

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uraian Umum

Pada perencanaan suatu konstruksi bangunan gedung diperlukan beberapa landasan teori berupa analisa struktur, ilmu tentang kekuatan bahan serta hal lain yang berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia. Ilmu teoritis di atas tidaklah cukup karena analisa secara teoritis tersebut hanya berlaku pada kondisi struktur ideal sedangkan gaya-gaya yang dihitung hanya merupakan pendekatan dari keadaan yang sebenarnya atau yang diharapkan terjadi.

Perencanaan dari konstruksi bangunan juga harus memenuhi berbagai syarat konstruksi yang telah ditentukan yaitu kuat, kaku, bentuk yang serasi dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang ekonomis tapi tidak mengurangi mutu bangunan tersebut, sehingga dapat digunakan sesuai dengan fungsi utama yang diinginkan oleh perencana.

Cara atau metode konstruksi tidak terlepas dari penggunaan teknologi sebagai pendukung dan mempercepat proses pembuatan suatu bangunan, agar kegiatan pembangunan dapat berjalan sebagai mana mestinya sesuai dengan yang diharapkan dan lebih ekonomis dalam biaya pemakaian bahan. Dalam perencanaan suatu bangunan gedung diperlukan beberapa teori mengenai perhitungan analisa struktur yang berpedoman pada peraturan yang berlaku di Indonesia (SNI)

2.2 Dasar-dasar Perencanaan

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

- a. Peraturan Pembebanan Indonesian untuk Gedung (PPIUG) 1983.
- b. Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang Berdasarkan SK-SNI T-1 1991-03 oleh W.C.Vis dan Gideon Kusuma.
- c. Analisa dan Desain Pondasi Edisi Keempat Jilid 2 oleh Joeseeph E.Bowles.

- d. Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI oleh Istimawan Dipohusodo, 1996.
- e. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002). Oleh Badan Standardisasi Nasional, sebagai acuan dalam melakukan perencanaan dan pelaksanaan struktur beton bertulang dengan ketentuan minimum agar hasil aman dan ekonomis.
- f. Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang, berdasarkan SK-SNI T-15 1991-03. Oleh W.C. Vis dan Gideon Kusuma. Buku ini berisi penjelasan mengenai grafik dan tabel yang digunakan dalam perhitungan struktur beton bertulang.
- g. Tabel Profil Konstruksi Baja, oleh Ir. Rudy Gunawan. Buku ini memuat spesifikasi dan dimensi dari profil-profil baja yang digunakan dalam konstruksi baja.
- h. Pondasi Tiang Pancang Jilid 1, oleh Sardjono, Hs. Buku ini memuat pengertian dan penjelasan mengenai perencanaan pondasi tiang pancang.
- i. Manajemen Proyek, oleh Ir. Abrar Husen, M.T, buku ini berisi tentang cara pelaksanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek.

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

a. Beban Mati (Beban Tetap)

Beban mati ialah beban dengan besar yang konstan dan berada pada posisi yang sama setiap saat. Beban mati ini terdiri dari berat sendiri struktur dan beban lain yang melekat pada struktur secara permanen. Yang termasuk dalam beban mati adalah berat rangka, dinding, lantai, atap, *plumbing*, dll.

Dalam mendesain beban mati ini harus diperhitungkan untuk digunakan dalam analisa. Dimensi dan berat elemen struktur tidak diketahui sebelum analisa struktur selesai dilakukan. Berat yang ditentukan dari analisa struktur harus dibandingkan dengan berat perkiraan semula. Jika perbedaannya besar, perlu dilakukan analisa ulang dengan menggunakan perkiraan berat yang lebih baik. Berat sendiri dari bahan-bahan bangunan

sangatlah penting untuk kita ketahui 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

BAHAN BANGUNAN	
Baja	7850 kg/m ³
Batu alam	2600 kg/m ³
Batu belah, batu bulat, batu gunung	1500 kg/m ³
Batu karang	700 kg/m ³
Batu pecah	1450 kg/m ³
Besi bertulang	7250 kg/m ³
Beton	2200 kg/m ³
Beton bertulang	2400 kg/m ³
Kayu	1000 kg/m ³
Kerikil, koral	1650 kg/m ³
Pasangan batu merah	1700 kg/m ³
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200 kg/m ³
Pasangan batu cetak	2200 kg/m ³
Pasangan batu karang	1450 kg/m ³
Pasir (kering udara sampai lembab)	1600 kg/m ³
Pasir (jenuh air)	1800 kg/m ³
Pasir kerikil, koral	1850 kg/m ³
Tanah lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1700 kg/m ³
Tanah lempung dan lanau (basah)	2000 kg/m ³
KOMPONEN BANGUNAN	
Adukan , per cm tebal	
- Dari semen	21 kg/m ²
- Dari kapur, semen	17 kg/m ²
Aspal per cm tebal	4 kg/m ²

Dinding pasangan batu merah:	
- Satu batu	450 kg/ m ²
- Setengah batu	250 kg/ m ²
Dinding pasangan batako:	
- Berlubang:	
Tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/ m ²
Tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/ m ²
- Tanpa lubang	
Tebal dinding 20 cm	300 kg/ m ²
Tebal dinding 10 cm	200 kg/ m ²
Penggantung langit-langit (dari kayu) dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 m	11 kg/ m ²
Lantai kayu sederhana dengan Balok kayu	40 kg/ m ²
Penggantung langit-langit (kayu)	7 kg/ m ²
Penutup atap genteng	50 kg/ m ²
Penutup atap sirap	40 kg/ m ²
Penutup atap seng gelombang (BJLS-25)	10 kg/ m ²
Penutup lantai ubin, cm tebal	24 kg/ m ²
Semen asbes gelombang (5 mm)	11 kg/ m ²

(Sumber : PPURG 1987, Hal 5-6)

b. Beban Hidup (Beban Sementara)

Beban hidup adalah semua beban yang tidak tetap kecuali beban angin, beban gempa dan pengaruh-pengaruh khusus (akibat selisih suhu, pemasangan, penurunan pondasi dan gaya sentrifugal).

Beban hidup pada lantai gedung harus diambil menurut Tabel 2.2. 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/m². 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)

Tabel 2.3 Beban hidup pada atap gedung

Atap /bagiannya dapat dicapai orang, termasuk kanopi (atap dak)	100 kg/m ²
Atap /bagiannya tidak dapat dicapai oleh orang (diambil min) - Beban hujan - Beban terpusat α = sudut atap, min 20 kg/m ³ tidak perlu ditinjau bila $\alpha > 50^0$	(40-0,8 α) kg/m ² 100 kg
Balok/gording tepi kantilaver	200 kg

(Sumber : PPURG 1987, Hal 7-8)

c. Beban Konstruksi

Unsur struktur utama pada umumnya dirancang untuk beban mati dan beban hidup, akan tetapi unsur tersebut dapat dibebani oleh beban yang jauh lebih besar dari beban rencana ketika bangunan didirikan. Beban ini dinamakan beban konstruksi dan merupakan pertimbangan yang penting dalam rancangan unsur struktur.

d. Beban Angin

Gedung-gedung tinggi yang pertama tidak rentan terhadap akibat-akibat aksi lateral yang rumit yang disebabkan oleh angin. Aksi angin pada bangunan bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti kekerasan dan bentuk permukaan, bentuk kerampingan dan tekstur struktur itu sendiri serta perletakan bangunan yang berdekatan. Beban memperhitungkan adanya tekanan positif dan tekanan negatif yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau.

- Tekanan tiup minimum 25 kg/m²
- Tekanan tiup minimum 40 kg/m² (dilaut sampai 5 km dari pantai)
- Jika kecepatan angin bisa menimbulkan tekanan yang lebih besar.
 $p = v^2/16$ (dalam kg/m²).....(2.1)

(Sumber : PPURG 1987 ,Hal 9)

Keterangan:

v = kecepatan angin (m/detik)

- Struktur cerobong, ditentukan dengan rumus pendekatan

$$q_{\text{wind}} = 42,5 + 0,6 h \text{ (kg/m}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.2)$$

(Sumber : PPURG 1987 ,Hal 9)

Keterangan:

q_{wind} = tekanan tiup, (kg/m²)

h = tinggi total cerobong, (m)

e. Beban Tekanan Air dan Tanah

Struktur dibawah permukaan tanah cenderung mendapat beban yang berbeda dengan beban diatas tanah. Substruktur sebuah bangunan harus memikul tekanan lateral yang disebabkan oleh tanah dan air tanah. Gaya-gaya ini bekerja tegak lurus pada dinding dan lantai substruktur.

f. Kombinasi Beban

Beban tinggi dari gedung akan menghadapi beban sepanjang usia bangunan tersebut, dan banyak diantaranya yang bekerja bersamaan. Efek beban harus digabung apabila bekerja pada garis kerja yang sama dan harus dijumlahkan. Keadaan ini membuat kita harus memasang struktur yang mempertimbangkan semua kemungkinan kombinasi pembebanan (PPIUG)1983)

2.3 Metode Perhitungan

Secara garis besar sebuah perencanaan struktur bangunan merupakan pencarian dimensi yang tepat untuk digunakan pada bentuk bangunan yang sudah di desain sebelumnya, untuk perhitungan struktur bangunan itu sendiri meliputi, perhitungan struktur pelat atap, pelat lantai, struktur balok, kolom, portal, struktur tangga, struktur pondasi, serta konstruksi yang diperlukan.

