

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Umum

Dalam setiap pelaksanaan suatu proyek bangunan, diperlukan perencanaan yang baik terhadap bangunan yang akan dibuat dengan tujuan agar bangunan tersebut dapat digunakan sesuai dengan fungsinya, dengan memperhatikan pembebanan-pembebanan yang berkerja pada struktur bangunan tersebut. Perencanaan itu sendiri merupakan bagian yang terpenting dari pembangunan suatu gedung atau bangunan lainnya. Adapun berbagai syarat-syarat perencanaan suatu konstruksi yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut :

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. Artistik (*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 pada konstruksi bangunan gedung meliputi beberapa tahapan, antara lain :

2.2.1. Tahapan Perencanaan (Desain) Konstruksi

Untuk mencapai sebuah hasil konstruksi yang diinginkan sebaiknya dalam perencanaan sebuah konstruksi dilakukan dengan tahapan-tahapan tertentu, seperti :

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

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

2. Tahap Perencanaan, meliputi :

- a. Perencanaan bentuk arsitektur bangunan.

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

- b. Perencanaan struktur (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.

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

Ada dua struktur pendukung bangunan yaitu :

1. Struktur bangunan atas (*Upper Structure*)

Pada struktur bangunan atas harus dapat mewujudkan perencanaan arsitektur dan menjamin dari segi keamanan maupun kenyamanan.

Perhitungan perencanaan untuk bangunan struktur atas ini meliputi:

- a. Perhitungan Pelat Atap dan Lantai.

- b. Perhitungan Tangga.

- c. Perhitungan Pembebanan Portal
 - d. Perhitungan Balok.
 - e. Perhitungan Kolom.
2. Struktur bangunan bawah (*Sub Structure*)

Struktur bangunan bawah merupakan sistem pendukung bangunan yang menerima beban struktur atas, untuk diteruskan ke tanah dibawahnya. Perhitungan perencanaan struktur bagian bawah ini meliputi:

- a. Perhitungan Sloof.
- b. Perhitungan pondasi.

2.2.2. Dasar–Dasar Perencanaan

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

1. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013).

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 untuk mendapatkan struktur yang aman dan ekonomis.

2. Tata Cara Perencanaan Pembebanan Bangunan Gedung dan Rumah (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 bangunan.

3. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002)

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 gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap pembebanan, pembebanan didapat berdasarkan bahan bangunan dan komponen gedung.

Adapun jenis pembebanan tersebut antara lain :

1. Beban Mati

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

Table 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan Dan Komponen Gedung

BAHAN BANGUNAN	
Baja	7.850 kg/m ³
Batu Alam	2.600 kg/m ³
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500 kg/m ³
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m ³
Batu pecah	1.450 kg/m ³
Besi tuang	7.250 kg/m ³
Beton (¹)	2.200 kg/m ³
Beton bertulang (²)	2.400 kg/m ³
Kayu kelas I	1.000 kg/m ³
Kerikil, koral, (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1.650 kg/m ³
Pasangan bata merah	1.700 kg/m ³
Pasangan batu belah, batu gunung	2.200 kg/m ³
Pasangan batu cetak	2.200 kg/m ³
Pasangan batu karang	1.450 kg/m ³

Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600 kg/m ³
Pasir (jenuh air)	1.800 kg/m ³
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1.850 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000 kg/m ³
Tanah hitam	11.400 kg/m ³
KOMPONEN GEDUNG	
Adukan, per cm tebal :	
- Dari semen	21 kg/m ²
- Dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m ²
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral tambahan, per cm tebal	14 kg/m ²
Dinding Pas. Bata 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 15 cm	300 kg/m ²
- Tebal dinding 10 cm	200 kg/m ²
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari :	
Semen asbes (eternity dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m ²
Kaca, dengan tebal 3-5 mm	10 kg/m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan	40 kg/m ²

untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ²	
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s. minimum 0,8 m	7 kg/m ²
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50 kg/m ²
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	40 kg/m ²
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gording	10 kg/m ²
Penutup lantai dari ubin semen Portland teraso dan beton, tanpa adukan per cm tebal	24 kg/m ²
semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m ²

Sumber : SNI 03-1727-1989-F

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah Beban yang dianggap atau yang diketahui terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai, beban-beban pada atap selain dari beban angin, beban-beban pada langkah dan beban-beban yang berasal dari barang-barang yang dapat terpisah, mesin-mesin dan peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisah dari struktur dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai atau atap. Beban Hidup pada lantai gedung, sudah termasuk perlengkapan ruang sesuai dengan kegunaan dan juga dinding pemisah ringan ($q \leq 100 \text{ kg/m}^1$). Beban berat dari lemari arsip, alat dan mesin harus ditentukan sendiri.

Tabel 2.2 Beban Hidup pada Lantai Gedung

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 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 olahraga	400	Kg/m ²
e.	Lantai ruang dansa	500	Kg/m ²
f.	Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari pada yang disebut dalam a s/d e , seperti masjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton.	400	Kg/m ²
g.	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri.	500	Kg/m ²
h.	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam c	300	Kg/m ²
i.	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam d , e , f dan g .	250	Kg/m ²
j.	Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam c , d , e , f , dan g .	250	Kg/m ²
k.	Lantai untuk: pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang	400	Kg/m ²

	ditentukan tersendiri, <u>dengan minimum</u>		
1.	Lantai gedung parker bertingkat :		
	- Untuk lantai bawah	800	Kg/m ²
	- Untuk lantai tingkat lainnya	400	Kg/m ²
m.	Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum.	300	Kg/m ²

Sumber : SNI 03-1727-1989-F

3. Beban Gempa

Beban gempa ialah semua beban statik ekuivalen yang berkerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini gaya-gaya di dalam struktur yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

4. Beban Khusus

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

2.3 Metode Perhitungan

2.3.1 Perencanaan Pelat

Pelat adalah struktur planar kaku yang secara khas terbuat dari material monolit yang tingginya yang kecil dibandingkan dengan dimensi-dimensi lainnya. Pelat biasanya ditumpu oleh gelagar atau

balok beton bertulang (dan biasanya pelat dicor menjadi satu kesatuan dengan gelagar tersebut), oleh dinding pasangan batu atau dinding bertulang, oleh batang-batang struktur baja, secara langsung oleh kolom-kolom, atau tertumpu secara menerus oleh tanah.

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.

Beban-beban yang bekerja pada pelat atap (SNI 03-1727-1989-F) :

1. Beban Mati (WD)

- Beban Sendiri Pelat Atap 2400 kg/m^3
- Berat adukan spesi, per cm tebal yaitu 21 kg/m^2
- Langit-langit dengan tebal maksimum 4 mm yaitu 11 kg/m^2 .

2. Beban Hidup (WL)

- Beban hidup, diambil 100 Kg/m^2

Beban-beban yang bekerja pada pelat lantai (SNI 03-1727-1989-F) :

1. Beban Mati (WD)

- Beban Sendiri Pelat Lantai 2400 kg/m^3
- Berat penutup lantai dari ubin tanpa adukan yaitu 24 kg/m^3
- Berat adukan spesi, per cm tebal yaitu 21 kg/m^2
- Langit-langit dengan tebal maksimum 4 mm yaitu 11 kg/m^2 .

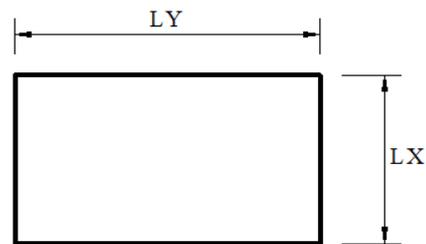
3. Beban Hidup (WL)

- Beban hidup, diambil 250 Kg/m^2

Pelat beton bertulang suatu struktur dipakai pada lantai, pada pelat ruang ditumpu balok pada keempat sisinya terbagi dua berdasarkan geometrinya, antara lain :

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

Pelat satu arah adalah pelat yang ditumpu hanya pada kedua sisi yang berlawanan saja. Dan suatu pelat dikatakan pelat satu arah apabila $\frac{L_y}{L_x} > 2$, dimana L_y dan L_x adalah panjang dari sisi-sisinya.



Gambar 2.1 L_x dan L_y pelat lantai satu arah

Dalam perencanaan struktur pelat satu arah perencanaannya adalah sebagai berikut :

1. Menghitung tebal minimum pelat (h pelat)

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

Tabel 2.3 Tebal 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 pasif satu arah	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{28}$	$\frac{1}{10}$
Balok / pelat rusuk satu arah	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{18,5}$	$\frac{1}{21}$	$\frac{1}{8}$

Catatan :

- Panjang bentang (mm) = Bentang bersih + tebal kolom
= Jarak dari as ke as
- Nilai yang diberikan harus langsung untuk komponen struktur dengan beton normal ($W_c = 2400 \text{ kg/m}^3$) dan tulangan BJTD 40. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasikan sebagai berikut :
 1. Untuk Struktur beton ringan dengan berat jenis diantara 1500 kg/m^3 sampai 2000 kg/m^3 , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003 W_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09 dimana W_c adalah berat jenis dalam kg/m^3
 2. Untuk f_y selain 400 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

(SNI 03-2847-2013 Tabel 9.5a, hal. 70)

2. Menghitung beban mati pelat

Pada tahapan ini yaitu menghitung beban mati yang dipikul pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung momen rencana (W_u).

$$W_u = 1,2 WDD + 1,6 WLL$$

Dimana :

WDD = Jumlah beban mati pelat (KN/m)

WLL = Jumlah beban hidup pelat (KN/m)

