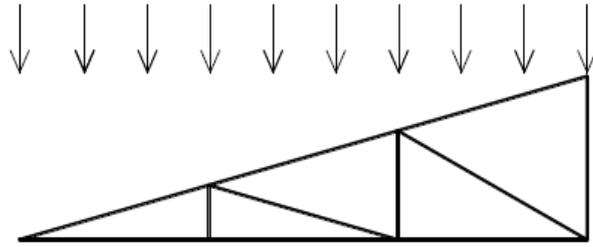
b. Beban hidup

Beban hidup adalah beban yang terjadi akibat pengerjaan maupun akibat penggunaan gedung itu sendiri termasuk didalamnya, antara lain :

1. Beban pekerja
2. Beban air hujan

Koefisien beban hujan = $(40 - 0,8\alpha)$ kg/m² (PPPURG, SKBI-1.3.53.1987 hal 7)

Pembebanan hidup yang bekerja pada rangka atap terlihat pada gambar 2.2 berikut :



Gambar 2.2 Pembebanan Hidup

3. Beban angin

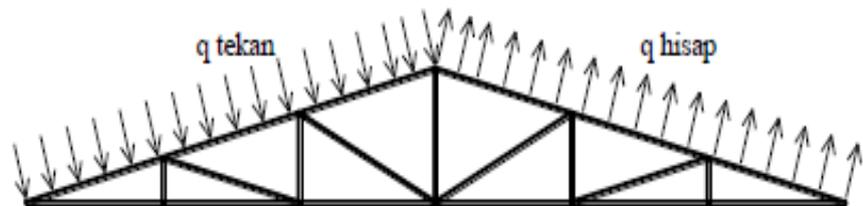
Untuk atap segitiga majemuk ($\alpha < 65^\circ$)

Angin tekan = $(0,02\alpha - 0,4)w$

Angin hisap = $w - 0,4$

$W = \min 25 \text{ kg/m}^2$ (PPIUG 1987, hal 6)

Pembebanan angin yang bekerja pada rangka atap terlihat pada gambar 2.3 berikut :

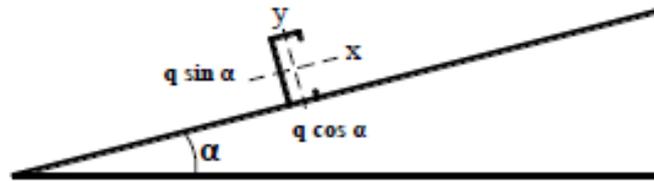


Gambar 2.3 Pembebanan Angin

2. Gording

Gording adalah balok atap yang berfungsi sebagai pengikat yang menghubungkan antar kuda-kuda. Gording juga menjadi dudukan untuk kasau dan balok jurai dalam. Struktur gording direncanakan pembebanannya berdasarkan beban mati dan beban hidup. Kombinasi pembebanan yang ditinjau adalah beban pada saat pemakaian yaitu beban mati ditambah beban air hujan, sedangkan beban sementara yaitu beban-beban mati ditambah beban pekerja pada saat pelaksanaan. Apabila gording ditempatkan dibawah penutup atap, maka komponen beban atap dipindahkan tegak lurus ke gording, maka

terjadi pembebanan sumbu ganda dan terjadi momen pada sumbu x dan sumbu y yaitu M_x dan M_y



Gambar 2.4 Gording Kanal

$$q_{uy} = q_u \cdot \cos \alpha$$

$$q_{ux} = q_u \cdot \sin \alpha$$

a. Kontrol Kekuatan

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{ux}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \leq 1 \dots\dots\dots (2.1)$$

b. Kontrol Lendutan

$$\Delta = \frac{1}{48} \cdot \left(\frac{P \cdot L^3}{E \cdot I} \right) \quad \rightarrow \text{untuk beban terpusat ditengah bentang}$$

$$\Delta = \frac{5}{348} \cdot \left(\frac{q \cdot L^4}{E \cdot I} \right) \quad \rightarrow \text{untuk beban merata}$$

$$\Delta = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2} \leq \frac{L}{240}$$

3. Sambungan Pada Profil Baja

Sambungan terdiri dari komponen sambungan (pelat pengisi, pelat buhul, pelat pendukung, dan pelat penyambung) dan alat pengencang (baut dan las). Sambungan tipe tumpu adalah sambungan yang dibuat dengan menggunakan baut yang dikencangkan dengan tangan, atau baut mutu tinggi yang dikencangkan untuk menimbulkan gaya tarik minimum yang disyaratkan, yang kuat rencananya disalurkan oleh gaya geser pada baut dan tumpuan pada bagian-bagian yang disambungkan.

1. Tebal rencana las

Tebal rencana las ditetapkan sebagai berikut:

- a. Las Tumpul Penetrasi Penuh: tebal rencana las untuk las tumpul penetrasi penuh adalah ukuran las;
- b. Las Tumpul Penetrasi Sebagian: tebal rencana las untuk las tumpul penetrasi sebagian ditetapkan sesuai dengan ketentuan dibawah ini:
 Sudut antara bagian yang disambung $\leq 60^\circ$
 Satu sisi: $tt = (d - 3)$ mm
 Dua sisi: $tt = (d_3 + d_4 - 6)$ mm
 Sudut antara bagian yang disambung $> 60^\circ$
 Satu sisi: $tt = d$ mm
 Dua sisi: $tt = (d_3 + d_4)$ mm
 dengan d adalah kedalaman yang dipersiapkan untuk las (d_3 dan d_4 adalah nilai untuk tiap sisi las).
 (SNI 03-1729-2002)

2. Kekuatan tumpu penetrasi penuh

Kuat las tumpul penetrasi penuh ditetapkan sebagai berikut:

- a. Bila sambungan dibebani dengan gaya tarik atau gaya tekan aksial terhadap luas efektif maka,
 $\varphi_y R_{nw} = 0,9tt f_y$ (bahan dasar)
 $\varphi_y R_{nw} = 0,9tt f_{yw}$ (las)
- b. Bila sambungan dibebani dengan gaya geser terhadap luas efektif maka,
 $\varphi_y R_{nw} = 0,9tt (0,6 f_y)$ (bahan dasar)
 $\varphi_y R_{nw} = 0,8tt (0,6 f_{uw})$ (las)

Keterangan:

$\varphi_y = 0,9$ adalah faktor reduksi kekuatan saat leleh,

f_y, f_u adalah tegangan leleh dan tegangan tarik putus (Mpa)

(SNI 03-1729-2002)

3. Ukuran Las Sudut

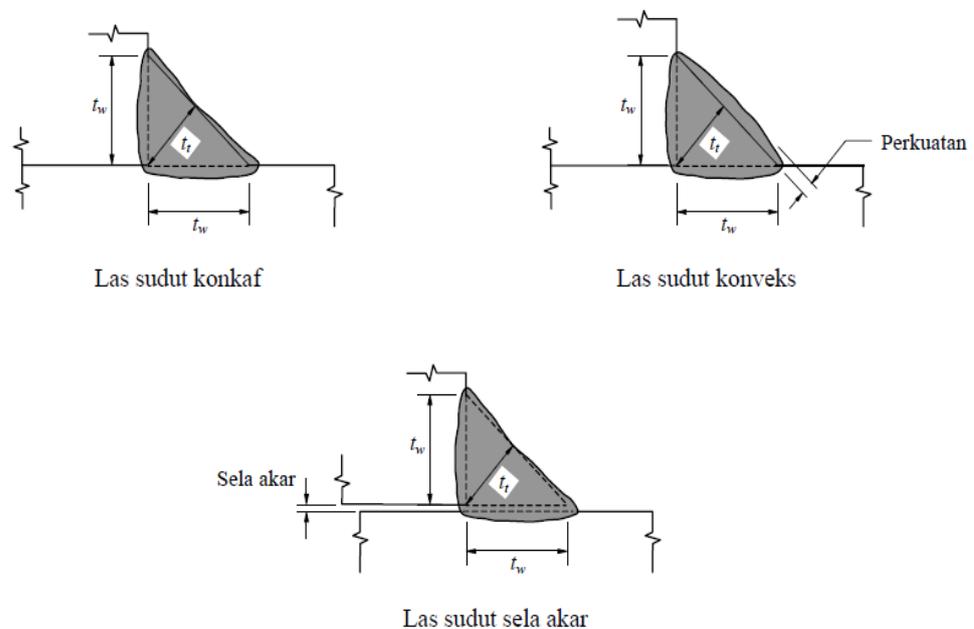
Ukuran minimum las sudut, selain dari las sudut yang digunakan untuk memperkuat las tumpul, ditetapkan sesuai dengan Tabel 2.1 kecuali bila ukuran las tidak boleh melebihi tebal bagian yang tertipis dalam sambungan.

Tabel 2.1 Ukuran minimum las sudut

Tebal bagian paling tebal, t [mm]	Tebal minimum las sudut, t_w [mm]
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$15 < t$	6

(Sumber: SNI 03-1729-200 hal 108)

Dapat dilihat ukuran-ukuran las sudut pada Gambar 2.5 dibawah ini :



Gambar 2.5 Ukuran Las Sudut

(Sumber : SNI 03-1729-2002)

2 Kuat las sudut

Las sudut yang memikul gaya terfaktor per satuan panjang las, R_u , harus memenuhi:

$$R_u \leq \phi R_{nw}$$

dengan,

$$\phi f R_{nw} = 0,75tt (0,6 f_{uw}) \text{ (las)}$$

$$\phi f R_{nw} = 0,75tt (0,6 f_u) \text{ (bahan dasar)}$$

dengan $\phi f = 0,75$ faktor reduksi kekuatan saat fraktur

Keterangan:

f_{uw} adalah tegangan tarik putus logam las, (Mpa)

f_u adalah tegangan tarik putus bahan dasar, (Mpa)

tt adalah tebal rencana las, (mm)

(SNI 03-1729-2002)

2.5.7 Perencanaan Pelat Beton

Pelat beton bertulang dalam suatu struktur bangunan biasanya dipakai pada konstruksi lantai dan atap. Berdasarkan geometrinya pada pelat yang ditumpu balok pada keempat sisinya, perhitungan terdiri dari dua jenis, yaitu :

1. Pelat satu arah (*One Way Slab*)
2. Pelat dua arah (*Two Way Slab*)

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan pelat beton adalah sebagai berikut :

1. Pelat Satu Arah (*One Way Slab*)

Pelat satu arah yaitu pelat beton bertulang dimana tulangnya hanya direncanakan untuk memikul gaya-gaya dalam satu arah.