2.3.1 Perhitungan Pelat

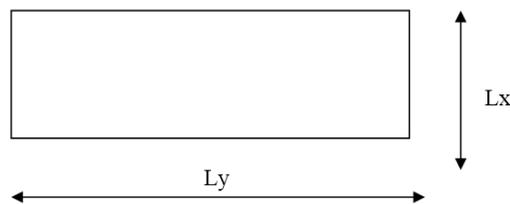
Pelat merupakan panel- panel beton bertulang yang mungkin bertulangan dua atau satu arah saja atau pelat adalah struktur tipis yang dibuat dari beton

bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada apabila struktur tersebut. Ketebalan bidang pelat ini relatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya. Pelat beton ini sangat kaku dan arahnya horisontal, sehingga pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai diafragma/unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal.

Pelat beton bertulang banyak digunakan pada bangunan sipil, baik sebagai lantai bangunan, lantai atap dari suatu gedung, lantai jembatan maupun lantai pada dermaga. Beban yang bekerja pada pelat umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi (beban mati dan/atau beban hidup). Beban tersebut mengakibatkan terjadi momen lentur (seperti pada kasus balok). (Istimawan Dipohusodo, *Struktur Beton Bertulang*).

A. Pelat satu arah (One Way Slab)

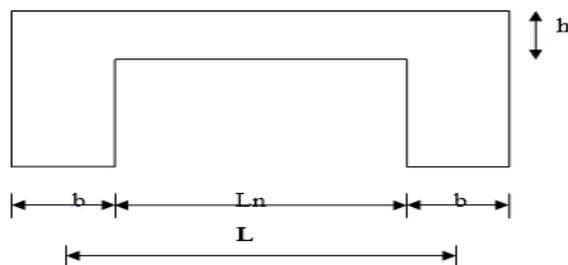
Apabila perbandingan antara sisi panjang dan sisi pendek yang saling tegak lurus lebih besar dari 2, maka pelat dianggap sebagai pelat satu arah. Atau suatu pelat dikatakan pelat satu arah apabila $L_y/L_x \geq 2$, dimana L_y dan L_x panjang dari sisi-sisinya.



Gambar 2.1 Pelat Satu Arah

Langkah-langkah perhitungan pelat satu arah didasarkan pada kriteria-kriteria berikut ini.

1. Menentukan bentang teoritis.



Gambar 2.2 Penentuan Bentang Teoritis

Batang Tarik pelat:

$$L = L_n + (2 \times 1/2 \times b) \dots\dots\dots(2.3)$$

2. Penentuan Tebal Pelat

Penentuan tebal pelat terlentur satu arah tergantung pada beban atau momen lentur yang bekerja, defleksi yang terjadi, dan kebutuhan kuat geser yang dituntut. (Istimawan Dipohusodo, *Struktur Beton Bertulang*)

Tabel 2.4 Tabel Minimum Pelat Satu Arah

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 mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

(Sumber : SK SNI-03-2847-2002. Hal : 63)

Catatan :

Panjang bentang dalam mm (milimeter) Tabel diatas hanya diperlukan bagi pelat dengan berat beton normal 24 KN/m^3 dan baja tulangan BJTD mutu 40. Apabila digunakan mutu tulangan baja yang lain maka nilai diatas harus dimodifikasi sebagai berikut :

- Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis diantara 1500 kg/ m^3 sampai 2000 kg/ m^3 , nilai harus dikalikan dengan $(1,65-0,00 \text{ wc})$ tetapi tidak kurang dari 1,09 dimana wc adalah berat jenis didalam kg/m^3 .
- Untuk f_y selain 400 Mpa nilainya harus dikalikan dengan:

$$0,4 + \frac{f_y}{700} \dots\dots\dots(2.4)$$

3. Menghitung beban mati pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung momen rencana (Wu).

$$W_u = 1,2 W_{DD} + 1,6 W_{LL} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

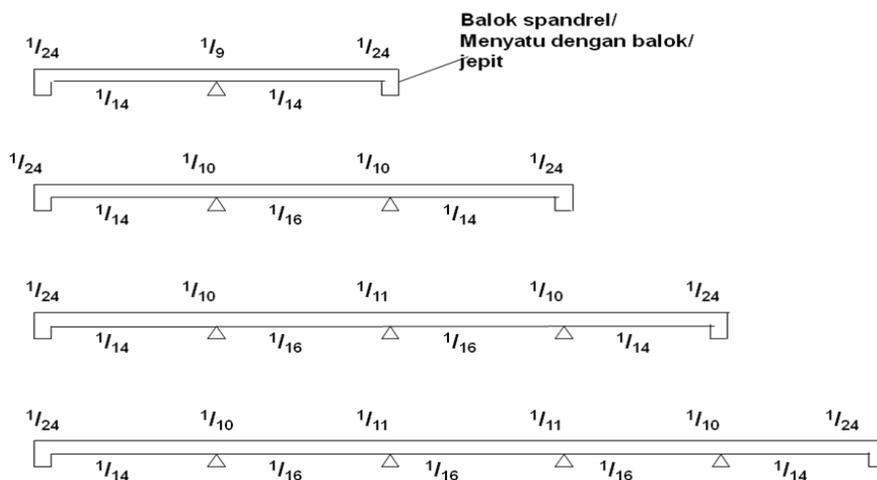
W_{DD} = Jumlah Beban Mati Pelat (KN/m)

W_{LL} = Jumlah Beban Hidup Pelat (KN/m)

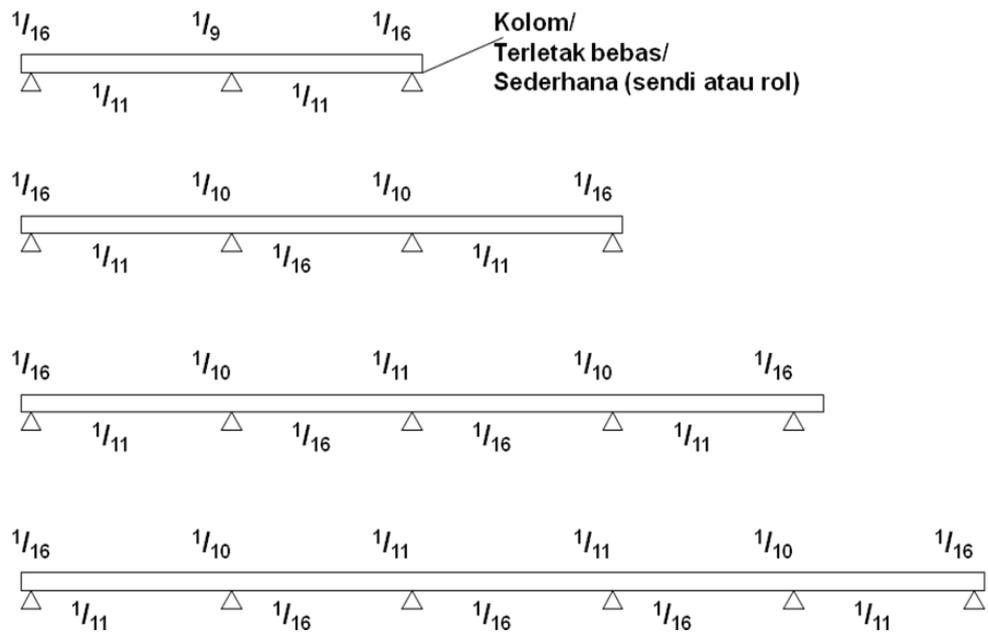
4. Menghitung momen rencana (Mu) baik dengan cara tabel atau analisis. Sebagai alternatif, metode pendekatan berikut ini dapat digunakan untuk menentukan momen lentur dan gaya geser dalam perencanaan balok menerus dan pelat satu arah, yaitu pelat beton bertulang di mana tulangnya hanya direncanakan untuk memikul gaya-gaya dalam satu arah, selama:

- Jumlah minimum bentang yang ada haruslah minimum dua.
- Memiliki panjang bentang yang tidak terlalu berbeda, dengan rasio panjang bentang terbesar terhadap panjang bentang terpendek dari dua bentang yang bersebelahan tidak lebih dari 1,2.
- Beban yang bekerja merupakan beban terbagi rata.
- Beban hidup per satuan panjang tidak melebihi tiga kali beban mati per satuan panjang.
- Komponen struktur adalah prismatis.