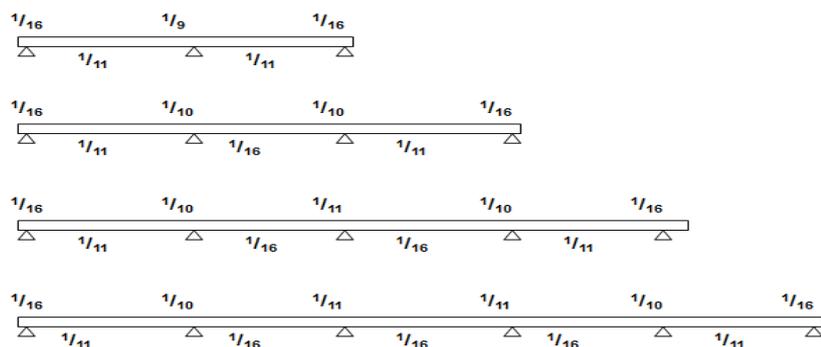
3. Menghitung momen rencana (M_u)

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 dimana tulangnya hanya direncanakan untuk memikul gaya-gaya dalam satu arah, selama (SNI 03-2847-2013 Pasal 8.3 butir ke-3 hal. 60) :

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 batang yang bersebelahan tidak lebih dari 1,2.
3. Beban yang berkerja 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

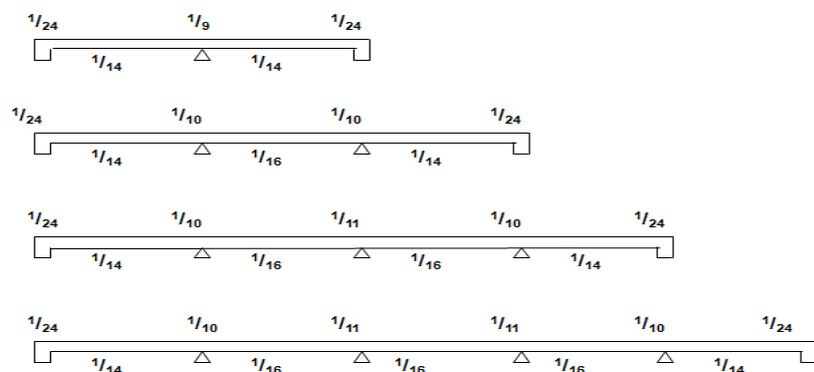
Koefisien momen dikalikan $WuLn^2$

Balok Spradel / terletak bebas / sederhana (sendi atau rol)



Koefisien momen dikalikan $WuLn^2$

Kolom / Menyatu dengan balok / jepit



(W.C Vis dan Gedeon Kusuma : 1993;75)

4. Perkiraan tinggi efektif (d_{eff})

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

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

tebal selimut beton pada tumpuan atap (p) = 40 mm dan

tebal selimut beton pada lapangan atap dan lantai = 20 mm

Tabel 2.4 Tabel 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:	
Batang D-19 hingga D-56.....	50
Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau kawat ulir D16 dan yang lebih kecil	40
c) Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton tidak langsung berhubungan dengan tanah:	
<u>Pelat, dinding, pelat berusuk:</u>	
Batang D-44 dan D-56.....	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 P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil	15

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7 butir ke-1 hal. 51)

5. Menghitung k perlu

$$k = \frac{M_u}{\varnothing b d_{eff}^2}$$

Dimana :

k = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

M_u = Momen terfaktor pada penampang (KN/m)

- b = Lebar penampang (mm) diambil 1 m
 d_{eff} = Tinggi efektif pelat (mm)
 ϕ = Faktor Kuat Rencana (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3 butir ke-2 hal. 66)

6. Menentukan rasio penulangan (ρ)

Dalam menentukan rasio penulangan (ρ) ditentukan dengan melihat tabel. Jika $\rho > \rho_{maks}$, maka di tambahkan balok anak untuk memperkecil momen.

Syarat : $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

⇒ Diambil nilai terbesar

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c}}{4 f_y}$$

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

Jika $\rho_{min} > \rho$ maka pakai ρ_{min}

Jika $\rho_{maks} < \rho$ maka pakai ρ_{maks}

7. Menghitung luas tulangan (A_s) yang diperlukan

Untuk menghitung luas tulangan (A_s) digunakan rumus :

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

Dimana :

A_s = Luas tulangan (mm²)

ρ = Rasio penulangan

d_{eff} = Tinggi efektif (mm)

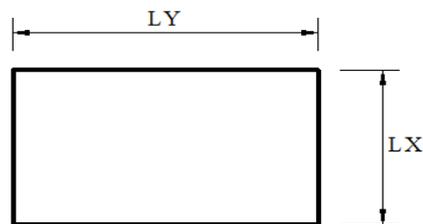
8. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan suhu dan susut dengan menggunakan tabel.

Untuk tulangan suhu dan susut dihitung berdasarkan peraturan SNI 03-2847-2013 pasal 7.12 butir ke-2 hal. 57 yaitu :

1. Tulangan susut dan suhu harus 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 280 atau 350 Mpa
($A_s = 0,0020 bh$)
 - b. Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 420 Mpa
($A_s = 0,0018 bh$)
 - c. Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 Mpa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35%
($A_s = 0,0018 \times 420 / f_y$)
2. Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari lima kali tebal pelat, atau 450 mm.

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

Pelat dua arah adalah pelat yang bertumpu di gelagar pada keempat sisinya. Dan suatu pelat dikatakan pelat dua arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$, dimana L_y dan L_x adalah panjang dari sisi-sisinya.



Gambar 2.2 L_x dan L_y pelat lantai dua arah

Adapun tahapan perencanaan perhitungan pelat dua arah, adalah sebagai berikut :

1. Menghitung h minimum Pelat

Tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut (SNI 03-2847-2013 pasal 9.5, butir ke-3 hal. 72) :

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

Tabel 2.5 Tabel Minimum Pelat Dua Arah

Tegangan Leleh (Mpa)	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel luar		Panel dalam	Panel luar		Panel Dalam
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok	Dengan balok	
280	ln/33	ln/36	ln/36	ln/36	ln/40	ln/40
420	ln/30	ln/33	ln/33	ln/33	ln/36	ln/36
520	ln/28	ln/31	ln/31	ln/31	ln/34	ln/34

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

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 5\beta (\alpha_m - 0,2)}$$

Dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

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

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

Dan tidak boleh kurang dari 90 mm

Dimana :

$$\alpha_1 = \frac{E_c b l_b}{E_s l_s}$$

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n}{n}$$

E_{cb} = modulus elastisitas balok beton

E_{cs} = modulus Elastisitas pelat beton

I_b = Inersia balok

$$\frac{bh^3}{12}$$

I_s = Inersia Pelat

$$\frac{I_n t^3}{12}$$

I_n = jarak bentang bersih (mm)

h = tinggi balok

t = tebal balok

β = rasio bentang bersih panjang bersih balok
terhadap bentang bersih pelat

2. Menghitung beban mati

Pada tahapan ini yaitu menghitung beban mati yang dipikul pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung momen rencana (W_u).

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

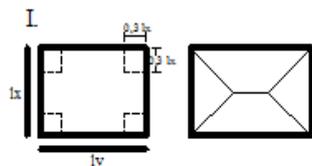
Dimana :

W_{DD} = Jumlah beban mati pelat (KN/m^2)

W_{LL} = Jumlah beban hidup pelat (KN/m^2)

3. Menghitung momen rencana (M_u)

Dalam perhitungan perencanaan momen rencana (M_u) dapat analisa melalui “ metode amplop” (Gedeon Kusuma, 1996)



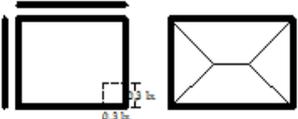
$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{ly} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{tix} &= \frac{1}{2} \cdot M_{lx} \\
 M_{tiy} &= \frac{1}{2} \cdot M_{ly}
 \end{aligned}$$

II.



$M_{1x} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{1y} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{2x} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{2y} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$

III.



$M_{1x} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{1y} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{2x} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{2y} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{t1x} = \frac{1}{2} \cdot M_{1x}$
 $M_{t1y} = \frac{1}{2} \cdot M_{1y}$

IV.a



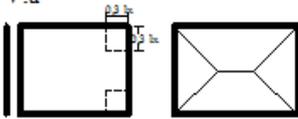
$M_{1x} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{1y} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{2x} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{t1x} = \frac{1}{2} \cdot M_{1x}$

IV.b



$M_{1x} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{1y} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{2x} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{t1y} = \frac{1}{2} \cdot M_{1y}$

V.a



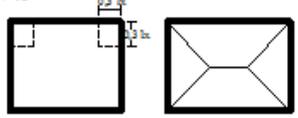
$M_{1x} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{1y} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{2x} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{t1x} = \frac{1}{2} \cdot M_{1x}$
 $M_{t1y} = \frac{1}{2} \cdot M_{1y}$

VI.a

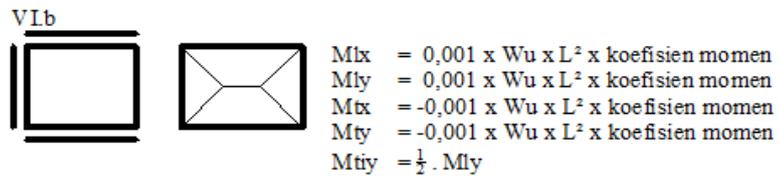


$M_{1x} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{1y} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{2x} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{2y} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{t1x} = \frac{1}{2} \cdot M_{1x}$

V.b



$M_{1x} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{1y} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{2x} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
 $M_{t1x} = \frac{1}{2} \cdot M_{1x}$
 $M_{t1y} = \frac{1}{2} \cdot M_{1y}$



yang berkerja pada jalur selebar 1 meter, masing-masing pada arah x dan y :

- M_{lx} adalah momen lapangan maksimum per meter lebar di arah x
- M_{ly} adalah momen lapangan maksimum per meter lebar di arah y
- M_{tx} adalah momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah x
- M_{ty} adalah momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah y
- M_{tix} adalah momen jepit tak terduga (insidental) per meter lebar di arah x.
- M_{tiy} adalah momen jepit tak terduga (insidental) per meter lebar di arah y.

