

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Uraian Umum

Perencanaan struktur menurut Setiawan (2008:1) dapat didefinisikan sebagai campuran antara seni dan ilmu pengetahuan yang dikombinasikan dengan intuisi seorang ahli struktur mengenai perilaku struktur dengan dasar-dasar pengetahuan dalam statika, dinamika, mekanika bahan, dan analisa struktur, untuk menghasilkan suatu struktur yang ekonomis dan aman, selama masa layannya.

Perencanaan menurut Setiawan (2008:1-2) adalah sebuah proses untuk mendapatkan suatu hasil yang optimum. Suatu struktur dikatakan optimum apabila memenuhi kriteria-kriteria berikut:

- a. Biaya minimum
- b. Berat minimum
- c. Waktu konstruksi minimum
- d. Tenaga kerja minimum
- e. Biaya manufaktur minimum
- f. Manfaat maksimum pada saat masa layan

Kerangka perencanaan struktur menurut Setiawan (2008:2) adalah pemilihan susunan dan ukuran dari elemen struktur sehingga beban yang bekerja dapat dipikul secara aman, dan perpindahan yang terjadi masih dalam batas-batas yang disyaratkan. Prosedur perencanaan struktur secara iterasi dapat dilakukan sebagai berikut:

- a. Perancangan. Penetapan fungsi dari struktur
- b. Penetapan konfigurasi struktur awal (*preliminary*) sesuai langkah 1 termasuk pemilihan jenis material yang akan digunakan
- c. Penetapan beban kerja struktur
- d. Pemilihan awal bentuk dan ukuran elemen struktur berdasarkan langkah 1, 2, 3
- e. Analisa struktur. Untuk memperoleh gaya-gaya dalam dan perpindahan

elemen

- f. Evaluasi. Apakah perancangan sudah optimum sesuai yang diharapkan
- g. Perencanaan ulang langkah 1 hingga 6
- h. Perencanaan akhir, apakah langkah 1 hingga 7 sudah memberikan hasil optimum

2.2. Dasar-dasar Perencanaan

Dalam perencanaan bangunan, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang telah ditetapkan dan berlaku di Indonesia. Peraturan yang digunakan adalah :

1. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002) oleh Agus Setiawan
2. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002).
3. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002).
4. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPPURG_1987)
5. Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang oleh W.C. Vis dan Gideon Kusuma
6. Struktur Beton Bertulang berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI oleh Istimawan Dipohusodo.

2.3. Klasifikasi Pembebanan

Suatu Struktur bangunan gedung juga harus direncanakan kekuatannya terhadap suatu pembebanan. Adapun jenis pembebanannya antara lain :

1. Beban Mati (beban tetap)

Beban mati adalah berat 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. (PPPRG 1987 ; 1).

Berat sendiri dari bahan-bahan bangunan penting dan dari beberapa komponen gedung yang harus ditinjau di dalam menentukan beban mati dari suatu gedung, harus diambil menurut Tabel 2.1.

Tabel 2.1 - Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

<i>BAHAN BANGUNAN</i>	
Baja	7850 kg/m ³
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1500 kg/m ³
Batu pecah	1450 kg/m ³
Kerikil, koral (keriing udara sampai lembab, tanpa diayak)	1650 kg/m ³
Beton	2200 kg/m ³
Beton bertulang	2400 kg/m ³
Pasir (jenuh air)	1800 kg/m ³
<i>KOMPONEN GEDUNG</i>	
Dinding pasangan bata merah	
- Satu batu	450 kg/m ²
- Setengah batu	250 kg/m ²
Langit-langit (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit) dari bahan asbes (eternit dan bahan lain sejenis) dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m ²
Adukan, per cm tebal, dari semen	21 kg/m ²
Penggantung langit-langit (dari kayu) dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 m	7 kg/m ²
Penutup atap dari genting dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50 kg/m ²
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24 kg/m ²

(Sumber : PPPRG 1987 : 5-6)

2. Beban Hidup (beban sementara)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya 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 diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap. Khusus pada atap, ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh butiran air. (*PPPRG 1987 : 2*).

Beban hidup pada lantai gedung harus diambil menurut Tabel 2.2. Ke dalam beban hidup tersebut sudah termasuk perlengkapan ruang sesuai kegunaan lantai ruang yang bersangkutan, dan juga dinding-dinding pemisah ringan dengan berat tidak lebih dari 100 kg/m^2 . Beban-beban berat, misalnya yang disebabkan oleh lemari-lemari arsip dan perpustakaan serta oleh alat-alat, mesin-mesin dan barang-barang lain tertentu yang sangat berat harus ditentukan tersendiri. Lantai-lantai gedung yang diharapkan akan dipakai untuk berbagai tujuan, harus direncanakan terhadap beban terberat yang mungkin dapat terjadi. (*PPPRG 1987 : 7*)

Tabel 2.2 - Beban Hidup Pada Lantai Gedung

a. Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b.	200 kg/m^2
b. Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan toko, pabrik atau bengkel.	125 kg/m^2
c. Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit.	250 kg/m^2
d. Lantai ruang olah raga.	400 kg/m^2
e. Lantai ruang dansa.	500 kg/m^2

f. Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain daripada yang disebut dalam a-e, seperti masjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap.	400 kg/m ²
g. Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri.	500 kg/m ²
h. Tangga, bordes dan gang dari yang disebut dalam c.	300 kg/m ²
i. Tangga, bordes dan gang dari yang disebut dalam d-g.	500 kg/m ²
j. Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam c-g.	250 kg/m ²

(Sumber : PPPRG 1987 : 12)

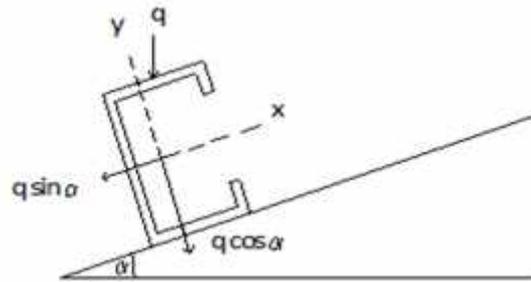
3. Beban Angin

Semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban memperhitungkan adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan) yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Tekanan tiup harus diambil minimum 25 kg/m². Apabila dapat dijamin suatu gedung terlindung efektif terhadap angin dari suatu jurusan tertentu oleh gedung-gedung lain, hutan-hutan pelindung atau penghalang-penghalang lain, maka tekanan tiup dapat dikalikan koefisien reduksi sebesar 0,5. (PPPRG 1987 : 18-19)

2.4. Metode Perhitungan

2.4.1 Gording

Gording membagi bentangan atap dalam jarak-jarak yang lebih kecil pada proyeksi horizontal. Gording meneruskan beban dari penutup atap, reng, usuk, orang, beban angin, beban air hujan pada titik-titik buhul kuda-kuda. Gording menjadi tempat ikatan bagi usuk dan posisi gording harus disesuaikan dengan panjang usuk yang tersedia.



Gambar 2.1 Penampang gording

a. Cek kekompakan

Cek kekompakan penampang berdasarkan SNI 03-1729-2002 :

Plat sayap

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f} \dots\dots\dots(2.1)$$

Plat Badan

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

λ_f = Perbandingan antara lebar dan tebal flens

λ_w = Perbandingan antara tinggi dan tebal web

Untuk mengetahui kekompakan penampang yang dipakai, maka perhitungan masing-masing λ_f dan λ_w dibandingkan dengan λ_p dan λ_r .

Untuk plat sayap :

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Untuk plat badan:

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y - f_r}} \dots\dots\dots(2.6)$$

λ_p = Lamda plastis

λ_r = Lamda ramping

Setelah membandingkan masing-masing lamda plat sayap dan plat badan, tentukan rumus yang memenuhi syarat berdasarkan perbandingannya masing-masing. Berikut adalah jenis-jenis penampang berdasarkan perbandingan lamdanya :

1) Penampang kompak $\lambda < \lambda_p$
 $M_n = M_p = Z_x \cdot f_y$ (2.7)

2) Penampang tidak kompak $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$
 $M_n = M_y + (M_p - M_y) \left(\frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$ (2.8)

3) Penampang ramping $\lambda_r < \lambda$.
 $M_n = M_y = W_x \cdot f_y$ (2.9)

b. Pembebanan :

Perhitungan Beban Mati (M_D) :

- 1) Berat sendiri gording
- 2) Berat penutup atap

Perhitungan Beban Hidup (M_L) :

- 1) Beban air hujan
 $W_{ah_{max}} = 20 \text{ kg/m}^2$
- 2) Wah = 40 - 0,8 (SNI 03-1729-2002)
- 3) Beban pekerja, diambil 100 kg/m^2 (PPIUG 1983 butir 3.2.1 hal 13)
- 4) Beban Angin.

$$Q_{\text{angin}} = \text{koef. angin} \cdot w \cdot l_g$$

koefisien angin :

$$\text{Koefisien angin tekan} = (0,02 - 0,4)$$

$$\text{Koefisien angin hisap} = 0,4$$

w = tekanan angin tiup

l_g = jarak gording

Apabila Q_{angin} bernilai negatif, maka dalam perhitungan mengabaikan beban angin. Setelah diketahui beban-beban tersebut, langkah selanjutnya adalah menghitung kombinasi pembebanannya.

c. Kombinasi pembebanan

$$M_U = 1.2 M_D + 1.6 M_L \dots\dots\dots(2.10)$$

(SNI 03-1729-2002)

M_U = Beban terfaktor

M_D = Beban mati

M_L = Beban hidup

d. kontrol kekuatan

Cek kekuatan lentur berdasarkan (SNI 03-1729-200 hal 24) :

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \leq 1 \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

M_{nx}, M_{ny} = Momen lentur nominal penampang komponen struktur masing-masing terhadap sumbu x dan sumbu y

M_{ux}, M_{uy} = Momen lentur terfaktor komponen struktur masing-masing terhadap sumbu x dan sumbu y

ϕ = reduksi kekuatan

e. Kontrol kekakuan

Dalam merencanakan gording, lendutan adalah hal yang tidak boleh dilupakan, karena keamanan lendutan sangatlah penting guna untuk mengantisipasi keruntuhan atap yang mungkin saja akan timbul .