Koefisien momen dikalikan $W_u L_n^2$



Koefisien momen dikalikan $W_u L_n^2$



Gambar 2.3 Metode Koefisien Momen

5. Perkiraan Tinggi Efektif (d_{eff})

Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

Tabel 2.5 Selimut Beton

	Tebal selimut minimum, (mm)
Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	70
Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca:	
• batang D-19 hingga D-56	50
• batang D-16, jaring kawat polos atau ulir	

W16 dan yang lebih kecil	40
Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau tanah:	
• <u>Pelat, dinding, pelat berusuk:</u>	
- Batang D-44 dan D-56	40
- Batang D-36 dan 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 dan yang lebih besar	20
- Batang D-16, jaring kawat polos atau ulir	
W16 dan yang lebih kecil	15

(Sumber : SK SNI-03-2847-2002)

6. Menghitung K_{perlu}

$$k = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d_{eff}^2} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan:

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

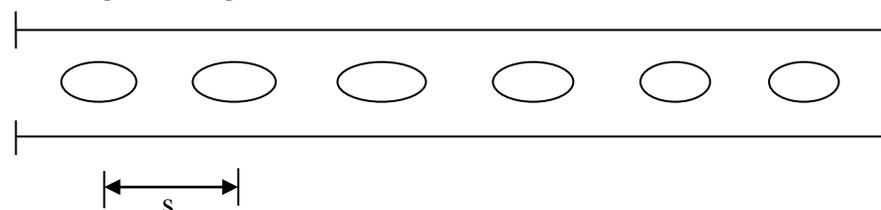
Mu = Momen terfaktor pada penampang (KN / m)

b = lebar penampang (mm) diambil 1 m

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

ϕ = faktor Kuat Rencana (SNI 2002 Pasal 11.3, hal 61 butir ke- 2)

7. Jarak tulangan-tulangan



Gambar 2.4 Jarak Tulangan Pelat

$$S_{min} = 40 \text{ mm}$$

$$S_{max} = 1,5 \times h \text{ atau } 250 \text{ mm (ambil terkecil)}$$

8. Menentukan rasio penulangan (ρ) dari tabel, Jika $\rho > \rho_{max}$, maka pelat dibuat lebih tebal
9. Hitung A_s yang diperlukan.

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{eff} \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

A_s = Luas tulangan (mm^2)

ρ = rasio penulangan

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

10. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan suhu dan susut dengan menggunakan tabel. Untuk tulangan suhu dan susut dihitung berdasarkan peraturan SNI 2002 Pasal 9.12, yaitu :

- 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:

- Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 adalah 0,0020

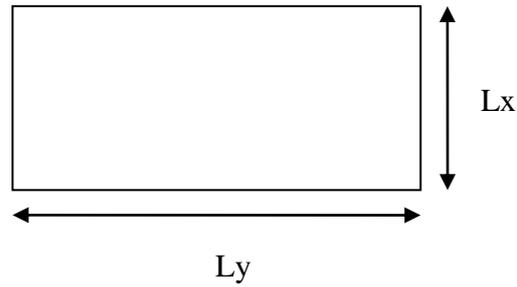
- Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 400 adalah 0,0018

- Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35% adalah $0,0018 \times 400 / f_Y$

- b. Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari lima kali tebal pelat, atau 450 mm.

B. Pelat dua arah

Apabila pelat ditumpu pada sepanjang keempat sisinya, maka hal inilah yang disebut pelat dua arah atau suatu pelat dikatakan pelat dua arah apabila $L_y/L_x \leq 2$, dimana L_y dan L_x adalah panjang sisi-sisinya, dapat dilihat detailnya pada gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 Pelat Dua Arah

Langkah-langkah perhitungan pelat satu arah didasarkan pada kriteria-kriteria berikut ini.

1. Menentukan tebal pelat

Menurut SNI tahun 2000 hal 65-66 adalah sebagai berikut:

- $\alpha_m \leq 2,0$ untuk : Pelat tanpa penebalan minimum = 120 mm
Pelat dengan penebalan minimum = 100 mm
- $\alpha_m \geq 2,0 < 2,0$

$$h = \frac{\ln \left[0,8 + \frac{fy}{1500} \right]}{36 + 5\beta \left[\alpha m - 0,12 \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]} \dots\dots\dots(2.8)$$

Tetapi tidak boleh kurang dari 120 mm

(SK SNI T-15-1991-03 hal.18)

- $\alpha_m > 2,0$

$$h_{\min} = \frac{\ln \left[0,8 + \frac{fy}{1500} \right]}{36 + 5\beta} \dots\dots\dots(2.9)$$

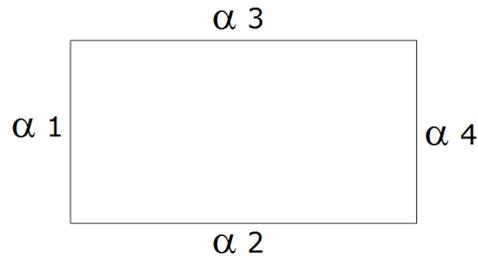
(SK SNI T-15-1991-03 hal.18 (3.2-13))

dan tidak perlu lebih dari :

$$h_{\max} = \frac{\ln \left[0,8 + \frac{fy}{1500} \right]}{36} \dots\dots\dots(2.10)$$

(SK SNI T-15-1991-03 hal.18 (3.2-14))

2. Mencari nilai α_m dari masing-masing panel untuk Mengecek apakah pemakaian h_{coba} telah memenuhi persyaratan h_{min} .



$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \frac{I_{x-x} \text{ balok}}{I_{x-x} \text{ pelat}} \dots\dots\dots(2.11)$$

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

Untuk $\alpha_m < 2,0$ tebal pelat minimum adalah 120 mm

Untuk $\alpha_m > 2,0$ tebal pelat minimum adalah 90mm

3. Cek nilai h_{actual} dari hasil nilai α_m yang telah didapat

$$h = \frac{\ln \left[0,8 + \frac{f_y}{1500} \right]}{36 + 5\beta \left[\alpha_m - 0,12 \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]} \dots\dots\dots(2.12)$$

Nilai h_{coba} boleh dipakai apabila lebih besar dari h_{actual} . Apabila dalam perhitungan nilai h_{beton} lebih kecil, maka nilai tebal pelat yang dicoba direncanakan ulang (diperbesar) dan perhitungannya diulangi kembali.

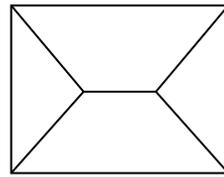
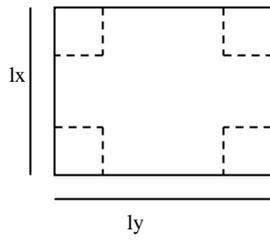
4. Menghitung beban yang bekerja pada pelat (beban mati dan beban hidup). Kemudian hasil perhitungan akibat beban mati dan beban hidup dikali dengan factor beban untuk mendapatkan nilai beban terfaktor.

$$W_u = 1,2 DL + 1,6 LL \dots\dots\dots(2.13)$$

5. Mencari Momen

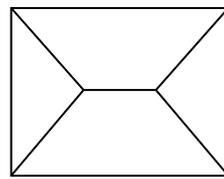
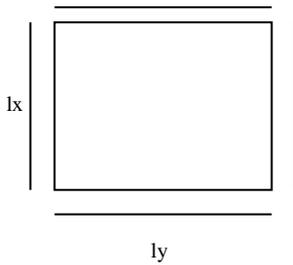
Mencari momen yang bekerja pada arah x dan y, dengan cara penyaluran “metode amplop” (Gideon Kusuma. *Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang*)

I.



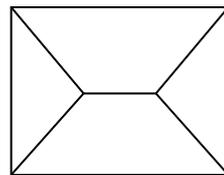
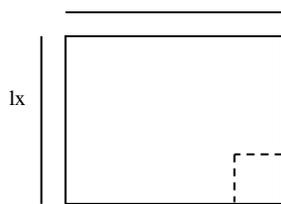
$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{ly} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{ty} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{tx} &= \frac{1}{2} \cdot M_{lx} \\
 M_{ty} &= \frac{1}{2} \cdot M_{ly}
 \end{aligned}$$

II.



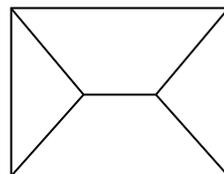
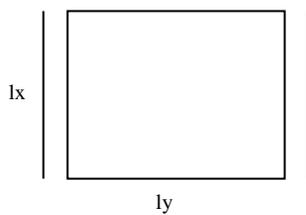
$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{ly} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{tx} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{ty} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}
 \end{aligned}$$

III.