Suatu pelat dianggap sebagai pelat satu arah apabila :

$$\frac{L_y}{L_x} \geq 2 \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

L_y = bentang panjang bersih

L_x = bentang pendek bersih

Adapun prosedur perencanaan untuk pelat satu arah yaitu sebagai berikut:

1. Penentuan tebal pelat

Tebal minimum yang ditentukan dalam Tabel 2.2 berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menahan atau bersatu dengan konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan.

Tebal minimum yang telah ditentukan untuk konstruksi satu arah adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Minimum Balok atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung

Komponen Struktur	Tebal Minimum, h			
	Dua Tumpuan Sederhana	Satu Ujung Menerus	Kedua Ujung Menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang akan rusak karena lendutan yang besar			
Pelat Masif satu Arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau Pelat Rusuk Satu Arah	1/16	1/18.5	1/21	1/8

Sumber : Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI-03-2847-2002 hal 63).

Catatan :

- a. Panjang bentang (mm) = bentang bersih + tebal kolom = jarak dari as ke as
- b. Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal ($w_c = 2.400 \text{ kg/m}^3$) dan tulangan BJTD 40. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasikan sebagai berikut :
 - untuk struktur beton ringan dengan berat jenis diantara $1.500-2.000 \text{ kg/m}^3$, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003 w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09, dimana w_c adalah berat jenis dalam kg/m^3 .
 - Untuk selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

2. Hitung beban rencana total (W_u)

$$W_u = 1,2 W_{DL} + 1,6 W_{LL} \dots\dots\dots (2.3)$$

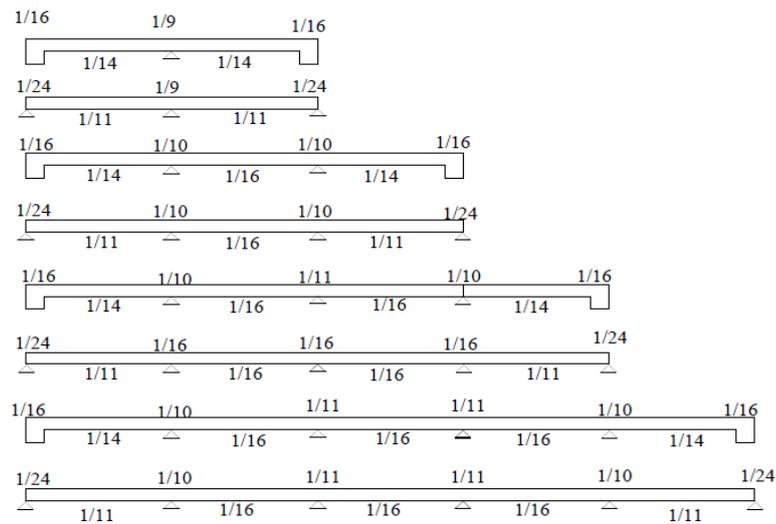
3. Hitung momen rencana (M_u)

Dengan menggunakan metode pendekatan berdasarkan SNI 2002 Pasal 8.3.3 metode pendekatan ini dapat digunakan untuk menentukan momen lentur dan gaya geser dalam perencanaan balok menerus dan pelat satu arah.

Koefisien momen dikalikan $W_u L_n^2$.

Balok sprandel/Terletak bebas/Sederhana (sendi atau rol).

Gambar 2.6 dibawah ini adalah metode pendekatan yang digunakan untuk momen lentur dan gaya geser.



Gambar 2.6 Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang W.C.Vis dan Gideon Kusuma,halaman 75

4. Perkiraan Tinggi Efektif (d_{eff})

$$d_{\text{eff}} = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan pokok}$$

Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan yang terdapat pada tabel 2.3 :

Tabel 2.3 Tebal Selimut Beton Minimum Untuk Beton Bertulang

NO	Klasifikasi Beton	Tebal selimut beton minimum (mm)
1	Beton yang dicor langsung diatas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
2	Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca : Batang D-19 atau D-56	50
	Batang D-16 atau jaring kawat polos P16 atau kawat ulir D16 yang lebih kecil	40

(Sumber : SNI 03-2847-2002 hal.41)

Lanjutan Tabel 2.3

NO	Klasifikasi Beton	Tebal selimut beton minimum (mm)
3	Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton yang tidak langsung berhubungan dengan tanah : <u>Pelat, Dinding, Pelat Rusuk</u> Batang D-44 dan D-56	40
	Batang D-36 dan batang yang lebih kecil	20
	<u>Balok, Kolom</u> Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral	40
	<u>Komponen struktur cangkang, pelat lipat :</u> Batang D-19 yang lebih besar	20
	Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil	15

(Sumber : SNI 03-2847-2002 hal.41)

5. Hitung K_{perlu}

$$k = \frac{M_u}{\phi b d_{eff}^2} \dots\dots\dots (2.4)$$

 $\phi = 0,8$ (berdasarkan SNI 2002 pasal 9.3 Kuat tekan rencana)6. Tentukan rasio penulangan (ρ)

Tabel A-8 sampai A-37 berdasarkan Buku Istimawan Dipohusodo 1996 hal.462-500

Jika ($\rho > \rho_{maks}$), maka pelat dibuat lebih tebal7. Hitung A_s yang diperlukan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.5)$$

8. Dengan menggunakan tabel A-5 (Istimawan Dipohusodo 1996, halaman 459) pilih tulangan baja pokok yang akan dipasang.

9. Pilih tulangan susut dan suhu

Tulangan susut dan suhu (SNI 2002, pasal 7.12)

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

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

2. Pelat Dua Arah (*Two Way Slab*)

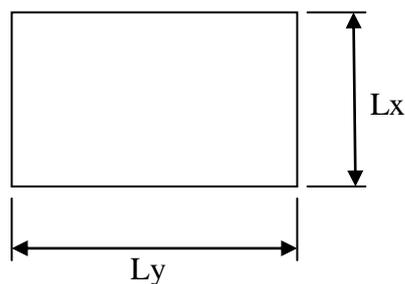
Pelat dua arah yang ditumpu pada keempat tepinya adalah struktur statis tak tentu. Suatu pelat dianggap sebagai pelat dua arah apabila :

$$\frac{L_y}{L_x} \leq 2 \text{ (2.6)}$$

Dimana :

L_y = bentang panjang bersih

L_x = bentang pendek bersih



Gambar 2.7 L_y dan L_x pada Pelat Dua Arah

Berikut adalah prosedur perencanaan perhitungan pelat dua arah :

1. Tentukan syarat-syarat batas dan bentangnya
Pelat ditumpu bebas pada tembok sebagai bentang dapat dianggap jarak pusat ke pusat tumpuan.

2. Hitung h minimum pelat

Tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- a. Untuk α_m yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan tabel 2.4 dibawah ini :

Tabel 2.4 Tebal Minimum Pelat Dua Arah

Tegangan Leleh (Mpa)	Tanpa Penebalan			Dengan Penebalan		
	Panel Luar		Panel Dalam	Panel Luar		Panel Dalam
	Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir		Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir	
300	Ln/33	Ln/36	Ln/36	Ln/36	Ln/40	Ln/40
400	Ln/30	Ln/33	Ln/33	Ln/33	Ln/36	Ln/36
500	Ln/28	Ln/31	Ln/31	Ln/31	Ln/34	Ln/34

Sumber : (Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang Gedung, SNI 03-2847-2002 hal.66)

- b. Untuk α_m lebih besar dari 2,0 ketebalan plat minimum tidak boleh kurang dari (harus memenuhi) :

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

Dan tidak boleh kurang dari 120 mm

- c. Untuk α_m lebih besar dari 2,0 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36\beta + 9\beta}$$

Dan tidak boleh kurang dari 90 mm

Dimana :

$$\alpha_m = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s}$$

E_{cb} = Modulus Elastisitas Balok beton

E_{cs} = Modulus Elastisitas Pelat Beton

I_b = Inersia balok ($\frac{bh^3}{12}$)

I_s = Inersia pelat beton ($\frac{Ln \cdot t^3}{12}$)

Ln = Jarak bentang bersih (mm)

h = Tinggi balok

t = Tebal pelat

β = Rasio bentang panjang bersih pelat terhadap bentang pendek bersih pelat

(Sumber : Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal. 244)

3. Perhitungan Pembebanan

$$W_u = 1,2 W_{DL} + W_{LL} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

DL = Beban mati

LL = Beban hidup

4. Mencari Momen Rencana

Momen yang menentukan per meter lebar dalam jalur tengah pada pelat dua arah akibat beban terbagi rata dapat di lihat pada tabel 2.5 sebagai berikut :

Tabel 2.5 Momen Rencana

Skema	Penyaluran beban berdasarkan 'metode amplop' kali w_u sesuai l_x	Momen per meter lebar	$\frac{l_y}{l_x}$							
			1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0
i		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	41	54	67	79	87	97	110	117
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	41	35	31	28	26	25	24	23
ii		$m_{lx} = \frac{1}{2} m_{lx}$								
		$m_{ly} = \frac{1}{2} m_{ly}$								
iii		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	25	34	42	49	53	58	62	65
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	25	22	18	15	15	15	14	14
iv		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	51	63	72	78	81	82	83	83
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	51	54	55	54	54	53	51	49
v		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	30	41	52	61	67	72	80	83
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	30	27	23	22	20	19	19	19
vi		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	68	84	97	106	113	117	122	124
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	68	74	77	77	77	76	73	71
vii		$m_{lx} = \frac{1}{2} m_{lx}$								
		$m_{ly} = \frac{1}{2} m_{ly}$								
viii		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	24	36	49	63	74	85	103	113
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	33	33	32	29	27	24	21	20
ix		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	69	85	97	105	110	112	112	112
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$								
x		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	33	40	47	52	55	58	62	65
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	24	20	18	17	17	17	16	16
xi		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	69	76	80	82	83	83	83	83
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$								
xii		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	31	45	58	71	81	91	106	115
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	39	37	34	30	27	25	24	23
xiii		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	91	102	108	111	113	114	114	114
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$								
xiv		$m_{lx} = \frac{1}{2} m_{lx}$								
		$m_{ly} = \frac{1}{2} m_{ly}$								
xv		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	39	47	57	64	70	75	81	84
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	31	25	23	21	20	19	19	19
xvi		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	91	98	107	113	118	120	124	124
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$								
xvii		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	25	36	47	57	64	70	79	83
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	28	27	23	20	18	17	16	16
xviii		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	54	72	88	100	108	114	121	124
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	60	69	74	76	76	76	73	71
xix		$m_{lx} = \frac{1}{2} m_{lx}$								
		$m_{ly} = \frac{1}{2} m_{ly}$								
xx		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	28	37	45	50	54	58	62	65
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	25	21	19	18	17	17	16	16
xxi		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	60	70	76	80	82	83	83	83
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	54	55	55	54	53	53	51	49
xxii		$m_{lx} = \frac{1}{2} m_{lx}$								
		$m_{ly} = \frac{1}{2} m_{ly}$								

