

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Perencanaan merupakan bagian yang terpenting dari pembangunan suatu gedung atau bangunan lainnya. Perencanaan suatu konstruksi harus memenuhi berbagai syarat konstruksi yang telah ditentukan, yaitu:

a. Kuat (Kokoh)

Struktur gedung harus direncanakan kekuatan batasnya terhadap pembebanan.

b. Ekonomis

Setiap konstruksi yang dibangun harus semurah mungkin dan disesuaikan dengan biaya yang ada tanpa mengurangi mutu dan kekuatan bangunan.

c. Nilai Estetika

Konstruksi yang dibangun harus memperhatikan aspek-aspek keindahan, tata letak dan bentuk sehingga orang-orang yang menempatnya akan merasa aman dan nyaman.

2.2 Ruang Lingkup Perencanaan

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

0.2.1. Perencanaan Konstruksi

Adapun tingkat perencanaan sebagai berikut:

1. Tahap Pra-perencana (*Preliminary Design*)

Pada tahap ini ahli struktur harus mampu membantu arsitek untuk memilih komponen-komponen struktur penting, baik dimensi maupun posisinya.

2. Tahap Perencana

Meliputi :

a. Perencanaan bentuk arsitektur bangunan

Dalam perencanaan arsitektur bangunan ini, seorang perencana belum memperhitungkan kekuatan bangunan sepenuhnya

b. Perencanaan struktur (konstruksi) bangunan

Dalam perencanaan struktur ini, perencana mulai menghitung komponen-komponen struktur berdasarkan dari bentuk arsitektural yang telah didapat. Perencana mulai mendimensi serta menyesuaikan komponen-komponen struktur tersebut agar memenuhi syarat-syarat konstruksi yang aman, kuat dan nyaman untuk ditempati namun masih berdasarkan prinsip-prinsip yang ekonomis.

2.2.2 Dasar-Dasar Perencanaan

Pada perencanaan suatu konstruksi kita dapat berpedoman pada teori-teori analisi dan metode perhitungan yang sudah ada sekarang ini, ditambah dengan teori-teori dan ilmu tentang kekuatan bahan yang berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia.

Pada penyelesaian perhitungan bangunan gedung kesehatan Klinik Mitra ini penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia.

1. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)

Dalam tata cara ini terdapat persyaratan-persyaratan dan ketentuan dalam teknis perencanaan, serta pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung sebagai pedoman atau acuan dalam perencanaan dan pelaksanaan untuk mendapatkan struktur yang aman dan ekonomis.

2. Tata Cara Perencanaanan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (SNI-03-1727-1989-F)

Pedoman ini digunakan untuk menentukan beban yang diizinkan untuk merencanakan bangunan gedung dan rumah. Pedoman ini memuat ketentuan-ketentuan beban yang harus diperhitungkan dalam perhitungan bangunan.

3. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI-1726-2002)

Menentukan syarat-syarat dalam merencanakan struktur gedung serta fasilitasnya secara umum dan penentuan pengaruh gempa rencana untuk struktur yang direncanakan. Pedoman ini memuat petunjuk perencanaan dan pelaksanaan serta contoh perhitungan model dan tahan gempa.

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

1. Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung, hal 1)

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk baban-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 adanya perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air.

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 negatif yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau.

4. Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal ini pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisis dinamik, maka diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

5. Beban Khusus

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

2.3 Perhitungan Struktur

2.3.1 Perencanaan Pelat

Pelat adalah struktur planar kaku yang secara khas terbuat dari material monolit yang tingginya kecil dibandingkan dengan dimensi-dimensi lainnya. Pelat biasanya ditumpu oleh gelagar atau balok beton bertulang (biasanya pelat dicor menjadi satu kesatuan dengan gelagar tersebut), oleh dinding pasangan batu atau dinding beton bertulang, oleh batang-batang struktur baja, secara langsung oleh kolom-kolom, atau tertumpu secara menerus oleh tanah.

2.3.1.1 Perencanaan Pelat Atap

Pelat atap merupakan pelat yang hampir sama dengan pelat lantai, hanya saja perbedaannya terletak pada ketebalan pelat dan beban-beban yang dipikul oleh pelat. Struktur ini termasuk struktur yang tidak terlindungi sehingga memiliki ketebalan selimut beton yang lebih besar dibandingkan struktur pelat lantai.

Dalam perencanaan pelat atap hampir sama dengan pelat lantai, hanya saja perbedaannya pada pembebanan yang dipikul yaitu pada pelat atap beban yang dipikul lebih kecil, sehingga tebal pelat atap lebih kecil.

1. Beban Mati (W_D)

- Beban sendiri pelat atap
- Berat mortar

2. Beban Hidup (W_L)

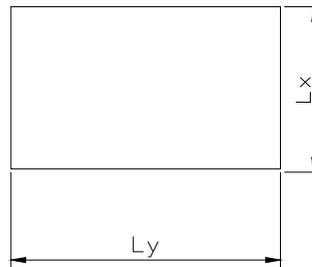
- Beban hidup, diambil 100 kg/m^2
(SNI -03-1727-1989-F)

2.3.1.2 Perencanaan Pelat Lantai

Pelat beton bertulang dalam suatu struktur dipakai pada lantai dan atap. Pada pelat yang ditumpu balok pada keempat sisinya, terbagi 2 berdasarkan geometrinya, yaitu pelat satu arah (*one way slab*) dan pelat dua arah (*two way slab*).

a. Pelat Satu Arah (One Way Slab)

Suatu pelat dikatakan pelat satu arah apabila $— \geq 2$, dimana L_y dan L_x adalah panjang pelat dari sisi – sisinya.

Gambar 2.1 L_y , L_x pada Pelat Satu Arah

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

- a. Menghitung tebal minimum pelat (h pelat)

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

Tabel 2.1 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	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau pelat rusuk satu arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8

Catatan :

-Panjang bentang dalam mm (milimeter) = bentang bersih + tebal kolom
= jarak dari as ke as

-Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan berat beton normal ($W_c = 2400 \text{ Kg/m}^3$) dan baja tulangan BJTD mutu 40. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasi sebagai berikut:

a. Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis di antara 1500 kg/m^3 sampai 2000 kg/m^3 , nilai harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003 w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09, dimana w_c adalah berat jenis dalam kg/m^3 .

b. Untuk f_y selain 400 Mpa nilai nya harus dikalikan dengan: $0,4 + \frac{f_y - 400}{1000}$

b. Menghitung Beban Mati Pelat Termasuk Beban Sendiri Pelat Dan Beban Hidup Serta Menghitung Momen Rencana (W_u).

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

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

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

c. Menghitung Momen Rencana (M_u) 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:

1. Jumlah minimum bentang yang ada haruslah minimum dua,
2. 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,
3. Beban yang bekerja merupakan beban terbagi rata,

4. Beban hidup per satuan panjang tidak melebihi tiga kali beban mati per satuan panjang, dan
 5. Komponen struktur adalah prismatis.
- d. Perkiraan Tinggi Efektif (d_{eff})

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

Tabel 2.2 Perkiraan Tebal Selimut Beton

	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:	
1. Batang D-19 hingga D-56.....	50
2. Batang D-16, jaring kawat polos atau ulir D16 dan yang lebih kecil.....	40
c. Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau tanah:	
1. Pelat, dinding, pelat berusuk:	
Batang D-44 dan D-56	40
Batang D-36 dan yang lebih kecil	20
2. Balok, kolom:	
Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral	40
3. Komponen struktur cangkang, pelat lipat:	
Batang D-19 dan yang lebih besar	20
Batang D-16, jaring kawat polos atau ulir P16 dan yang lebih kecil	15

e. Menghitung K_{perlu}

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

Diman :

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

Mu = Momen terfaktor pada penampang (KN / m)

b = lebar penampang (mm) diambil 1 m

d = tinggi efektif pelat (mm)

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

f. Menentukan rasio penulangan (ρ) dari tabel.

Jika $\rho >$, maka pelat dibuat lebih tebal.

g. Hitung luas tulangan (A_s) yang diperlukan dengan rumus :

$$A_s = \rho b d$$

A_s = Luas tulangan (mm²)

ρ = rasio penulangan

d = tinggi efektif pelat (mm)

h. 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 :

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

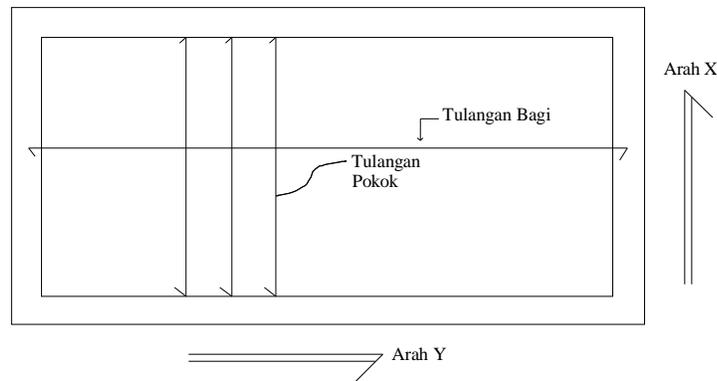
a) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 adalah 0,0020

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

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

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

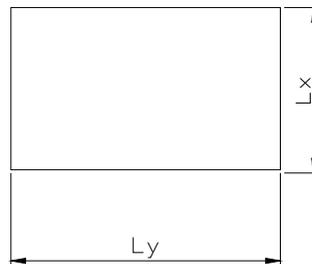
a. Penggambaran Tulangan



Gambar 2.2 Penulangan Pelat Satu Arah

b. Pelat dua Arah (Two Way Slab)

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



Gambar 2.3 L_y , L_x pada Pelat Dua Arah

Berikut adalah prosedur perencanaan perhitungan pelat dua arah :

1. Menghitung H minimum Pelat

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

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

Tabel 2.3 Tebal minimum pelat

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

Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

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

Dan tidak boleh kurang dari 120 mm.