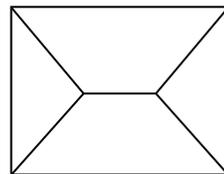
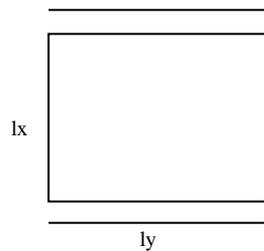
$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{ly} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{tx} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{ty} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{tx} &= \frac{1}{2} \cdot M_{lx} \\
 M_{ty} &= \frac{1}{2} \cdot M_{ly}
 \end{aligned}$$

IV.^A

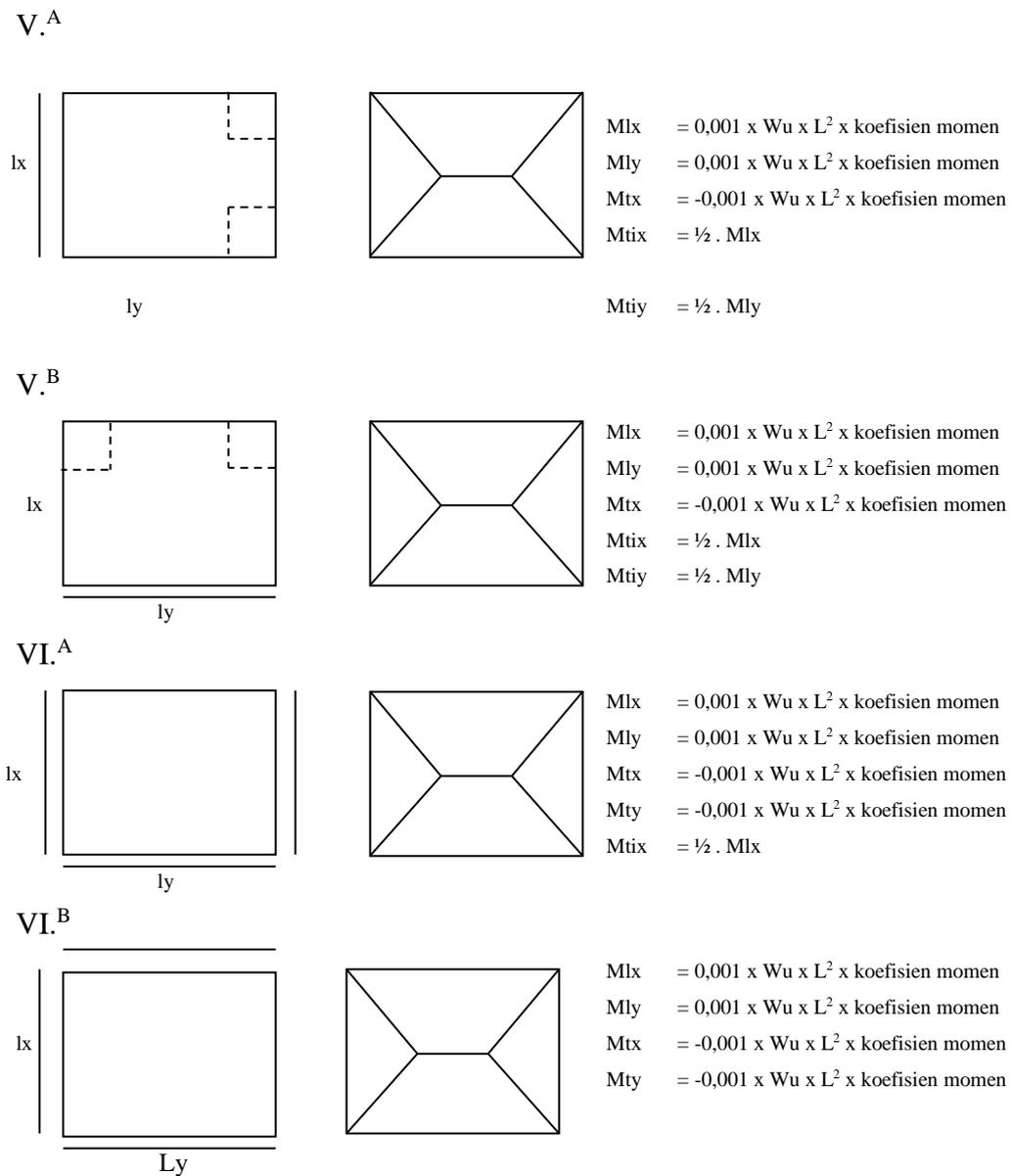


$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{ly} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{tx} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{ty} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{tx} &= \frac{1}{2} \cdot M_{lx}
 \end{aligned}$$

IV.^B



$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{ly} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{tx} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{ty} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{ty} &= \frac{1}{2} \cdot M_{ly}
 \end{aligned}$$



Gambar 2.6 Panel Momen

6. Mencari tebal efektif pelat

(SK SNI-03-2847-2002)

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

$$D_x = h - p - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah x}$$

$$D_y = h - p - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah y} - \emptyset_x$$

7. Mencari nilai koefisien tahanan (k)

Faktor reduksi $\Theta = 0,80$

$$K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \dots \dots \dots (2.14)$$

8. Mencari rasio penulangan (ρ)

Rasio penulangan ini didapat berdasarkan koefisien tahanan (k) yang telah didapat sebelumnya. Dengan menggunakan tabel A-11 (Dipohusodo Isimawan, *Struktur Beton Bertulang*)

9. Mencari luas tulangan (A_s)

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots \dots \dots (2.15)$$

10. Mencari jarak antar tulangan (s)

$S_{maks} = 3 \times$ tebal pelat atau $< 500\text{mm}$ (Dipohusodo Istimawan, *Struktur Beton Bertulang*)

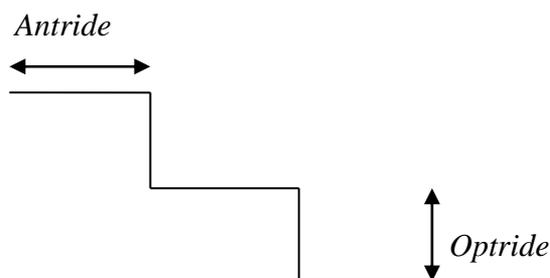
11. Mamasang Tulangan

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

2.3.2 Perencanaan Tangga

Tangga adalah suatu kontruksi yang menghubungkan antara tempat yang satu dan tempat lainnya yang mempunyai ketinggian berbeda, dan dapat dibuat dari kayu, pasangan batu bata, baja, dan beton. Tangga terdiri dari anak tangga dan pelat tangga. Anak tangga terbagi menjadi 2 bagian, yaitu :

1. *Antride*, yaitu bagian dari anak tangga pada bidang horizontal yang merupakan bidang tempat pijakan kaki.
2. *Optrade*, yaitu bagian dari anak tangga pada bidang vertikal yang merupakan selisih tinggi antara 2 buah anak tangga yang berurutan.



Gambar 2.7 *Antride* dan *Optrade* Tangga

Syarat-syarat umum tangga :

1. Tangga harus mudah dijalani atau dinaiki
2. Tangga harus cukup kuat dan kaku
3. Ukuran tangga harus sesuai dengan sifat dan fungsinya
4. Material yang digunakan untuk pembuatan tangga terutama pada gedung gedung umum harus berkualitas baik, tahan dan bebas dari bahaya kebakaran
5. Letak tangga harus strategis
6. Sudut kemiringan tidak lebih dari 45°

Syarat-syarat khusus tangga :

1. Untuk bangunan rumah tinggal
 - a. Antrede = 25 cm (minimum)
 - b. Optrede = 20 cm (maksimum)
 - c. Lebar tangga = 80 – 100 cm
2. Untuk perkantoran dan lain-lain
 - a. Antrede = 25 cm (minimum)
 - b. Optrede = 17 cm (maksimum)
 - c. Lebar tangga = 120 - 200 cm
3. Syarat langkah 1 anak tangga
 - a. Cara 1

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

$$3 \text{ optrede} + 1 \text{ antrede} = 77 - 85 \text{ cm}$$
4. Sudut kemiringan

Maksimum = 45°

Minimum = 25°
5. Lebar Tangga
 - a. Untuk umum $\geq 120 \text{ cm}$
 - b. Tempat tinggal = 100 – 180 cm

Tabel 2.6 Daftar Ukuran Lebar Tangga Ideal

No	Digunakan untuk	Lebar efektif (cm)	Lebar total (cm)
1	1 orang	± 65	± 85
2	1 orang + anak	± 100	± 120
3	1 orang + bagasi	± 85	±150
4	2 orang	120 – 130	140 - 150
5	3 orang	180 – 190	200 – 210
6	> 3 orang	> 190	> 210

(Sumber : SK-SNI-03-2847-2002)

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

Untuk menentukan panjang bordes (L) :

$$L = ln + a \text{ s/d } 2a \dots\dots\dots(2.16)$$

(Drs.IK.Sapribadi. 1993. *Ilmu Bangunan Gedung*.hal.17)

Dimana :

L = Panjang bordes

Ln= Ukuran satu langkah normal datar

a = Antrede

Langkah-langkah perencanaan tangga :

1. Perencanaan tangga

a. Penentuan ukuran antrede dan optrede

$$\text{Tinggi optrede sebenarnya} = \frac{h}{\text{jumlah_optrede}} \dots\dots\dots(2.17)$$

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

b. Penentuan jumlah antrede dan optrede = $\frac{h}{\text{tinggi_optrede}} \dots\dots\dots(2.18)$

c. Panjang tangga = jumlah optrede x lebar antrede

d. Sudut kemiringan tangga, Arc tan $\Theta = \frac{\text{Optrede}}{\text{Antrede}} \dots\dots\dots(2.19)$

e. Penentuan tebal pelat tangga, $h_{\min} = \frac{1}{28} l$

2. Penentuan pembebanan pada anak tangga

a. Beban mati

- Berat sendiri bordes
- Berat sendiri anak tangga

Berat 1 anak tangga (Q) per m²

$$Q = \left(\frac{\text{AntredexOptrede}}{2} \right) \left(\frac{\text{jmlh.anak.tangga}}{\text{pjpg.btg.tangga}} \right) \times 1 \text{ m} \times \gamma_{\text{beton}} \times \cos \alpha \dots (2.20)$$

- Berat spesi dan ubin

b. Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga yaitu 300 kg/cm²

(PPIUG 1983 hal.17 tabel 3.1)

3. Perhitungan tangga dengan metode *Cross* untuk mencari gaya-gaya yang bekerja.

a. Kekakuan

$$K = \frac{4EI}{L} \dots \dots \dots (2.21)$$

b. Faktor distribusi

$$M = \frac{K}{\Sigma K} \dots \dots \dots (2.22)$$

c. Momen primer

$$M_{AB} = \frac{1}{12} \times W_u \times L^2 \dots \dots \dots (2.23)$$

(*Metode Distribusi Momen/Metode Cross hal 5, Diktat Kuliah Mekanika Rekayasa Polsri*)

4. Perhitungan tulangan tangga

- a. Perhitungan momen yang bekerja
- b. Penentuan tulangan yang diperlukan
- c. Menentukan jarak tulangan
- d. Kontrol tulangan

2.3.3 Perencanaan Portal Akibat Beban Mati dan Beban Hidup

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang paling berhubungan dan berfungsi menahan beban sebagai satu kesatuan 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 $l/16$, untuk balok dengan satu ujung menerus memiliki tebal minimum $l/18,5$, untuk balok dengan kedua ujung menerus memiliki tebal minimum $l/21$, untuk balok kantilever $l/8$.