Untuk perletakan gording jepit- jepit dengan beban terpusat di tengah bentang (beban pekerja)

$$\delta = \frac{1}{192} \frac{P.L^3}{E.I} \dots\dots\dots(2.12)$$

Untuk beban merata

$$\delta = \frac{q \cdot l^4}{384 \cdot EI} \dots\dots\dots(2.13)$$

Untuk beban merata bila menggunakan trekstang berjumlah 1 buah maka panjangnya dibagi untuk gaya yang sejajar dengan kemiringan atap.

$$\delta = \sqrt{\delta x^2 + \delta y^2} \frac{L}{240} \dots\dots\dots(2.14)$$

2.4.2 Perencanaan Rangka Atap

Dua filosofi yang sering digunakan dalam perencanaan struktur baja adalah perencanaan berdasarkan tegangan kerja / *working stress design (allowable stress design/ASD)* dan perencanaan kondisi batas/ *limit states design (Load and Resistance Factor Design/ LRFD)*. Metode ASD dalam perencanaan struktur baja telah digunakan dalam kurun waktu kurang lebih 100 tahun dan dalam 20 tahun terakhir prinsip perencanaan struktur baja mulai beralih kekonsep LRFD yang jauh lebih rasional dengan berdasarkan pada konsep probabilitas (Agus Setiawan, 2008:5). Tabel 2.3 merupakan tabel faktor reduksi untuk keadaan kekuatan batas pada baja konvensional.

Tabel 2.3 faktor reduksi (Ø) untuk baja kekuatan batas

Kekuatan rencana untuk	Butir	Faktor reduksi
Komponen struktur yang memikul lentur:		
• balok	8.1, 8.2 &	0,90
• balok pelat berdinding penuh	8.3	0,90
• pelat badan yang memikul geser	8.4	0,90
• pelat badan pada tumpuan	8.8 & 8.9	0,90
• pengaku	8.10	0,90
	8.11, 8.12, &	
	8.13	
Komponen struktur yang memikul gaya tekan aksial:		
• kuat penampang	9.1 & 9.2	0,85

• kuat komponen struktur	9.1 & 9.3	0,85
Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial:		
• terhadap kuat tarik leleh	10.1 & 10.2	0,90
• terhadap kuat tarik fraktur	10.1 & 10.2	0,75
Komponen struktur yang memikul aksi-aksi kombinasi:		
• kuat lentur atau geser	11.3 & 11.4	0,90
• kuat tarik	11.3 & 11.4	0,90
• kuat tekan	11.3 & 11.4	0,85
Komponen struktur komposit:		
• kuat tekan	12.3	0,85
• kuat tumpu beton	12.3.4	0,60
• kuat lentur dengan distribusi tegangan plastik	12.4.2.1 & 12.4.2.3	0,85 0,90
• kuat lentur dengan distribusi tegangan elastik	12.4.2.1 & 12.4.3	
Sambungan baut:		
• baut yang memikul geser	13.2.2.1	0,75
• baut yang memikul tarik	13.2.2.2	0,75
• baut yang memikul kombinasi geser dan tarik	13.2.2.3	0,75
• lapis yang memikul tumpu	13.2.2.4	0,75
Sambungan las:		
• las tumpul penetrasi penuh	13.5.2.7	0,90
• las sudut dan las tumpul penetrasi sebagian	13.5.3.10 13.5.4	0,75 0,75
• las pengisi		

(Sumber : SNI baja 2002)

Sifat mekanis baja struktural seperti tercantum pada Tabel 2.3.

Tabel 2.4 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 : 11)

Tegangan putus dan leleh untuk perencanaan tidak boleh diambil melebihi nilai yang ada ditabel tersebut. Sifat-sifat mekanis baja lainnya yang ditetapkan sebagai berikut :

Modulus Elastisitas : $E = 200.000 \text{ MPa}$
 Modulus Geser : $G = 80.000 \text{ MPa}$
 Nisbah Poisson : $\mu = 0,3$
 Koefisien Pemuaian : $= 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

(SNI 03-1729-2002 : 9)

Untuk penampang yang mempunyai perbandingan lebar terhadap tebalnya lebih kecil daripada nilai λ_c , daya dukung nominal komponen struktur tekan

dihitung sebagai berikut $N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega}$; $f_{cr} = \frac{f_y}{\omega}$

Untuk : $\lambda_c \leq 0,25$ maka $\omega = 1$

Untuk : $0,25 < \lambda_c < 1,2$ maka $\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c}$

Untuk : $\lambda_c \geq 1,2$ maka $\omega = 1,25 \cdot \lambda_c^2$

Keterangan :

A_g = luas penampang bruto, mm^2

f_{cr} = tegangan kritis penampang, MPa

f_y = tegangan leleh material, MPa

(SNI 03-1729-2002 : 27)

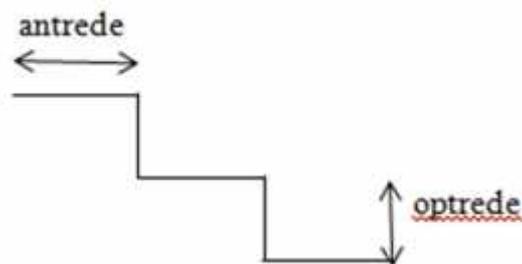
2.4.3 Tangga

Tangga adalah suatu konstruksi yang merupakan salah satu bagian dari bangunan yang berfungsi sebagai alat yang menghubungkan antara lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan bertingkat dalam keadaan tertentu. (Drs. IK. Sapribadi, 1993:10). Tangga secara umum terdiri dari :

a. Anak tangga

Yaitu bagian dari tangga yang berfungsi untuk memijakkan/ melangkahakan kaki ke arah vertikal maupun horizontal (datar). anak tangga terdiri dari :

- 1) Antrede, adalah anak tangga dan pelat tangga dibidang horinzontal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.
- 2) Optrede adalah selisih tinggi antara dua buah anak tangga yang berurut.



Gambar 2.2 antrede dan optrede tangga

Ketentuan-ketentuan konstruksi Antrede dan Optrede, antara lain :

- Untuk bangunan rumah tinggal
 - a) Antrede = 25 cm (minimum)
 - b) Optrede = 20 cm (maksimum)
- Untuk perkantoran dan lain-lain
 - a) Antrede = 25 cm
 - b) Optrede = 17 cm
- Syarat 1 (satu) anak tangga
2 Optrede + 1 Antrede
- Lebar tangga

- a) Tempat umum 120 cm
- b) Tempat tinggal = 180 cm s.d 100 cm
- Sudut kemiringan
 - 1) Maksimum = 45°
 - 2) Minimum = 25 °

b. Ibu tangga

Yaitu bagian tangga berupa dua batang atau papan miring yang berfungsi menahan kedua ujung anak tangga.

c. Bordes

Yaitu bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila terasa lelah. Bordes dibuat apabila jarak tempuh tangga sangat panjang yang mempunyai jumlah trede lebih dari 20 buah atau lebar tangga cukup akan tetapi ruangan yang tersedia untuk tangga biasa/ tusuk tidak mencukupi.

Untuk menentukan panjang bordes (L) :

$$L = ln + a \text{ s/d } 2.a$$

Dimana : L = panjang bordes

ln = ukuran satu langkah normal datar

a = *Antrede*

d. Langkah-langkah perhitungan tangga :

1) Mendesign tangga, antara lain :

- Jumlah *Optrede* dan *Antrede* = $\frac{h}{\text{tinggi optrede}}$ (2.15)

- Menentukan ukuran *Optrede* dan *Antrede*
 Tinggi *Optrede* sebenarnya = $\frac{h}{\text{jumlah optrede}}$ (2.16)

Antrede = $Ln - 2 \text{ Optrede}$

- Sudut kemiringan tangga
 Arc tan $\theta = \frac{\text{Optrede}}{\text{Antrede}}$ (2.17)

- Panjang tangga , L

2) Menentukan pembebanan pada anak tangga

- Beban Mati

- Berat sendiri bordes
- Berat anak tangga
- Berat penutup lantai (ubin + spesi), berat adukkan
- Beban Hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga yaitu 300 kg/cm^2 (PPIUG 1983)

Dari hasil perhitungan akibat beban mati dan beban hidup, maka didapat

W_u seperti pada rumus 2.10

3) Perhitungan tangga dengan menggunakan metode momen plastis untuk mencari gaya-gaya yang bekerja.