5. Menentukan tinggi efektif (d_{eff})

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

$$d_y = h - \text{tebal selimut beton} - \phi \text{ tulangan pokok } x - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan arah } y$$

6. Mencari tulangan dari momen yang didapat (K_{perlu})

Tentukan nilai K untuk mendapatkan nilai ρ (rasio tulangan) yang didapat dari tabel.

$$K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \dots\dots\dots (2.8)$$

K = faktor panjang efektif komponen struktur tekan (MPa)

M_n = Momen terfaktor pada penampang (KN/m)

b = lebar penampang (mm) diambil 1m

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

ϕ = faktor kuat rencana (SNI 2002 Pasal 11.3, hal 61 butir ke.2)

Syarat : $\rho_{\text{min}} \leq \rho \leq \rho_{\text{maks}}$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

Apabila $\rho < \rho_{\text{min}}$ maka dipakai tulangan $\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y}$

Jika $\rho > \rho_{\text{max}}$, maka pelat dibuat lebih tebal

7. Hitung luas tulangan (A_s) yang dibutuhkan

$$A_s = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d$$

(sumber : Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang oleh W.C.Vis dan Gideon Kusuma, halaman 92)

A_s = Luas tulangan (mm²)

P = rasio penulangan

d = tinggi efektif pelat (mm)

Untuk tulangan suhu dan susut dihitung berdasarkan peraturan SNI 2002 Pasal 9.12, yaitu :

$A_{s_{\text{min}}}$ 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 0,0018
- c. Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35% adalah $0,0018 \times 400/f_y$.

$A_{S_{min}}$ harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari lima kali tebal pelat, atau 450 mm.

8. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan suhu dan susut dengan menggunakan tabel
9. Menggambarkan detail penulangan pelat.

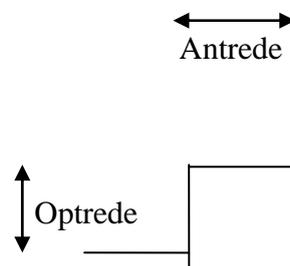
2.5.3 Perhitungan Tangga

Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan yang berfungsi sebagai jalur yang mempunyai undak-undak (*trap*) yang menghubungkan satu lantai dengan lantai di atasnya. Tangga ini mempunyai beberapa bagian seperti pondasi tangga, ibu tangga, anak tangga dan pagar tangga.

Tangga terdiri dari anak tangga. Anak tangga terdiri dari dua, yaitu :

1. *Antrede* (Langkah datar), adalah dari anak tangga dan pelat tangga bidang horizontal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.
2. *Optrede* (Langkah tegak), yaitu bagian dari anak tangga pada bidang vertikal yang merupakan selisih tinggi antara 2 buah anak tangga yang berurutan.

Pada Gambar 2.8 menjelaskan posisi *optrede* dan *antrede* sebagai berikut:



Gambar 2.8 Anak Tangga

Syarat-syarat umum tangga :

- a. Tangga harus mudah dijalani atau dinaiki
- b. Tangga harus cukup kuat dan kaku
- c. Ukuran tangga harus sesuai dengan sifat dan fungsinya

- d. Material yang digunakan untuk pembuatan tangga terutama pada gedung-gedung umum harus berkualitas baik, tahan dan bebas dari bahaya kebakaran.
- e. Letak tangga harus strategis
- f. Sudut kemiringan tidak lebih dari 45°

$$\text{Sudut Kemiringan} = \tan (\text{tinggi tangga/panjang tangga})$$

Syarat-syarat khusus tangga :

- a. Untuk bangunan rumah tinggal
 - Antrede = 25 cm (minimum)
 - Optrede = 20 cm (maksimum)
 - Lebar tangga = 80-100 cm
- b. Untuk perkantoran dan lain-lain :
 - Antrede = 25 cm (minimum)
 - Optrede = 17 cm (maksimum)
 - Lebar tangga = 120-200 cm
- c. Syarat langkah

$$2 \text{ optrede} + 1 \text{ antrede} = 58-70 \text{ cm}$$
- d. Sudut kemiringan

$$\text{Maksimum} = 45^\circ$$

$$\text{Minimum} = 25^\circ$$

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan tangga :

- a. Menentukan ukuran antrede dan optrede setelah diketahui tinggi ruangan yang akan dibuatkan tangga
- b. Menentukan jumlah antrede dan optrede
- c. Menentukan panjang tangga
- d. Menghitung pembebanan tangga
 - 1. Beban mati
 - Berat sendiri tangga

$$Q = \frac{\text{antride. optride}}{2} \cdot 1\text{m. } \gamma_{\text{beton. Anak tangga}}$$

- Berat sendiri bordes
- Berat spesi dan ubin
- Beban sandaran

2. Beban hidup

e. Perhitungan tangga dengan metode cross

$$K = \frac{4EI}{L} \dots\dots\dots (2.9)$$

(sumber : Metode Distribusi Momen / Metode Cross, oleh Drs.Syahrial AS hal.5)

Faktor Distribusi

$$\mu = \frac{K}{\Sigma K} \dots\dots\dots (2.10)$$

(Sumber :Metode Distribusi Momen/Metode Cross, oleh Drs.Syahrial AS hal.6)

Momen Primer

$$M_{AB} = \frac{1}{12} \times W_u \times L^2 \dots\dots\dots (2.11)$$

(Sumber : Metode Distribusi Momen/Metode Cross, oleh Drs.Syahrial AS hal.15)

Bidang Gaya Dalam D, N dan M

$$N = V. \sin \alpha + H. \cos \alpha$$

$$N = V. \cos \alpha + H. \sin \alpha$$

f. Merencanakan tulangan

- Menentukan momen yang bekerja
- Mencari tulangan yang diperlukan
- Mengontrol tulangan
- Menentukan jarak spasi
- Merencanakan tulangan torsi dan geser

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \dots\dots\dots \text{didapat nilai } \rho$$

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

(Sumber : Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, W.C.Vis dan Gideon Kusuma halaman 45)

Tulangan pembagi :

$$A_s = 0,25 \cdot b \cdot h$$

Tulangan geser :

$$v = \frac{V}{b.d} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dengan V adalah gaya rencana pada penampang yang ditinjau

(Sumber : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang Gedung, SNI 03-2847-2002 halaman 245)

2.5.4 Perencanaan Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sebagai satu kesatuan yang lengkap. Sebelum merencanakan portal terlebih dahulu kita harus mendimensi portal.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pendimensian portal adalah sebagai berikut :

1. Pendimensian balok

Tebal minimum balok ditentukan dalam SK SNI 03-2847-2002 hal.63 adalah untuk balok dengan dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum $\frac{1}{16}$, untuk balok dengan satu ujung menerus memiliki tebal minimum $\frac{1}{21}$, untuk balok kantilever $\frac{1}{8}$.

2. Pendimensian kolom

3. Analisa pembebanan

4. Menentukan gaya-gaya dalam

Dalam menghitung dan menentukan besarnya momen yang bekerja pada suatu struktur bangunan, kita mengenal metode perhitungan dengan metode cross, takabeya, ataupun metode dengan menggunakan bantuan komputer yaitu menggunakan metode elemen hingga (program SAP 2000 V14). Portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati dan hidup.

1. Portal akibat beban mati

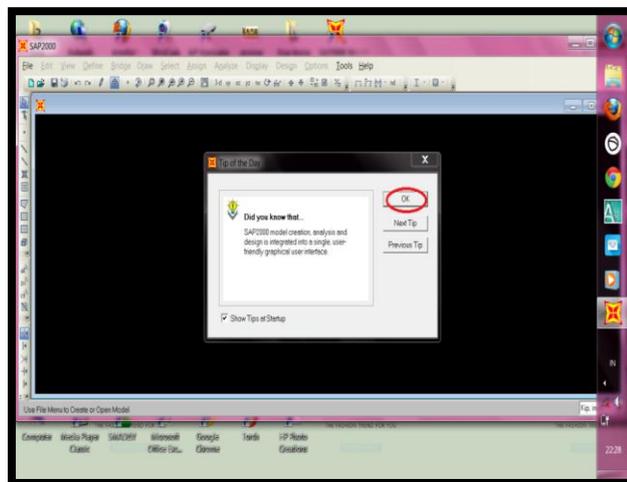
Portal ini ditinjau pada arah memanjang dan melintang

Pembebanan pada portal, yaitu :

- a. Beban sendiri pelat
- b. Berat plafond + penggantung
- c. Berat penutup lantai
- d. Berat adukan
- e. Berat dari pasangan dinding bata

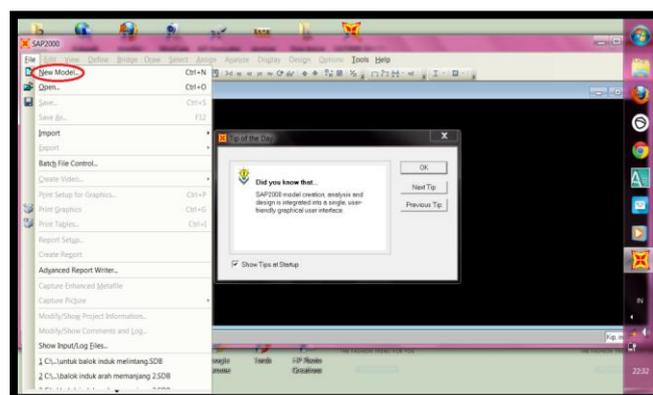
Langkah-langkah menghitung portal dengan menggunakan Program SAP 2000.V14:

- 1) Buat model struktur memanjang
 - a. Membuka aplikasi SAP 2000 V14, maka akan keluar tampilan seperti Gambar 2.9 berikut ini :