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 computer yaitu menggunakan program SAP 2000. V'14. Berikut adalah cara menghitung besarnya momen dengan menggunakan :

1. Perencanaan portal dengan menggunakan SAP 2000. V'14

a. Perencanaan portal akibat beban mati

Langkah-langkah perencanaan menentukan pembebanan pada portal adalah sebagai berikut:

- Beban pelat
- Beban balok
- Beban penutup lantai dan adukan
- Berat balok
- Berat pasangan dinding (jika ada)
- Beban plesteran dinding

b. Perencanaan portal akibat beban hidup

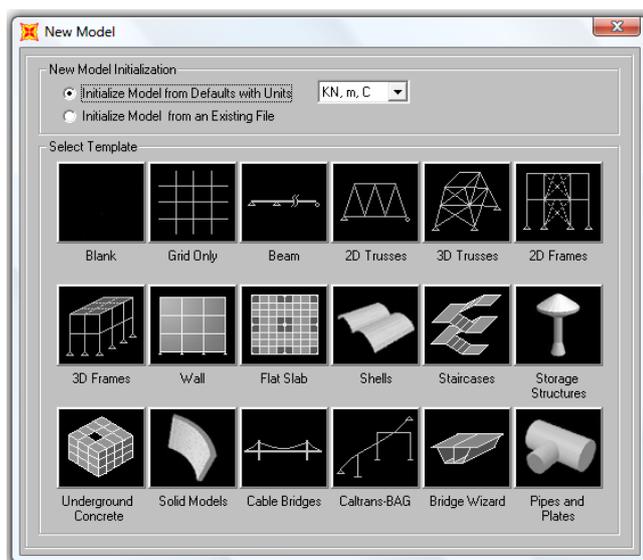
Untuk merencanakan portal akibat beban hidup perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- Menentukan pembebanan pada portal
- Perhitungan akibat beban hidup = perhitungan akibat beban mati

2. Langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode SAP 2000. V'14 yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

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

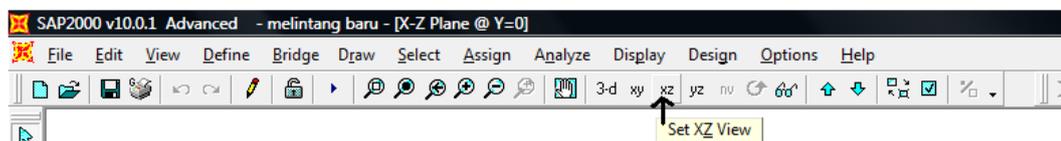
Langkah pertama yang dilakukan adalah memilih model perhitungan yang akan digunakan. Di mana model yang digunakan adalah model *Grid Only*, pilih units satuan dalam satuan KN,M, C.



Gambar 2.8 Membuat Model Struktur.

Kemudian dilanjutkan dengan mengatur grid penghubung garis atau *frame*. Dimana nilai xz diisi, x untuk arah horizontal dan z untuk arah vertical (y diisi 1 untuk bangunan 2 dimensi). Selanjutnya pilih *Edit grid* untuk mengatur panjang vertical dan horizontal tiap *frame*.

Setelah selesai pilih OK, kemudian set view dalam arah xz yaitu dengan mengklik menu xz pada toolbar.



Gambar 2.9 Memilih Tampilan (Arah Tinjau)

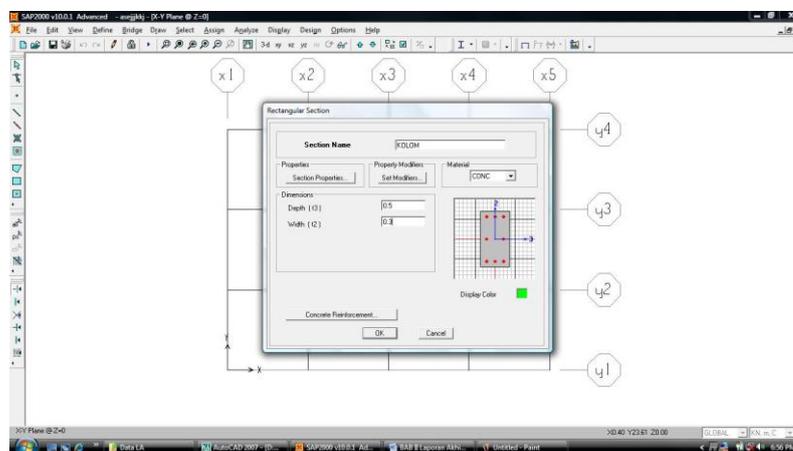
b. Input data perencanaan

- Dimensi kolom
- Dimensi balok
- Mutu beton (f_c')

- Mutu baja (f_y)

Cara memasukkan nilai dimensi kolom dan balok pada umumnya sama, yaitu :

Blok frame kolom/balok, lalu pilih menu pada toolbar, *Define – Frame section*, setelah memilih menu diatas akan tampil toolbar *Frame Properties. Choose Property Type to Add*, pilih *Add Rectangular* (untuk penampang berbentuk segiempat), klik *Add New Property* hingga muncul toolbar seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.10 Memasukkan Data Perencanaan.

Ubah nama *section name* dengan nama Balok (untuk balok), Kolom (untuk kolom). ganti ukuran tinggi (*Depth*) dan lebar (*Width*) Balok /Kolom sesuai dengan perencanaan. Kemudian klik *Concrete Reinforcement*, klik *Column* (untuk kolom), *Beam* (untuk balok) lalu klik OK.

Untuk menentukan frame tersebut balok atau kolom yaitu dengan cara memblok frame kemudian pada toolbar pilih menu *Assign – Frame/Cable/Tendon – Frame Section* – pilih Balok atau Kolom.

Cara memasukkan nilai F_y , F_c dan Modulus Elastisitas :

Blok semua frame, lalu pilih menu pada toolbar *Define – Material* – pilih Con (“concrete”, untuk beton) – klik *Modify/Show Material*. Seperti gambar dibawah ini :

Material Property Data

Material Name

Display Color
Color

Type of Material
 Isotropic Orthotropic
 Anisotropic Uniaxial

Type of Design
Design

Analysis Property Data
 Mass per unit Volume
 Weight per unit Volume
 Modulus of Elasticity
 Poisson's Ratio
 Coeff of Thermal Expansion
 Shear Modulus

Design Property Data (ACI 318-05/IBC 2003)
 Specified Conc Comp Strength, f'c
 Bending Reinf. Yield Stress, fy
 Shear Reinf. Yield Stress, fys
 Lightweight Concrete
 Shear Strength Reduc. Factor

Advanced Material Property Data

Gambar 2.11 Memasukkan Nilai Fy, Fc dan Modulus Elastisitas.

Ganti nilai *Weight per unit volume* dengan 24 (nilai ini adalah nilai dari berat jenis beton). ubah nilai *Modulus of Elasticity* dengan rumus $4700 \sqrt{f_c'} \cdot 1000$, serta ubah juga nilai Fc dan Fy sesuai dengan perencanaan dengan masing-masing dikali 1000, klik OK.