Seperti pada pelat satu arah yang menerus, pemakaian tabel ini dibatasi beberapa syarat :

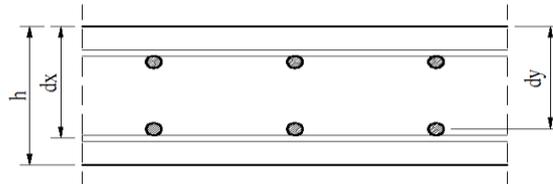
- a. Beban terbagi rata
- b. Perbedaan terbatas antara besarnya beban maksimum dan minimum pada panel (atau lekukan) dipelat :
 $W_u \text{ min} \geq 0,4 W_u \text{ maks}$
- c. Perbedaan terbatas antara besarnya beban pada panel yang berbeda-beda : $W_u \text{ maks terkecil} \geq 0,8 \times W_u \text{ maks terbesar}$.
- d. Perbedaan terbatas pada panjang bentang yaitu :
 Bentang terpendek $\geq 0,8 \times$ bentang terpanjang.

Bila syarat ini terpenuhi, Tabel 2.4 akan memberikan nilai-nilai yang aman bagi momen lentur maksimum.

4. Menentukan tinggi efektif (d_{eff})

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

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



Gambar 2.3 Tinggi efektif (d_{eff})

5. Menentukan K_{perlu}

$$k = \frac{M_u}{\emptyset b d_{eff}^2}$$

Dimana :

k = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

M_u = Momen terfaktor pada penampang (KN/m)

b = Lebar penampang (mm) diambil 1 m

d_{eff} = Tinggi efektif pelat (mm)

\emptyset = Faktor Kuat Rencana (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3 butir ke-2 hal. 66)

6. Menentukan rasio penulangan (ρ)

Dalam menentukan rasio penulangan (ρ) ditentukan dengan melihat tabel. Jika $\rho > \rho_{maks}$, maka di tambahkan balok anak untuk memperkecil momen.

Syarat : $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

➡ Diambil nilai terbesar

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c}}{4 f_y}$$

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

Jika $\rho_{min} > \rho$ maka pakai ρ_{min}

Jika $\rho_{maks} < \rho$ maka pakai ρ_{maks}

7. Menghitung luas tulangan (A_s) yang diperlukan

Untuk menghitung luas tulangan (A_s) digunakan rumus:

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

Dimana :

A_s = Luas tulangan (mm^2)

ρ = Rasio penulangan

d_{eff} = Tinggi efektif (mm)

8. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan suhu dan susut dengan menggunakan tabel.

Untuk tulangan suhu dan susut dihitung berdasarkan peraturan SNI 03-2847-2013 pasal 7.12 butir ke-2 hal. 57 yaitu :

➤ Tulangan susut dan suhu harus 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 280 atau 350 Mpa (**$A_s = 0,0020 bh$**)

b. Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 420 Mpa
(**$A_s = 0,0018 bh$**)

c. Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 Mpa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35% (**$A_s = 0,0018 \times 420 / f_y$**)

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

2.3.2 Tangga

Tangga adalah suatu konstruksi yang menghubungkan antara tempat satu dengan tempat yang lain dengan elevasi yang berbeda. Tangga secara umum terdiri dari anak tangga dan pelat tangga.

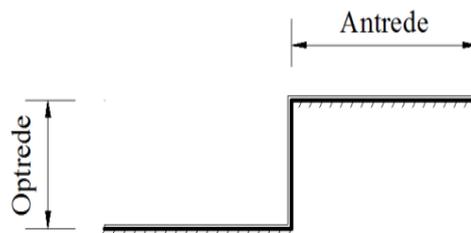
Anak tangga terdiri dari 2 bagian :

1. Antrede

Yaitu bagian anak tangga pada bidang horizontal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.

2. Optrede

Yaitu bagian dari anak tangga pada bidang vertikal yang merupakan selisih antara dua anak tangga yang berurutan.



Gambar 2.4 anak tangga (menjelaskan posisi optrede dan antrede)

Ketentuan-ketentuan konstruksi tangga, antara lain :

a. Untuk umum (rumah tinggal, sekolah, kantor, bioskop, pasar dll) :

- Antrede = 25 cm minimum
- Optrede = 17 s/d 20 cm maksimum

b. Syarat 1 (satu) anak tangga

2 optrede + 1 antrede = 58 s/d 75 cm (1 langkah)

c. Lebar tangga :

- Tempat tinggal = 80 s/d 100 cm
- Tempat umum \geq 120 cm

d. Syarat-syarat tangga :

- Tangga harus mudah dilewati atau dinaiki
- Tangga harus kuat dan kaku
- Ukuran tangga harus sesuai (serasi) dengan sifat atau fungsinya
- Material yang digunakan tahan dan bebas bahaya kebakaran
- Letak tangga harus cukup strategis

Prosedur perhitungan perencanaan tangga, yaitu :

a. Menentukan ukuran atau dimensi

1. Menentukan ukuran optrede dan antrede
2. Menentukan jumlah optrede dan antrede
3. Menghitung panjang tangga

Panjang tangga = jumlah optrede + lebar antrede

4. Menghitung Sudut kemiringan tangga

Sudut kemiringan = $\text{arc tan} \left(\frac{\text{tinggi tangga}}{\text{panjang tangga}} \right)$

5. Menentukan tebal pelat

Perhitungan tebal pelat untuk tangga sma seperti perhitungan pelat satu arah

b. Menghitung beban-beban pada tangga

1. Beban mati (WD)

- Berat sendiri bordes
- Berat pelat

2. Beban hidup (WL) pada tangga 300 Kg/m²
(SNI 03-1727-1989-F)

c. Menghitung gaya-gaya bekerja dengan menggunakan metode cross

d. Menghitung tulangan tangga dan bordes

1. Menentukan tinggi efektif (*d_{eff}*)

$d = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan pokok}$

2. Menentukan rasio penulangan (ρ)

Syarat : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

Jika $\rho_{\min} > \rho$ maka pakai ρ_{\min}

Jika $\rho_{\max} < \rho$ maka pakai ρ_{\max}

$$\rho = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{1 - 4 \left(\frac{f_y}{1,7 \cdot f'_c} \right) \left(\frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot d^2 \cdot f'_y} \right)} \right) \left(\frac{1,7 \cdot f'_c}{f_y} \right)$$

3. Menghitung As yang diperlukan

$$As = \rho \cdot b \cdot deff$$

Dimana :

As = Luas tulangan (mm²)

ρ = Rasio penulangan

deff = Tinggi efektif (mm)

Untuk tulangan suhu dan susut dihitung berdasarkan peraturan SNI 03-2847-2013 pasal 7.12 butir ke-2 hal. 57 yaitu :

1. Tulangan susut dan suhu harus 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 280 atau 350 Mpa
(As = 0,0020 bh)
 - b. Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos / ulir) mutu 420 Mpa
(As = 0,0018 bh)
 - c. Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 Mpa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35%
(As = 0,0018 x 420 / fy)
2. Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari lima kali tebal pelat, atau 450 mm.
4. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang
5. Untuk balok bordes : menghitung tulangan torsi dan geser

2.3.3 Portal

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

Langkah-langkah perencanaan portal akibat beban mati dan beban hidup :

1. Portal akibat beban mati

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang.

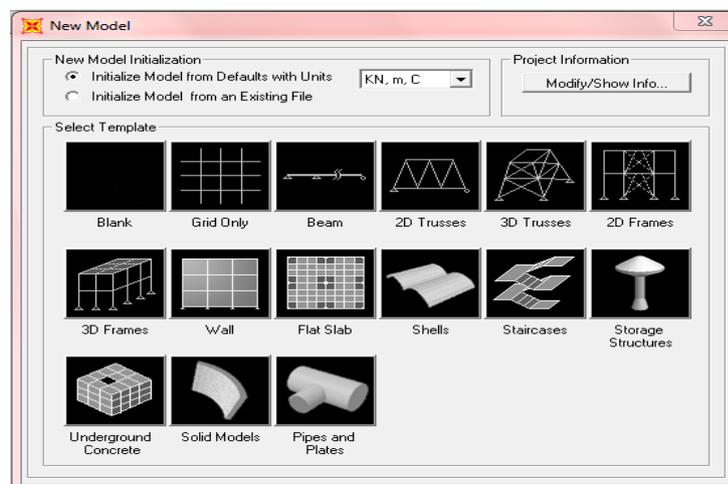
Pembebanan pada portal, yaitu:

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

Langkah- langkah menghitung portal dengan menggunakan Program SAP 2000 :

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.

Quick Grid Lines

Cartesian | Cylindrical

Coordinate System Name: GLOBAL

Number of Grid Lines:

- X direction: 24
- Y direction: 1
- Z direction: 4

Grid Spacing:

- X direction: 1
- Y direction: 1
- Z direction: 1

First Grid Line Location:

- X direction: 3
- Y direction: 0
- Z direction: 0

OK Cancel

Gambar 2.6 Quick Grid Lines

Define Grid System Data

Edit Format

System Name: GLOBAL Units: KN, m, C

Grid Lines: Quick Start...