4) Perhitungan tulangan pada bordes

$$d_{\text{efektif}} = h - p - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \text{ tulangan utama} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$k = \frac{M_u}{\emptyset \times b \times d^2} \dots\dots\dots(2.19)$$

Nilai ρ dilihat dari tabel istimewa, Struktur Beton bertulang hal 462 – 500

$$P_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$A_s = \rho \times b \times d \dots\dots\dots(2.21)$$

Tulangan Pembagi :

A (luas tulangan) pembagi : 0,0018 bh untuk f_y : 400 Mpa

A (luas tulangan) pembagi : 0,0020 bh untuk f_y : 240 Mpa

2.4.4 Pelat

Pelat merupakan suatu elemen struktur yang mempunyai ketebalan relatif kecil jika dibandingkan dengan lebar dan panjangnya. Di dalam konstruksi beton, pelat digunakan untuk mendapatkan bidang atau permukaan yang rata. Pada umumnya bidang atau permukaan atas dan bawah suatu pelat adalah sejajar atau hampir sejajar. Tumpuan pelat pada umumnya dapat berupa balok-balok beton bertulang, struktur baja, kolom-kolom (lantai cendawan) dan dapat juga berupa tumpuan langsung di atas tanah. Pelat dapat ditumpu pada tumpuan garis menerus, seperti halnya dinding atau balok, tetapi dapat juga ditumpu secara lokal (Sudarmanto, 1996).

a. Pembebanan Pelat

Untuk mengetahui nilai/besaran beban mati dan beban hidup dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Beban-beban yang bekerja pada pelat lantai, yaitu:

1) Beban Mati (W_D)

- Bebat sendiri pelat
- Berat adukan per cm tebal
- Plafond dan penggantungnya

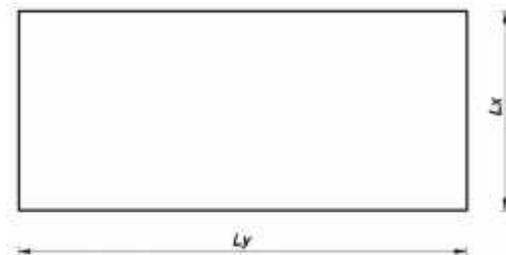
2) Beban Hidup (W_L)

- Beban pelat yang dapat dicapai orang, diambil 100 kg/m^2
- Beban air hujan

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

Pelat satu arah yaitu suatu pelat yang memiliki panjang lebih besar atau lebih lebar yang bertumpu menerus melalui balok–balok. Maka hampir semua beban lantai dipikul oleh balok – balok yang sejajar. Suatu pelat dikatakan pelat satu

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



Gambar 2.3 Pelat

Keterangan:

L_y = panjang pelat

L_x = lebar pelat

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

1) Penentuan Tebal Pelat dan Selimut Beton

Tabel 2.5 – Tebal pelat minimum (h)

Komponen	Fy		Fy		fy		fy	
	400	240	400	240	400	240	400	240
Pelat mendukung satu arah	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{27}$	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{28}$	$\frac{1}{37}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{13}$
Balok mendukung satu arah	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{21}$	$\frac{1}{18,5}$	$\frac{1}{24,5}$	$\frac{1}{21}$	$\frac{1}{28}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{11}$

(Sumber : Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang hal. 61)

Tabel 2.6 - Tebal Selimut Beton (P) Minimum Untuk Beton Bertulang

	Tebal Selimut Minimum (mm)
a) Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca: Batang D-19 hingga D-56 . Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau kawat ulir D16 dan yang lebih kecil	50 40
c) Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton tidak langsung berhubungan dengan tanah: <u>Pelat, dinding, pelat berusuk:</u> Batang D-44 dan D-56 Batang D-36 dan yang lebih kecil <u>Balok, kolom:</u> Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral	40 20 40

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

- 2) Menghitung beban mati pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung beban rencana (W_u) dengan rumus 2.10.
- 3) Menghitung momen rencana (M_u) baik dengan cara tabel atau analisis.
- 4) Perkiraan Tinggi Efektif (d_{eff})

$$d_{eff} = h - p - \varnothing_s - \frac{1}{2} D \quad (1 \text{ lapis})$$

$$d_{eff} = h - p - \varnothing_s - D - \text{jarak tul. minimum} - \frac{1}{2} D \quad (2 \text{ lapis})$$
- 5) Menghitung k_{perlu} dengan rumus 2.19
- 6) Menentukan rasio penulangan () dari tabel. (*Istimawan : 462 dst.*)
- 7) Hitung A_s yang diperlukan dengan rumus 2.21.
- 8) Tulangan susut/pembagi
(*Istimawan : 47*)

b. Pelat dua arah (*Two Way Slab*)

Berikut adalah langkah-langkah dalam perhitungan pelat dua arah:

1) Mendimensi balok

Tebal minimum tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya, harus memenuhi ketentuan dari tabel 2.7

Tabel 2.7 - Tebal Minimum dari Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan Leleh f_y a (Mpa)	Tanpa Penebalan ^b			Dengan Penebalan ^b		
	Panel Luar		Panel Dalam	Panel Luar		Panel Dalam
	Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir ^c		Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir ^c	
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/30	Ln/33	Ln/33	Ln/33	Ln/36	Ln/36

(Sumber : SNI-03-2847-2002 hal. 66)

2) Pembebanan pelat

Perhitungan sama seperti pada perhitungan pembebanan pelat satu arah.

3) Mencari momen yang bekerja pada arah x dan y

$$M_{Ix} = 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot \text{koefisien momen}$$

$$M_{Iy} = 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot \text{koefisien momen}$$

$$M_{tiX} = \frac{1}{2} M_{Ix}$$

$$M_{tiY} = \frac{1}{2} M_{Iy}$$

(Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang, Gideon hal.26)

Keterangan : M_x = momen sejauh X meter

M_y = momen sejauh Y meter

4) Perkiraan Tinggi Efektif (d_{eff})

$$d_{eff} = h - p - \emptyset_s - \frac{1}{2} D \quad (1 \text{ lapis})$$

$$d_{eff} = h - p - \emptyset_s - D - \text{jarak tul. minimum} - \frac{1}{2} D \quad (2 \text{ lapis})$$

5) Menghitung k_{perlu} dengan rumus 2.19.

6) Menentukan rasio penulangan () dari tabel. (Istimawan : 462 dst.)

Jika $< \min$, maka dipakai $\min = 0,0058$.

7) Hitung A_s yang diperlukan dengan rumus 2.21

2.4.5 Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sebagai satu kesatuan yang lengkap, pada Laporan ini Portal dengan menggunakan program SAP 2000 V10, Portal dihitung adalah portal akibat beban mati dan hidup.

a. Portal akibat beban mati

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang. Pembebanan pada portal yaitu :

1) Berat sendiri pelat.

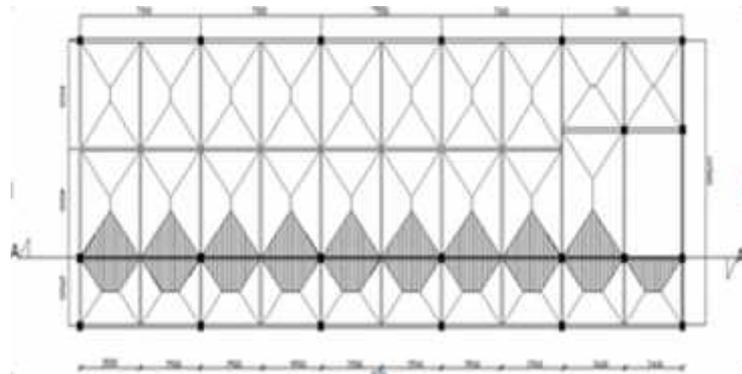
- 2) Berat plafond + penggantung.
- 3) Berat penutup lantai.
- 4) Berat adukan.
- 5) Berat dari pasangan dinding bata.

b. Portal akibat beban hidup

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang. Pembebanan pada portal yaitu :

- 1) Beban akibat atap.
- 2) Beban orang atau pekerja.
- 3) Lantai.

Semua beban mati atau hidup untuk merencanakan portal akan disederhanakan menggunakan rumus ekivalen beban. Beban mati maupun beban hidup yang bekerja pada pelat lantai seperti gambar 2.5 di bawah ini yang akan disederhanakan.



Gambar 2.5 Pembagian beban pelat

Beban Tipe 1. Beban Trapesium

- Untuk balok bagian pinggir
 Akibat beban trapesium : $q = \text{tinggi} \times \text{total berat}$ (2.22)

- Untuk balok bagian tengah $q = (\text{tinggi} \times \text{total berat}) \times 2$ (2.23)

Beban Tipe 2. Beban Segitiga

- Untuk balok bagian pinggir
 Akibat beban segitiga : $q = \text{tinggi} \times \text{total berat}$ (2.24)

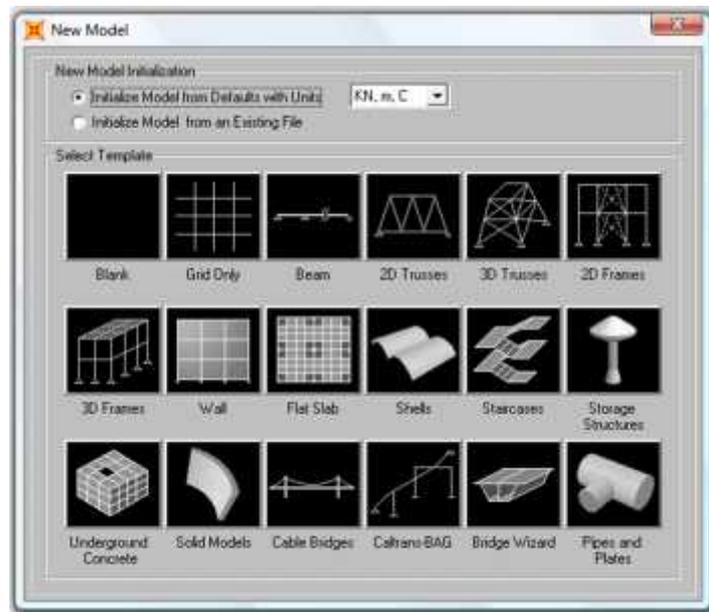
- Untuk balok bagian tengah $q = (\text{tinggi} \times \text{total berat}) \times 2$ (2.25)