- c. 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 di bawah ini :

Define Loads

Click To:

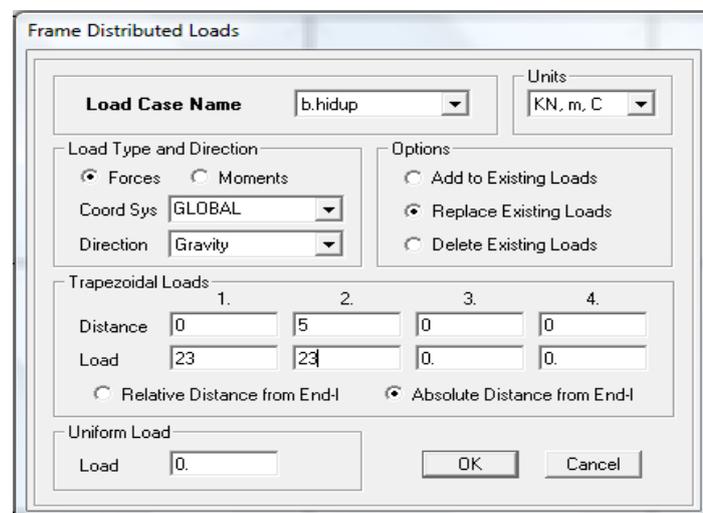
Load Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
b.hidup	LIVE	0	
b.hidup	LIVE	0	
b.mati	DEAD	0	

Gambar 2.12 Membuat cases beban mati dan beban hidup.

d. Input nilai beban mati dan beban hidup

- Akibat beban merata

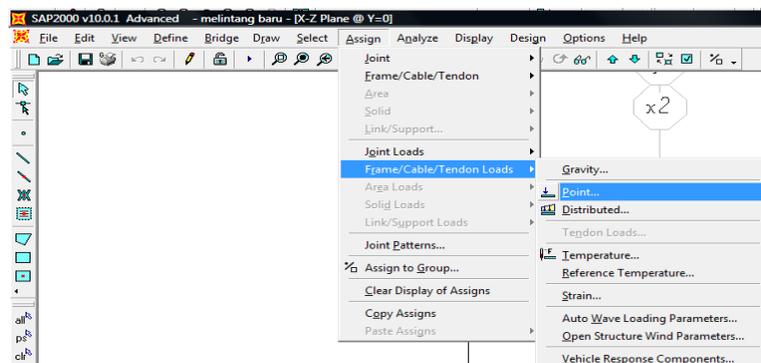
Blok frame yang akan di input, lalu pilih menu pada toolbar, *Assign – Frame/Cable/Tendon Loads – Distributed* - pilih beban mati atau beban hidup untuk pembebanan tersebut pada *Load Case Name*– klik *absolute distance from end-1* (agar dapat mengatur jarak yang diinginkan) – atur jarak (*distance*)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



Gambar 2.13 Memasukkan Nilai Beban Mati dan Beban Hidup.

- Akibat beban terpusat

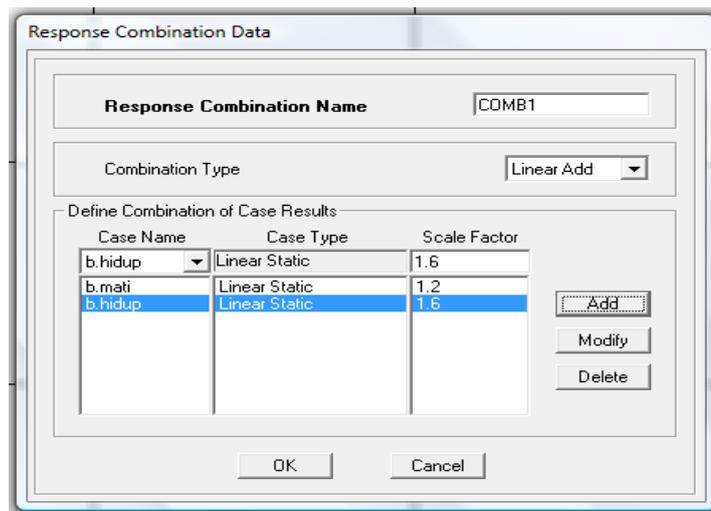
Sama halnya seperti menginput data pada pembebanan merata, hanya saja setelah memilih menu *Frame/Cable/Tendon Loads –* selanjutnya yang dipilih adalah *Points*.



Gambar 2.14 Memasukkan Nilai Beban Terpusat.

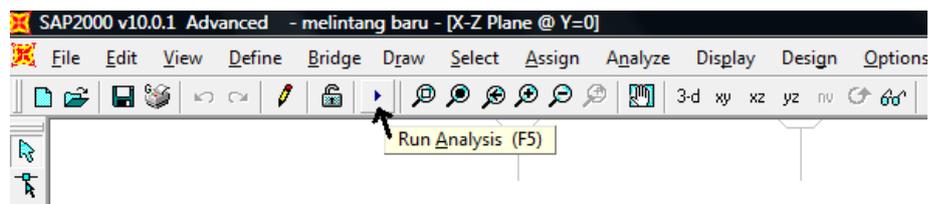
Cara memasukkan nilai beban terpusat sama saja halnya seperti memasukkan nilai pada beban merata.

- e. 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



Gambar 2.15 Memasukkan Nilai Beban Kombinasi.

- f. Run analisis, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.16 Run Analisis.

2.3.4 Perencanaan Balok

Untuk suatu komponen dengan kuat bahan tertentu, kuat momen atau momen tahanan maksimum dihitung dengan menggunakan nilai k yang sesuai dengan ρ_{maks} yang bersangkutan. Seperti telah diketahui, nilai k merupakan fungsi dari rasio penulangan ρ , sedangkan batas ρ_{maks} untuk penampang balok beton bertulang bertulangan tarik saja telah ditetapkan, yaitu :

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b \dots \dots \dots (2.24)$$

Apabila penampang tersebut dikehendaki untuk menopang beban yang lebih besar dari kapasitasnya, sedangkan dilain pihak seringkali pertimbangan teknis pelaksanaan dan arsitektural membatasi dimensi balok, maka ditambahkan tulangan baja tarik lebih dari batas nilai ρ_{maks} bersamaan dengan penambahan tulangan baja didaerah tekan penampang balok (Istimawan Dipohusodo: 84)

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

A. Berdasarkan perencanaan lentur jenis balok dibedakan sebagai berikut:

1. Balok persegi dengan tulangan tunggal

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

2. 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.

3. 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.

B. Berdasarkan Tumpuannya, balok dibagi menjadi 2 antara lain:

1. 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 :

- a. Menentukan mutu beton yang akan digunakan
- b. Menghitung pembebanan yang terjadi, seperti

- Beban mati
 - Beban hidup
 - Beban balok
- c. Menghitung beban ultimate
- $M_u = 1,2 DL + 1,6 LL$
 - $M_u = 1,05 (D + LR \pm E)$
 - $M_u = 0,9 (D \pm E)$
- d. Menghitung momen dan gaya geser rencana yang terjadi
- 1) Menghitung momen lentur maksimum dengan cara :
- Menentukan momen maksimum
 - Menentukan $d_{efektif} = h - p - \phi_{sengkan} - \frac{1}{2} \phi_{tulanganutama}$ (2.25)
 - Menentukan k
- $$k = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d} \dots\dots\dots(2.26)$$
- Menentukan ρ s
- $$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots(2.27)$$
- $$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho \cdot b = 0,75 \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$
- $$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$$
- Bila $\rho < \rho_{min} \rightarrow$ pakai ρ_{min} (2.28)
- Perhitungan tulangan
- $$A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots(2.29)$$
- 2) Perencanaan perhitungan geser balok dengan ketentuan :
- Menentukan gaya lintang maksimum (V_u maks) berdasarkan perhitungan portal SAP
 - Menentukan nilai ϕ_{vc} ;

Tabel 2.7 Tabel nilai ϕ_{vc}

Mutu beton (f_c')	15 Mpa	20 MPa	25 MPa	30 MPa	35 Mpa
ϕ_{vc} (rumus 3.4-3)	0,39	0,45	0,50	0,55	0,59
ϕ_{vc} (rumus 3. 4-6)	$\leq 0,70$	$\leq 0,80$	$\leq 0,90$	$\leq 0,99$	$\leq 1,06$

(Sumber : Gideon Kusuma dan W.C. Vis "Dasar-dasar perencanaan beton bertulang ". tabel 15, hal:125)

- Menentukan nilai v_u

$$v_u = \frac{V_u}{b.d} \dots\dots\dots(2.30)$$

Keterangan :

b = lebar balok (cm)

d = tinggi efektif balok (cm)

$v_u > \phi v_c \rightarrow$ maka memerlukan tulangan geser

$v_u < \phi v_c \rightarrow$ maka *tidak* diperlukan tulangan geser

- Menentukan nilai $\phi_{v_{smaks}}$

Tabel 2.8 Tabel nilai ϕ_{vc} minimum.

Mutu beton (f_c')	15 Mpa	20 MPa	25 MPa	30 MPa	35 Mpa
$\phi_{v_{smaks}}$	1,55	1,79	2,00	2,19	2,37

(Sumber : Gideon Kusuma dan W.C. Vis "Dasar-dasar perencanaan beton bertulang". Tabel 17, hal:129)

$$\phi v_s = v_u - \phi v_c \dots\dots\dots(2.31)$$

- Menentukan nilai ϕv_c

$$\phi v_c = \phi v_c . b . d \dots\dots\dots(2,32)$$

- Mencari nilai y,

$$y = \frac{V - \phi v_c}{W_u} \dots\dots\dots(2,33)$$

$$A_{s_{sengkan\min}} = \frac{b \cdot y}{3f_y} \dots\dots\dots(2,34)$$

- Menentukan tulangan geser yang dipakai dan jaraknya

$$S_{maks} = \frac{d_{eff}}{2} \dots\dots\dots(2,35)$$

2. 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.