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

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

Dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

Dimana :

$$\propto m = \frac{E_c I_c}{E_b I_b}$$

E_{cb} = modulus elastis balok beton

E_{cs} = modulus elastis pelat beton

I_b = inersia balok (—)

I_s = inersia pelat (—)

l_n = jarak bentang bersih (mm)

t = tinggi balok

h = tebal pelat

β = rasio bentang panjang bersih terhadap bentang pendek bersih pelat

2. Menghitung beban mati :

Pada tahap ini yaitu menghitung beban mati yang dipikul pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung momen rencana (w_u)

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

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

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

3. Menghitung momen rencana (M_u)

Dalam perhitungan perencanaan momen rencana (M_u) dapat dianalisa melalui tabel

$$M_x = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

$$M_y = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

(W.C Vis dan Gideon Kusuma : 1993:42)

4. Menentukan tinggi efektif (d_{eff})

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

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

5. Menghitung K_{perlu}

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

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

Mu = Momen terfaktor pada penampang (KN / m)

b = lebar penampang (mm) diambil 1 m

d = tinggi efektif pelat (mm)

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

6. Menentukan rasio penulangan (ρ) dari tabel.

Dalam menentukan rasio penulangan (ρ) ditentukan dengan melihat tabel. Jika $\rho >$, maka pelat dibuat lebih tebal.

7. Menghitung Hluas tulangan (A_s) yang diperlukan.

Untuk menghitung luas tulangan (A_s) digunakan rumus :

$$A_s = \rho b d$$

A_s = Luas tulangan (mm²)

ρ = rasio penulangan

d = tinggi efektif pelat (mm)

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

$A_{s_{min}}$ harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014:

- a) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 adalah 0,0020
- b) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polosatauulir) mutu 400 adalah 0,0018
- c) Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35% adalah $0,0018 \times 400/fY$

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

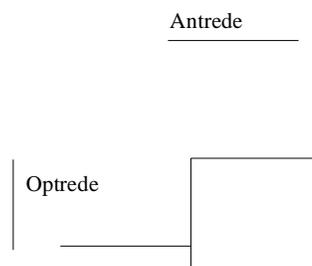
- c. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan suhu dan susut dengan menggunakan tabel.
- d. Menggambarkan detail penulangan pelat

2.3.2 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan salah satu konstruksi yang berfungsi sebagai penghubung antara lantai pada bangunan bertingkat.

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

1. Antrede, adalah dari anak tangga dan pelat tangga bidang horizontal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.



Gambar 2.4 Anak Tangga (menjelaskan posisi optrede antride)

Ketentuan – ketentuan konstruksi optrede dan antrede, antara lain :

- a) Untuk bangunan rumah tinggal
 - Antrede = 25 cm (minimum)
 - Optrede = 20 cm (maksimum)
- b) Untuk perkantoran dan lain – lain
 - Antrede = 25 cm
 - Optrede = 17 cm
- c) Syarat 1 (satu) anak tangga
 - 2 optrede + 1 antrede
- d) Lebar tangga
 - Tempat umum \geq 120 cm
 - Tempat tinggal = 180 cm s/d 100 cm

Syarat – syarat umum tangga ditinjau dari :

Penempatan :

- diusahakan sehemat mungkin menggunakan ruangan
- mudah ditemukan oleh semua orang
- mendapat cahaya matahari pada waktu siang
- tidak mengganggu lalu lintas orang banyak

Kekuatan :

- kokoh dan stabil bila dilalui orang dan barang sesuai dengan perencanaan

Bentuk :

- sederhana, layak, sehingga mudah dan cepat pengerjaannya serta murah biayanya.
- Rapih, indah, serasi dengan keadaan sekitar tangga itu sendiri.

Prosedur perhitungan perencanaan tangga, yaitu :

a. Menentukan ukuran atau dimensi

- 1) Menentukan ukuran optrede antrede
- 2) Menentukan jumlah optrede antrede
- 3) Menghitung panjang tangga

Panjang tangga = jumlah optrede x lebar antrede

- 4) Menghitung sudut kemiringan tangga

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

- 5) Menentukan tebal pelat

Perhitungan tebal pelat untuk tangga sama seperti perhitungan tebal pelat satu arah,

b. Menghitung beban – beban pada tangga

- 1) Beban mati (W_D)

- Berat sendiri bordes
- Berat pelat

- 2) Beban hidup (W_L)

c. Menghitung gaya – gaya yang bekerja dengan menggunakan metode cross

d. Menghitung tulangan tangga dan bordes

- Menentukan tinggi efektif (d_{eff})

$$d = h - p - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan pokok}$$

- Menentukan rasio penulangan (ρ) dari tabel.

Jika $\rho >$ \longrightarrow ambil nilai ρ

Jika $\rho <$ \longrightarrow ambil nilai

$$\rho = -\left(1 - \sqrt{1 - 4 \frac{M_u}{\varnothing \cdot f_y \cdot b \cdot d^2}}\right) \left(\frac{f_y}{f_c}\right)$$

- Hitung A_s yang diperlukan.

$$A_s = \rho b d$$

A_s = Luas tulangan (mm²)

ρ = rasio penulangan

d = tinggi efektif pelat (mm)

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

$A_{s_{\text{min}}}$ harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014:

- 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 400MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35% adalah $0,0018 \times 400/f_y$

$A_{s_{\text{min}}}$ harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari tiga kali tebal pelat, atau 450 mm.

- Memilih tulangan pokok yang akan dipasang
- Untuk balok bordes : menghitung tulangan torsi dan geser

2.3.3 Perencanaan Portal

2.3.3.1 Portal Akibat Gravitasi Beban Mati dan Hidup

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

a. Portal akibat beban mati

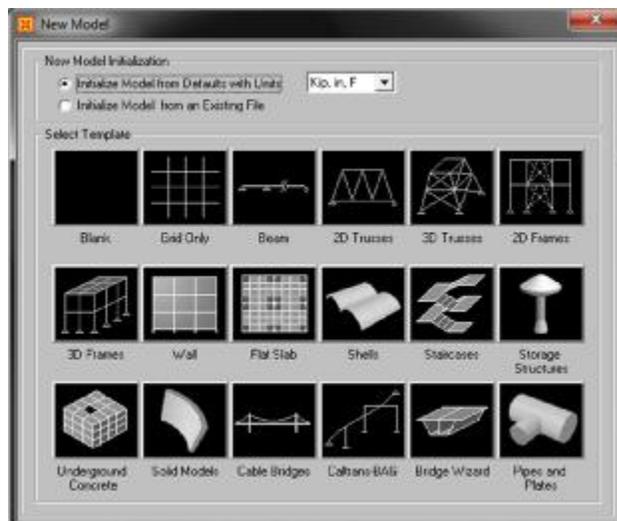
Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang.

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

Langkah- langkah menghitung portal dengan menggunakan Program SAP 2000.V10:

1. Buat model struktur memanjang
 - a. Mengklik file pada program untuk memilih model portal.

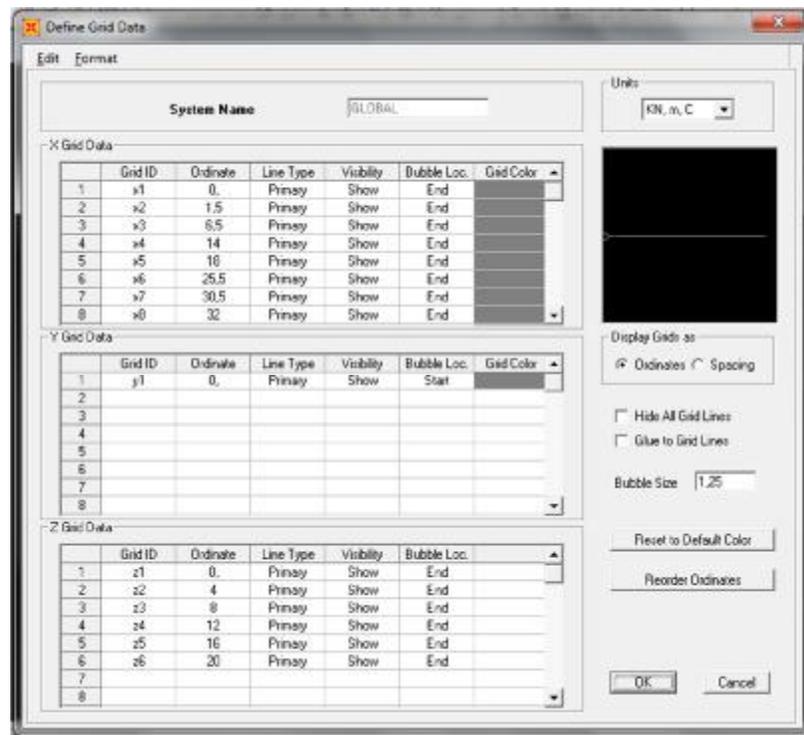


Gambar 2.5 Model Struktur Konstruksi

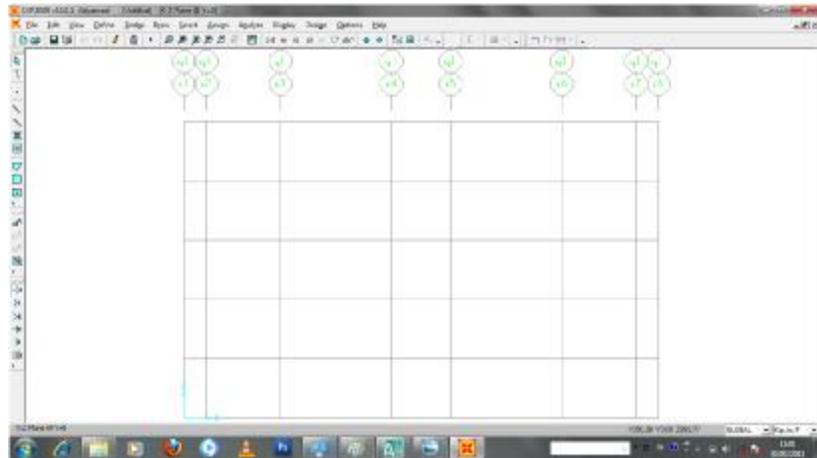
- b. Pilih model grid 2D pada model diatas dan masukkan data-data sesuai perencanaan.



Gambar 2.6 Grid System

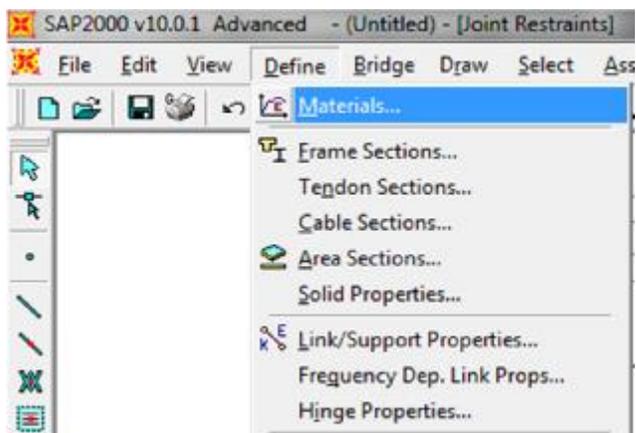


Gambar 2.7 Define Grid Data

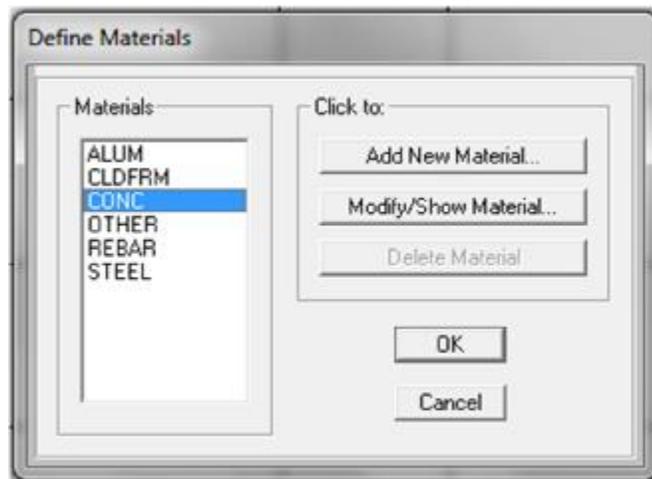


Gambar 2.8 Tampilan Model Portal

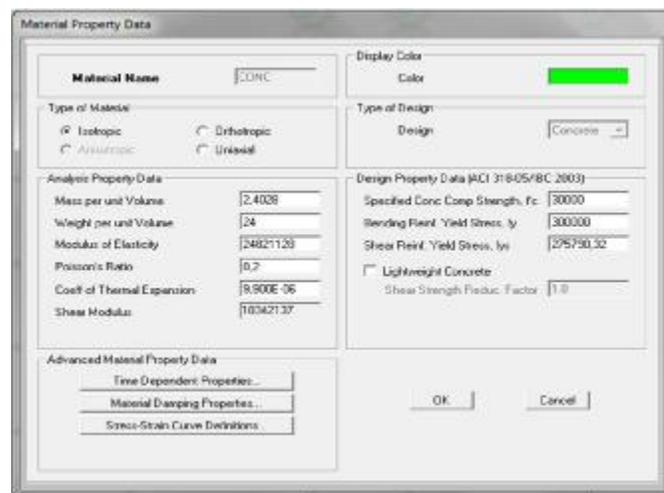
2. Input data material yang digunakan (concrete) dan masukan mutu beton (f_c') dan mutu baja (f_y) yang digunakan dengan mengklik Define - material – add new material – pilih concrete – masukkan data sesuai dengan perencanaan.



Gambar 2.9 Input Material



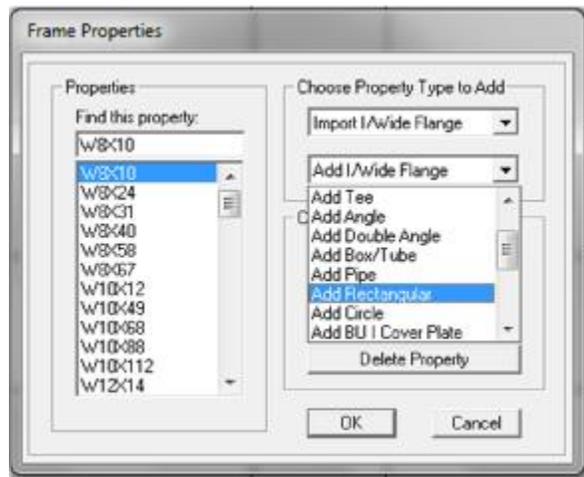
Gambar 2.10 Data-Data Material



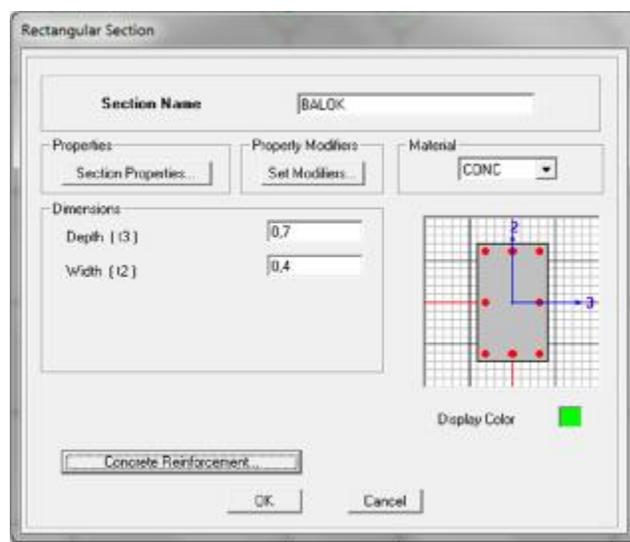
Gambar 2.11 Data-Data Material

3. Input data dimensi struktur
 - a. Kolom : (b x h) cm
 - b. Balok : (b x h) cm

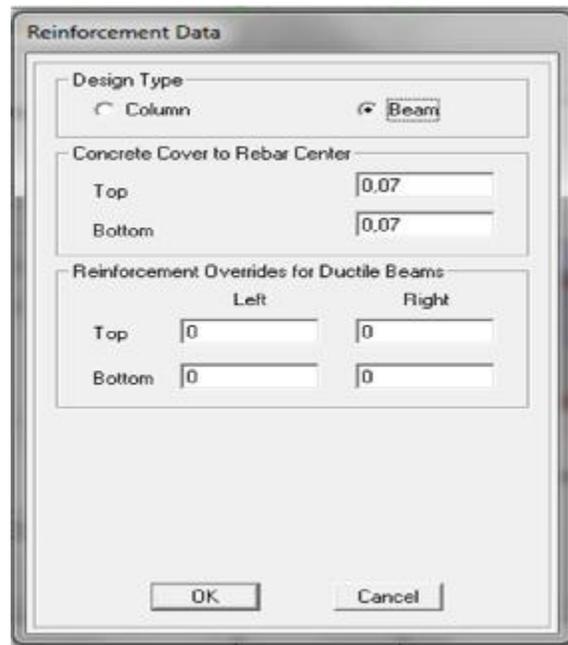
Masukkan data-dara dengan mengklik **Define - Frame Section – Rectangular – Add New Property – Section Name (balok)** setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