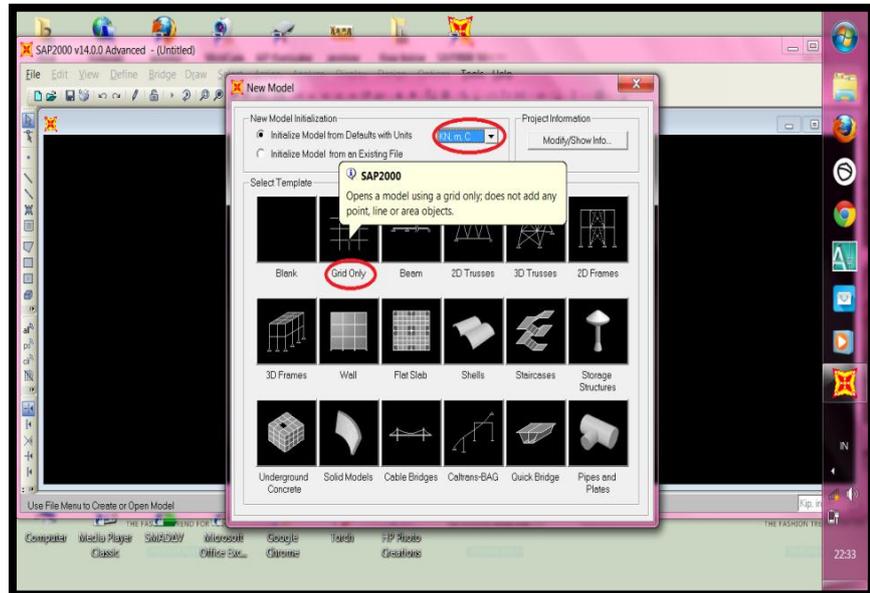
Gambar 2.9 Tampilan Awal dari SAP

- b. Klik *File* pada menu utama, kemudian pilih *New Model* seperti pada Gambar 2.10 :



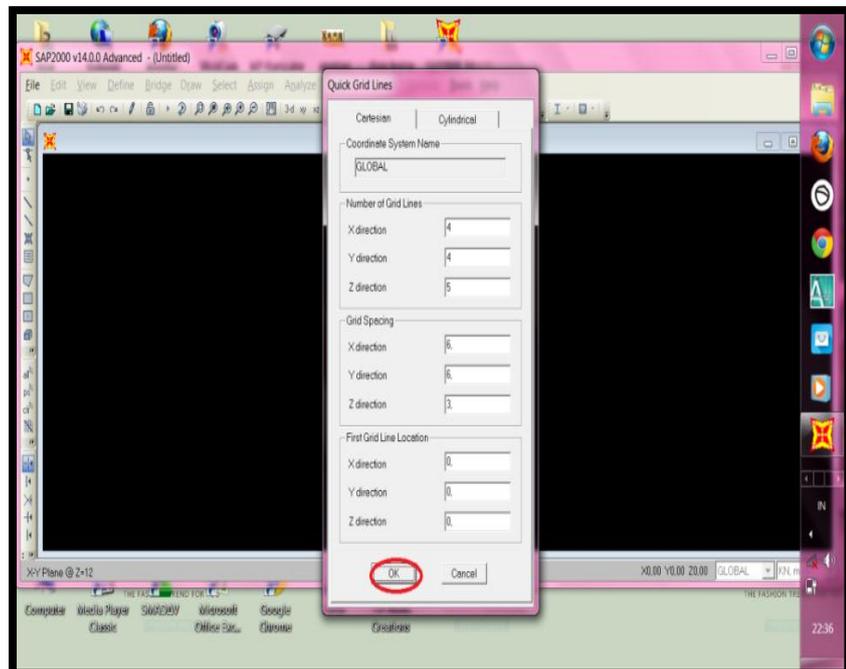
Gambar 2.10 Tampilan Awal Membuat Model Struktur

- c. Memilih satuan dalam KN, m, C dan mengklik model grid 2D seperti pada pada Gambar 2.11 :



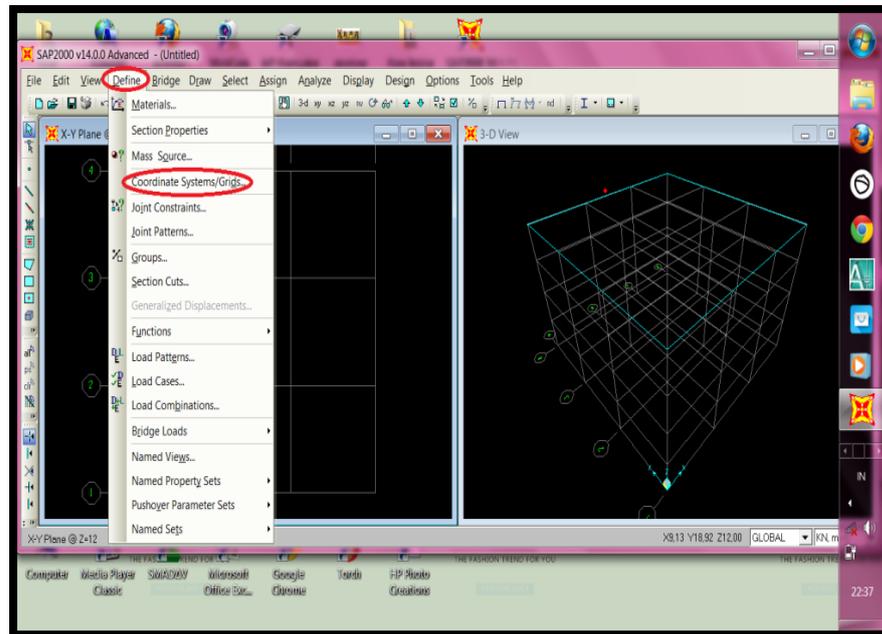
Gambar 2.11 Model struktur konstruksi

- d. Kemudian akan muncul *coordinate system name* dan meng-klik “OK” seperti pada tampilan Gambar 2.12 berikut ini :



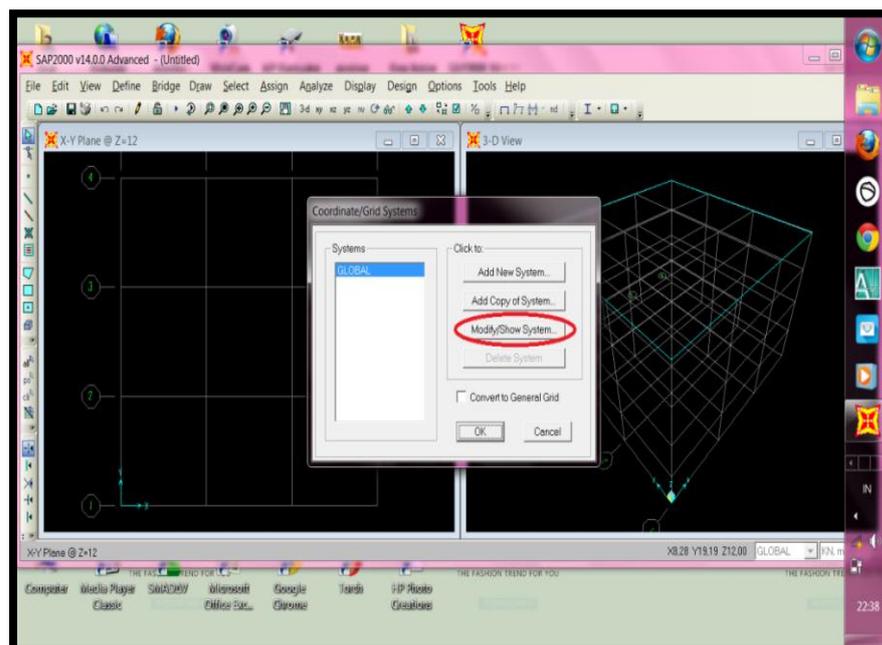
Gambar 2.12 *Coordinate System Name*

- e. Setelah itu, mengklik *Define* dan memilih *Coordinate System/Grids* seperti pada Gambar 2.13 :



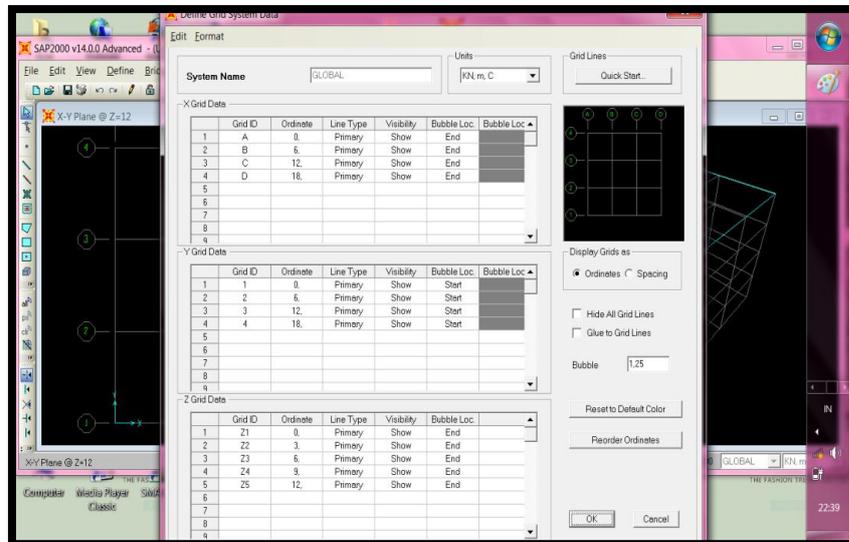
Gambar 2.13 *Define* dan *Coordinate System*

- f. Klik *Modify / Show System* seperti pada Gambar 2.14 berikut :



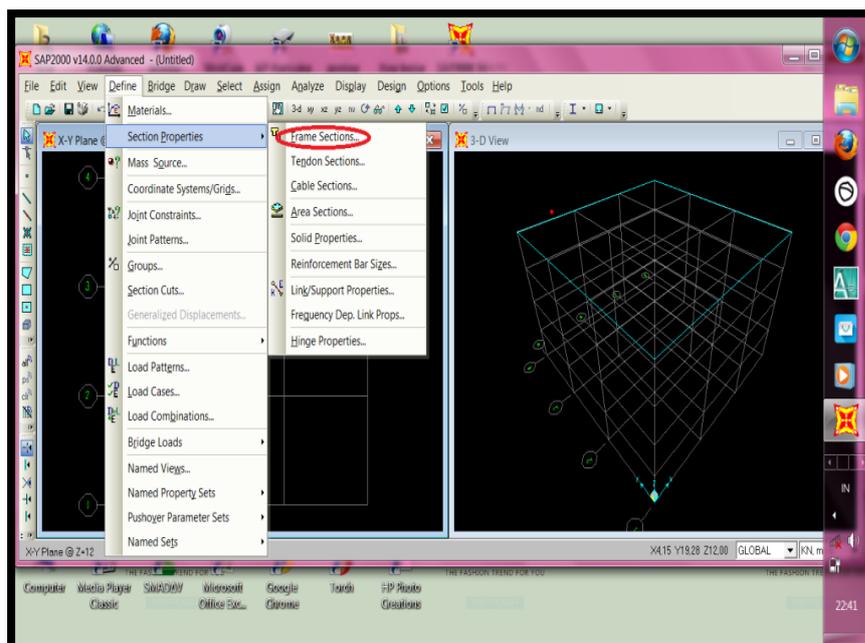
Gambar 2.14 *Modify/Show System*

g. Mengisi Grid Data yang dibutuhkan untuk membuat portal seperti pada Gambar 2.15 berikut :