2.3.5 Perencanaan Kolom

Kolom beton bertulang merupakan suatu beban vertikal yang memikul beban aksial (beban balok, pelat lantai, dinding, atap dan beban lainnya) yang kemudian beban-beban konstruksi tersebut akan diteruskan ke pondasi. Adapun persyaratan umum dari detail penulangan kolom sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03, antara lain :

1. Rasio penulangan ρ tidak boleh kurang dari 0,01 dan tidak boleh dari 0,06 serta pada daerah sambungan tidak boleh lebih dari 0,08 (*ayat 3.14.4 butir 3*)
2. Tulangan pokok memanjang berpengikat sengkang minimum 4 batang tulangan untuk bentuk persegi dan serta 3 batang untuk berbentuk segitiga untuk batang tulangan yang dikelilingi spiral (*ayat 3.3.9 butir 2*)
3. Jarak bersih antar tulangan pokok memanjang pada komponen struktur tekan yang diperkuat tulangan spiral atau sengkang tidak boleh kurang dari 1.5 d_b atau 40 mm (*ayat 3.16.6 butir 3*).

Langkah-langkah perencanaan kolom :

1. 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 ujung atas dan ujung bawah freebody, masing-masing dihitung tulangnya dan diambil yang terbesar.

2. Hitung beban design kolom maksimum

$$P_u = 1,2 P_D + 1,6 P_L$$

3. Hitung momen design kolom maksimum untuk ujung atas dan ujung bawah.

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

4. Menentukan nilai kontribusi tetap terhadap deformasi

$$\beta_d = \frac{1,2 \cdot P_d}{1,2 \cdot P_d + 1,6 \cdot P_l} \text{ (Gideon hal. 186) } \dots\dots\dots(2.36)$$

5. Tentukan nilai kekakuan kolom dan balok.

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} \text{ (Gideon hal. 186)} \dots\dots\dots(2.37)$$

6. Tentukan nilai kekakuan kolom dan balok.

$$L_k = \frac{1}{12} \cdot B \cdot H^3$$

$$L_b = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \text{ (Gideon hal. 186) } \dots\dots\dots(2.38)$$

$$EI_k = \frac{\left(\frac{E_c \cdot I_k}{2,5} \right)}{1 + \beta_d}$$

$$EI_b = \frac{\left(\frac{E_c \cdot I_b}{5} \right)}{1 + \beta_d} \text{ (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.11 ayat 5.2)} \dots\dots\dots(2.39)$$

7. Tentukan factor panjang efektif kolom dengan menggunakan table istimewa hal.333

8. Menghitung nilai ψ_a dan ψ_b

$$\psi = \frac{\left(\frac{EI_k}{l_k} \right)}{\left(\frac{EI_b}{l_b} \right)} \text{ (Gideon hal. 210)} \dots\dots\dots(2.40)$$

9. Tentukan nilai K dengan persamaan nomogram (Istimawan Dipohusodo, *Struktur Beton Bertulang*, hal. 333)

10. Menghitung angka kelangsingan kolom

Kolom langsing dengan ketentuan :

$$- \text{Rangka tanpa pengaku lateral} = \frac{klu}{r} > 22 \dots\dots\dots(2.41)$$

$$- \text{Rangka tanpa pengaku lateral} = \frac{klu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_{1b}}{M_{2b}} \right) \dots\dots\dots(2.42)$$

(Istimawan hal.331)

$$\text{Untuk semua komponen struktur tekan dengan } \frac{klu}{r} > 100 \dots\dots\dots(2.43)$$

harus digunakan analisis pada SK SNI T-15-1991-03 ayat

3.3.10 butir 1.

11. Hitung pembesaran momen

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

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

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

$$C_m = 0,60 + 0,40 \cdot \left(\frac{M_{1b}}{M_{2b}} \right) \geq 0,4 \rightarrow \text{kolom dengan pengaku}$$

$C_m = 1,0 \rightarrow$ Kolom tanpa pengaku (Istimawan
Dipohusodo, *Struktur Beton Bertulang*, hal. 325)

12. Tentukan nilai eksentrisitas antara kolom arah melintang dan memanjang

$$e_u = \frac{M_u}{P_u} \dots\dots\dots(2.44)$$

(Istimawan Dipohusodo, *Struktur Beton Bertulang*, hal. 302)

kemudian mencari nilai $\frac{e_u}{h}$

(Istimawan Dipohusodo, *Struktur Beton Bertulang*, hal. 315)

dimana diambil nilai $\frac{e_u}{h}$ yang terbesar antara kolom arah memanjang dan kolom arah melintang.

13. Desain penulangan

- a. Menghitung besar beban yang bekerja pada kolom (
- P_u
-)

$$P_u = 1,2 W_D + 1,6 W_L \dots \dots \dots (2.45)$$

- b. Menghitung sumbu vertikal dan horizontal pada sisi – sisi kolom

Untuk sumbu vertikal, maka :

$$\frac{P_u}{\phi \cdot A_{gr} \cdot 0,85 \cdot F'_c} \dots \dots \dots (2.46)$$

Untuk sumbu horizontal, maka :

$$\frac{P_u}{\phi \cdot A_{gr} \cdot 0,85 \cdot F'_c} \times \left(\frac{e_l}{h} \right) \dots \dots \dots (2.47)$$

 e merupakan eksentrisitas dimana

$$e = \frac{M_u}{P_u} \dots \dots \dots (2.48)$$

- c. Berdasarkan grafik didapat nilai
- r
- ;
- β
- ;
- ρ

- d. Menghitung
- A_{Stot}

$$A_{Stot} = \rho \cdot A_{gr} \dots \dots \dots (2.49)$$

 A_{gr} = luas bersih kolom (mm^2)

- e. Menentukan diameter tulangan yang akan dipakai dengan Tabel

14. Periksa P_u terhadap keadaan seimbang :

$$P_{nb} = 0,85 \cdot f'_c \cdot a_b \cdot b + A_s \cdot f_y - A_s \cdot f'_y \dots \dots \dots (2.50)$$

15. Periksa kekuatan penampang

$$P_n = \frac{A_s \cdot f_y}{\left(\frac{e}{d - d'} \right) + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f'_c}{\left(\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} \right) + 1,18} \dots \dots \dots (2.51)$$

2.3.6 Perencanaan Sloof

Sloof adalah balok yang menghubungkan pondasi sebagai tempat untuk menyalurkan beban dinding. Langkah-langkah perencanaan dan perhitungan sloof sebagai berikut:

1. Penentuan dimensi sloof
2. Penentuan pembebanan pada sloof
 - a) Berat sloof

- b) Berat dinding dan berat plesteran kemudian semua beban dijumlahkan untuk mendapatkan beban total, lalu dikalikan factor beban untuk beban terfaktor.

$$W_u = 1,2 D_L$$

Keterangan :

U = beban terfaktor per unit panjang bentang balok

D = beban mati

L = beban hidup

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

Penulangan lentur lapangan

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

- $K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2}$ didapat nilai ρ dari table

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots \dots \dots (2.52)$$

A_s = luas tulangan tarik non-prategang

- Pilih tulangan dengan dasar A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan
Apabila $M_R < M_u$, balok akan berperilaku sebagai balok T murni.

Penulangan lentur pada tumpuan

- $K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2}$ didapat nilai ρ dari table

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots \dots \dots (2.53)$$

(Dasar-dasar perencanaan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma)

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

Keterangan :

A_s = luas tulangan tarik non prategang

P = rasio penulangan tarik non-prategang

b_{eff} = lebar efektif balok

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan Tarik

4. Tulangan geser rencana

$$v_c = \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6}\right)xbwx d \dots\dots\dots(2.54)$$

(Tata cara perhitungan struktur beton bertulang gedung, SNI 03 – 2847 2002, hal.89)

- $V \leq \emptyset V_c$ (tidak perlu tulangan)
- $V_u \leq \emptyset V_n$
- $V_n = V_c + V_s$
- $V_u \leq \emptyset V_c + \emptyset V_s$
- $S_{perlu} = \frac{Av \cdot f'_y \cdot d}{V_s} \dots\dots\dots(2.55)$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo hal.113-122)

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
- Av = luas tulangan geser pada daerah sejarak s
- d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik
- f_y = mutu baja

2.3.7 Perencanaan Pondasi

Pondasi merupakan bagian dari struktur bangunan yang terletak di bawah bangunan yang berfungsi memikul beban dari struktur bangunan dan mendistribusikannya ke lapisan tanah pendukung sehingga struktur bangunan dalam kondisi aman

Fungsi pondasi adalah sebagai berikut :

- a. Untuk menyalurkan beban bangunan ke tanah
- b. Mencegah terjadinya penurunan bangunan
- c. Memberikan kestabilan pada bangunan di atasnya

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan jenis pondasi:

- a. Keadaan tanah pondasi
- b. Jenis konstruksi bangunan
- c. Kondisi bangunan di sekitar lokasi
- d. Waktu dan biaya pekerjaan

Berdasarkan letak lapisan tanah keras, pondasi ada 2 macam, yaitu

1. Pondasi dangkal (*Shallow footing*)

Pondasi yang berada pada lapisan tanah keras yang letaknya dekat dengan permukaan tanah. Seperti pondasi telapak (setempat) dan pondasi menerus (*Continous footing*) biasanya kedalamannya 0-3 meter

2. Pondasi dalam (*Deep footing*)

Pondasi yang berada pada lapisan tanah keras yang letaknya jauh dengan permukaan tanah dan kedalamannya >7 meter. Seperti pondasi sumuran, pondasi tiang pancang, dan pondasi tiang bor.