Setelah pembebanan portal selesai, portal dapat dianalisis menggunakan program SAP 200 V10.

c. Langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode SAP 2000 10 yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

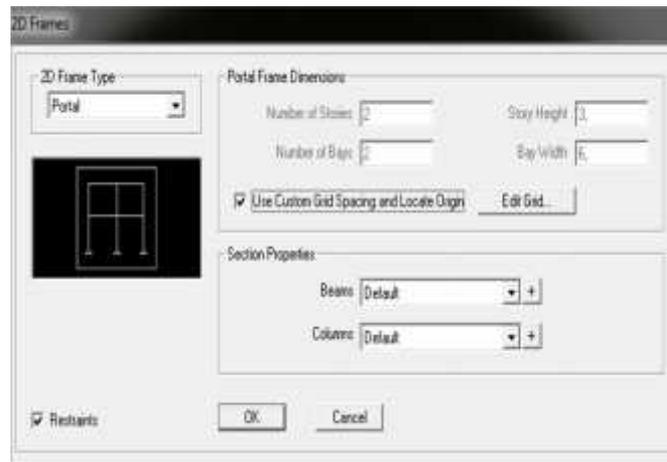
1) Buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup

- memilih model perhitungan yang akan digunakan. Tampilan yang muncul seperti gambar 2.6 dibawah ini. Di mana model yang digunakan adalah model *2D frames*, pilih units satuan dalam satuan KN M C.



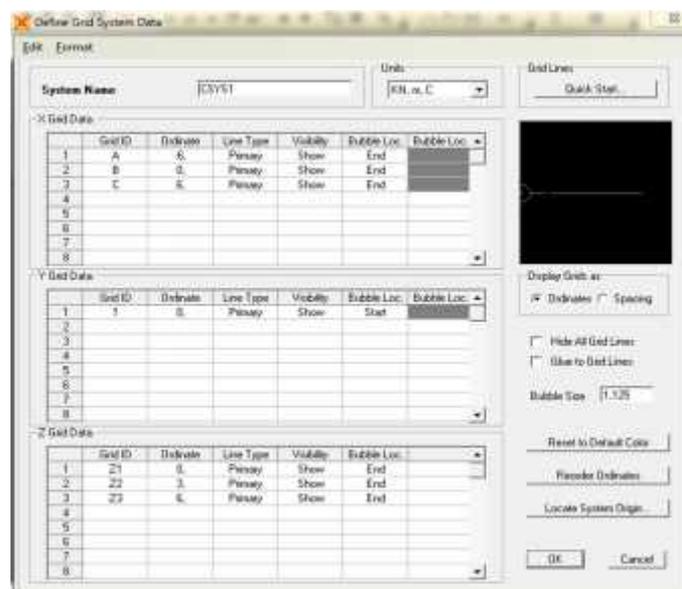
Gambar 2.6 Membuat Model Struktur.

- Pilih *use costume grid* seperti terlihat digambar 2.7 dibawah ini



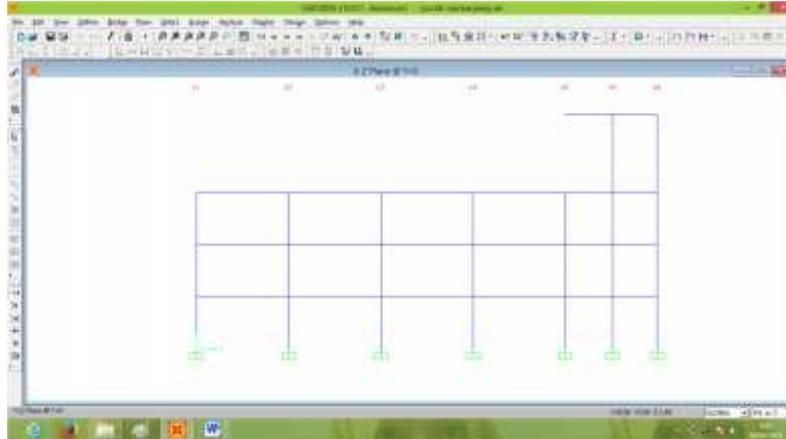
Gambar 2.7 langkah untuk memasukkan jarak x dan z

- Untuk mengatur jarak antar kolom dan balok masukkan nilai x dan z, dengan cara klik *edit grid* dan akan muncul tampilan seperti gambar 2.8 berikut,



Gambar 2.8 mengatur jarak

- kemudian klik OK, selanjutnya akan muncul tampilan seperti gambar 2.9 berikut ini



Gambar 2.9 portal yang akan dimasukkan beban

2) mengatur pembebanan

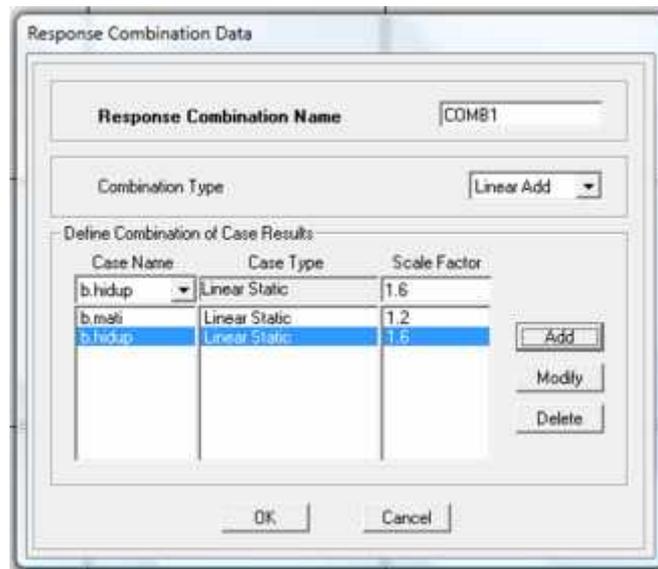
- Membuat cases beban mati dan beban hidup.

Pilih menu pada toolbar, *Define – Load Cases* – buat nama pembebanan, tipe pembebanan dan nilai koefisiennya diisi dengan nilai 0. Seperti yang terlihat pada gambar 2.10 di bawah ini :



Gambar 2.10. Membuat cases beban mati dan beban hidup.

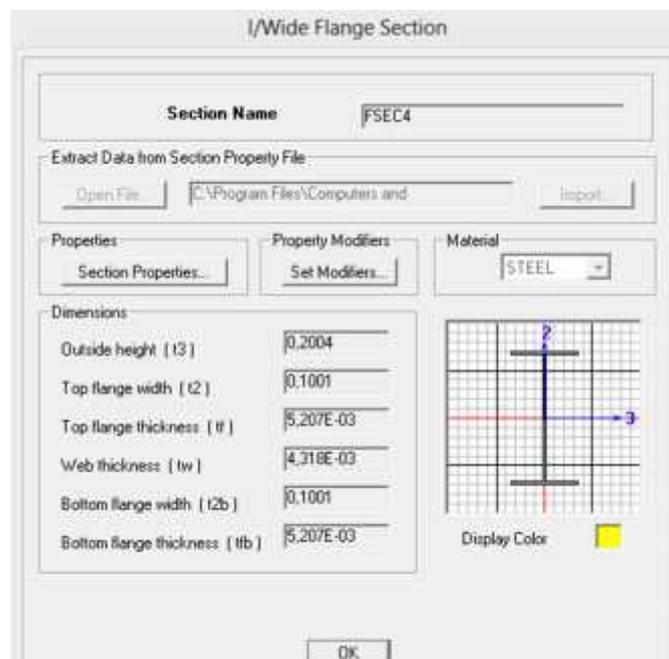
- Input *Load Combination* (beban kombinasi), yaitu 1,2 beban mati + 1,6 beban hidup. Blok seluruh *frame* yang akan di kombinasi, kemudian pilih menu pada toolbar, *Define – Combinations – add new combo*, kemudian akan terlihat seperti tampilan pada gambar 2.11



Gambar 2.11. Memasukkan Nilai Beban Kombinasi.