X Grid Data:

Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	A	0.	Primary	Show	End
2	B	3.	Primary	Show	End
3	C	6.	Primary	Show	End
4	D	9.	Primary	Show	End
5	E	12.	Primary	Show	End
6	F	15.	Primary	Show	End
7	G	18.	Primary	Show	End
8	H	21.	Primary	Show	End

Y Grid Data:

Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	1	0.	Primary	Show	Start
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

Z Grid Data:

Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	1	0.	Primary	Show	End
2	2	4.	Primary	Show	Start
3	3	8.	Primary	Show	Start
4	4	12.	Primary	Show	Start
5					
6					
7					
8					

Display Grids as: Ordinates Spacing

Hide All Grid Lines

Glue to Grid Lines

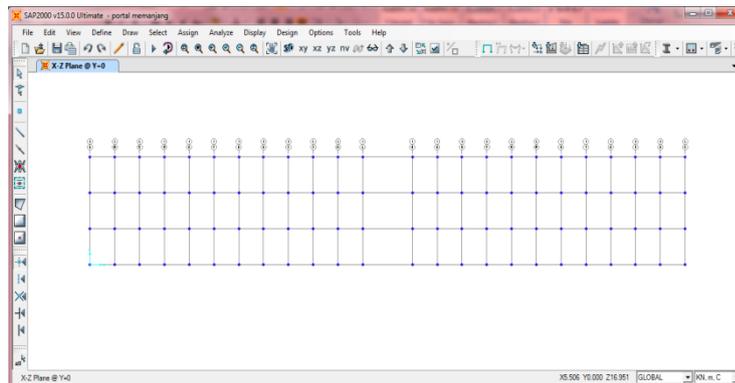
Bubble Size: 0.625

Reset to Default Color

Reorder Ordinates

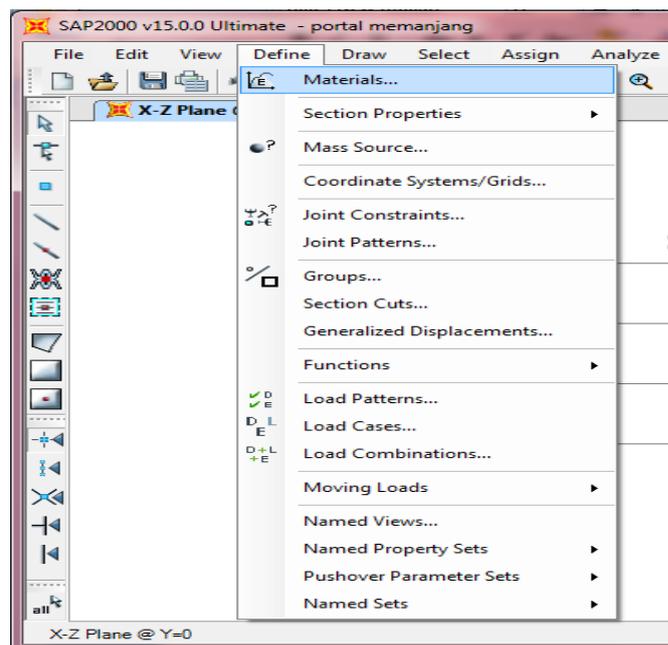
OK Cancel

Gambar 2.7 Define Grid System Data

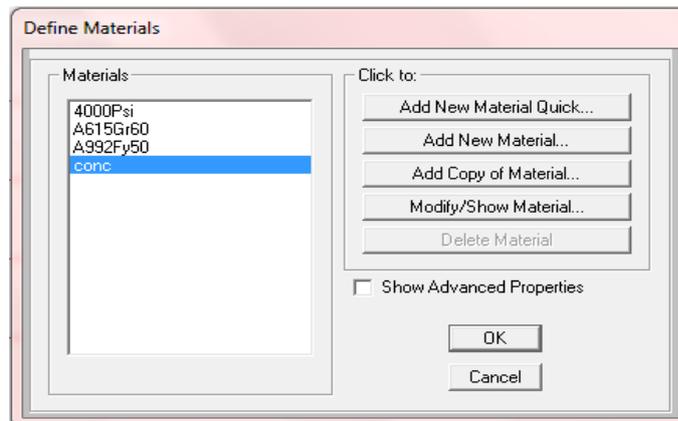


Gambar 2.8 Tampilan Model Portal

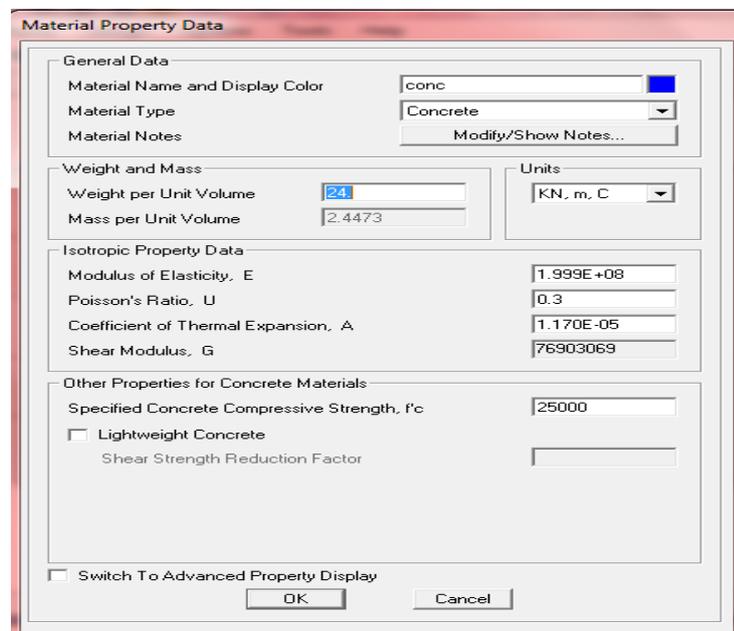
- 2) Input data material yang digunakan (concrete) dan masukan mutu beton (f_c') dan mutu baja (f_y) yang digunakan dengan mengklik **Define - material – Add New Material – pilih Concrete –** masukkan data sesuai dengan perencanaan.



Gambar 2.9 Input Material



Gambar 2.10 Define Material (add nama data material)

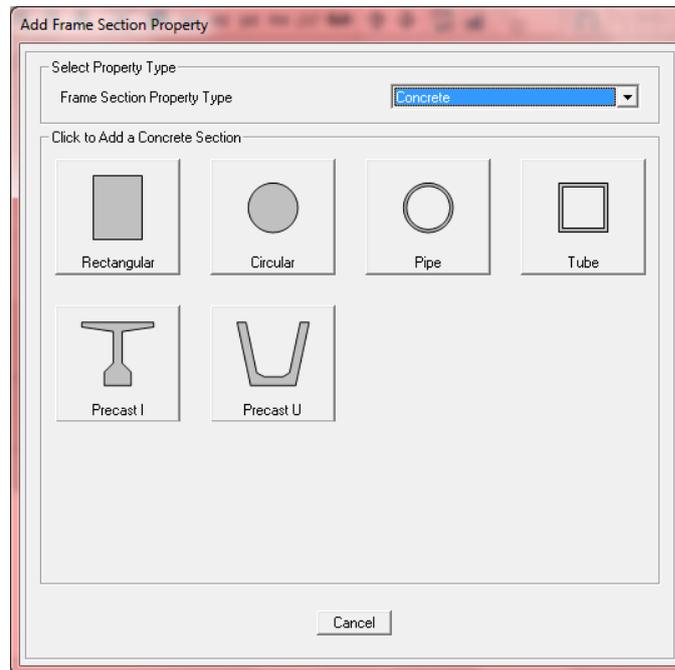


Gambar 2.11 Material Property Data

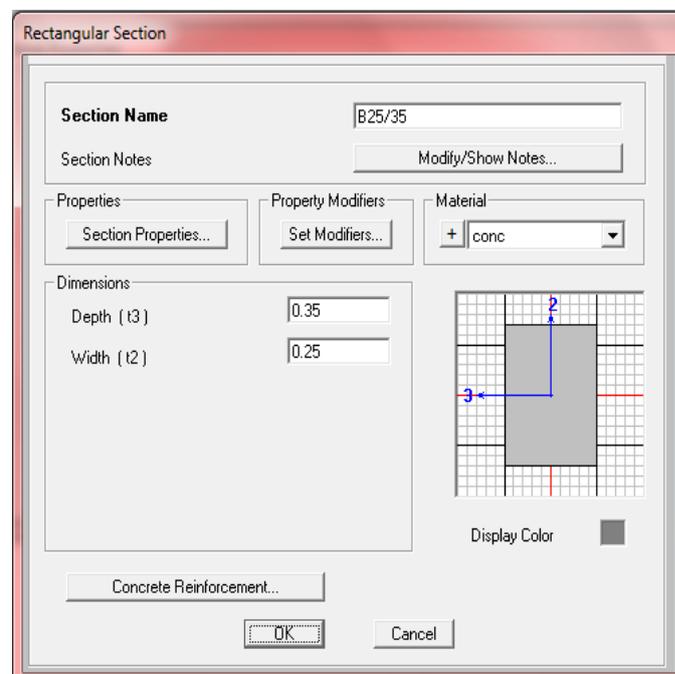
3) Input data dimensi struktur

- a) Kolom = (25 x 25) cm
- b) Balok = (25 x 45) cm

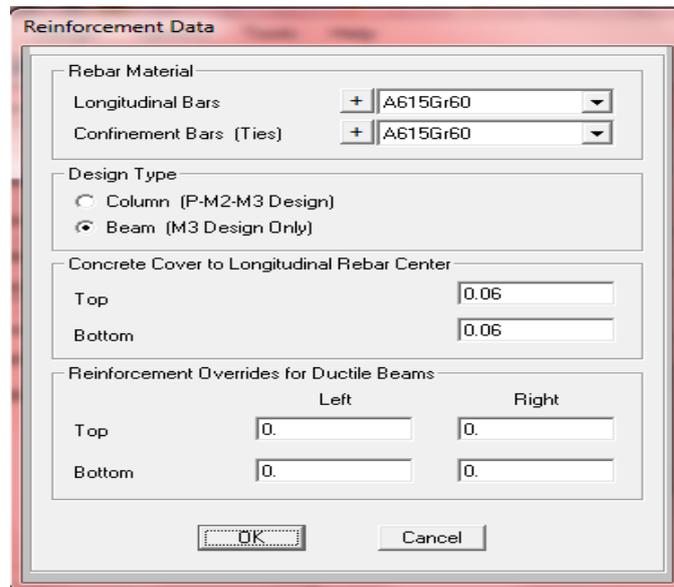
Masukkan data-dara dengan mengklik **Define - Section Properties - Frame Section – Add New Property – Section Name (balok)** setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