Gambar 2.12 Frame Properties



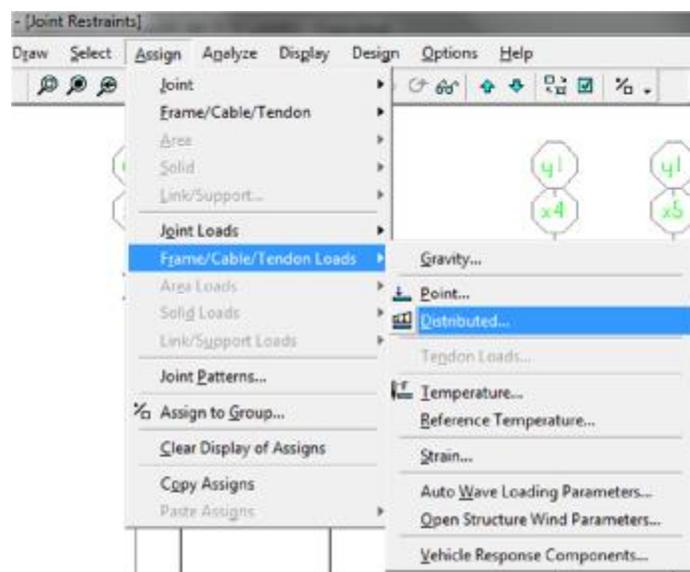
Gambar 2.13 Rectangular Section



Gambar 2.14 Reinforcement Data

4. Input perletakkan pada portal

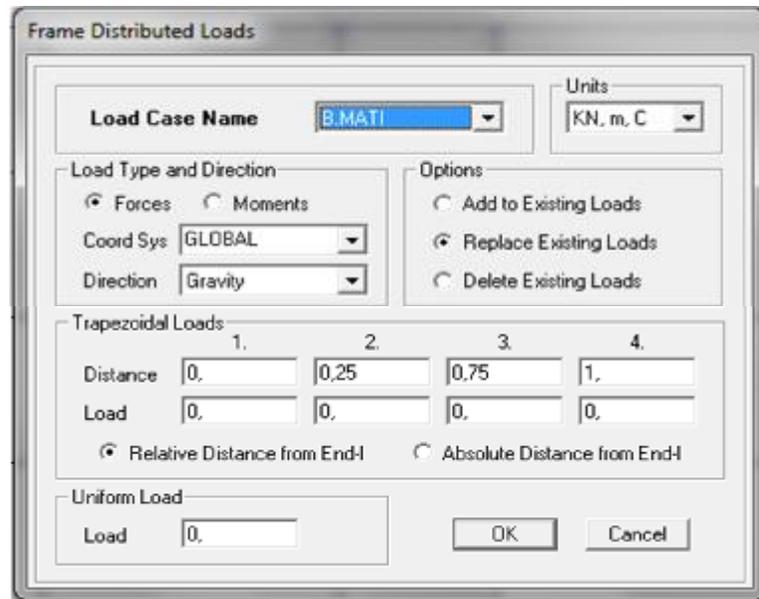
Untuk menginput data akibat beban mati klik batang portal pada model – pilih **Assign pada toolbar - Joint – Restraint**, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



Gambar 2.15 Joint Restraints

5. Input data akibat beban mati (Dead)

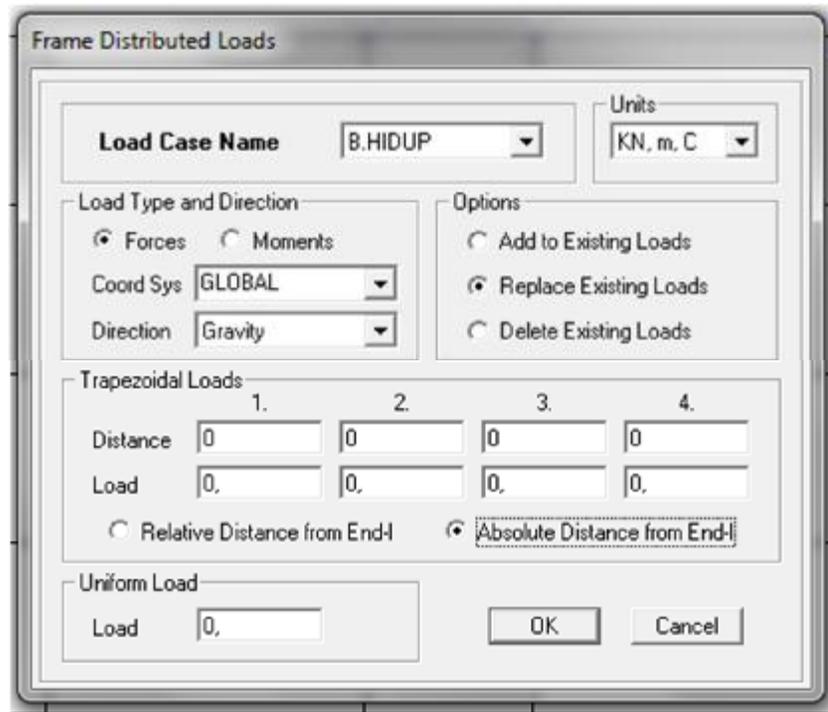
Untuk menginput data akibat beban mati klik batang portal pada model – **pilih Assign pada toolbar - Frame Load – Distributed**, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



Gambar 2.16 Beban Akibat Beban Mati

6. Input data akibat beban hidup (Live)

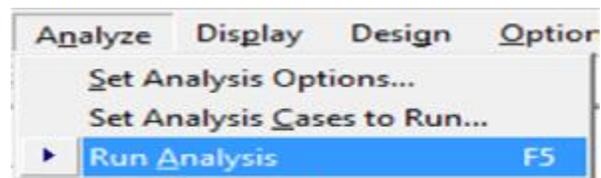
Untuk menginput data akibat beban mati klik batang portal pada model – **pilih Assign pada toolbar - Frame Load – Distributed**, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



Gambar 2.17 Beban Akibat Beban Hidup

7. Run analisis

Setelah beban akibat beban mati dan hidup di input portal tersebut siap untuk di analisis menggunakan **Run Analisis**.



Gambar 2.18 Run Analisis

b. Portal akibat beban hidup

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

Pembebanan pada portal akibat beban hidup:

1. Beban hidup pelat lantai untuk toko diambil sebesar 250 kg/m^2
(Berdasarkan Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung SKBI-1.3.53.19876. hal 12)
2. Beban hidup pada atap diambil sebesar 100 kg/m^2 .
(SNI-03-1727-1989-F)

2.3.3.2 Perencanaan Portal Akibat Gempa

Struktur gedung beraturan dapat direncanakan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan struktur gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Akibat pengaruh gempa rencana, struktur gedung secara keseluruhan harus masih berdiri, walaupun sudah berada didalam kondisi de ambang keruntuhan. Gempa rencana ditetapkan mempunyai periode ulang 500 tahun, agar probabilitas terjadinya terbatas pada 10% selama umur gedung 50 tahun.

Struktur gedung beraturan dapat direncanakan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana dalam arah masing-masing sumbu utama denah struktur tersebut, berupa beban gempa nominal statik ekuivalen, yang ditetapkan lebih lanjut dalam pasal-pasal berikut. (SNI-1726-2002 “Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung)

- a. Apabila kategori gedung memiliki Faktor Keutamaan I menurut Tabel 2.3 dan strukturnya untuk suatu arah sumbu utama denah struktur dan sekaligus arah pembebanan Gempa Rencana memiliki faktor reduksi gempa R dan waktu getar alami fundamental T_1 , maka beban geser dasar nominal statik ekuivalen V yang terjadi di tingkat dasar dapat dihitung menurut persamaan :

$$V = \frac{C_1 I}{R} W_t$$

Dimana :

C_1 adalah nilai Faktor Respons Gempa yang didapat dari Spektrum Respons Gempa Rencana menurut Gambar 2.19 untuk waktu getar alami fundamental T_1 , sedangkan W_t adalah berat total gedung, termasuk beban hidup yang sesuai.

$$I = I_1 I_2$$

Dimana I_1 adalah Faktor Keutamaan untuk menyesuaikan perioda ulang gempa berkaitan dengan penyesuaian probabilitas terjadinya gempa itu selama umur gedung, sedangkan I_2 adalah Faktor Keutamaan untuk menyesuaikan perioda ulang gempa berkaitan dengan penyesuaian umur gedung tersebut. Faktor-faktor Keutamaan I_1 , I_2 dan I ditetapkan menurut Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Faktor Keutamaan I untuk Berbagai Kategori Gedung dan Bangunan

Kategori gedung	Faktor Keutamaan		
	I_1	I_2	I
Gedung umum seperti untuk perumahan, perniagaan dan perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi.	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki di atas menara	1,5	1,0	1,5

(SNI-1726-2002 pasal 4.1.2 hal. 12)

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental T_1 dari struktur gedung harus dibatasi, bergantung pada koefisien ζ untuk Wilayah Gempa tempat struktur gedung berada dan jumlah tingkatnya n menurut persamaan