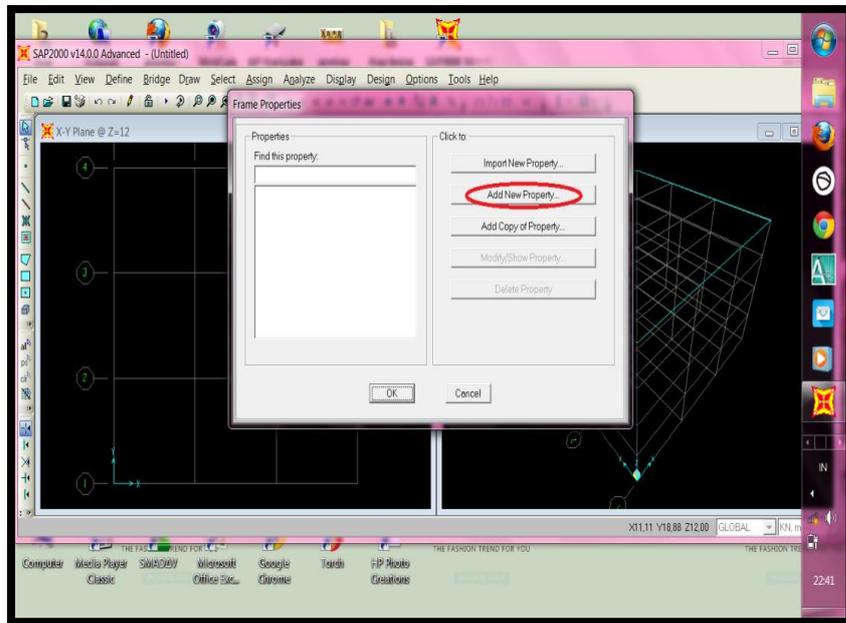
Gambar 2.15 Define Grid System Data

h. Mengklik *Define*, kemudian *section properties* kemudian pilih *Frame Section* seperti pada Gambar 2.16 berikut :



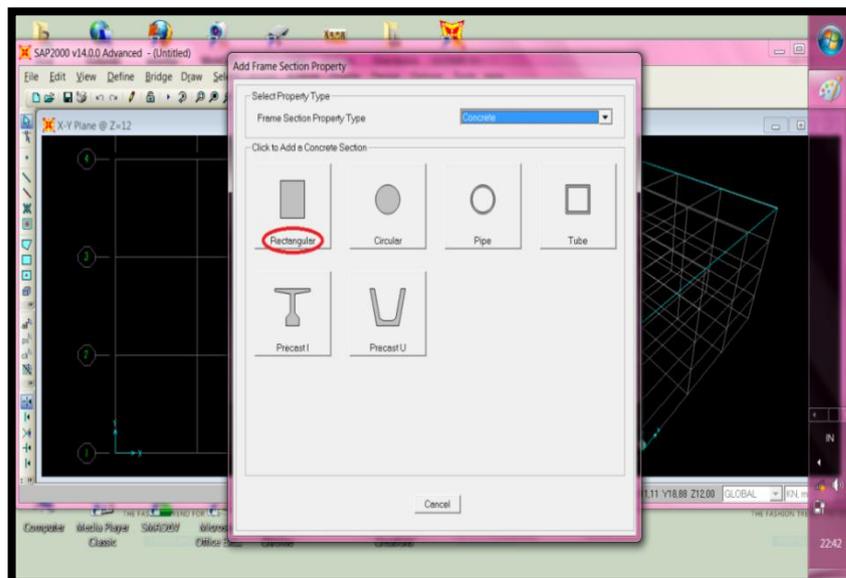
Gambar 2.16 Frame Section

- i. Pilih dan klik *Add New Property* untuk membuat balok atau kolom seperti pada Gambar 2.11 :



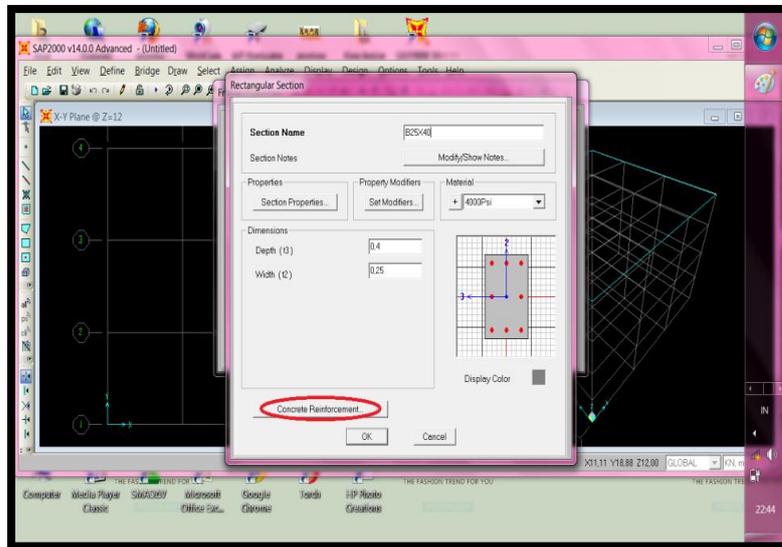
Gambar 2.17 Add New Property

- j. Memilih *Concrete* pada *Frame Section Property Type* dan klik *rectangular* seperti pada Gambar 2.18 berikut :



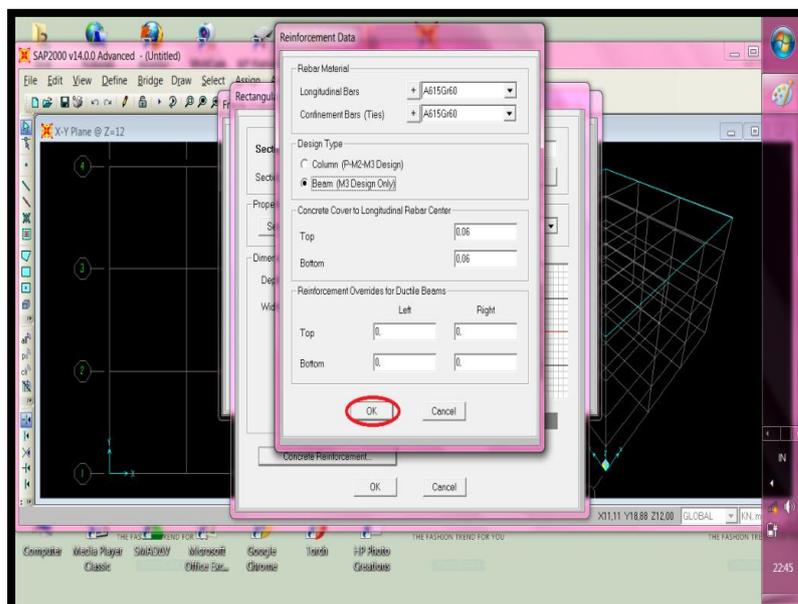
Gambar 2.18 Add Frame Section Property

- k. Kemudian mengisi *Section Name* dan mengisi *Depth* dan *Width* sesuai dengan ukuran yang direncanakan dan klik *Concrete Reinforcement* seperti pada Gambar 2.19 :



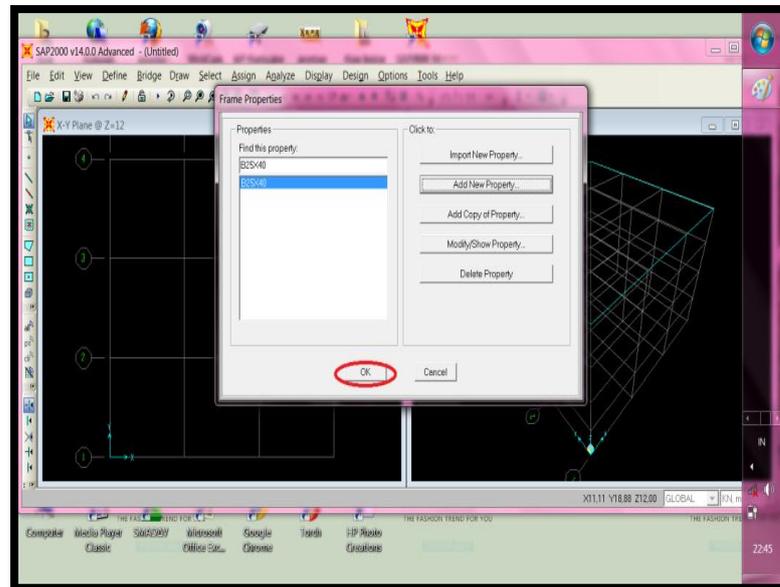
Gambar 2.19 *Rectangular Section*

- l. Mengklik *Beam* untuk membuat balok dan *Column* untuk membuat kolom seperti pada Gambar 2.20 seperti berikut :



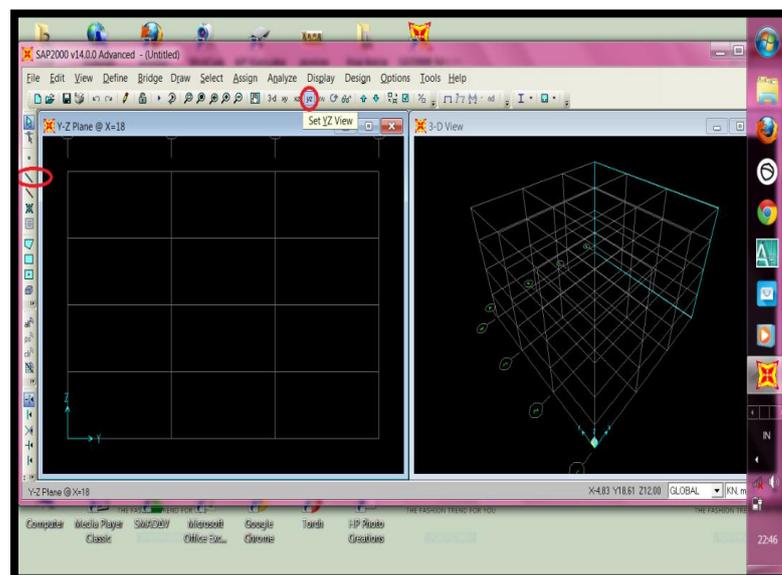
Gambar 2.20 *Reinforcement Data*

- m. Klik “OK” untuk menandakan bahwa *property* yang dibuat telah selesai seperti pada Gambar 2.21 berikut :