Gambar 2.12 Add Frame Section Propertis
(bentuk kolom dan balok yang digunakan)



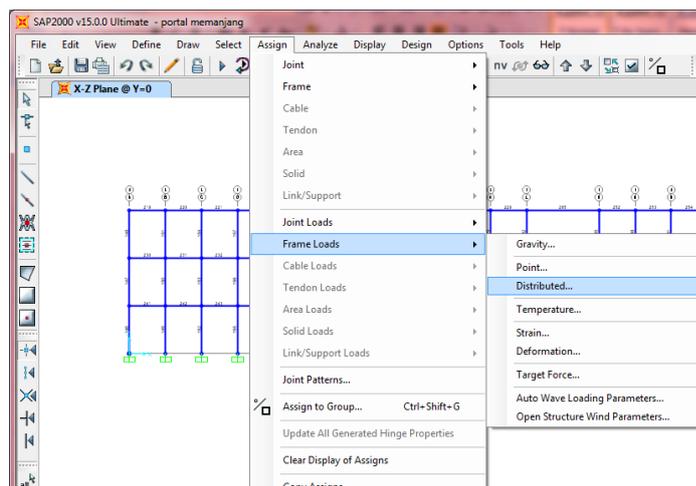
Gambar 2.13 Input Data dimensi struktur



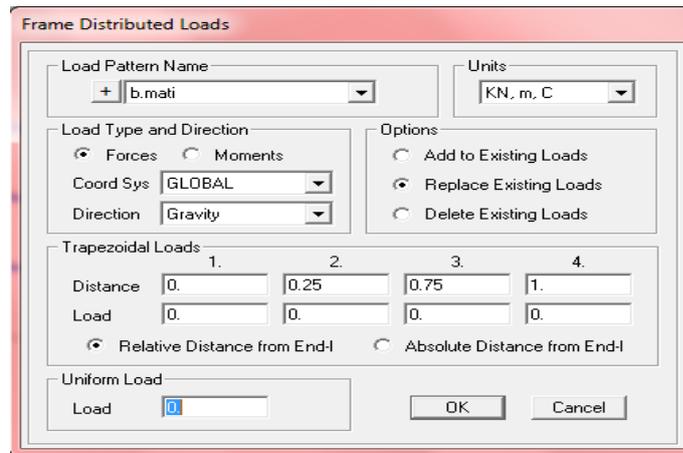
Gambar 2.14 Reinforcement Data

4) 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.



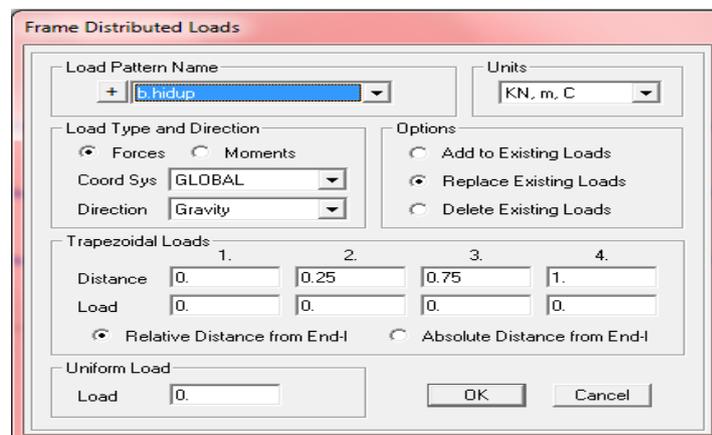
Gambar 2.15 Joint Restraints



Gambar 2.16 Frame Distributed Loads
(beban akibat beban mati)

5) Input data akibat beban hidup (Live)

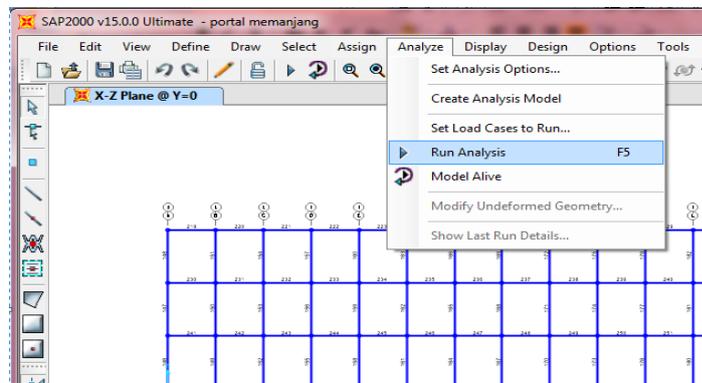
Untuk menginput data akibat beban mati klik batang portal pada model – pilih **Assign pada toolbar - Frame Load - Distributed**, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



Gambar 2.17 Frame Distributed Loads
(beban akibat beban hidup)

6) 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

2. Portal akibat beban hidup

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

Pembebanan pada portal akibat beban hidup:

- a. Beban hidup untuk pelat lantai diambil sebesar 250 kg/m^2
- b. Beban hidup pada atap diambil sebesar 100 kg/m^2 .

(SNI 03-1727-1989-F)

➤ Kombinasi pembebanan (SNI 2847-2013 pasal 9.2 butir ke-1, hal.65)

Menentukan kombinasi akibat beban mati dan beban hidup

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

Menentukan kombinasi akibat beban mati dan beban gempa

$$U = 0,9 D + 1,0 E$$

Menentukan kombinasi akibat beban mati, beban hidup dan gempa

$$U = 1,2 D + 1,0 L + 1,0 E$$

Dimana :

U = Kekuatan perlu (beban ultimate)

D = Beban Mati

L = Beban Hidup

E = Beban Gempa

2.3.4 Perencanaan Akibat Gempa

Dalam keadaan statis, sebuah bangunan hanya memikul beban gravitasi yaitu beratnya sendiri dan beban hidup (kalau ada). Bila tanah bergetar, bangunan ini mengalami pengaruh getaran itu yang diteruskan ke pondasinya. 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 berdiri walaupun sudah berada dalam kondisi diambang keruntuhan. Gempa rencana ditetapkan mempunyai periode ulang 500 tahun, agar probabilitas terjadi terbatas 10% selama seumur 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 SNI-1726-2002 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung.

Apabila kategorigedung memiliki faktor keutamaan I menurut tabel 2.4 dan strukturnya untuk satu arah sumbu utama denah struktur dan sekaligus arah pembebanan gempa rencana memiliki faktor reduksi gempa R dan waktu getar alami fundamental $T1$, maka beban geser dasar nominal statis ekuivalen V yang terjadi di tingkat dasar dapat dihitung menurut persamaan :

$$V = \frac{C1 I}{R} Wt$$

dimana $C1$ adalah nilai faktor respons gempa yang didapat dari Spektrum respon gempa menurut gambar 2.18 , $T1$ adalah waktu getar alami fundamental, sedangkan Wt adalah berat total gedung, termasuk beban hidup.

(SNI-1726-2002 pasal 6.1.2 hal.27)

Beban geser nominal V diatas harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban-beban gempa nominal statik ekivalen F_i yang menangkap pada pusat massa lantai tingkat ke- i menurut persamaan :

$$F_i = \frac{W_i Z_i}{\sum_{i=1}^n W_i Z_i} V$$

dimana W_i adalah berat lantai tingkat ke- i , termasuk beban hidup yang sesuai, Z_i adalah ketinggian tingkat lantai ke- i , diukur dari taraf penjepit lateral, sedangkan n adalah nomor lantai tingkat paling atas.

(SNI-1726-2002 pasal 6.1.2 hal.27)

Waktu getar alami fundamental struktur gedung beraturan dalam masing-masing sumbu utama dapat ditentukan dengan rumus Reyleigh sebagai berikut :

$$T_1 = 6,3 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n W_i d_i^2}{g \sum_{i=1}^n F_i d_i}}$$

Dimana W_i dan F_i mempunyai arti yang sama seperti yang disebut di atas, adalah simpangan horozontal lantai tingkat ke- 0_i dinyatakan dalam mm dan 'g' adalah percepatan gravitasi yang ditetapkan sebesar 9810 mm/det².

Untuk menentukan beban gempa nominal statik ekuivalen, waktu getar alami fundamental yang dihitung dengan rumus Reyleigh ditetapkan sebagai standar. Waktu getar alami bole saja ditentukan dengan cara lain, asal hasilnya tidak menyimpang (keatas atau kebawah) lebih dari 20% dari nilai yang dihitung dengan rumus Reyleigh.