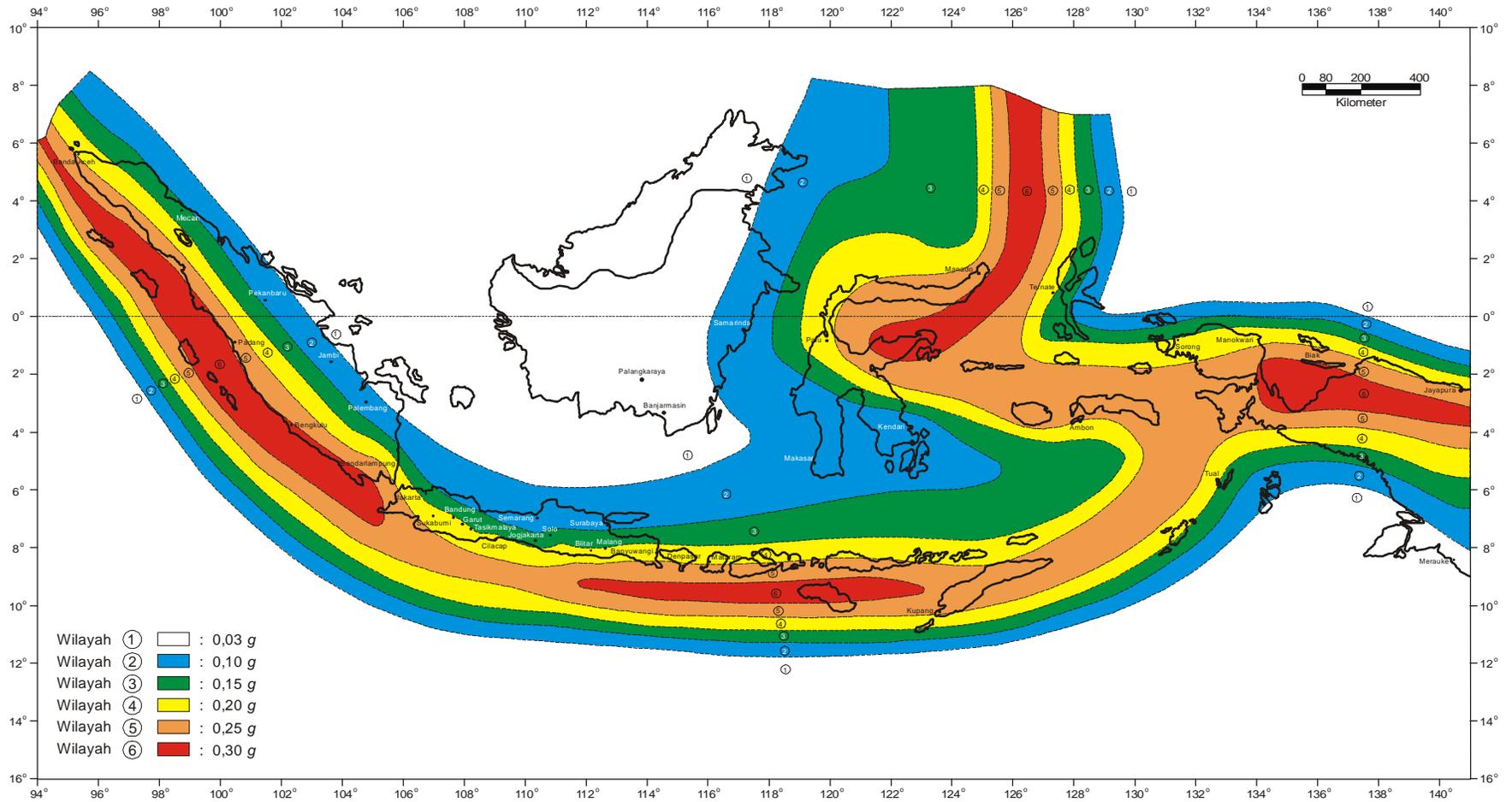
$$T_1 < \zeta n$$

di mana koefisien ζ ditetapkan menurut Tabel 2.5.

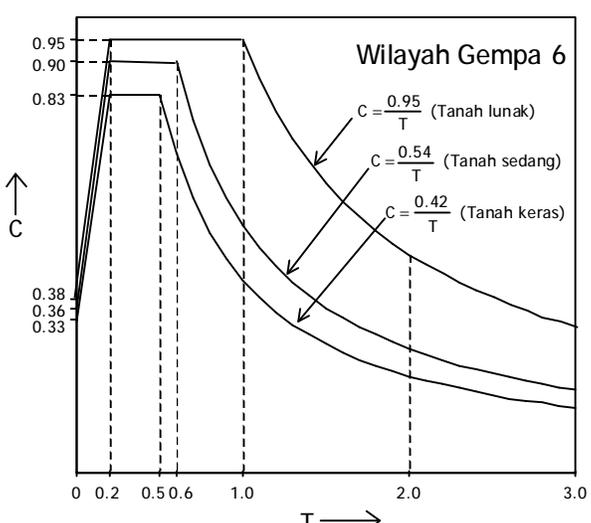
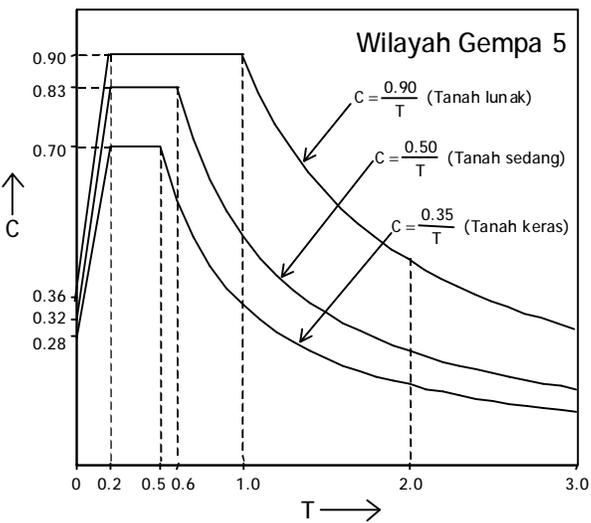
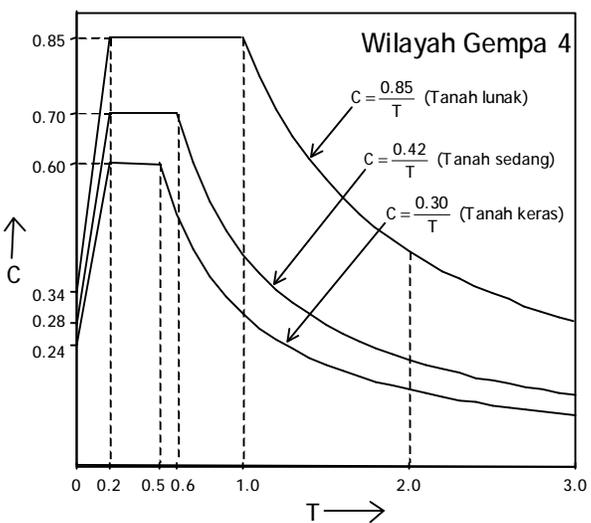
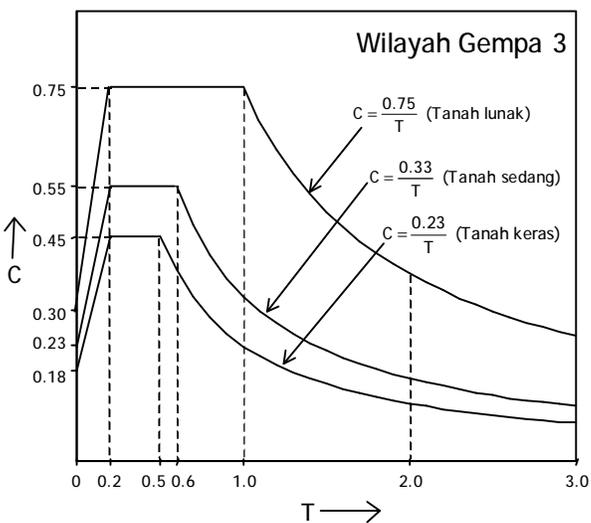
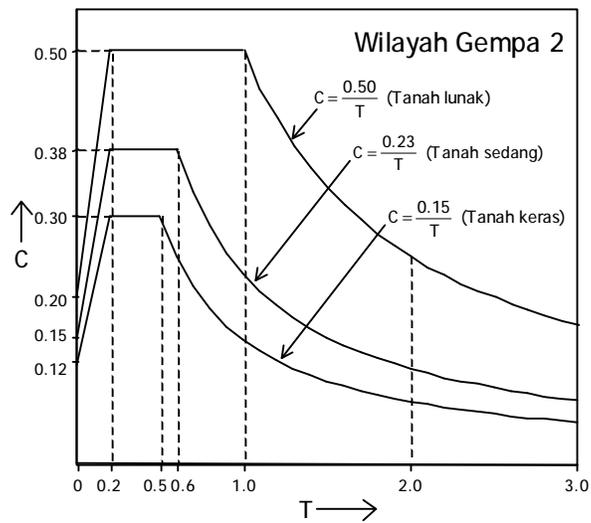
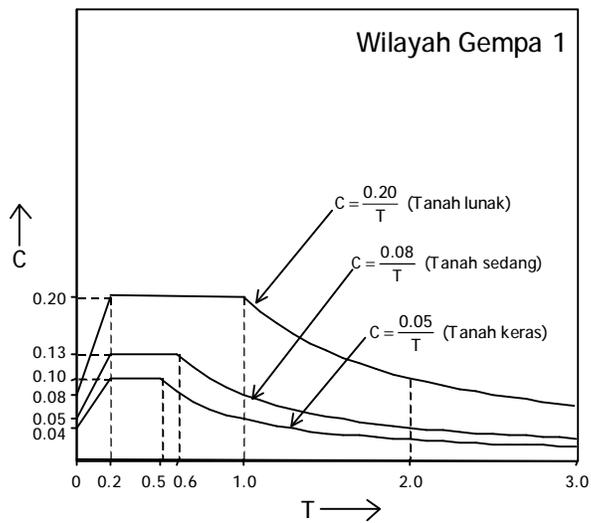
Tabel 2.5 Koefisien ζ yang Membatasi Waktu Getar Alami
Fundamental Struktur Gedung

Wilayah Gempa	ζ
1	0,20
2	0,19
3	0,18
4	0,17
5	0,16
6	0,15

(SNI -1726-2002- pasal 5.6 hal.26)



Gambar 2.19 Wilayah Gempa Indonesia Dengan Percepatan Puncak Batuan Dasar Dengan Perioda Ulang 500 Tahun



2.3.4 Perencanaan Balok

Balok merupakan batang horizontal dari rangka struktur yang memikul beban tegak lurus sepanjang batang tersebut biasanya terdiri dari dinding, pelat atau atap, dan menyalurkan pada tumpuan atau struktur bawahnya.