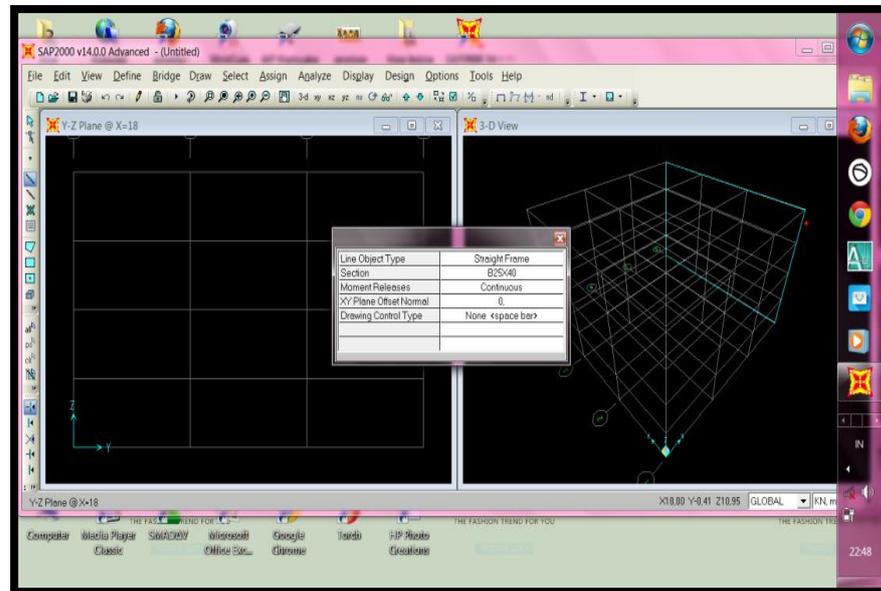
Gambar 2.21 *Properties*

- n. Memilih *yz* untuk menampilkan portal bagian samping dan mengklik *Draw Frame / Cable Element* untuk membuat gambar balok seperti pada Gambar 2.22 berikut :



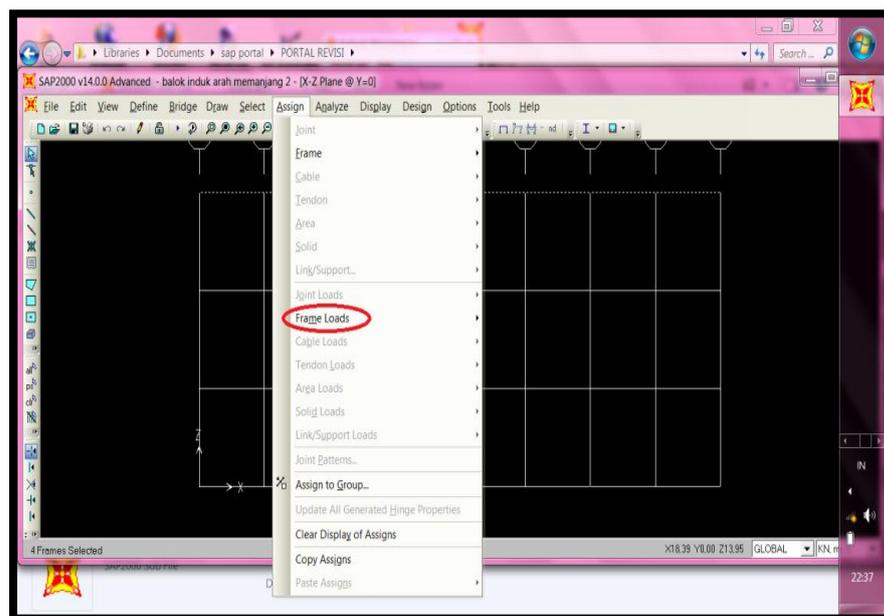
Gambar 2.22 *set yz view dan Draw Frame*

- o. Setelah mengklik *Draw Frame* akan tampil kotak dialog seperti pada gambar 2.23 berikut :



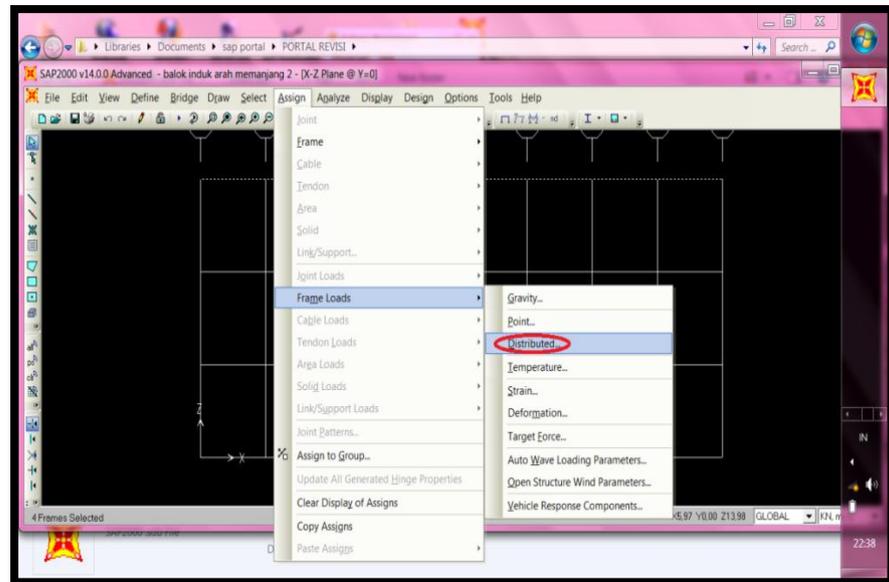
Gambar 2.23 Kotak dialog

- p. Mengklik *Assign* dan *Frame Loads* untuk memasukkan beban seperti pada Gambar 2.24 berikut :



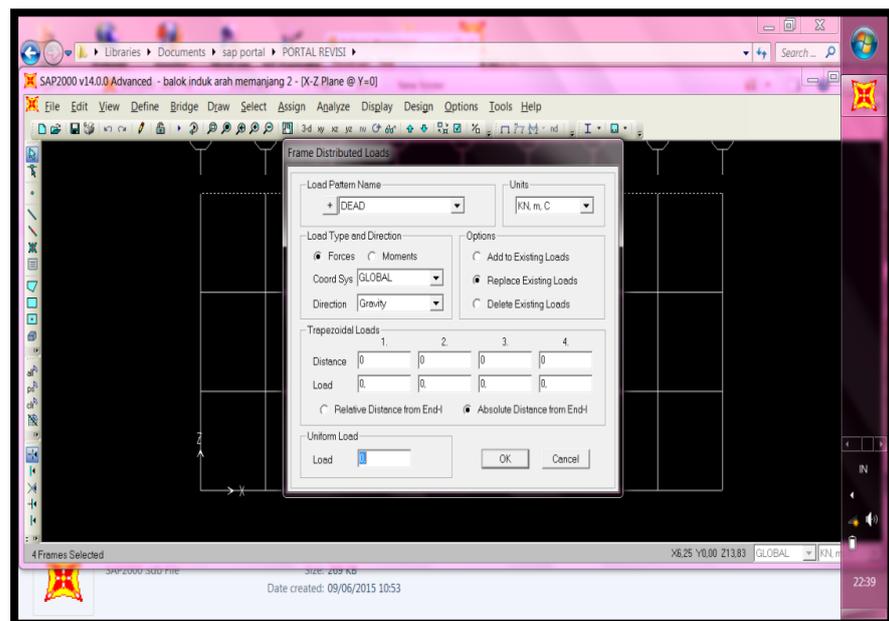
Gambar 2.24 Assign dan *Frame Loads*

- q. Memilih *Distributed* untuk memasukkan beban seperti pada Gambar 2.25 berikut :



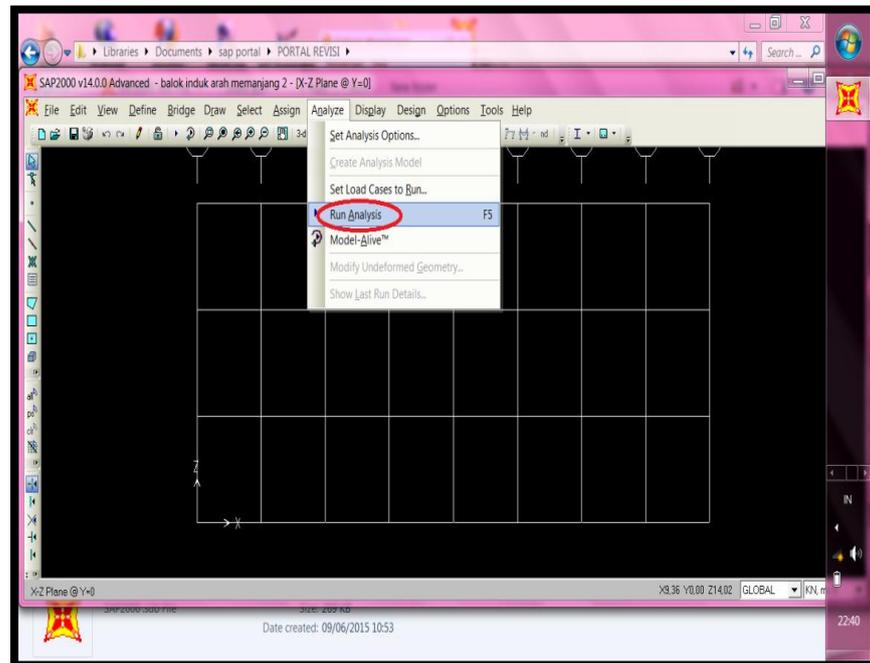
Gambar 2.25 *Distributed*

- r. Memilih *Load Pattern Name* dan mengisi *Load* sesuai dengan pembebanan seperti tampilan Gambar 2.26 berikut :



Gambar 2.26 *Frame Distributed Loads*

- s. Mengklik *Analyze* dan memilih *Run Analysis* seperti pada Gambar 2.27 berikut :



Gambar 2.27 *Run Analysis*

2. Portal akibat beban hidup

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang. Perhitungan portal menggunakan cara yang sama dengan perhitungan portal akibat beban mati.

Pembebanan pada portal akibat beban hidup :

- a. Beban hidup untuk pelat lantai diambil sebesar 250 kg/m^2 (Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung SKBI-1.3.53.19876 hal.12)
- b. Beban hidup pada atap diambil sebesar 100 kg/m^2

2.5.5 Perencanaan Balok

Beberapa jenis balok beton bertulang berdasarkan perencanaan lentur dan berdasarkan tumpuannya.

1. Berdasarkan perencanaan lentur jenis balok dibedakan sebagai berikut :

a. Balok persegi dengan tulangan tunggal

Balok persegi dengan tulangan tunggal merupakan balok yang hanya mempunyai tulangan tarik saja dan dapat mengalami keruntuhan akibat lentur.

b. Balok persegi dengan tulangan rangkap

Apabila besar penampang suatu balok dibatasi, mungkin dapat terjadi keadaan dimana kekuatan tekan beton tidak dapat memikul tekanan yang timbul akibat bekerjanya.

c. Balok “ T ”

Balok “ T “ merupakan balok yang berbentuk huruf T dan bukan berbentuk persegi, sebagian dari pelat akan bekerja sama dengan bagian atas balok untuk memikul tekan.