(SNI 03-1726-2002 pasal 6.2.1 hah. 27 dan hal. 51

Untuk berbagai kategori gedung, bergantung pada probabilitas terjadinya keruntuhan struktur gedung selama umur gedung dan umur gedung tersebut yang diharapkan, pengaruh Gempa Rencana terhadapnya harus dikalikan dengan Faktor Keutamaan I menurut persamaan :

$$I = I_1 I_2$$

Dimana :

I_1 adalah Faktor Keutamaan untuk menyesuaikan periode ulang gempa berkaitan dengan penyesuaian probabilitas terjadinya gempa itu selama umur gedung.

I_2 adalah Faktor Keutamaan untuk menyesuaikan perioda ulang gempa berkaitan dengan penyesuaian umur gedung tersebut.

Faktor-faktor Keutamaan I_1 dan I_2 ditetapkan menurut tabel 2.7

Tabel 2.6 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 03-1726-2002 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 tingkatannya n menurut persamaan :

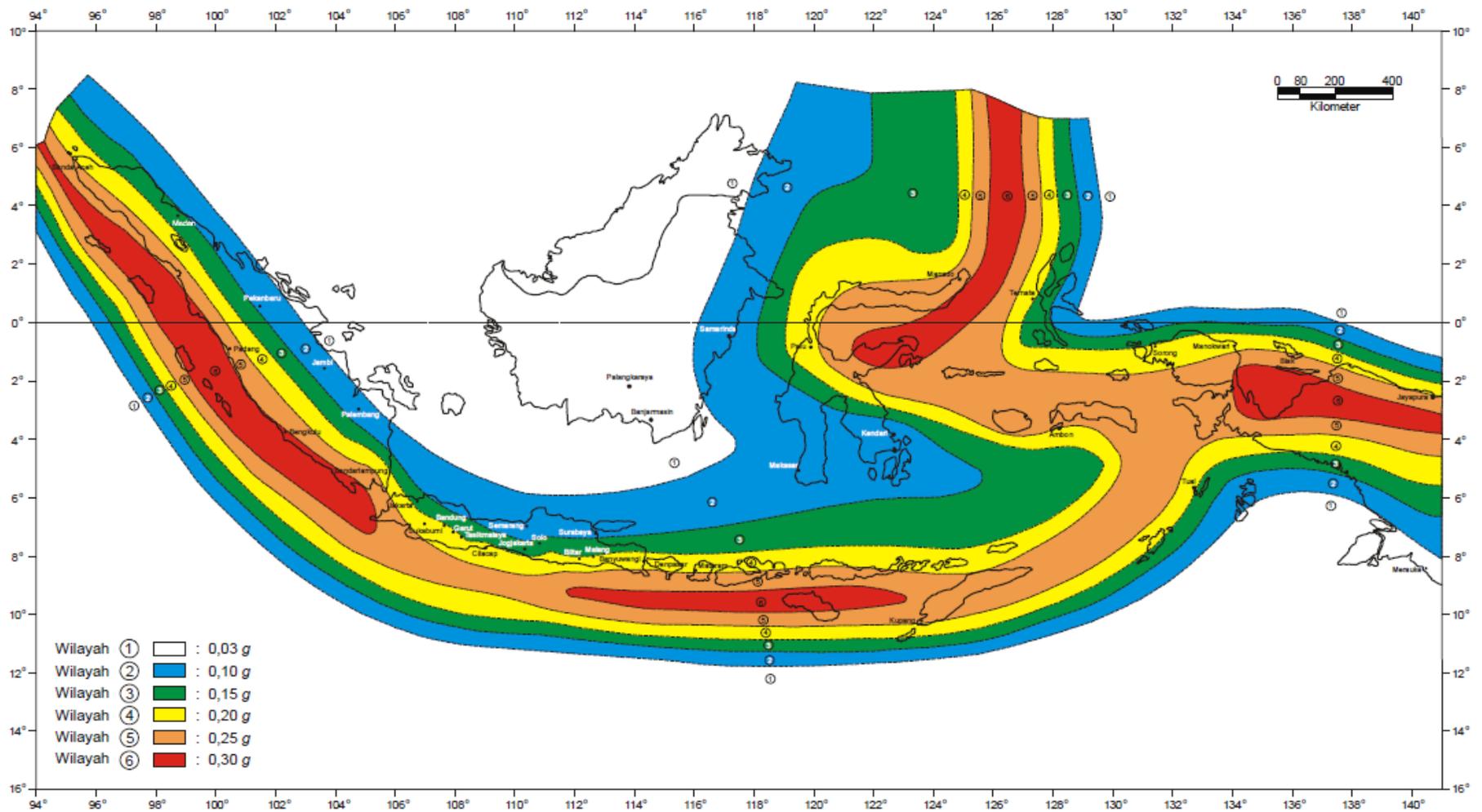
$$T_1 < \zeta n$$

Dimana koefisien ζ ditetapkan menurut Tabel 2.7

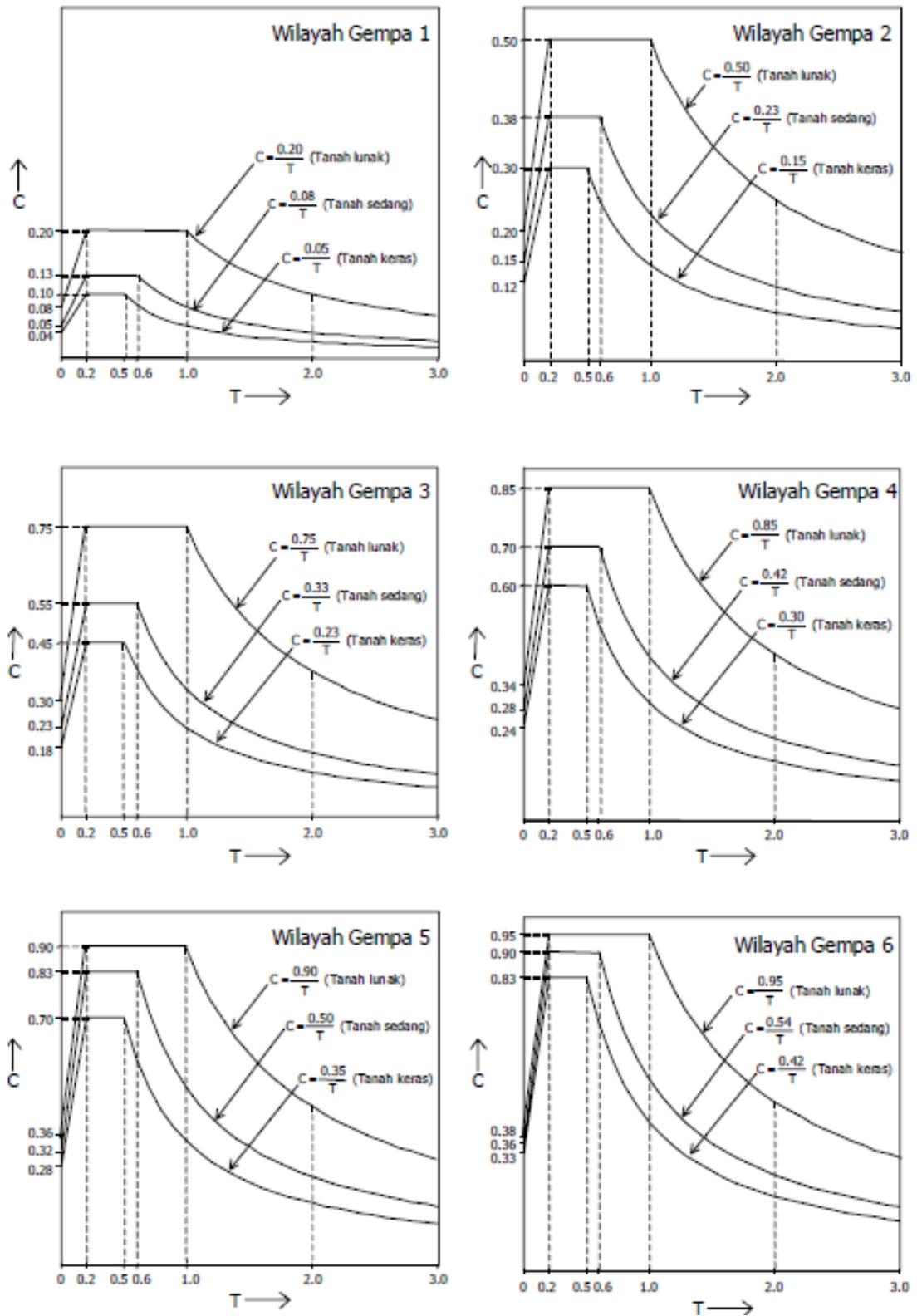
Tabel 2.7 Koefisien ζ yang membatasi Waktu Geser Alami
Fundamental Struktur Gedung

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

(SNI 03-1726-2002 pasal 5.6 hal. 26)



Gambar 2.19 Wilayah Gempa di Indonesia Dengan Percepatan Puncak Batuan Dasar Dengan Periode 500 Tahun



Gambar 2.20 Respons Spektrum Gempa Rencana

2.3.5 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.