Perencanaan balok ini dilakukan untuk menentukan balok anak dan balok induk yang akan digunakan dalam suatu struktur gedung. Sistem struktur yang menggunakan balok anak dan balok induk ini bertujuan untuk memperoleh bentangan sepanjang mungkin dengan beban mati sekecil mungkin untuk pelat atap maupun lantai, dimana pelat akan bertumpu pada balok induk serta kolom sebagai penopang struktur keseluruhan.

Langkah-langkah perencanaan balok:

- a. Menentukan mutu beton dan mutu baja serta dimensi balok
- b. Menghitung pembebanan yang terjadi, seperti :
 - Beban hidup
 - Beban mati
 - Berat balok
 - Sambungan pelat

- c. Menghitung beban ultimate (SNI 3.2.2 butir 1 dan 2)

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

$$U = 1,05 (D + Lr \pm E)$$

$$U = 0,9 (D \pm E)$$

- d. Menentukan d_{efektif}

$$d = h - p - \phi \text{Sengkang} - \frac{1}{2} \phi \text{Tul.Pokok}$$

$$d' = p + \frac{1}{2} \text{Tul.Pokok} + \phi \text{Sengkang}$$

- e. Menentukan Momen Rencana

- Momen kombinasi akibat beban mati dan beban hidup

$$M_{k1} = 1,2.M_D + 1,6.M_L$$

- Momen kombinasi akibat beban mati dan beban gempa

$$M_{k2} = 0,9.M_D + M_E$$

- Momen kombinasi akibat beban mati, bebna hidup dan gempa

$$M_{k2} = 1,05.(M_D + 0,9.M_L + M_E)$$

- f. Bila momen yang terjadi pada balok yang ditinjau ditumpu akibatdan bila momen yang terjadi dilapangan akibat momen positif maka penulangan balok berdasarkan balok T atau balok L.
- g. Menentukan ρ_{syarat} untuk menentukan R_n

Tulangan Tumpuan Negatif

$$r'/r = \frac{M^+_{tumpuan}}{M^-_{tumpuan}}$$

$$r'/r = 0,5 \text{ (persyaratan gempa)}$$

$$R_n = \frac{Mu}{b.d^2}$$

$$r_{\min} = \frac{\sqrt{fc'}}{4.fy} \quad \Rightarrow \text{ Diambil nilai terkecil}$$

$$r_{\min} = \frac{1,4}{fy}$$

Tulangan Tumpuan Positif

$$r/r' = \frac{M^-_{tumpuan}}{M^+_{tumpuan}}$$

$$r'/r = 1 \text{ (persyaratan gempa)}$$

$$R_n = \frac{Mu}{b.d^2}$$

$$r_{\min} = \frac{\sqrt{fc'}}{4.fy} \quad \Rightarrow \text{ Diambil nilai terkecil}$$

$$r_{\min} = \frac{1,4}{fy}$$

- h. Menghitung tulangan yang dibutuhkan

$$As = r.b.d < As \text{ ada}$$

$$As' = 0,5As$$

i. Perencanaan tulangan geser

$$V_{ujung} = Vub - \left(\frac{Vub - Vub_{terpakai}}{d} \cdot Ln \right)$$

$$Vs = \frac{Vub_{terpakai}}{f}$$

$$s = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs}$$

$$s < \frac{d}{4}$$

(Gideon Kusuma “Desain Struktur Rangka Beton Bertulangan di Daerah Rawan Gempa)

2.3.5 Perencanaan Kolom

Kolom adalah elemen struktur yang terkena beban tekan tanpa memperhatikan momen lentur juga bekerja. Kolom beton bertulang mempunyai tulangan longitudinal, yang paralel dengan arah kerja beban dan disusun menurut pola segi-empat, bujur sangkar dan lingkaran. (Wahyudi dan Rahim, 1997:189)

Perencanaan struktur kolom pada laporan akhir ini adalah kolom berbentuk segi-empat dan beban yang bekerja merupakan beban sentris dan beban eksentris.

Prosedur perhitungan struktur kolom, yaitu :

1. Menentukan momen design rencana untuk kolom

Mu kx atas arah memanjang

$$Mu, k_{iti} = \frac{h}{hn} \cdot 0,7 \cdot \omega d \cdot \phi \cdot aka \left[\frac{1}{ln} (\sum Mnak, bx + 0,3 \cdot \sum Mnak, by)_{iti} \right]$$

Mu kx bawah arah memanjang

$$Mu, k_{iti} = \frac{h}{hn} \cdot 0,7 \cdot \omega d \cdot \phi \cdot aka \left[\frac{1}{ln} (\sum Mnak, bx + 0,3 \cdot \sum Mnak, by)_{iti} \right]$$

Mu ky atas arah melintang

$$Mu, k_{li} = \frac{h}{hn} \cdot 0,7 \cdot \omega_d \cdot \varphi \cdot \alpha_{ka} \left[\frac{1}{ln} (0,3 \cdot \sum Mnak, bx + \sum Mnak, by)_{li} \right]$$

Mu ky bawah arah melintang

$$Mu, k_{li} = \frac{h}{hn} \cdot 0,7 \cdot \omega_d \cdot \varphi \cdot \alpha_{ka} \left[\frac{1}{ln} (0,3 \cdot \sum Mnak, bx + \sum Mnak, by)_{li} \right]$$

(Gideon Kusuma “Desain Struktur Rangka Beton Bertulangan di Daerah Rawan Gempa, hal 82)

2. Menentukan momen design maksimum untuk kolom

Mencari nilai momen maksimum kolom

Mu kx atas arah memanjang

$$= 1,05 \sum \left[M_D + M_L + \frac{4}{K} (M_E + 0,3M_E) \right]$$

Mu kx bawah arah memanjang

$$1,05 \sum \left[M_D + M_L - \frac{4}{K} (M_E + 0,3M_E) \right]$$

Mu ky atas arah melintang

$$= 1,05 \sum \left[M_D + M_L + \frac{4}{K} (0,3M_E + M_E) \right]$$

Mu ky bawah arah melintang

$$= 1,05 \sum \left[M_D + M_L - \frac{4}{K} (0,3M_E + M_E) \right]$$

(Gideon Kusuma “Desain Struktur Rangka Beton Bertulangan di Daerah Rawan Gempa, hal 83)

3. Menentukan gaya aksial rencana untuk kolom

Nu, kx atas

$$= 1,05 \cdot Ng, k + (0,7 \cdot \emptyset / 1 ((Mnak, bx ki - Mnak, bx ka) + (0,3 (Mnak, by ki - Mnak, by ka)))$$

Nu, kx atas

$$= 1,05 \cdot N_{g,k} - (0,7 \cdot \emptyset/1 ((M_{nak,bx\ ki} - M_{nak,bx\ ka}) + (0,3 (M_{nak,by\ ki} - M_{nak,by\ ka})))$$

Nu, ky atas

$$= 1,05 \cdot N_{g,k} + (0,7 \cdot \emptyset/1 (0,3 (M_{nak,bx\ ki} - M_{nak,bx\ ka}) + (M_{nak,by\ ki} - M_{nak,by\ ka})))$$

Nu, ky atas

$$= 1,05 \cdot N_{g,k} - (0,7 \cdot \emptyset/1 ((0,3 M_{nak,bx\ ki} - M_{nak,bx\ ka}) + (M_{nak,by\ ki} - M_{nak,by\ ka})))$$

(Gideon Kusuma “Desain Struktur Rangka Beton Bertulangan di Daerah Rawan Gempa, hal 84)

4. Menentukan gaya aksial maksimum untuk kolom

$$Nu, kx\ atas = 1,05 \left[N_{g,k} + \frac{4}{K} (N_{E,kx} + 0,3 \cdot N_{E,ky}) \right]$$

$$Nu, kx\ bawah = 1,05 \left[N_{g,k} - \frac{4}{K} (N_{E,kx} + 0,3 \cdot N_{E,ky}) \right]$$

$$Nu, ky\ atas = 1,05 \left[N_{g,k} + \frac{4}{K} (0,3 \cdot N_{E,kx} + N_{E,ky}) \right]$$

$$Nu, ky\ bawah = 1,05 \left[N_{g,k} - \frac{4}{K} (0,3 \cdot N_{E,kx} + N_{E,ky}) \right]$$

(Gideon Kusuma “Desain Struktur Rangka Beton Bertulangan di Daerah Rawan Gempa, hal 85)

5. Menentukan penulangan kolom

a. Hitung Mu ; Pu

b. Hitung luas tulangan yang diperlukan

$$r = r' = \frac{A_s}{b \cdot d_{eff}} \Rightarrow A_s = A_s' = r \cdot b \cdot d_{eff}$$

c. Periksa Pu terhadap kondisi seimbang, jika :

- $\emptyset P_{nb} < P_u$, kolom akan mengalami hancur dengan diawali beton didaerah tekan.

