

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Perancangan konstruksi merupakan campuran antara seni dan ilmu pengetahuan yang digabungkan dengan intuisi ahli-ahli stuktur dengan dasar-dasar pengetahuan seperti statika, dinamika, mekanika bahan dan analisis struktur. Hal tersebut menghasilkan konstruksi bangunan yang ekonomis dan aman, bila rangkaian kegiatan yang berlangsung sesuai dengan sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan serta dengan hasil akhir yang maksimal.

Suatu konstruksi disebut stabil dan awet jika tidak mudah terguling, miring/ tergeser selama umur rencana bangunan. Selain itu, konstruksi yang awet tidak membutuhkan biaya perawatan yang berlebihan selama umur layanannya.

Prosedur perancangan konstruksi dilakukan sebagai berikut:

- a. Perancangan, penetapan fungsi dari struktur.
- b. Penetapan konfigurasi struktur awal sesuai langkah termasuk pemilihan jenis material yang akan digunakan.
- c. Penetapan beban kerja struktur .
- d. Pemilihan awal, bentuk dan ukuran elemen struktur berdasarkan langkah (a) , (b), dan (c).
- e. Analisis struktur untuk memperoleh gaya-gaya dalam dan perpindahan elemen.
- f. Evaluasi, apakah perancangan sudah optimum dan sesuai dengan yang diharapkan.
- g. Perancangan ulang langkah (a) hingga (f).
- h. Perancangan akhir apakah langkah (a) hingga (g) sudah memberikan hasil optimum.

## 2.2 Dasar- Dasar Perancangan Konstruksi

Dalam perancangan gedung Rektorat Politeknik Pariwisata Palembang Provinsi Sumatera Selatan penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku dan buku-buku referensi diantaranya:

- a. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung berdasarkan SNI 03-2847-2013 oleh Badan Standarisasi Nasional.
- b. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain berdasarkan SNI 03-1727-2013 oleh Badan Standarisasi Nasional.
- c. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung berdasarkan SNI 03-1727-1989 oleh Badan Standarisasi Nasional.
- d. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG) SKBI-1.3.53.1987 oleh Departemen Pekerjaan Umum.
- e. Baja Tulangan Beton berdasarkan SNI – 2052- 2014 oleh Badan Standarisasi Nasional.
- f. Perencanaan Struktur Beton Bertulang oleh Agus Setiawan.
- g. Struktur Beton Bertulang oleh Istimawan Dipohusodo.
- h. Balok dan Pelat Beton Bertulang oleh Ali Asroni.
- i. Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulangan berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Jilid 4 oleh W.C.Vis dan Gideon H.Kusuma, M.Eng.
- j. Ilmu Bangunan Gedung oleh Drs. IK. Supribadi.
- k. Dasar – dasar Perencanaan Beton Bertulang Jilid 1 oleh W. C. Vis dan Gideon H.Kusuma, M.Eng.
- l. Analisis dan Perancangan Fondasi II oleh Hary Christady Hardiyatmo.
- m. Pondasi Tiang Pancang oleh Ir. Sardjono HS.
- n. Analisis dan Desain Pondasi oleh Joseph E. Bowles.

Suatu struktur gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap pembebanannya untuk menghasilkan konstruksi yang aman. Adapun jenis pembebanan tersebut, antara lain :

a. Beban mati

Berdasarkan SNI 1727: 1989, beban mati ialah 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. Adapun berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung

Bahan Bangunan

Baja	7850 kg/cm <sup>3</sup>
Batu alam	2600 kg/cm <sup>3</sup>
Batu belah, batu bulat, batu gunung	1500 kg/cm <sup>3</sup>
Batu karang	700 kg/cm <sup>3</sup>
Batu pecah	1450 kg/cm <sup>3</sup>
Besi tuang	7250 kg/cm <sup>3</sup>
Beton	2200 kg/cm <sup>3</sup>
Beton bertulang	2400 kg/cm <sup>3</sup>
Kayu (Kelas 1)	1000 kg/cm <sup>3</sup>
Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1650 kg/cm <sup>3</sup>
Pasangan bata merah	1700 kg/cm <sup>3</sup>
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200 kg/cm <sup>3</sup>
Pasangan batu cetak	2200 kg/cm <sup>3</sup>
Pasangan batu karang	1450 kg/cm <sup>3</sup>
Pasir (kering udara sampai lembab)	1600 kg/cm <sup>3</sup>

Pasir (jenuh air)	1800 kg/cm <sup>3</sup>
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1850 kg/cm <sup>3</sup>
Tanah, lempung, dan lanau (kering udara sampai lembab)	1700 kg/cm <sup>3</sup>
Tanah, lempung, dan lanau (basah)	2000 kg/cm <sup>3</sup>
Timah hitam (timbel)	11400 kg/cm <sup>3</sup>