Langka-langkah perencanaan balok :

1. Menentukan dimensi Balok
2. Menentukan mutu beton yang akan digunakan
4. Menghitung beban momen lentur maksimum dengan cara
 - a. Menentukan momen maksimum
 - b. Menentukan $d_{eff} = h - p - \emptyset$ sengkang $- \frac{1}{2} \emptyset$ tul.utama
 - c. Bila momen yang terjadi pada balok yang ditinjau ditumpuan akibat momen negatif, maka penulangan berdasarkan balok biasa (segi empat) dan bila momen positif maka penulangan balok berdasarkan balok T dan L
 - d. Menentukan ρ_{syarat} untuk menentukan R_n

Tulangan tumpuan negatif

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

$$\frac{\rho'}{\rho} = 0,5 \text{ (syarat tumpuan)}$$

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

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4 f_y}$$

⇒ Diambil nilai terbesar

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

Tulangan tumpuan positif

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

$$\frac{\rho'}{\rho} = 1 \text{ (syarat tumpuan)}$$

$$Rn = \frac{Mu}{b \cdot d^2}$$

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4 f_y}$$

⇒ Diambil nilai terbesar

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

e. Menghitung tulangan yang dibutuhkan

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d < As_{\text{ada}}$$

$$As = 0,5 As$$

f. Perencanaan gaya geser dan tulangan geser

- Gaya geser rencana balok dihitung menggunakan persamaan :

$$Vu \cdot b = 0,7 \frac{M_{kap} \cdot b + M_{kab} \cdot \rho'}{ln} + 1,05 Vg$$

Tetapi geser maks balok tidak perlu lebih dari :

$$Vu \cdot b = 1,05 \left(VD \cdot b + Vl \cdot b + \frac{4,0}{K} \cdot VE \cdot b \right)$$

Dimana :

$Vu \cdot b$ = gaya geser rencana balok

M_{kap}, b = momen kapasitas ujung komponen dengan memperhitungkan kombinasi momen positif dan negatif

M_{kab}, b' = momen kapasitas balok di sendi plastis pada bidang muka kolom yang sebelahnya

ln = bentang bersih balok

Vd = gaya geser balok akibat beban mati

Vl = gaya geser balok akibat beban hidup

$VE \cdot b$ = gaya geser balok akibat beban gempa

Vg = gaya geser balok akibat gravitasi

k = 1

$$\frac{VU}{\phi} \leq VS + VC$$

Untuk kuat geser beton pada daerah sendi plastis

$$VC = 0$$

$$VS = \frac{Vu \cdot b}{\phi}$$

$$\text{Maka : } S = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs}$$

2.3.6 Perencanaan Kolom

Kolom adalah suatu elemen konstruksi yang diberi beban tekan sentris atau beban tekan eksentris. Kolom harus direncanakan untuk memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum yang berasal dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau.

Perencanaan struktur kolom pada laporan akhir ini adalah kolom berbentuk segiempat. Beban yang bekerja merupakan beban sentries dan beban eksentris. Langkah-langkah dalam perencanaan kolom antara lain :

1. Menentukan momen design rencana untuk kolom.

Mu kx atas arah memanjang

$$M_u, k_{lti} = \frac{h}{hn} \cdot 0,7 \cdot \omega d \cdot \phi \cdot \alpha ka \left[\frac{l}{ln} \left(\sum M_{nak, bx} + 0,3 \sum M_{nak, by} \right) \right]$$

Mu kx bawah arah memanjang

$$M_u, k_{lti} = \frac{h}{hn} \cdot 0,7 \cdot \omega d \cdot \phi \cdot \alpha ka \left[\frac{l}{ln} \left(\sum M_{nak, bx} + 0,3 \sum M_{nak, by} \right) \right]$$

Mu kx atas arah melintang

$$M_u, k_{lti} = \frac{h}{hn} \cdot 0,7 \cdot \omega d \cdot \phi \cdot \alpha ka \left[\frac{l}{ln} \left(0,3 \cdot \sum M_{nak, bx} + \sum M_{nak, by} \right) \right]$$

Mu kx bawah arah melintang

$$M_u, k_{lti} = \frac{h}{hn} \cdot 0,7 \cdot \omega d \cdot \phi \cdot \alpha ka \left[\frac{l}{ln} \left(0,3 \cdot \sum M_{nak, bx} + \sum M_{nak, by} \right) \right]$$

(Gideon kusuma “Desain Struktur Rangka Beton Bertulang di Daerah Rawan Gempa”, hal 82)

2. Menentukan momen desain 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 Bertulang di Daerah rawan Gempa”, hal 83)

3. Menentukan gaya aksial rencana untuk kolom

Nu, kx atas

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

Nu, kx atas

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

Nu, ky atas

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

Nu, ky atas

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

(Gideon Kusuma “Desain Struktur Rangka Beton Bertulang di Daerah rawan Gempa”, hal 84)

4. Menentukan gaya aksial maksimum untuk kolom

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

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

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

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

(Gideon Kusuma “Desain Struktur Rangka Beton Bertulang di Daerah rawan Gempa”, hal 85)

5. Menentukan penulangan kolom

a) Hitung $\mu : P_u$

b) Hitung luas tulangan yang diperlukan

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{b \cdot d_{eff}} \rightarrow A_s = A_s' = \rho \cdot b \cdot d_{eff}$$

c) Periksa P_u terhadap kondisi seimbang, jika :

– $\emptyset P_{nb} < P_u$, kolom akan mengalami hancur dengan diawali beton di daerah tekan

– $\emptyset P_{nb} > P_u$, 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 Bertulang di Daerah Rawan Gempa”, hal 90)

2.3.7 Perencanaan Sloof

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

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

Adapun perhitungan dalam perencanaan sloof adalah sebagai berikut, yaitu :

1. Penentuan dimensi sloof
2. Perhitungan momen
3. Perhitungan penulangan
 - a. Menghitung nilai k

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

M_u = 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)

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 f_y}$$

\Rightarrow Diambil nilai terbesar

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{min} = \rho_{ada} < \rho_{maks}$$

- b. Menghitung nilai A_s

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

Dimana :

A_s = Luas tulangan (mm^2)

ρ = rasio penulangan

d_{eff} = 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.
- f. Cek apakah tulangan geser diperlukan
 $V_u < V_c$, tidak perlu tulangan geser
 $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$, digunakan tulangan praktis

2.3.8 Perencanaan Pondasi

Dalam perencanaan pondasi untuk suatu konstruksi dapat digunakan beberapa macam *type* pondasi. Pemilihan *type* pondasi ini didasarkan atas :

1. Fungsi bangunan atas (*upper structure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut.
2. Besarnya beban dan beratnya bangunan atas.
3. Keadaan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan
4. Biaya pondasi dibandingkan dengan bangunan atas.

Dari beberapa macam *type* pondasi yang dapat dipergunakan salah satu diantaranya adalah pondasi tiang pancang. Pemakaian tiang pancang untuk suatu pondasi bangunan apabila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya atau apabila

tanah keras yang mana mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya letaknya sangat dalam.

Pondasi tiang pancang ini berfungsi untuk memindahkan atau mentransferkan beban-beban dari konstruksi di atasnya (*super structure*) kelapisan tanah yang lebih dalam. Pada umumnya tiang pancang dipancangkan tegak lurus kedalam tanah, tetapi apabila diperlukan untuk dapat menahan gaya horizontal maka tiang pancang akan dipancangkan miring (*batter pile*).

Langkah-langkah peencanaan

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

– Berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang :

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

– Berdasarkan kekauatan tanah :

$$Q_{ijin} = \frac{NK \times Ab}{Fb} + \frac{JHP \times O}{Fs}$$

Dimana :

NK = nilai konus

JHP = jumlah hambatan pekat

Ab = luas tiang

Fb = faktor keamanan daya dukung ujung, = 3

Fs = faktor keamanan daya dukung gesek, = 5

2. Menentukan jumlah tiang pancang

$$N = \frac{P_{total}}{Q}$$

3. Menentukan jarak antar tiang

Apabila setelah dilakukan perhitungan jumlah tiang pancang langkah-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 satu buah tiang. Nilai efisiensi tiang pancang (E_g) dapat ditentukan dengan rumus berikut ini :

$$E_g = 1 - \frac{\theta}{90} \left\{ \frac{(m-1) + (n-1)m}{mn} \right\} \rightarrow \text{arc. tan } \frac{d}{s}$$

Dimana :

d = ukuran pile (tiang)

S = jarak antar tiang

5. Menentukan Kemampuan Tiang Pancang Terhadap sumbu X dan Y

$$P = \frac{\Sigma V}{n} \pm \frac{MY \cdot X \max}{ny \cdot \Sigma x^2} \pm \frac{MX \cdot Y \max}{nx \cdot \Sigma Y^2}$$

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 = Banyak tiang pancang dalam kelompok tiang (pilegroup)

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

Y_{max} = Ordinat terjatuh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang pancang

N_y = Banyak tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu Y

N_x = Banyak tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu X

ΣX^2 = Jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang

ΣY^2 = Jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang

Kontrol kemampuan tiang pancang :

$$P_{ijin} = \frac{P}{n}$$

$$P_{ijin} < P$$

6. Penulangan Tiang Pancang

Penulangan tiang pancang dihitung berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkutan.