- $\phi P_{nb} > P_u$, kolom akan mengalami hancur dengan diawali luluhnya tulangan tarik.

$$s_{maks} = \frac{d}{2}$$

$V_{u,k} < V_s$ jadi dipakai sengkang praktis

(Gideon Kusuma “Desain Struktur Rangka Beton Bertulangan di Daerah Rawan Gempa, hal 90)

2.3.6 Perencanaan Sloof

Sloof merupakan salah satu struktur bawah suatu bangunan yang menghubungkan pondasi dan berfungsi sebagai penerima beban dinding di atasnya.

Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dan perhitungan sloof, yaitu :

1. Penentuan dimensi sloof
2. Penentuan pembebanan sloof
 - a. Berat sloof
 - b. Berat dinding
 - c. Berat plesteran
3. Perhitungan momen
4. Perhitungan penulangan
 - a. Menghitung nilai k

$$k = \frac{M_u}{\phi b d}$$

M_u = Momen terfaktor pada penampang (KN / m)

b = lebar penampang (mm) diambil 1 m

d = tinggi efektif pelat (mm)

ϕ = faktor Kuat Rencana

$$\rho = \frac{\sqrt{f_c'}}{4f_y}$$

$$\rho = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho < \rho < \rho$$

b. Menghitung nilai A_s

$$A_s = \rho b d$$

A_s = Luas tulangan (mm²)

ρ = rasio penulangan

d = tinggi efektif pelat (mm)

c. Menentukan diameter tulangan yang dipakai (Istimawan, Tabel A-4)

d. Mengontrol jarak tulangan sengkang

e. Untuk menghitung tulangan tumpuan diambil 20% dari luas tulangan atas. Dengan Tabel A-4 (Istimawan) didapat diameter tulangan pakai.

5. Cek apakah tulangan geser diperlukan

$V_u < V_c$, tidak perlu tulangan geser

$V_u < \frac{1}{2} \emptyset V_c$, digunakan tulangan praktis

2.3.7 Perencanaan Pondasi

Pondasi pada umumnya berlaku sebagai bagian komponen pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah.

Fungsi pondasi antara lain sebagai berikut:

1. Untuk menyebarkan atau menyalurkan beban bangunan ke tanah
2. Mencegah terjadinya penurunan pada bangunan
3. Memberikan kestabilan pada bangunan di atasnya.

Hal-hal yang diperhatikan dalam menentukan jenis pondasi:

1. Keadaan tanah pondasi,
2. Jenis konstruksi bangunan,
3. Kondisi bangunan di sekitar bangunan,
4. Waktu dan biaya pekerjaan.

Pondasi Tiang Pancang Beton

Pondasi tiang beton dipergunakan untuk bangunan-bangunan tinggi (*High rise building*). Pondasi tiang pancang beton, proses pelaksanaannya dilakukan sebagai berikut:

- Melakukan test “boring” untuk menentukan kedalaman tanah keras dan klasifikasi panjang tiang pancang, sesuai pembebanan yang telah diperhitungkan.
- Melakukan pengeboran tanah dengan mesin pengeboran tiang pancang.
- Melakukan pemancangan pondasi dengan mesin pondasi.

Secara umum dalam perencanaan pondasi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

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

Langkah-Langkah Perhitungan Pondasi :

1. Menentukan daya dukung izin tanah melalui perhitungan dengan berdasarkan data-data yang ada.

Berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang

$$Q_{\text{tiang}} = 0,3 \times f_c' \times A_{\text{tiang}}$$

Berdasarkan kekuatan tanah :

$$Q_{\text{ijin}} = \text{————} + \text{————}$$

Dimana :

NK = nilai konus

JHP = Jumlah Hambatan Pekat

A_b = Luas tiang

O = Keliling tiang

F_b = Faktor keamanan daya dukung ujung = 3

F_s = Faktor keamanan daya dukung gesek = 5

2. Menentukan jumlah tiang pancang

$$n = \frac{Q}{Q_{ijudg}}$$

3. Menentukan Jarak antar tiang

Setelah dilakukan perhitungan jumlah tiang pancang, langkah perencanaan selanjutnya adalah menentukan jarak antara masing-masing tiang pancang.

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

Dimana : d = Ukuran Pile (tiang)

s = Jarak antar tiang

4. 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 1 buah tiang. Nilai efisiensi tiang pancang (E_g) dapat ditentukan dengan rumus berikut ini.

$$E_g = 1 - \frac{\sum (M_x)}{\sum (M_y)}$$

Dimana : $\sum (M_x)$ = Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu X

d = Ukuran Pile (tiang)

s = Jarak antar tiang

5. Menentukan Kemampuan Tiang Pancang Terhadap Sumbu X dan Y

$$P = \frac{M_x}{Z_x} \pm \frac{M_y}{Z_y}$$

Dimana :

P = Beban yang diterima oleh tiang pancang

Σ = 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 = Banyaknya tiang pancang dalam kelompok tiang (*pile group*)

X_{\max} = Absis terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang pancang

Y_{\max} = Ordinat terjauh 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

ΣX^2 = Jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang.

ΣY^2 = Jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang.

Kontrol kemampuan tiang pancang

ρ ijin = -

ρ ijin < P

6. Penulangan Tiang Pancang

Penulangan tiang pancang dihitung berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkutan

a. Tulangan pokok tiang pancang

$$K = \frac{M}{\phi}$$

Dari tabel A -17 (Istimawan) didapat k untuk ρ

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

b. Tulangan Geser Tiang Pancang

V_u rencana didapat dari pola pengangkutan sebagai berikut.

$$\phi V_c = - \frac{V_u}{\phi} \leq \phi V_c$$

$V_u > 0,5 \phi \cdot V_c \Rightarrow$ diperlukan tulangan geser

$$A_v = \frac{V_u}{\phi \cdot f_y}$$

$$S = \frac{A_v}{n}$$

$$S = \frac{\phi \cdot V_c}{n \cdot f_y}$$

$$\text{Syarat sengkang} \rightarrow S_{\text{maks}} = 1 \cdot 2 \cdot d_{\text{ef}}$$

7. Perhitungan Pile Cap

Pile Cap merupakan bagian yang mengikat dan mengunci posisi tiang pancang. Langkah-langkah perencanaan pile cap :

a. Menentukan Beban yang bekerja

$$P_u = 1,2 W_d + 1,6 W_l$$

b. Menentukan dimensi Pile Cap

- Menentukan panjang pile cap

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

- Menentukan Lebar Pile Cap

$$b_w = D + 300$$

Dimana :

L_w = Panjang Pile Cap (mm)

D = Diameter Pile (mm)

k = Variabel jarak Pile cap

b_w = Lebar Pile cap (mm)

c. Kontrol Kekuatan geser

1. Kontrol Kekuatan Geser secara kelompok

- Untuk aksi satu arah

Gaya geser berfaktor

$$V_u = m \times P_u$$

Dimana :

V_u = Gaya geser satu arah ultimate

m = Jumlah tiang pancang dalam satu baris yang ditinjau dari sumbu x maupun sumbu y

Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \left(\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b_w B \right)$$

$$b_w = L$$

Dimana :

V_c = Kuat Geser nominal beton secara satu arah

f_c' = Mutu beto (MPa)
 b_w = Lebar Pile cap (mm)
 d = Tebal efektif pile cap (mm)
 ϕ = 0,75

$$\phi V_c \geq V_u$$

Tebal pelat mencukupi untuk memikul gaya geser, tanpa memerlukan tulangan geser.

- Untuk aksi dua arah

Gaya geser berfaktor

$$V_U = n \times P_u$$

Dimana :

V_u = Gaya geser satu arah ultimate

n = Jumlah tiang pancang dalam pile cap diluar kolom

Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{b_1 - b_2}{b_1} \right) \left(\frac{d}{b_1} \right) \right] b_o d$$

$$\phi V_c = \phi b_o d$$

} Diambil terkecil

$$= \frac{1}{3} \left(\frac{b_1 - b_2}{b_1} \right) \left(\frac{d}{b_1} \right)$$

$$b_o = 2 \left(\frac{a_1}{2} + \frac{d}{2} \right) + 2 \left(\frac{a_2}{2} + \frac{d}{2} \right)$$

Dimana :

V_c = Kuat geser nominal beton secara dua arah (N)

f_c' = Mutu beton (MPa)

b_o = Panjang area kritis geser dua arah (mm)

d = Tebal efektif Pile cap (mm)

a_1 = Ukuran kolom terkecil (b)

a_2 = Ukuran kolom terbesar (h)

b_w = Lebar Pile cap (mm)

l = Panjang Pile cap

ϕ = 0,75

$$\phi V_c \geq V_u$$

Tebal pelat mencukupi untuk memikul gaya geser, tanpa memerlukan tulangan geser.