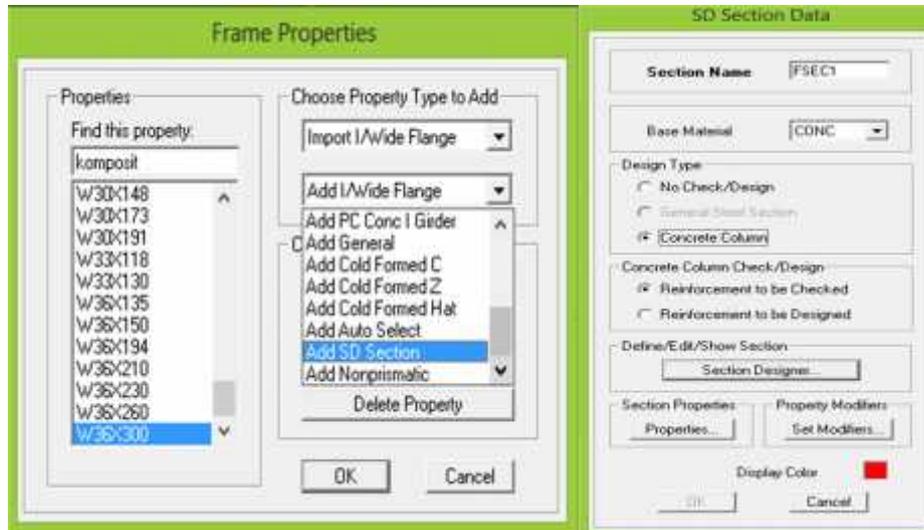
3) Pengaturan dimensi portal yang akan digunakan

- pilih *define - frame section – add new property* kemudian Masukkan ukuran profil baja yang akan digunakan dan klik OK, tampilan yang akan muncul seperti gambar 2.12



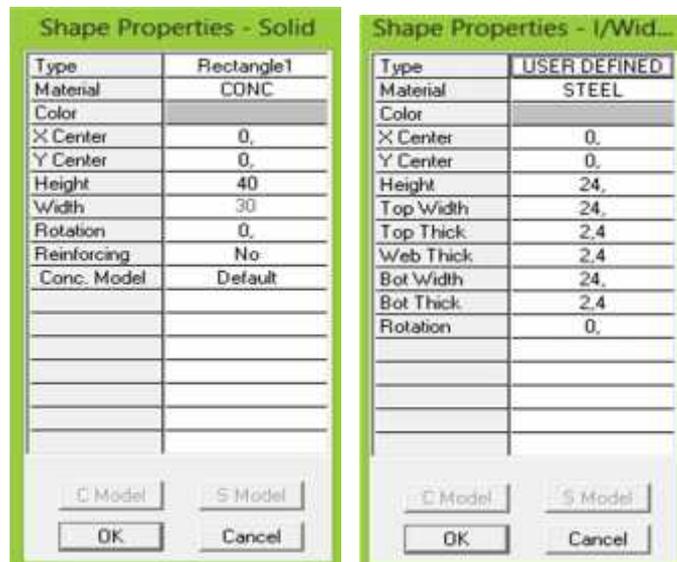
Gambar 2.12. Memasukkan Ukuran Baja

- Untuk kolom komposit, selanjutnya klik define – frame section – ubah nama “komposit” seperti gambar 2.13



Gambar 2.13. Langkah Memasukkan Nilai untuk Kolom dan Beton

- Klik *concrete column – reinforcement to be designed – section designer- draw solid shape – draw structural shape* – klik gambar beton – edit ukuran penampang beton yang digunakan, tampilan yang muncul seperti pada gambar 2.14 dibawah ini



Gambar 2.14. Memasukkan Ukuran Baja dan Beton *Rectangle*

- Setelah pengaturan ukuran , maka akan muncul tampilan seperti gambar 2.15 berikut :



Gambar 2.15. Tampilan Penampang Kolom Beton dan Baja

- *save* dan *close*
- 4) memasukkan pembebanan pada balok atau kolom klik *draw frame/ cable element* pilih balok atau kolom
- Input nilai beban mati dan beban hidup

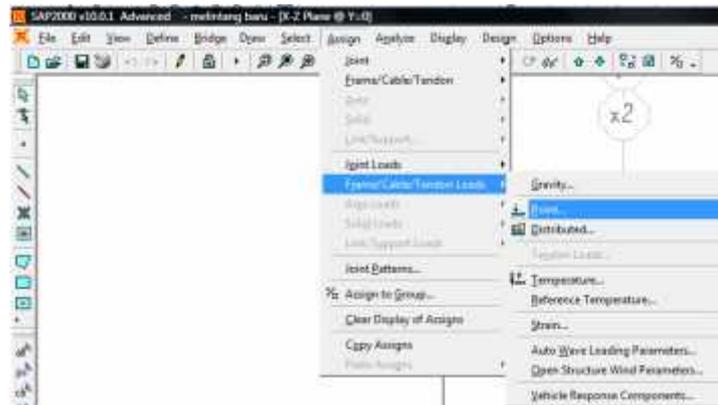
- Akibat beban merata

Blok frame yang akan di input, lalu pilih menu pada *toolbar*, *Assign – Frame/Cable/Tendon Loads – Distributed* - pilih beban mati atau beban hidup untuk pembebanan tersebut pada *Load Case Name*– klik *absolute distance from end-1* (agar dapat mengatur jarak yang diinginkan) – atur jarak (*distance*) di titik 1 diisi = 0 dan di titik 2 diisi = panjang frame, serta isi nilai bebannya pada 2 titik tersebut. Tampilan yang akan muncul seperti pada gambar 2.16

Gambar 2.16. Memasukkan Nilai Beban Mati dan Beban Hidup.

- Akibat beban terpusat

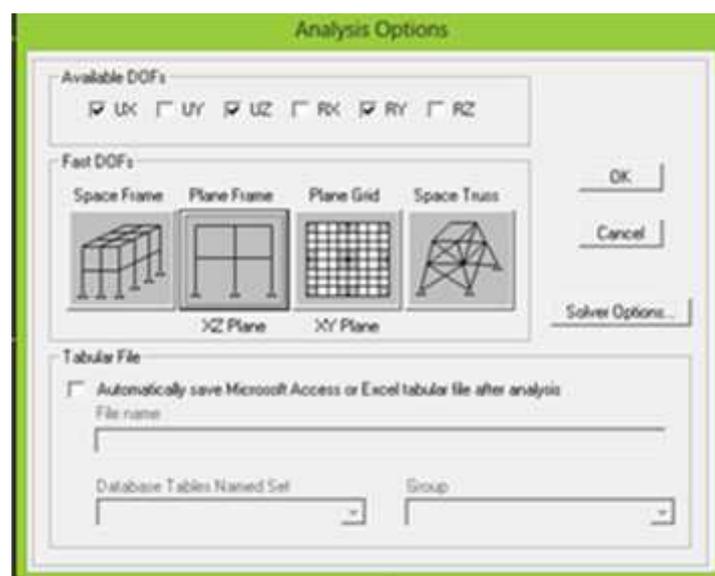
Sama halnya seperti menginput data pada pembebanan merata, hanya saja setelah memilih menu *Frame/Cable/Tendon Loads* – selanjutnya yang dipilih adalah *Points*. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.17



Gambar 2.17. Memasukkan Nilai Beban Terpusat.

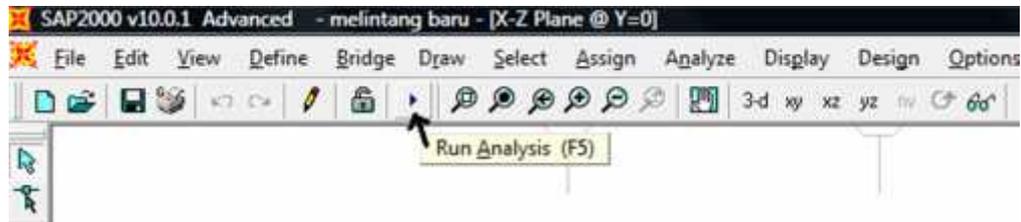
Cara memasukkan nilai beban terpusat sama saja halnya seperti memasukkan nilai pada beban merata.

- 5) Pilih *analyze - Analysis options* – Pilih *XZ Plane* - OK



Gambar 2.18. *Analysis options*

Run analysis, seperti terlihat pada gambar 2.19 dibawah ini.



Gambar 2.19. Run Analysis.

2.4.6 Balok

Menurut Dipohusodo (1994) ,balok merupakan batang horizontal dari rangka struktur yang memikul beban tegak lurus sepanjang batang tersebut biasanya terdiri dari dinding, pelat atau atap bangunan dan menyalurkannya pada tumpuan atau struktur dibawahnya (kolom). Perencanaan komponen struktur balok dan kolom, diatur dalam SNI 03-1979-2002 pasal 11.3 yang menyatakan bahwa suatu komponen struktur yang mengalami momen lentur dan gaya aksial harus direncanakan untuk memenuhi ketentuan sebagai berikut :

Untuk $\frac{Nu}{\phi Nn} \geq 0,2$

$$\frac{Nu}{\phi Nn} + \frac{8}{9} \left(\frac{Mux}{\phi_b Mnx} + \frac{Muy}{\phi_b Mny} \right) \leq 1,0 \quad \dots\dots\dots(2.26)$$

Untuk $\frac{Nu}{\phi Nn} < 0,2$

$$\frac{Nu}{2,0 Nn} + \left(\frac{Mux}{\phi_b Mnx} + \frac{Muy}{\phi_b Mny} \right) < 1,0 \quad \dots\dots\dots(2.27)$$

Dengan :

Nu = adalah gaya tekan aksial terfaktor

Nn = adalah tahanan tekan nominal dengan menganggap batang sebagai suatu elemen tekanan murni

ϕ = faktor reduksi tahanan tekan = 0,85

Mux = momen lentur terfaktor terhadap sumbu x, dengan memperhitungkan efek orde kedua, yang akan dibahas kemudian

Mnx = adalah tahanan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu x

ϕ_b = faktor reduksi tahanan lentur = 0,90

M_{uy} = sama dengan M_{ux} , namun dihitung dengan acuan sumbu y

M_{ny} = sama dengan M_{nx} , namun dihitung dengan acuan sumbu y

Pengaruh torsi/puntir terkadang sangat berperan penting dalam *design* struktur.

a. Momen torsi (T) = P.x

b. Konstanta Torsi Profi I, T, dan siku

$$J = \sum \frac{1}{3} b.t^3 \dots\dots\dots(2.28)$$

c. Konstanta Torsi terpilin (*Torsi warping*)

$$C_w = \frac{I_f h^2}{2} \dots\dots\dots(2.29)$$

$$\} = \sqrt{\frac{G.J}{E.C_w}} \dots\dots\dots(2.30)$$

d. Torsi murni teg.max (z=0)