A. Tulangan Pokok Tiang Pancang

$$K = \frac{M_{max}}{\phi b d^2}$$

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

Dimana :

b = ukuran tiang

d = tinggi efektif

Menentukan jumlah tulangan

Selain dengan menggunakan tabel dibuku beton bertulang

Istimawan Dipohusodo dapat dihitung dengan :

$$n = \frac{As}{1/4\pi D^2}$$

Dimana :

As = luas tulangan

D = diameter tulangan

B. Tulangan Geser Tiang Pancang

Vu rencana didapat dari pola pengangkutan sebagai berikut :

$$\emptyset Vc = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} bw. d$$

$Vu < \emptyset. Vc \rightarrow$ Diperlukan Tulangan Geser

$$Av = \frac{\pi d^2}{2}$$

$$S = \frac{3. Av. fy}{b}$$

$$S = \frac{\emptyset. Av. fy. d}{Vu - \emptyset Vc}$$

Syarat sengkang

$$S_{maks} = \frac{1}{2} \cdot d \text{ efektif}$$

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 :

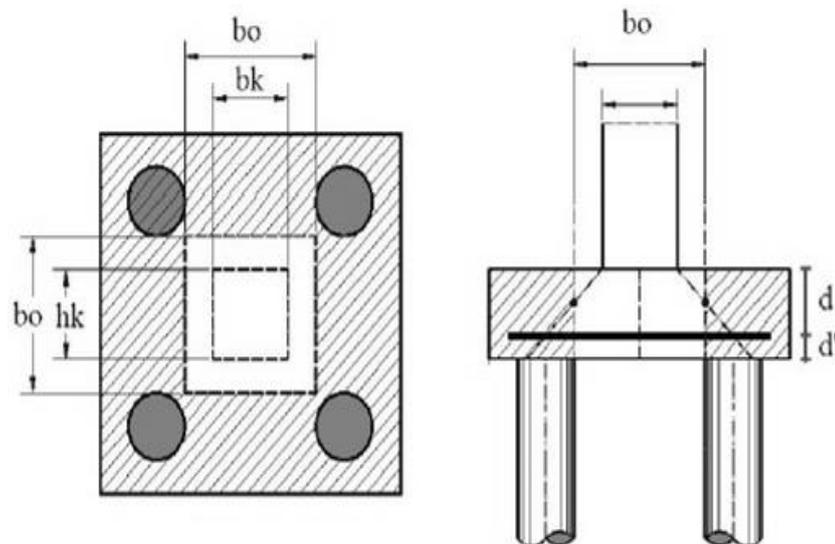
L_w = panjang pile cap (mm)

D = diameter tiang pancang (mm)

k = variabel jarak pile cap

C. Kontrol kekuatan geser

- Kontrol kekuatan geser secara kelompok



Gambar 2.21 *Pile Cap* Dan Pondasi Tiang Pancang

Untuk aksi dua arah :

- Gaya geser terfaktor

$$V_u = n \cdot P_u$$

Dimana :

n = jumlah tiang pancang dalam *pile cap* diluar kolom

- Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) b_o d \sqrt{f'_c}$$

$$\beta = \frac{L}{B} = 1$$

$$\phi V_c = \frac{1}{3} b_o d \sqrt{f'_c}$$

$$b_o = 2(a_1 + d) + 2(a_2 + d)$$

Dimana :

a_1 = ukuran kolom terkecil

a_2 = ukuran kolom terbesar

Diambil ϕV_c yang terkecil

$$V_u < \phi V_c$$

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

Untuk aksi satu arah

- Gaya geser terfaktor

$$V_u = m \cdot P_u$$

Dimana :

m = jumlah tiang pancang dalam satu baris yang ditinjau dari sumbu x dan sumbu y

- Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \frac{1}{6} b_w d \sqrt{f'_c}$$

$$b_w = B$$

$$b_w = L$$

$$V_u < \phi V_c$$

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

- Kontrol kekuatan geser secara individual

- Keliling

$$b_o = \pi(\phi pile + d)$$

- Gaya geser terfaktor

$$V_u = 1. P_u$$

- Gaya geser nominal

$$V_c = \phi \frac{1}{3} b_o d \sqrt{f'_c}$$

- Perhitungan momen lentur akibat beban terfaktor

$$P_u = X_1 \cdot P_u \left(S - \frac{a}{2} \right)$$

Dimana :

X_1 = jarak tiang pancang diluar sisi kolom

S = jarak antar tiang

a = ukuran *pile cap* ($a_1 = a_2 = a$ apabila simetris)

- Perhitungan luas tulangan

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

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

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

$$n = \frac{As}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2}$$

– Perhitungan tulangan pasak

Kekuatan tekanan rencana kolom:

$$\phi P_n = \phi \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot A_g$$

Beban terfaktor pada kolom : $n \cdot P_u$

$$\phi P_n > P_u$$

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

$$As_{min} = 0,005 \cdot A_g \text{ (luas kolom pondasi)}$$

$$n = \frac{As}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2}$$

– Kontrol panjang penyaluran pasak

Tulangan pasak yang didapatkan harus disalurkan diatas dan dibawah pertemuan dari kolom dan telapak. Panjang penyaluran (L_d) yang harus disyaratkan untuk memikul gaya :

$$L_{db} = \frac{0,25 \cdot f_y \cdot d_b}{\sqrt{f'_c}}$$

Panjang penjangkaran di bawah pertemuan kolom dengan pondasi L_1 yang tersedia adalah :

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

$$L_1 > L_d \rightarrow \text{OK}$$

2.4 Pengelolahan Proyek

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

Fungsi dasar manajemen dikelompokkan menjadi 3 kelompok kegiatan, yaitu:

1. Kegiatan Perencanaan

a. Penetapan Tujuan (*goal setting*)

Yaitu merupakan tahap awal yang harus dilakukan terlebih dahulu dengan menentukan tujuan utama yang ditetapkan harus spesifik, realistis, terukur, dan mempunyai durasi pencapaian.

b. Perencanaan (*planning*)

Perencanaan ini dibuat sebagai upaya peramalan masa yang akan datang dan perumusan kegiatan-kegiatan yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan yang ditetapkan berdasarkan peramalan tersebut. Bentuk perencanaan dapat berupa perencanaan prosedur, perencanaan metoda kerja, perencanaan standar pengukuran hasil, perencanaan anggaran biaya, perencanaan program (rencana kegiatan beserta jadwal)

2. Pengorganisasian (*organizing*)

Kegiatan ini bertujuan melakukan pengaturan dan pengelompokkan kegiatan proyek konstruksi agar kinerja yang dihasilkan sesuai dengan harapan.

3. Kegiatan Pelaksanaan

a. Pengisian Staf (*staffing*)

Tahap ini adalah perencanaan personel yang akan ditunjuk sebagai pengelola pelaksanaan proyek. Kesuksesan proyek juga ditentukan oleh kecermatan dan ketepatan dalam memposisikan seseorang sesuai keahliannya.

b. Pengarahan (*directing*)

Merupakan tahapan lanjutan dari pengisian staf, yaitu setelah dilakukan pengarahan berupa penjelasan tentang lingkup pekerjaan dan paparan waktu untuk memulai dan menyelesaikan pekerjaan tersebut.

c. Kegiatan Pengendalian

a. Pengawasan (*supervising*)

Merupakan interaksi antar individu-individu yang terlibat dalam organisasi proyek. Proses ini harus dilakukan secara kontinu dari waktu ke waktu guna mendapatkan keyakinan bahwa pelaksanaan kegiatan berjalan sesuai prosedur yang ditetapkan untuk mencapai hasil yang diinginkan.

b. Pengendalian (*controlling*)

Merupakan proses penetapan atas apa yang telah dicapai, evaluasi kerja dan langkah perbaikan bila diperlukan.

c. Koordinasi (*coordinating*)

Yaitu pemantauan prestasi kegiatan dari pengendalian akan digunakan sebagai bahan untuk melakukan langkah perbaikan, baik proyek dalam keadaan terlambat maupun lebih cepat. (Wulfram I. Ervianto, Hal. 1-5)

1.

2.

2.4

2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat

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

2.4.2 RAB

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

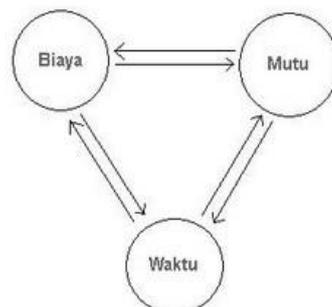
Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

2.4.3 Rencana Pelaksanaan

a. NWP (Network Planning)

Dalam menyelesaikan pekerjaan konstruksi dibutuhkan suatu perencanaan waktu yang akan diperlukan untuk menyelesaikan tiap bagian pekerjaan yang akan dilaksanakan. NWP adalah suatu alat pengendalian pekerjaan di lapangan yang ditandai dengan symbol tertentu berupa urutan kegiatan dalam suatu proyek yang berfungsi untuk memperlancar pekerjaan.

Proyek konstruksi membutuhkan perencanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek. Tujuannya adalah menyelaraskan antara biaya proyek yang optimal mutu pekerjaan yang baik / berkualitas, dan waktu pelaksanaan yang tepat. Karena ketiganya adalah 3 elemen yang saling mempengaruhi.



Gambar 2.22 diagram NWP

Ilustrasi dari 3 circles diagram di atas adalah jika biaya proyek berkurang (atau dikurangi) sementara waktu pelaksanaan direncanakan tetap, maka secara otomatis anggaran belanja material akan dikurangi dan mutu pekerjaan akan berkurang, dengan demikian secara umum proyek Rugi. Jika waktu pelaksanaan mundur/terlambat, sementara tidak ada rencana penambahan anggaran, maka mutu pekerjaan juga akan berkurang maka secara umum proyek Rugi. Jika mutu ingin dijaga, sementara waktu pelaksanaan mundur/terlambat, maka akan terjadi peningkatan anggaran belanja dengan begini secara umum proyek juga Rugi.

Proyek dapat dikategorikan mengalami untung jika waktu pelaksanaan lebih cepat selesai dari yang direncanakan dengan mutu pekerjaan tetap terjaga, secara otomatis akan ada keuntungan pada biaya anggaran belanja.

Inti dari 3 komponen proyek konstruksi tersebut adalah bagaimana menjadwalkan dan mengendalikan pelaksanaan proyek agar berjalan sesuai dengan schedule yang telah ditetapkan, selesai tepat pada waktunya, sehingga tidak terjadi pengurangan mutu pekerjaan atau penambahan anggaran belanja.

b. Barchart

Menguraikan tentang uraian setiap pekerjaan mulai dari tahap awal sampai berakhirnya pekerjaan. Bobot pekerjaan dan waktu pelaksanaan pekerjaan.

c. 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.