2. Kontrol kekuatan geser secara individual

- Keliling :

$$b_o = (\phi)$$

- Gaya geser berfaktor :

$$V_u = 1 \cdot P_u$$

- Gaya geser nominal :

$$V_c = \phi - b_o d$$

d. Menentukan momen lentur pile cap

$$P_U = X1 \cdot P_U$$

Dimana:

$X1$ = Jarak tiang pancang diluar sisi kolom

S = Jarak antar tiang

a = Ukuran Pile cap ($a_1 = a_2 = a$ apabila simetris)

e. Menentukan luas tulangan

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

Didapat nilai ρ dari tabel Istimawan Dipohusodo, apabila didapat nilai K_{min} , Maka menggunakan ρ_{min}

$$\rho_{min} = \frac{K_{min}}{f_y \cdot d}$$

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

$$n = \frac{A_s}{A_{bar}}$$

f. Menghitung tulangan pasak

Kekuatan tekan rencana dalam kolom

$$\phi P_n = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A_g$$

Beban berfaktor pada kolom : $n \cdot P_u$

$$\phi$$

Ini berarti beban pada kolom dapat dipindahkan dengan dukungan saja. Tetapi disyaratkan untuk menggunakan tulangan pasak minimum sebesar :

$$- A_s \text{ min} = 0,005 \cdot A_g \text{ (Luas kolom pondasi)}$$

$$- n = \frac{\text{---}}{\text{---}}$$

g. kontrol panjang penyaluran pasak

tulangan pasak harus disalurkan diatas dan dibawah pertemuan dari kolom dan telapak

panjang penyaluran (L_d) yang harus disyaratkan untuk memikul gaya :

$$L_{db} = \text{---}$$

Panjang penjangkaran dibawah pertemuan kolom dengan pondasi

L_1 yang tersedia adalah :

$$L_1 = h - p - (2 \cdot \phi \text{ pondasi}) - \phi \text{ pasak}$$

$$L_1 > L_d \Rightarrow \text{ok}$$

Jika nilai ini tidak memenuhi, bisa diatasi dengan mempertebal telapak.

2.4 Pengelolaan Proyek

2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat

Rencana Kerja adalah rencana alokasi waktu untuk menyelesaikan masing – masing item pekerjaan proyek yang secara keseluruhan adalah rentang waktu yang ditetapkan untuk melaksanakan sebuah proyek.

Untuk dapat menyusun rencana kerja yang baik dibutuhkan :

- 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 sumberdaya yang meliputi material, peralatan, sub kontraktor yang tersedia disekitar lokasi pekerjaan proyek berlangsung
- f. Data sumberdaya yang meliputi material, peralatan, sub kontraktor yang harus didatangkan ke lokasi proyek
- g. Data kebutuhan tenaga kerja dan ketersediaan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan
- h. Data cuaca atau musim di lokasi pekerjaan proyek.
- i. Data jenis transportasi yang dapat digunakan di sekitar lokasi proyek
- 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.

(<http://www.ilmusipil.com/time-schedule-proyek>)

2.4.2 Volume Pekerjaan

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

dari suatu pekerjaan agar didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek.

2.4.3 Analisa harga satuan

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

2.4.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda di masing-masing daerah disebabkan karena perbedaan harga bahan upah tenaga kerja. Tujuan dari pembuatan RAB itu sendiri adalah untuk memberikan gambaran yang pasti tentang besarnya biaya.

2.4.5 Rencana Pelaksanaan

Rencana pelaksanaan pada proyek konstruksi dapat dibuat dalam bentuk sebagai berikut :

a. Kurva S

Kurva “S” adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progress pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva tersebut dibuat berdasarkan rencana atau pelaksanaan progress pekerjaan dari setiap pekerjaan. (<http://www.ilmusipil.com/cara-membuat-kurva-s>)



Gambar 2.21 Kurva S

b. Barchart

Bar charts adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal. Kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat secara jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

- 1) Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- 2) Urutan pekerjaan, dari daftar item kegiatan tersebut di atas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.
- 3) Waktu pelaksanaan pekerjaan, adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.

(Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Revisi / Wulfram I. Ervianto)

Cara membuat barchart adalah :

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

Misalkan :

- 1) Pekerjaan persiapan dikerjakan pertama kali sampai akhir pekerjaan. Selanjutnya baru dapat dikerjakan pekerjaan galian tanah.
- 2) Pekerjaan lantai kerja baru dapat dikerjakan setelah pekerjaan galian tanah selesai.
- 3) Pekerjaan pasir urug baru dapat dikerjakan setelah pembuatan lantai kerja selesai.
- 4) Pekerjaan pasangan batu kali dapat dikerjakan dalam waktu bersamaan dengan pasir urug.
- 5) Pekerjaan urugan kembali dapat dikerjakan setelah semua item pekerjaan pondasi selesai.

Dari permasalahan tersebut, selanjutnya kita dapat membuat bar chart caranya adalah membuat Tabel pekerjaan (berisi item pekerjaan dan waktu pelaksanaan) kita gunakan tabel kurva s yang sudah.

KURVA S PEKERJAAN PONDASI											
NO	Pekerjaan	Harga pekerjaan	durasi	bobot (%)	hari						grafik
					1	2	3	4	5	6	
1	Persiapan	Rp 100.000.00	6	9.09	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	100
2	Galian tanah	Rp 150.000.00	2	13.64		6.82	6.82				80
3	Lantai kerja	Rp 200.000.00	2	18.18		9.09	9.09				60
4	Urugan pasir	Rp 150.000.00	1	13.64			13.64				40
5	Pasangan batu kali	Rp 400.000.00	3	36.36			12.12	12.12	12.12		20
6	Urugan kembali	Rp 100.000.00	1	9.09					9.09		0
Jumlah		Rp 1.100.000.00		100.00	1.52	17.42	43.18	56.84	75.76	98.48	1.52
jumlah akumulatif					1.52	13.94	62.12	75.76	98.48	100.00	

Gambar 2.22 Kurva S

Masukan item pekerjaan pada kolom waktu rencana.

BAR CHART PEKERJAAN PONDASI											
ILMUSIPIL.COM											
NO	Pekerjaan	Harga pekerjaan	durasi	bobot (%)	hari						keterangan
					1	2	3	4	5	6	
1	Persiapan	Rp 100,000.00	6	9.09							
2	Galian tanah	Rp 150,000.00	2	13.64							
3	Lantai kerja	Rp 200,000.00	2	18.18							
4	Urugan pasir	Rp 150,000.00	1	13.64							
5	Pasangan batu kali	Rp 400,000.00	3	36.36							
6	Urugan kembali	Rp 100,000.00	1	9.09							
Jumlah		Rp 1,200,000.00		100.00	1.52	17.42	48.18	13.64	32.78	1.52	
jumlah akumulatif					1.52	18.94	62.12	75.76	98.48	100.00	

Gambar 2.23 BarChart

(<http://www.ilmusipil.com/cara-membuat-kurva-s>)

c. *Network planning*

Network planning adalah hubungan ketergantungan antara bagian – bagian pekerjaan (variables) yang digambarkan / divisualisasikan dalam diagram network. Dengan demikian diketahui bagian – bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, bila perlu dilembur (tambah biaya) pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan yang lain, pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa – gesa sehingga alat dan orang dapat digeser ke tempat lain demi efisiensi.

Macam – macam network planning :

- 1) CMD : Chart Method Diagram
- 2) NMT : Network Management Technique
- 3) PEP : Program Evaluation Procedure
- 4) CPA : Critical Path Analysis
- 5) CPM : Critical Path Method
- 6) PERT : Program Evaluation and Review Technique

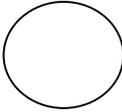
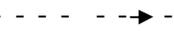
Bahasa / simbol – simbol Diagram Network

Pada perkembangannya yang terakhir dikenal 2 simbol :

- 1) Event on the Node, peristiwa digambarkan dalam lingkaran,

- 2) Activity on the Node, kegiatan digambarkan dalam lingkaran.

Penggunaan bahasa/symbol-simbol

- 1)  arrow, bentuknya merupakan anak panah yang artinya aktivitas/kegiatan : adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan “duration” (jangka waktu tertentu) dan “resources” (tenaga, equipment, material dan biaya) tertentu.
- 2)  Node/event bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian : adalah permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan-kegiatan.
- 3)  Double arrow, anak panah sejajar, merupakan kegiatan di lintasan kritis (Critical Path).
- 4)  Dummy bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktivitas semu : adalah buka kegiatan /aktivitas tetapi dianggap kegiatan/aktivitas, hanya saja tidak membutuhkan duratiaon dan resources tertentu.
- 5)  Jalur kritis adalah jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan, dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan waktu penyelesaian proyek tercepat.

(<http://www.scribd.com/doc/45259777/Metode-Jalur-Kritis>)

Sebelum menggambar diagram Network perlu diingat :

- 1) Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya duration maupun resources yang dibutuhkan.
- 2) Aktivitas-aktivitas apa yang mendahului dan aktivitas-aktivitas apa yang mengikuti.
- 3) Aktivitas-aktivitas apa yang dapat bersama-sama.
- 4) Aktivitas-aktivitas itu dibatasi saat mulai dan saat selesai.
- 5) Waktu, biaya dan resources yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas itu.
- 6) Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari tiap kegiatan.
- 7) Besar kecilnya juga tidak mempunyai arti, dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.

Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak panah menunjukkan urutan waktu.

(Dasar – Dasar Network Planning . Drs. Sofwan Badri)