Dalam laporan akhir ini, pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang. Langkah-langkah untuk menghitung pondasi tiang pancang yaitu sebagai berikut :

- a. Menentukan daya dukung ijin tiang pancang

$$P = \frac{Nk.A}{3} + \frac{JHP.keliling}{5} \dots\dots\dots(2.56)$$

- b. Menentukan beban-beban yang bekerja pada pondasi
- c. Perhitungan tiang pancang
- d. Pola pengangkatan tiang pancang
- e. Penulangan tiang pancang
- f. Penulangan geser tiang pancang
- g. Perhitungan poor

2.4 Pengelolaan Proyek

Pengelolaan proyek atau manajemen proyek diartikan sebagai kemampuan untuk memperoleh hasil dalam rangka mencapai tujuan melalui kegiatan sekelompok orang. Berdasarkan para ahli disimpulkan bahwa manajemen proyek dapat didefinisikan dari beberapa aspek, meskipun demikian

pengertian manajemen pada dasarnya mencakup suatu metode atau teknik serta proses untuk mencapai suatu tujuan tertentu secara sistematis dan efektif, melalui tindakan-tindakan perencanaan (*planning*), pengorganisasian (*organizing*), pelaksanaan (*actuating*), dan pengendalian (*controlling*).

2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat

Yang dimaksud dengan rencana kerja dan syarat (RKS) adalah segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama segala hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh kontraktor pada saat akan mengikuti pelanggan maupun pada saat pelaksanaan yang akan dilakukan nantinya seperti.

- a. Gambar kerja proyek
- b. Rencana anggaran biaya pelaksanaan proyek
- c. *Bill of Quantity* (BQ) atau daftar volume pekerjaan
- d. Data lokasi proyek berada
- e. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan. Sub kontraktor yang tersedia disekitar lokasi pekerjaan proyek berlangsung
- g. Data kebutuhan tenaga kerja dan ketersediaan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan
- h. Data cuaca atau musim dilokasi pekerjaan proyek
- i. Data jenis transportasi yang dapat digunakan untuk melaksanakan masing-masing item pekerjaan
- j. Metode kerja yang digunakan untuk melaksanakan masing-masing item pekerjaan
- k. Data kapasitas produksi meliputi peralatan, tenaga kerja, sub kontraktor, material
- l. Data keuangan proyek meliputi arus kas, cara pembayaran pekerjaan, tenggang waktu pembayaran progress dll.

2.4.2 Rencana Anggaran Biaya

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

2.4.3 Rencana Pelaksanaan

Rencana pelaksanaan proyek bangunan terbagi menjadi 3 yaitu sebagai berikut :

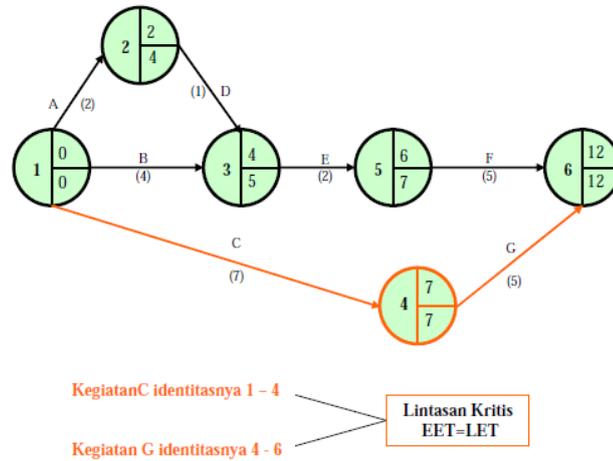
a. *Network Planning*

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.

Network 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

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



Gambar 2.17 Network Planning

b. Barchart

Barchart adalah daftar urutan bagian-bagian pekerjaan dan garis-garis lurus menyerupai balok yang menunjukkan perkiraan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan bagian-bagian pekerjaan dalam suatu proyek. Barchart biasanya disertai dengan Kurva S. Kurva S adalah kurva yang menggambarkan komulatif rencana waktu (*Progress*) pada setiap bagian-bagian kegiatan. Dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total dari jumlah harga penawaran tanpa disertai biaya pajak. (Drs. Sofwan Badri, *Dasar-dasar Network Planning*)

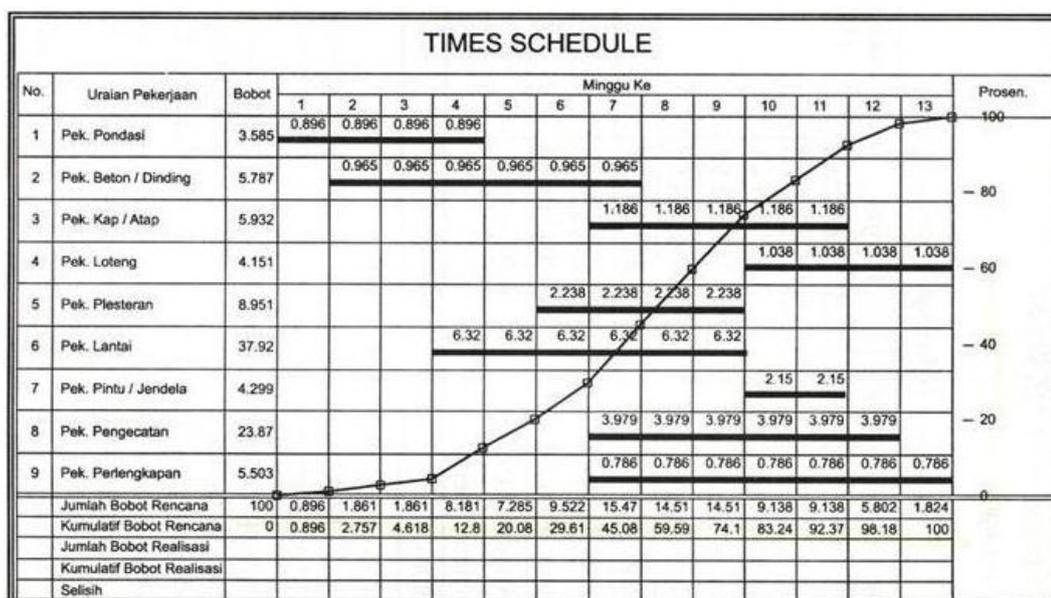
JADWAL WAKTU PELAKSANAAN (TIME SCHEDULE)																		
No	Uraian pekerjaan	Bobot (%)	Waktu Pelaksanaan								Keterangan							
			Minggu ke															
			1	2	3	4	5	6	7	8								
1	Pekerjaan pengukuran	0,0984	0,10															
2	Pekerjaan Bowplank	0,2461	0,35															
3	Pekerjaan Galian	0,8038	0,35															
4	Urugan bekas galian	0,1837		0,05	0,05	0,05	0,05											
5	Pek. Pasangan Fondasi Batu kali	8,6119	0,35	0,35	0,35													
6	Pekerjaan Sloof	1,9684	0,35	0,35	0,35													
7	Pekerjaan Kolom	0,8202		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12									
8	Pek. pemasangan Bata	20,5046		0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42									
9	Pek. ring balk	0,6561		0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42									
10	pek. pasang kusen	4,9211		0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82									
11	pek. daun pintu dan jendela	3,4448						1,72	1,72									
12	Pek. plesteran dan acian	12,3027				0,39	0,39	0,39	0,39									
13	Pekerjaan rangka atap	19,6844						9,84	9,84									
14	pekerjaan penutup atap	5,4132						1,71	1,71									
15	pekerjaan keramik lantai	4,9211							0,39									
16	pekerjaan keramik dinding wc	0,3937								0,39								
17	Instalasi listrik	2,2965			0,39	0,39	0,39	0,39	0,39									
18	Instalasi air bersih	1,4927					0,39	0,39	0,39									
19	Instalasi air kantor	1,8864	0,04	0,39														
20	Pek. pasang plafond	4,2650						1,42	1,42									
21	Pek. Pengecatan	4,1009							1,37	1,37								
22	pek. akhir	0,9842								0,98								
	Jumlah	100	0,10	1,46	3,63	2,81	7,05	9,30	7,14	6,60	7,10	7,10	5,89	14,74	15,34	9,39	1,37	0,98
	Kumulatif		0,10	1,56	5,19	8,00	15,04	24,34	31,48	38,08	45,19	52,29	58,18	72,92	88,26	97,65	99,02	100,00

Gambar 2.18 Barchart

c. Kurva S

Kurva S adalah grafik yang dibuat dengan sumbu vertical sebagai nilai kumulatif biaya atau penyelesaian (progress) kegiatan dan sumbu horizontal sebagai waktu. (Irika Widiasanti dan lenggogeni 2013:152). Kegunaan kurva S adalah :

- 1) Untuk menganalisis kemajuan/progress suatu proyek secara keseluruhan.
- 2) Untuk mengetahui pengeluaran dan kebutuhan biaya pelaksanaan proyek.
- 3) Untuk mengontrol penyimpanan yang terjadi pada proyek dengan membandingkan Kurva S rencana dengan Kurva S aktual.



Gambar 2.19 Kurva S