Teg. Min(z=L/2)

$$\dagger_s = \frac{T.t}{2.J} \left[1 - \frac{\cosh \}z}{\cosh \}.L/2 \right] \dots\dots\dots(2.31)$$

e. Torsi warping, teg.max (z=L/2)

Teg. Min(z=0)

$$\dagger_w = E \frac{b^2 h. T. \}^2}{16. 2.G.J} \left[\frac{-\cosh \}z}{\cosh \}.L/2 \right] \dots\dots\dots(2.32)$$

f. Tegangan Normal

$$\dagger_{bw} = \frac{E.b.h. T. \}}{4. 2.G.J} \left[\frac{-\sinh \}z}{\cosh \}.L/2 \right] \dots\dots\dots(2.33)$$

$$\dagger_b = \frac{P.L.}{4.S_x} \dots\dots\dots(2.34)$$

$$\dagger_{f,w} = \frac{V.Q}{I.t} \dots\dots\dots(2.35)$$

Kuat lentur nominal penampang dengan pengaruh tekuk lateral

a. Bentang pendek

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L \leq L_p$ kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur adalah

$$M_n = M_p \dots\dots\dots(2.36)$$

Tabel 2.8 Bentang untuk pengekanan lateral

Profil	L_p	L_r
Profil-I dan kanal Ganda	$1,76r \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ dengan $r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$ adalah jari-jari girasi terhadap sumbu lemah	$r_y \frac{x_1}{I_1} \sqrt{1 + \frac{x_2^2 f_L^2}{I_1^2}}$ dengan $f_L = f_y - f_r$ $X1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E G J A}{2}}$ $X2 = 4 \frac{S_x^2 I_w}{G J l_y}$ I_w adalah konstanta ponti lengkung J adalah konstanta puntir torsi
Profil kotak pejal atau berongga	$0,13 E r_y \sqrt{\frac{J A}{M_p}}$	$2 E r_y \sqrt{\frac{J A}{M_r}}$

b. Bentang menengah

$$M_n = C_b M_r + M_p - M_r \frac{L_r - L}{L_r - L_p} M_p \dots\dots\dots(2.37)$$

c. Bentang panjang

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L \leq L_r$, kuat nominal komponen struktur terhadap lentur adalah

$$M_n = M_{cr} M_p \dots\dots\dots(2.38)$$

2.4.7 kolom

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Sedangkan komponen struktur yang menahan beban aksial vertikal dengan rasio bagian tinggi dengan dimensi lateral terkecil kurang dari tiga dinamakan pedestal. (Dipohusodo, 1994:287)

c. Kolom komposit

Kolom komposit dapat dibentuk dari pipa baja yang diisi dengan beton polos atau dapat pula dari profil baja hasil gelas panas yang dibungkus dengan beton dan diberi tulangan baja serta sengkang, seperti halnya pada kolom beton biasa. Analisis dari kolom komposit hampir sama dengan analisis komponen struktur tekan, namun dengan nilai f_y , E , dan r yang telah dimodifikasi.

Persyaratan bagi suatu kolom komposit ditentukan dalam SNI 03-1729-2002 pasal 12.3.1. batasan – batasan berikut harus dipenuhi oleh suatu kolom komposit :

- 1) luas penampang profil baja minimal sebesar 4 % dari luas total penampang melintang kolom komposit, jika kurang maka komponen struktur tekan ini akan beraksi sebagai kolom beton biasa.
- 2) Untuk profil baja yang diselubungi beton, persyaratan berikut harus dipenuhi :
 - Tulangan longitudinal dan lateral harus digunakan, jarak antar pengikat lateral tidak boleh lebih besar dari $2/3$ dimensi terkecil penampang kolom komposit. Luas penampang melintang dari tulangan longitudinal dan transversal minimum $0,18 \text{ mm}^2$ per mm jarak antar tulangan longitudinal/transversal
 - Selimut beton harus diberikan minimal setebal 40 mm dari tepi terluar tulangan longitudinal dan transversal
 - Tulangan longitudinal harus dibuat menerus pada lantai tingkat kecuali tulangan longitudinal yang hanya berfungsi sebagai kekangan beton

- 4) Kuat tekan beton f_c , berkisar antara 21 hingga 55 Mpa untuk beton normal, dan minimal 28 Mpa untuk beton ringan
- 5) Tegangan leleh profil baja dan tulangan longitudinal tidak boleh melebihi 380 Mpa
- 6) Untuk mencegah tekuk lokal pada pipa baja atau penampang baja berongga. Maka ketebalan dinding minimal disyaratkan sebagai berikut :
 - Untuk penampang persegi dengan sisi b , maka $t \geq b \sqrt{\frac{f_y}{E}}$
 - Untuk penampang lingkaran dengan diameter D , maka $t \geq D \sqrt{\frac{f_y}{E}}$

Tata cara perhitungan kuat rencana kolom komposit diatur dalam SNI 03-1729-2002 pasal 12.3.2. dalam pasal ini dinyatakan bahwa kuat rencana kolom komposit adalah :

$$N_u = \phi_c \cdot N_n \dots\dots\dots(2.39)$$

Dengan :

$$\phi_c = 0,85$$

$$N_n = A_s \cdot f_{cr} = \frac{f_{my}}{\omega} \dots\dots\dots(2.40)$$

Nilai dari ω ditentukan sebagai berikut:

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

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

Dengan :

$$\lambda_c = \frac{k_c L}{r_m \pi} \sqrt{\frac{f_{my}}{E_m}} \dots\dots\dots(2.41)$$

$$f_{my} = f_y + c_1 f_{yr} \frac{A_r}{A_s} + c_2 f_c' \frac{A_c}{A_s} \dots\dots\dots(2.42)$$

$$E_m = E + c_3 E_c \frac{A_c}{A_s} \dots\dots\dots(2.43)$$

$$E_c = 0,041 \cdot w^{1,5} \cdot f_c' \dots\dots\dots(2.44)$$

Keterangan :

A_c = luas penampang beton, mm²

A_r = luas penampang tulangan longitudinal, mm²

A_s = luas penampang profil baja, mm²

- E = modulus elastisitas baja, MPa
 E_c = modulus elastisitas beton, MPa
 E_m = modulus elastisitas kolom komposit, MPa
 f_{cr} = tegangan tekan kritis, MPa
 f_{ym} = tegangan leleh kolom komposit, MPa
 f_{yr} = tegangan leleh profil baja, MPa
 f_c' = kuat tekan karakteristik beton, MPa
 k_c = faktor panjang efektif beton
 L = panjang komponen struktur, mm
 r_m = jari – jari girasi kolom komposit
 w = berat jenis beton, kg/m^3
 λ_c = parameter kelangsingan
 ϕ_c = faktor reduksi beban aksial tekan
 ω = faktor tekuk

Koefisien c_1, c_2 , dan c_3 , ditentukan sebagai berikut :

- Untuk pipa baja yang diisi beton :
 $c_1 = 1,0$ $c_2 = 0,85$ $c_3 = 0,4$
- Untuk profil baja yang dibungkus beton :
 $c_1 = 1,0$ $c_2 = 0,85$ $c_3 = 0,4$

Jari – jari girasi kolom komposit diambil lebih besar daripada jari – jari girasi profil baja dan kolom beton. Pendekatan yang konservatif adalah dengan menggunakan jari – jari kali dimensi dalam bidang tekuk.

$$r_m = r > 0,3 b$$

Dengan :

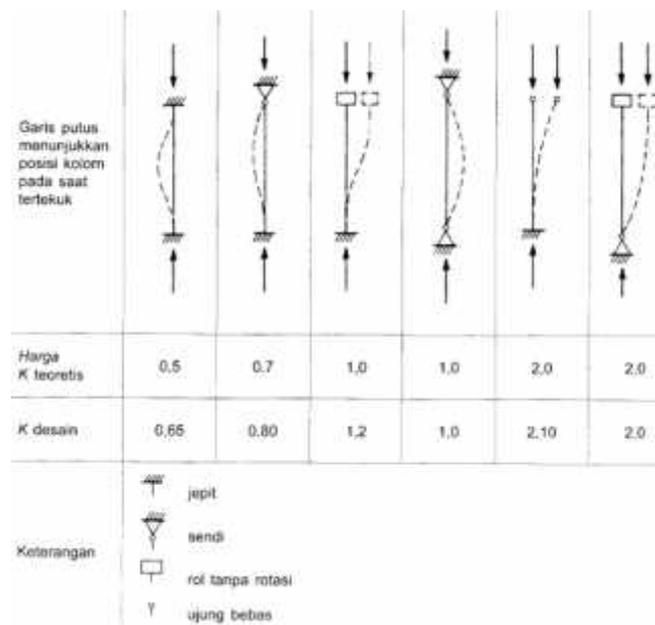
r = jari – jari girasi profil baja dalam bidang tekuk

b = dimensi terluar kolom beton dalam bidang tekuk

d. Panjang tekuk

Kolom dengan kekangan yang besar terhadap rotasi dan translasi

pada ujung—ujungnya (contohnya tumpuan jepit) akan mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan kolom yang mengalami rotasi serta translasi pada bagian tumpuan ujungnya (contohnya adalah tumpuan sendi). Selain kondisi tumpuan ujung, besar beban yang dapat diterima oleh suatu komponen struktur tekan juga tergantung dari panjang efektifnya. Semakin kecil panjang efektif suatu komponen struktur tekan, maka semakin kecil pula risikonya terhadap masalah tekuk.