### Komponen Gedung

Adukan per cm tebal : - dari semen - dari kapur, semen merah atau tras	21 kg/m <sup>2</sup> 17 kg/m <sup>2</sup>
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14 kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan bata merah - satu batu - setengah batu	450 kg/m <sup>2</sup> 250 kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan batako Berlubang : - tebal dinding 20 cm (HB 20) - tebal dinding 10 cm (HB 10) Tanpa lubang : - tebal dinding 15 cm - tebal dinding 10 cm	200 kg/m <sup>2</sup> 120 kg/m <sup>2</sup> 300 kg/m <sup>2</sup> 200 kg/m <sup>2</sup>
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari : - semen asbes dengan tebal maksimum 4 mm - kaca, dengan tebal 3-4 mm	11 kg/m <sup>2</sup> 10 kg/m <sup>2</sup>

Lantai kayu sederhana dengan dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m <sup>2</sup>	40 kg/m <sup>2</sup>
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s. minimum 0,80 m	7 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m <sup>2</sup> bidang atap	50 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso per m <sup>2</sup> bidang atap	40 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap seng gelombang (BWG 245) tanpa Gordeng	10 kg/m <sup>2</sup>
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso, dan beton, tanpa adukan per cm tebal	24 kg/m <sup>2</sup>
Semen asbes gelombang (tebal 5 cm)	11 kg/m <sup>2</sup>

( Sumber : SNI 1727, 1989)

b. Beban hidup

Berdasarkan SNI 1727:2013, beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Adapun beban hidup terdistribusi merata minimum,  $L_0$  dan beban hidup terpusat minimum dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Beban hidup terdistribusi merata minimum,  $L_0$  dan beban hidup terpusat minimum

<b>Hunian atau penggunaan</b>	<b>Merata Psf (Kn/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Terpusat lb (Kn)</b>
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
- Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
- Ruang komputer	100 (4,79)	2000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat di lantai)		
- Lobi	100 (4,79)	
- Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
- Panggung pertemuan	100 (4,79)	
- Lantai podium	150 (7,18)	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 Kn/m <sup>2</sup> )	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300(1,33)
Koridor		
- Lantai pertama	100 (4,79)	
- Lantai lain	sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	

Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in.x 2 in. [50 mm x 50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in. x 1 in. [25 mm x 25 mm])		200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi/ Parkir Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92)	
Susunan tangga, rel pengaman dan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) tidak boleh direduksi	
Rumah sakit: - Ruang operasi, laboratorium - Ruang pasien - Koridor di atas lantai pertama	60 (2,87) 40 (1,92) 80 (3,83)	1000(4,45) 1000(4,45) 1000(4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan: - Ruang baca - Ruang penyimpanan - Koridor di atas lantai pertama	60 (2,87) 150 (7,18) 80 (3,83)	1000(4,5) 1000(4,5) 1000(4,5)
Pabrik: - Ringan - Berat	125 (6,00) 250 (11,97)	2000(8,90) 3000(13,40)
Gedung perkantoran:		

- Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
- Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2000(8,90)
- Kantor	50 (2,40)	2000(8,90)
- Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2000(8,90)
Lembaga hukum		
- Blok sel	40 (1,92)	
- Koridor	100,79)	
Tempat rekreasi		
- Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan yang sama	75 (3,59)	
- Bangsal dansa dan ruang dansa	100 (4,79)	
- Gimnasium	100 (4,79)	
- Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79)	
- Stadium dan tribun/ arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87)	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
- Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48)	
- Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0,96)	
- Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	30 (1,44)	
- Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	

<p>Semua hunian rumah tinggal lainnya</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka</li> <li>- Ruang publik dan koridor yang melayani mereka</li> </ul>	<p>40 (1,92)</p> <p>100(0,79)</p>	
<p>Atap</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Atap datar, berbubung, dan lengkung</li> <li>- Atap digunakan untuk taman atap</li> <li>- Atap yang digunakan untuk tujuan lain</li> </ul> <p>Atap yang digunakan untuk hunian lainnya</p> <p>Awning dan kanopi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan</li> <li>- Rangka tumpu layar penutup</li> </ul> <p>Semua konstruksi lainnya</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai</li> <li>- Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama</li> </ul>	<p>20 (0,96)</p> <p>100 (4,79)</p> <p>sama seperti hunian dilayani</p> <p>5 (0,24) tidak boleh direduksi</p> <p>5 (0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka</p> <p>20 (0,96)</p>	<p>200(0,89)</p> <p>2000(8,9)</p> <p>300 (1,33)</p>

yang mendukung atap di atas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi Semua permukaan atap dengan beban pekerja - Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		300(1,33)
Sekolah - Ruang kelas - Koridor di atas lantai pertama - Koridor lantai pertama	40 (1,92) 80 (3,83) 100 (4,79)	1000 (4,5) 1000 (4,5) 1000 (4,5)
Bak-bak/ <i>scuttles</i> , rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97)	8000(35,6)
Tangga dan jalan keluar Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	300 300
Gudang di atas langit-langit Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat) - Ringan - Berat	20 (0,96)  125 (6,00) 250 (11,97)	
Toko Eceran - Lantai pertama - Lantai di atasnya Grosir, di semua lantai	  100 (4,79) 75 (3,59) 125 (6,00)	  1000(4,45) 1000(4,45) 1000 (4,45)

Penghalang kendaraan	Lihat pasal 4.5	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79)	

( Sumber : SNI 1727, 2013)

c. Beban angin

Beban angin ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.

d. Beban gempa

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

e. Beban khusus

Beban khusus ialah 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 keran, gaya sentrifugal dan gaya dinamis yang berasal dari mesin-mesin, serta pengaruh-pengaruh khusus lainnya.