2. Berdasarkan tumpuannya, balok dibagi menjadi 2 antara lain :

a. Balok Induk

Balok induk adalah balok yang bertumpu pada kolom. Balok ini berguna untuk memperkecil tebal pelat dan mengurangi besarnya lendutan yang terjadi. Balok anak direncanakan berdasarkan gaya maksimum yang bekerja pada balok yang berdimensi sama. Untuk merencanakan balok induk perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Menentukan mutu beton yang akan digunakan

2. Menghitung pembebanan yang terjadi, seperti :

- Beban mati
- Beban hidup
- Beban balok

3. Menghitung beban *ultimate*

- $U = 1,2 DL + 1,6 LL$
- $U = 1,05 (D + LR \pm E)$
- $U = 0,9 (D \pm E)$

4. Menghitung momen dan gaya geser rencana yang terjadi

- Menghitung momen lentur maksimum dengan cara :

a. Menentukan momen maksimum

b. Menentukan d_{efektif}

$$d_{\text{efektif}} = h - p - \emptyset_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tulangan utama}}$$

c. Menentukan R_n

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset \cdot b \cdot d^2} \dots \dots \dots (2.13)$$

d. Menentukan ρ

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} \dots \dots \dots (2.14)$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho \cdot b$$

$$= 0,75 \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots \dots \dots (2.15)$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$$

Bila $\rho < \rho_{\text{min}} \rightarrow$ pakai ρ_{min}

e. Perhitungan tulangan

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

- Menghitung gaya geser rencana dengan rumus :

$$V_{u,b} = 0,7 \frac{M_{\text{kap}} + M_{\text{kap}}'}{l_n} + 1,05 + V_g$$

Tetapi gaya geser maksimum balok tidak perlu lebih dari

$$V_{u,b} = 1,05 \left(V_{D,b} + V_{L,b} + \frac{4,0}{K} + V_{E,b} \right)$$

Keterangan :

M_{kap} : Momen nominal aktual ujung komponen dengan memper- hitungkan.

M_{kap}' : Momen kapasitas di balok sendi plastis pada bidang muka kolom di sebelahnya.

l_n : Bentang bersih balok

V_D : Gaya geser balok akibat beban mati

V_L : Gaya geser balok akibat beban hidup

V_{EB} : Gaya geser balok akibat beban gempa

5. Perencanaan perhitungan geser balok dengan ketentuan :

$$\frac{V_u}{\phi} \leq V_s + V_c$$

$$V_c = \left\{ \frac{\sqrt{f_r c}}{6} \right\} \times b_w \times d \rightarrow \text{untuk komponen struktur yang hanya dibebani oleh geser dan lentur saja (SK SNI 03-2847-2002 13.3.1 (1))}$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \rightarrow \text{bila digunakan tulangan geser } \perp \text{ terhadap sumbu aksial komponen struktur (SK SNI 03-2847-2002 13.5.6 (2)).}$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y (\sin \alpha + \cos \alpha) \cdot d}{s} \rightarrow \text{bila tulangan geser dipakai sengkang miring (SK SNI 03-2847-2002 13.5.6 (4))}$$

b. Balok anak

Balok anak adalah balok yang bertumpu pada balok induk atau tidak bertumpu langsung pada kolom. Balok ini berguna untuk memperkecil tebal pelat dan mengurangi besarnya lendutan terjadi. Untuk merencanakan balok anak beton bertulang sama dengan perhitungan balok induk.

2.5.6 Perencanaan Kolom

Kolom adalah suatu komponen struktur bangunan yang diberi beban tekan sentris atau beban tekan eksentris. Pada struktur yang sederhana, kolom sering merupakan bagian dari struktural rangka. Bila pada kolom bagian atas dan bawah berhubungan kaku dengan komponen horizontal (balok), maka tegangan yang bekerja pada kolom, selain

tegangan aksial mungkin juga terdiri dari tegangan yang disebabkan momen lentur.

Ketentuan-ketentuan yang harus diperhatikan dalam perencanaan struktur kolom bangunan adalah sebagai berikut :

1. Rasio penulangan (ρ)

Jumlah luas penampang tulangan pokok memanjang kolom dibatasi dengan rasio penulangan ρ_g antara 0,01-0,08. Penulangan yang lazim dilakukan antara 1,5% sampai 3% dari luas penampang kolom.

2. Tulangan pokok

Penulangan pokok memanjang kolom berpengikat spiral minimal terdiri dari 6 batang, sedangkan untuk kolom berpengikat sengkang bentuk segi empat atau lingkaran terdiri dari 4 batang dan untuk kolom dengan pengikat sengkang berbentuk segitiga minimal terdiri dari 3 batang tulangan.

3. Tebal minimum selimut beton struktur kolom adalah 40mm

Tahapan-tahapan dalam perencanaan dan perhitungan struktur kolom adalah sebagai berikut :

a. Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris berdasarkan kombinasi P_u dan M_u

Untuk satu batang kolom dan dua kombinasi pembebanan yaitu pada ujung atas dan ujung bawah pada setiap freebody, masing-masing dihitung tulangannya dan diambil yang terbesar

b. Menentukan pembebanan design kolom maksimum

$$U = 1,2 D + 1,6 L$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal 40)

Keterangan : U = beban terfaktor pada penampang

D = kuat beban aksial akibat beban mati

L = kuat beban aksial akibat beban hidup

c. Menentukan momen design kolom maksimum untuk ujung atas dan ujung bawah

$$M_u = 1,2 M_{DL} + 1,6 M_{LL}$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal.40)

Keterangan : M_u = Momen terfaktor pada penampang

M_{DL} = Momen akibat beban mati

M_{LL} = Momen akibat beban hidup

d. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi

$$\beta \cdot d = \frac{1,2 D}{(1,2 D + 1,6 L)} \dots\dots\dots (2.17)$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal.40)

Keterangan: β = rasio bentang bersih arah memanjang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

e. Modulus Elastisitas

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots (2.18)$$

f_c' = kuat tekan beton

f. Nilai kekakuan kolom dan balok

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

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

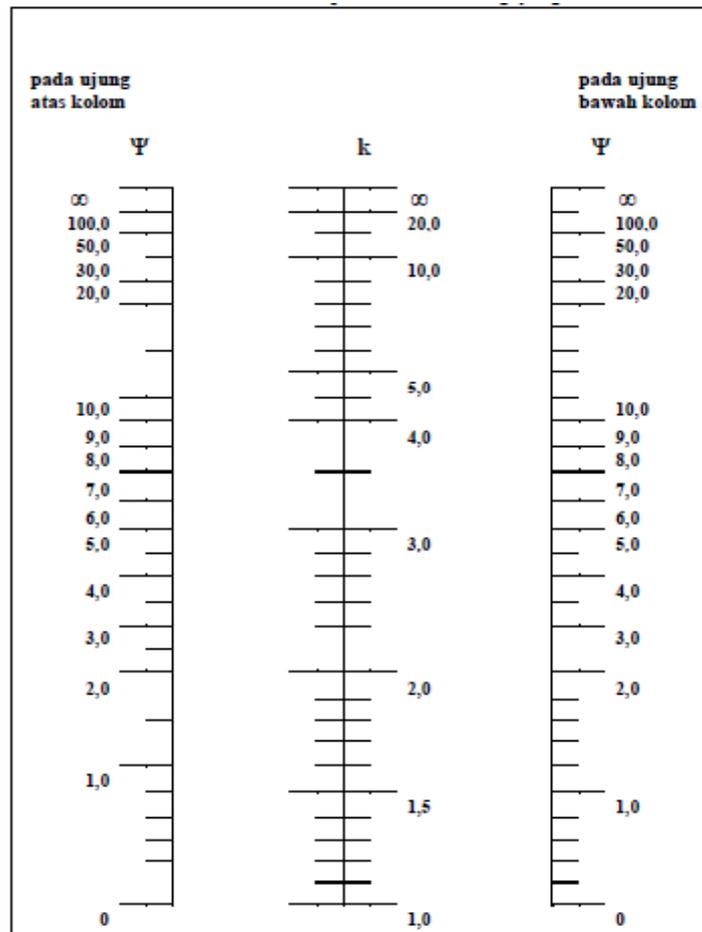
$$EI_k = \frac{E_c I_g}{2,5(1+\beta \cdot d)} \rightarrow \text{untuk kolom} \dots\dots\dots (2.19)$$

$$EI_b = \frac{E_c I_g}{5(1+\beta \cdot d)} \rightarrow \text{untuk balok} \dots\dots\dots (2.20)$$

(Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang W.C.Vis dan Gideon Kusuma hal.186)

g. Faktor panjang efektif kolom

Tabel 2.5 Nilai Komponen Struktur Bergoyang



(Sumber : Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang W.C. Vis dan Gideon Kusuma hal 112)

h. Nilai Eksentrisitas

$$e = \frac{M_u}{P_u} \dots\dots\dots (2.21)$$

(Sumber : Istimawan hal.302)

- Keterangan : e = eksentrisitas
 M_u = Momen terfaktor pada penampang
 P_u = Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan

i. Menentukan Ψ_a dan Ψ_b

$$\phi = \frac{\left(\frac{E.I_k}{I_k}\right)}{\left(\frac{E.I_b}{I_b}\right)} \dots\dots\dots (2.22)$$

(Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang W.C. Vis dan Gideon Kusuma hal.188)

j. Angka kelangsingan kolom

Kolom langsing dengan ketentuan :

- Rangka tanpa pengaku lateral = $\frac{Kl_u}{r} < 22$
- Rangka dengan pengaku lateral = $\frac{Kl_u}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_{1-b}}{M_{2-b}}\right)$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal.331)

Keterangan : k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan

l_u = panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang

r = jari-jari putaran potongan lintang komponen struktur tekan

- Untuk semua komponen struktur tekan dengan $\frac{Kl_u}{r} > 100$ harus
(digunakan analisa pada SNI 03-2847-2002 hal.78 ayat 12.10.1 butir 5)
- Apabila $\frac{Kl_u}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_{1-b}}{M_{2-b}}\right)$ atau $\frac{Kl_u}{r} < 22$ maka perencanaan harus menggunakan metode pembesaran momen

k. Perbesaran momen

$$M_c = \delta_b \times M_{2b} + \delta_s \times M_{2s} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi P_c}} \geq 1,0 \dots\dots\dots (2.24)$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{\phi \sum P_c}} \geq 1,0 \dots\dots\dots (2.25)$$

$$Cm = 0,6 + 0,4 x \frac{M_{1B}}{M_{2B}} \geq 0,4 \rightarrow \text{kolom dengan pengaku}$$

$$Cm = 1,0 \rightarrow \text{kolom tanpa pengaku}$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal.335 dan 336)