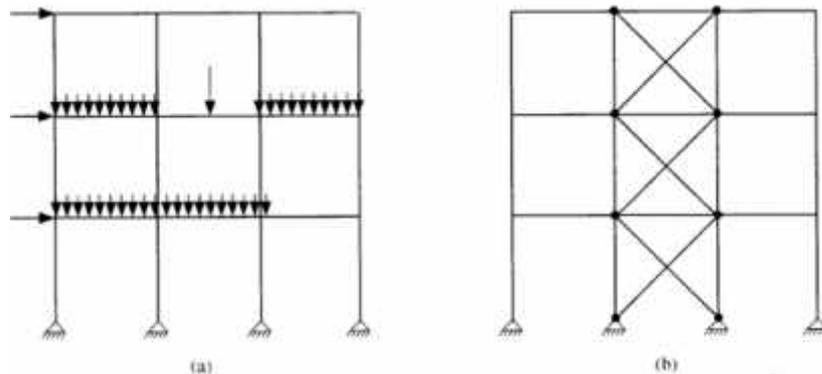
Gambar 2.20 panjang tekuk untuk beberapa kondisi perletakan

Panjang efektif suatu kolom secara sederhana dapat didefinisikan sebagai jarak di antara dua titik pada kolom tersebut yang mempunyai momen sama dengan nol, atau didefinisikan pula sebagai jarak di antara dua titik belok dari kelengkungan kolom. Dalam perhitungan kelangsingan komponen struktur tekan ($\lambda = L/r$), panjang komponen struktur yang digunakan harus dikalikan suatu faktor panjang tekuk k untuk memperoleh panjang efektif dari kolom tersebut. Besarnya faktor panjang efektif sangat tergantung dari kondisi perletakan pada ujung-ujung komponen struktur tersebut. Prosedur penentuan nilai k dilakukan dengan analisa tekuk terhadap suatu kolom, dan cara analisa tersebut tidak dibahas dalam buku ini.

SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.3.1 memberikan daftar nilai faktor panjang

tekuk untuk berbagai kondisi tumpuan ujung dari suatu kolom. Nilai k ini diperoleh dengan mengasumsikan bahwa kolom tidak mengalami goyangan atau translasi pada ujung-ujung tumpuannya.

Nilai k untuk komponen struktur tekan dengan dengan kondisi-kondisi tumpuan ujung yang ideal seperti dalam Gambar 4.5 dapat ditentukan secara mudah dengan menggunakan ketentuan-ketentuan di atas, namun untuk suatu komponen struktur tekan yang merupakan bagian dari suatu struktur portal kaku seperti dalam Gambar 2.20, maka nilai k harus dihitung berdasarkan suatu nomogram. Tumpuan-tumpuan pada ujung kolom tersebut ditentukan oleh hubungan antara balok dengan kolom-kolom lainnya. Portal dalam Gambar 2.21.a dinamakan sebagai portal bergoyang sedangkan portal dalam Gambar 2.21.b disebut sebagai portal tak bergoyang (goyangan dicegah dengan mekanisme kerja dari bresing-bresing yang dipasang).



Gambar 2.21 portal kaku bergoyang dan tanpa goyangan

Nilai k untuk masing—masing sistem portal tersebut dapat dicari dari nomogram dalam Gambar 2.22 Terlihat dalam Gambar 2.22 bahwa nilai k merupakan fungsi dari GA dan GB yang merupakan perbandingan antara kekakuan komponen struktur yang dominan terhadap tekan (kolom) dengan kekakuan komponen struktur yang relatif bebas terhadap gaya tekan (balok). Nilai G ditetapkan berdasarkan persamaan:

$$G = \frac{\sum \frac{I}{L}}{\sum \frac{I}{L}} \dots\dots\dots(2.45)$$

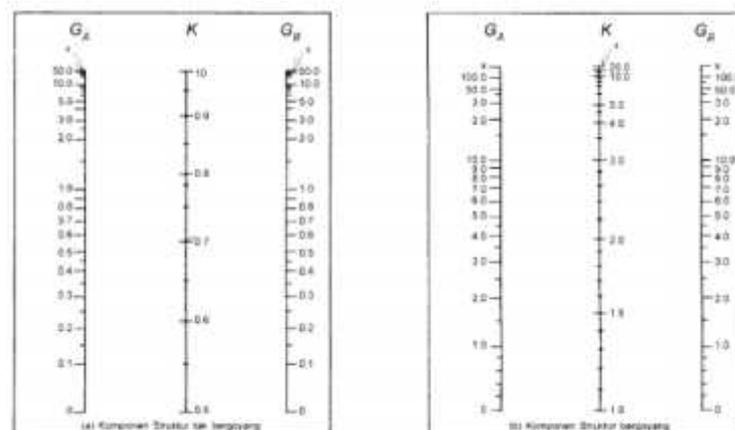
Persamaan 2.45 dapat dikecualikan untuk kondisi-kondisi berikut:

a. untuk komponen struktur tekan yang dasarnya tidak terhubung secara kaku pada pondasi (contohnya tumpuan sendi), nilai G tidak boleh diambil kurang dari 10, kecuali bila dilakukan analisa secara khusus untuk mendapatkan nilai G tersebut

b. untuk komponen struktur tekan yang dasarnya terhubung secara kaku pada pondasi (tumpuan jepit), nilai G tidak boleh diambil kurang dari 1, kecuali dilakukan analisa secara khusus untuk mendapatkan nilai G tersebut

Besaran $\left(\frac{I}{L}\right)$ dihitung dengan menjumlahkan kekakuan semua komponen struktur tekan (kolom)-dengan bidang lentur yang sama-yang terhubung secara kaku pada ujung komponen struktur yang sedang ditinjau.

Besaran $\left(\frac{I}{L}\right)$ dihitung dengan menjumlahkan kekakuan semua komponen struktur lentur (balok) dengan bidang lentur yang sama-yang terhubung secara kaku pada ujung komponen struktur yang sedang ditinjau.



Gambar 2.22 nomogram factor panjang tekuk (LRFD hal 59)

2.4.8 Perencanaan sloof

Fungsi utama balok sloof adalah sebagai pengikat antar pondasi sehingga diharapkan bila terjadi penurunan pada pondasi, penurunan itu dapat tertahan atau

akan terjadi secara bersamaan (Anugrah Pamungkas dan Erny Harianti 2013:97)

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan dan perhitungan sloof :

1. Penentuan dimensi sloof
2. Penentuan pembebanan pada sloof
 - a. Berat sloof
 - b. Berat dinding
 - c. Berat plesteran
3. Perhitungan momen menggunakan metode momen plastis
4. Cek penulangan
 - $V_u < V_c$, tidak perlu tulangan geser
 - $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$, diperlukan tulangan praktis

2.4.9 Perencanaan pondasi

Pondasi umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah, dan telapak pondasi berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Sebagaimana yang menjadi tugasnya, telapak pondasi harus memenuhi persyaratan untuk mampu dengan aman menebarkan beban yang diteruskannya sedemikian rupa sehingga kapasitas atau daya dukung tanah tidak dilampaui (Istimawan Dipohusodo, 1994:342).

Tiang pancang bagian-bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton dan/atau baja, yang digunakan untuk meneruskan (mentransmisikan) beban-beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah dalam massa tanah (Joseph E. Bowles, 1991:193).

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menempatkan bangunan dan menerima penyaluran beban dari struktur atas ke tanah dasar pondasi yang cukup kuat menahannya tanpa terjadinya diperensial settlement pada sistem strukturnya.

Langkah-langkah perencanaan sebagai berikut :

- a. Menentukan daya dukung ijin tanah melalui perhitungan dengan berdasarkan data-data yang ada.

Berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang :

$$Q_{\text{tiang}} = 0,3 \times f_c' \times A_{\text{tiang}} \dots\dots\dots(2.46)$$

Berdasarkan kekuatan tanah :

$$Q_{\text{ijin}} = \frac{NK \times Ab}{Fb} + \frac{JPH \times O}{Fs} \dots\dots\dots(2.47)$$

- Dimana : NK = nilai konus
 JPH = jumlah hambatan pekat
 Ab = luas tiang
 O = keliling tiang
 Fb = faktor keamanan daya dukung ujung. = 3
 Fs = faktor keamanan daya dukung gesek. = 5

- b. Menentukan jumlah tiang pancang

$$N = \frac{P_{\text{total}}}{Q} \dots\dots\dots(2.48)$$

- c. Menentukan jarak antar tiang

Apabila setelah dilakukan perhitungan jumlah tiang pancang langkah perencanaan selanjutnya adalah menentukan jarak antara masing-masing tiang pancang.

$$S = 2,5d - 3d \dots\dots\dots(2.49)$$

- Dimana : d = ukuran pile (tiang)
 S = Jarak antar tiang

- d. Menentukan Efisiensi Kelompok Tiang

Menentukan efisiensi kelompok tiang dilakukan setelah mengetahui hasil perhitungan jumlah tiang pancang. Perhitungan efisiensi kelompok tiang ini dilakukan apabila setelah didapat hasil perhitungan jumlah tiang yang lebih dari satu buah tiang. Nilai efisiensi tiang pancang (Eg) dapat di tentukan dengan rumus berikut ini.

$$Eg = 1 - \frac{\theta}{90} \frac{m-1 \ n+ \ n-1 \ m}{mn} \rightarrow \text{arc. tan} \frac{d}{s} \dots\dots\dots(2.50)$$

- Dimana: d = Ukuran Pile (tiang)

S = Jarak Antar tiang

e. Menentukan Kemampuan Tiang Pancang Terhadap sumbu X dan Y

$$P = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{max}}{n_y \cdot \sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{max}}{n_x \cdot \sum y^2} \dots\dots\dots(2.51)$$

Dimana :

- P : Beban yang diterima oleh tiang pancang
 : Jumlah total beban
- M_x : Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu X
 M_y : Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu Y
 N : Banyak tiang pancang dalam kelompok tiang (pilegroup)
 X_{max} : Absis terjatuh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang pancang.
 Y_{max} : Ordinat terjatuh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang pancang.
 N_y : Banyak tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu Y
 N_x : Banyak tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu X
 $\sum x^2$: Jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang.
 $\sum y^2$: Jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang.

Kontrol kemampuan tiang pancang

$$i_{jin} = \frac{P}{n} \dots\dots\dots(2.52)$$

$$i_{jin} < P$$

f. Penulangan Tiang Pancang

Penulangan tiang pancang dihitung berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkatan.

1) Tulangan Pokok Tiang Pancang

- Menghitung nilai k dengan rumus 2.19
- Menghitung A_s dengan rumus 2.21
- Menentukan jumlah tulangan selain dengan menggunakan tabel di buku beton bertulang Istimawan Dipohusodo dapat di hitung dengan :

$$n = \frac{A_s}{1/4\pi D^2} \dots\dots\dots(2.53)$$

Dengan :

A_s = Luas tulangan yang dibutuhkan

D = Diameter tulangan

2) Tulangan Geser Tiang Pancang

V_u rencana didapat dari pola pengangkutan sebagai berikut :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b_w d \quad \dots\dots\dots(2.54)$$

$V_u < \phi V_c \Rightarrow$ Diperlukan Tulangan Geser

$$A_v = \frac{\pi d^2}{2} \quad \dots\dots\dots(2.55)$$

$$S = \frac{3 A_v f_y}{b} \quad \dots\dots\dots(2.56)$$

$$S = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c} \quad \dots\dots\dots(2.57)$$

Syarat sengkang $S_{maks} = 1/2 \cdot d$ efektif $\dots\dots\dots(2.58)$

g. Perhitungan Pile Cap

Pile cap merupakan bagian yang mengikat dan mengunci posisi tiang pancang.

Langkah-langkah perencanaan pile cap :

1) Menentukan beban yang bekerja

$$P_u = 1,2 W_d + 1,6 W_l \quad \dots\dots\dots(2.59)$$

2) Menentukan dimensi pile cap

- Menentukan panjang Pilecap

$$L_w = (k + 1) \times D + 300 \quad \dots\dots\dots(2.60)$$

- Menentukan lebar pile cap

$$b_w = D + 300 \quad \dots\dots\dots(2.61)$$

Dengan :

L_w = Panjang pile cap (mm)

D = Ukuran pile (tiang) (mm)

k = Variabel jarak pile cap

2.4.10 Sambungan

a. sambungan baut

1) Perencanaan baut

Suatu baut yang memikul gaya terfaktor, R_u , harus memenuhi (Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal. 99) :

$$R_u \leq \phi R_n$$

2) Baut dalam geser

Kuat geser rencana dari satu baut dihitung sebagai berikut (Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal. 100) :

$$V_d = \phi V_n = \phi_f r_1 f_u^b A_b \dots\dots\dots (2.62)$$

3) Baut yang memikul gaya tarik

Kuat tarik rencana satu baut dihitung ebagai berikut (Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal.100) :

$$T_d = \phi T_n = \phi_f 0,75 f_u^b A_b \dots\dots\dots (2.63)$$

4) Kuat Tumpu

Apabila jarak lubang tepi terdekat dengan sisi pelat dalam arah kerja gaya > 1,5 kali diameter lubang, jarak antar lubang > 3 kali diameter lubang, dan ada lebih dari satu baut dalam arah kerja gaya, maka kuat rencana tumpu dapat dihitung sebagai berikut (Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal. 101) :

$$R_d = \phi_f R_n = 2,4 \phi_f d_b t_p f_u \dots\dots\dots (2.64)$$

- Pelat pengisi pada sambungan yang tebal antara 6 mm–20mm, kuat geser nominal satu baut yang ditetapkan harus dikurangi 15 %.
- Sambungan tanpa slip
- Pada sambungan tipe friksi yang menggunakan baut mutu tinggi yang slipnya dibatasi, satu baut yang hanya memikul gaya geser terfaktor, V_u , dalam bidang permukaan friksi harus memenuhi (Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal.102) :

$$V_u = V_d (= \phi V_n) \dots\dots\dots (2.65)$$

5) Tata letak baut

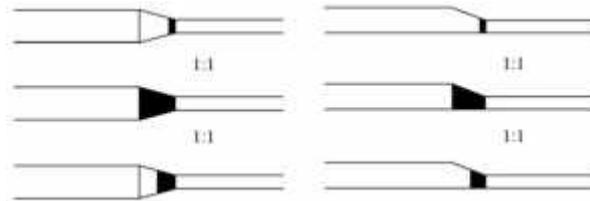
Jarak antar pusat lubang pengencang tidak boleh kurang dari 3 kali diameter nominal pengencang. Jarak antara pusat pengencang tidak boleh melebihi $15t_p$. (Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 hal.102).

b. Sambungan las

Sambungan terdiri dari komponen sambungan (pelat pengisi, pelat buhul, pelat pendukung, dan pelat penyambung) dan alat pengencang (baut dan las).

Dalam perencanaan sambungan ini penulis memilih sambungan menggunakan las. Adapun jenis-jenis las yang digunakan adalah sebagai berikut :

1) Las Tumpul



Gambar 2.23 – Las Tumpul

Kekuatan las tumpul (penetrasi penuh) ditetapkan sebagai berikut :

- Bila sambungan dibebani gaya tarik atau gaya tekan aksial terhadap luas efektif, maka :

$$y \cdot R_{nw} = 0,9 \cdot t_t \cdot f_y \text{ (bahan dasar)} \dots\dots\dots (2.66)$$

$$y \cdot R_{nw} = 0,9 \cdot t_t \cdot f_{yw} \text{ (las)} \dots\dots\dots (2.67)$$

- Bila sambungan dibebani dengan gaya geser terhadap luas efektif, maka :

$$y \cdot R_{nw} = 0,9 \cdot t_t \cdot (0,6 \cdot f_y) \text{ (bahan dasar)} \dots\dots\dots (2.68)$$

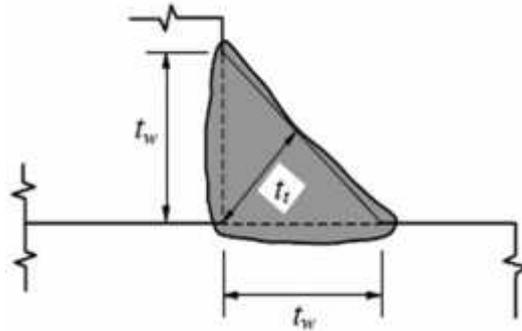
$$y \cdot R_{nw} = 0,8 \cdot t_t \cdot (0,6 \cdot f_{yw}) \text{ (las)} \dots\dots\dots (2.69)$$

Keterangan :

$y = 0,9$ adalah faktor reduksi kekuatan saat leleh,
 f_y, f_u adalah tegangan leleh dan tegangan tarik putus.

(Sumber : SNI 03-1729-2002 : 106)

2) Las Sudut



Gambar 2.24 – Las Sudut

- Ukuran minimum las sudut :

Tabel 2.9 - 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 03-1729-2002 hal. 108)

- Kuat las sudut

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

$$R_u \leq R_{nw} \quad \dots\dots\dots (2.70)$$

dengan,

$$f \cdot R_{nw} = 0,75 \cdot tt \cdot (0,6 \cdot f_{uw}) \text{ (las)} \quad \dots\dots\dots (2.71)$$

$$f \cdot R_{nw} = 0,75 \cdot tt \cdot (0,6 \cdot f_u) \text{ (bahan dasar)} \quad \dots\dots\dots (2.72)$$

dengan $f = 0,75$ faktor reduksi kekuatan.

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

(Sumber : SNI 03-1729-2002 : 110)

2.5 Pengelolaan Proyek

2.5.1 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.

2.5.2 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.

2.5.3 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-hara 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.

2.5.4 Rencana anggaran biaya (RAB)

Rencana anggran 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 dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. (Bachtiar Ibrahim. *Rencana dan Estimate Real of Cost*).

2.5.5 Network planning (NWP)

Network Planning merupakan teknik baru 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.

Net Work Planning juga suatu alat pengendalian pekerjaan dilapangan yang ditandai dengan simbol-simbol tertentu berupa urutan pekerjaan dalam suatu proyek yang berfungsi untuk mengetahui waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan tiap bagian pekerjaan yang akan dilaksanakan sehingga dapat memperlancar pekerjaan.

Adapun kegunaan *Network Planning* adalah sebagai berikut :

- a. Mengkoordinasi antar kegiatan
- b. Mengetahui apakah suatu kegiatan tergantung atau tidak dengan kegiatan lainnya
- c. Mengetahui pekerjaan apa yang harus lebih dahulu diselesaikan
- d. Mengetahui berapa hari suatu proyek dapat diselesaikan.

2.5.6 Barchart dan kurva S

Barchart menguraikan tentang uraian setiap pekerjaan mulai dari tahap awal sampai berakhirnya pekerjaan, bobot pekerjaan dan pelaksanaan pekerjaan. Sedangkan 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.