Keterangan : M_c = momen rencana yang diperbesar

δ = faktor pembesaran momen

P_u = beban rencana aksial terfaktor

P_c = beban tekuk Euler

l. Desain Penulangan

Hitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 2% luas kolom

$$\rho = \rho' = \frac{As}{b \times d} \rightarrow As = As'$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal.325)

m. Tentukan tulangan yang dipakai

$$\rho = \rho' = \frac{As_{pakai}}{b \times d} \dots\dots\dots (2.26)$$

n. Memeriksa P_u terhadap beban seimbang

$$d = h - d'$$

$$Cb = \frac{600d}{600 + f_y} \dots\dots\dots (2.27)$$

$$a_b = \beta_1 \times Cb \dots\dots\dots (2.28)$$

$$f_s' = \left(\frac{cb-d}{cb} \right) \times 0,003 \dots\dots\dots (2.29)$$

$$f_s' = f_y$$

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal.324)

$$\phi P_n = P_u \rightarrow \text{beton belum hancur pada daerah tarik}$$

$$\phi P_n < P_u \rightarrow \text{beton hancur pada daerah tarik}$$

o. Memeriksa kekuatan penampang

- Akibat Keruntuhan tarik

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

- Akibat keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\left(\frac{e}{d - d'} \right) + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\left(\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} \right) + 1,18}$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal.320 dan 322)

Keterangan :

ρ = rasio penulangan tarik non-prategang

ρ' = rasio penulangan tekan non-prategang

A_s = luas tulangan tarik non-prategang yang dipakai

A_s' = luas tulangan tekan non-prategang yang dipakai

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

d' = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan

b = lebar daerah tekan komponen struktur

h = diameter penampang

f_c' = mutu beton

f_y = mutu baja

e = eksentrisitas

2.5.7 Sloof

Menurut Pamungkas (2013), sloof merupakan pengikat antar pondasi sehingga diharapkan bila terjadi penurunan pada pondasi, penurunan itu dapat tertahan atau akan terjadi secara bersamaan. Adapun urutan-urutan dalam menganalisis sloof :

1. Tentukan dimensi sloof
2. Tentukan pembebanan pada sloof, menurut Dipohusod (1993) adalah sebagai berikut :

- Berat sendiri sloof
- Berat dinding dan plesteran

Kemudian semua beban dijumlahkan untuk mendapatkan beban total, lalu dikalikan faktor untuk beban terfaktor.

$$U = 1,2 D + 1,6 L \quad (2.30)$$

Keterangan : U = beban terfaktor per unit panjang bentang balok

D = beban mati

L = beban hidup

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan, menurut Gideon (1993) adalah sebagai berikut :

- Tentukan $d_{eff} = h - p - \emptyset$ sengkang - $\frac{1}{2} \emptyset$ tulangan (2.31)

$$K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \rightarrow \text{didapat nilai } \rho \text{ dari tabel (2.32)}$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.33)$$

A_s = luas tulangan tarik yang direncanakan

- Pilih tulangan dengan dasar A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan
- Penulangan lentur pada tumpuan

$$K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \rightarrow \text{didapat nilai } \rho \text{ dari tabel} \dots\dots\dots (2.34)$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.35)$$

- Pilih tulangan dengan dasar A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan

Keterangan :

A_s = luas tulangan tarik

ρ = rasio penulangan tarik

b_{eff} = lebar efektif balok

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

4. Tulangan geser rencana, menurut Dipohusodo (1993) adalah sebagai berikut :

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_w \times d \dots\dots\dots (2.36)$$

- $V \leq \phi V_c$ (tidak perlu tulangan geser)
- $V_u \leq \phi V_n$
- $V_n = V_c + V_s \dots\dots\dots (2.37)$

- $V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$
- $S_{perlu} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \dots\dots\dots (2.38)$

Keterangan :

- V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton
- V_u = kuat geser terfaktor pada penampang
- V_n = kuat geser nominal
- V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser
- A_v = luas tulangan geser pada daerah sejarak s
- d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik
- f_y = mutu baja

2.5.8 Pondasi

Semua konstruksi yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah harus didukung oleh suatu pondasi. Pondasi ialah bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan kedalam tanah dan batuan permukaan tanah (E. Bowles, 1997).

Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah (Dipohusodo, 1996).

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan jenis pondasi :

- 1) Keadaan tanah pondasi
- 2) Jenis konstruksi bangunan

- 3) Kondisi bangunan disekitar pondasi
- 4) Waktu dan biaya pengerjaan

Secara umum dalam perencanaan pondasi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a) Tegangan kontak pada tanah tidak melebihi daya dukung tanah yang diizinkan.
- b) *Settlement* (penurunan) dari struktur masih termasuk dalam batas yang diijinkan. Jika ada kemungkinan yang melebihi dari perhitungan awal, maka ukuran pondasi dapat dibuat berbeda dan dihitung secara sendiri-sendiri sehingga penurunan yang terjadi menjadi persamaan.

Pada proyek ini pondasi yang digunakan adalah pondasi dangkal jenis pondasi telapak. Adapun langkah-langkah perhitungan pondasi telapak:

1. Hitung pembebanan
2. Hitung momen desain pondasi
3. Tentukan jarak serat terluar ke tulangan tarik (d)
4. Tentukan daya dukung ijin
5. Cari dimensi tapak dengan menggunakan beban bekerja
6. Kontrol kekuatan geser
7. Hitung penulangan dengan menggunakan beban *ultimate*

(SNI-03-2847-2002)

2.4 Pengelolaan Proyek

Manajemen proyek (Pengelolaan Proyek) adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Lebih jauh, manajemen proyek menggunakan pendekatan sistem dan hirerki (arus kegiatan) vertikal maupun horizontal.

Dalam manajemen proyek untuk menyusun suatu perencanaan yang lengkap minimal meliputi :

1. Menentukan tujuan (*goal*)
Tujuan (*goal*) organisasi atau perusahaan dapat diartikan sebagai pedoman yang memberikan arah gerak segala kegiatan yang hendak dilakukan.
2. Menentukan sasaran
Sasaran adalah titik – titik tertentu yang perlu dicapai bila organisasi tersebut ingin tercapai tujuannya. Dalam konteks ini, kegiatan proyek dapat digolongkan sebagai kegiatan dengan sasaran yang telah ditentukan dalam rangka mencapai tujuan perusahaan.
3. Mengkaji posisi awal terhadap tujuan
Mengkaji posisi dan situasi awal terhadap tujuan atau sasaran dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kesiapan dan posisi organisasi pada tahap awal terhadap sasaran yang telah ada.
4. Memilih alternatif
Dalam usaha meraih tujuan atau sasaran tersedia berbagai pilihan tindakan atau cara mencapainya.
5. Menyusun rangkaian langkah mencapai tujuan
Proses ini terdiri dari penetapan langkah terbaik yang mungkin dapat dilaksanakan setelah memperhatikan sebagai batasan. Kemudian menyusunnya menjadi urutan dan rangkaian menuju sasaran dan tujuan.

2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat-Syarat

Rencana kerja dan syarat-syarat adalah segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh para kontraktor pada saat akan mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan nantinya.

2.4.2 Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Dari harga-harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini akan didapat harga keseluruhan dari hasil perkalian dengan volume pekerjaan. Dan dalam manajemen proyek analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

2.4.3 Volume Pekerjaan

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

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. Tujuan dari rencana anggaran biaya (RAB) adalah untuk memberikan gambaran yang pasti mengenai bentuk konstruksi, besar biaya dan pelaksanaan atau penyelesaian.

2.4.5 Rencana Pelaksanaan

Rencana pelaksanaan pada proyek konstruksi dapat dibuat dalam berbagai bentuk, yaitu antara lain :

1. Kurva S

Kurva S merupakan kurva yang menggambarkan kumulatif progress pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva tersebut dibuat berdasarkan rencana atau pelaksanaan progress pekerjaan dari setiap pekerjaan. Bentuk grafik kurva S perlu dibuat sebaik mungkin karena

akan mempengaruhi arus keuangan proyek dan penjadwalan kedatangan material serta hal-hal penting lainnya.

2. Barchart

Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal. Kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Hal – hal yang perlu ditampilkan dalam barchart adalah antara lain :

- a. Jenis pekerjaan
- b. Durasi waktu pelaksanaan pekerjaan
- c. Alur pekerjaan

Cara membuat barchart adalah sebagai berikut :

Pertama kali kita harus merencanakan waktu pelaksanaan setiap pekerjaan, sehingga dapat diketahui pekerjaan yang harus selesai sebelum pekerjaan berikutnya dapat dikerjakan atau dapat dikerjakan secara bersamaan.

Misalnya :

- a. Pekerjaan persiapan dikerjakan pertama kali sampai akhir pekerjaan. Selanjutnya baru dapat dikerjakan pekerjaan galian tanah.
- b. Pekerjaan lantai kerja baru dapat dikerjakan setelah pekerjaan galian tanah selesai.
- c. Pekerjaan pasir urug baru dapat dikerjakan setelah pembuatan lantai kerja selesai.
- d. Pekerjaan pasangan batu kali dapat dikerjakan dalam waktu bersamaan dengan pasir urug.
- e. Pekerjaan urugan kembali dapat dikerjakan setelah semua item pekerjaan pondasi selesai.

Dari permisalan tersebut, selanjutnya kita dapat membuat barchart. Caranya adalah membuat tabel pekerjaan (berisi item pekerjaan dan waktu pelaksanaan).

3. *Network Planning*

Network planning adalah sebuah jadwal kegiatan pekerjaan berbentuk diagram network sehingga dapat diketahui pada area mana pekerjaan

yang termasuk ke dalam lintasan kritis dan harus diutamakan pelaksanaannya.

Manfaat dari *Network Planning* adalah sebagai berikut :

- a. Untuk mengatur jalannya proyek.
- b. Mengetahui jalur kritis lintasan.
- c. Untuk mengetahui pekerjaan mana yang tidak masuk lintasan kritis sehingga pengerjaannya bisa lebih santai sehingga tidak mengganggu pekerjaan utama yang harus tepat waktu.
- d. Mengetahui pekerjaan mana yang harus diutamakan dan dapat selesai tepat waktu.
- e. Sebagai rekayasa value engineering sehingga dapat ditentukan metode kerja termurah dengan kualitas terbaik.
- f. Untuk persyaratan dokumen tender lelang proyek.