## 2.3 Metode Perhitungan Struktur

### 2.3.1 Perancangan pelat

Menurut Ali Asroni (2010:191) yang dimaksud dengan pelat beton bertulang yaitu struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Ketebalan bidang pelat ini relatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya.

Struktur pelat atap sama dengan struktur pelat lantai, hanya saja perbedaannya terletak pada ketebalan pelat dan dan beban-beban yang dipikul pelat. Struktur pelat atap termasuk dalam struktur yang tidak terlindungi sehingga memiliki ketebalan selimut beton yang lebih besar dibandingkan struktur pelat lantai. Adapun beban – beban yang bekerja pada pelat atap dan lantai adalah sebagai berikut:

#### a. Beban – beban yang bekerja pada pelat atap

- 1) Beban mati /  $W_D$  (SNI 03:1727, 1989 : 3)
  - Beban sendiri pelat atap  $2400 \text{ kg/m}^3$
  - Beban adukan spesi per cm tebal yaitu  $21 \text{ kg/m}^2$
  - Langit – langit dengan tebal maksimum 4 mm yaitu  $11 \text{ kg/m}^2$
  - Penggantung langit – langit  $7 \text{ kg/m}^2$
- 2) Beban hidup /  $W_L$  ((SNI 03:1727, 1989 : 4)
  - Beban hidup pada atap dan/atau bagian atap serta pada struktur tudung yang dapat dicapai dan dibebani oleh orang, harus diambil minimum sebesar  $100 \text{ kg/m}^2$  bidang datar.

#### b. Beban – beban yang bekerja pada pelat lantai

- 1) Beban mati /  $W_D$  (SNI 03:1727, 1989 : 3)
  - Beban sendiri pelat atap  $2400 \text{ kg/m}^3$
  - Beban penutup lantai dari ubin tanpa adukan yaitu  $24 \text{ kg/m}^2$
  - Beban adukan spesi per cm tebal yaitu  $21 \text{ kg/m}^2$
  - Langit – langit dengan tebal maksimum 4 mm yaitu  $11 \text{ kg/m}^2$
  - Penggantung langit – langit  $7 \text{ kg/m}^2$

## 2) Beban hidup / $W_L$

Ada beberapa ketentuan pembebanan beban hidup yang dapat digunakan berdasarkan beban terbesar yang terjadi sesuai fungsi ruangan, diantaranya:

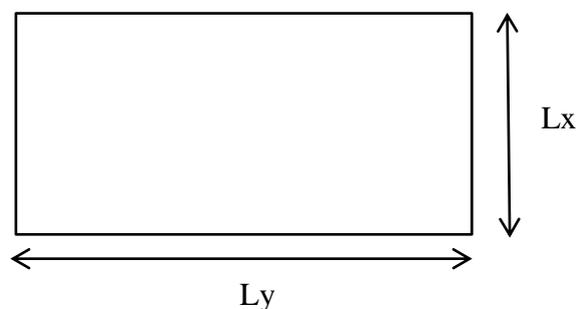
- Berdasarkan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung, PPPURG 1987 hal 12 dan SNI 1727: 1989 hal 6, beban hidup pada lantai gedung kantor diambil sebesar  $250 \text{ kg/m}^2$
- Berdasarkan SNI 1727: 2013 hal 26, beban hidup pada lantai gedung kantor diambil sebesar  $2,4 \text{ kN/m}^2$  dan untuk lobi dan koridor lantai pertama diambil sebesar  $4,79 \text{ kN/m}^2$

Sistem penulangan tulangan pelat pada dasarnya dibagi menjadi 2 macam, yaitu sistem perancangan pelat dengan tulangan pokok satu arah (selanjutnya disebut pelat satu arah/ *one way slab*) dan sistem perancangan pelat dengan tulangan pokok dua arah (disebut pelat dua arah/ *two way slab*).

### a. Pelat satu arah (*one way slab*)

Pelat dengan tulangan pokok satu arah ini akan dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja.

Apabila pelat tertumpu di keempat sisinya, dan  $\frac{L_y}{L_x} \geq 2$  (rasio bentang panjang terhadap bentang pendek lebih besar atau sama dengan 2), maka hampir 95% beban akan dilimpahkan dalam arah pendek dan pelat akan menjadi sistem pelat satu arah (Agus Setiawan, 2016 : 252).



Gambar 2.1 Pelat Satu Arah

Langkah-langkah perancangan struktur pelat satu arah adalah sebagai berikut:

- 1) Menentukan tebal minimum pelat

Apabila pelat satu arah direncanakan tanpa memperhitungkan lendutan maka ketebalan minimum pelat dapat dilihat pada tabel di SNI 2847:2013 halaman 70 (lihat tabel 2.3).

Tabel 2.3 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak diperhitungkan

Tebal minimum, h				
Komponen Struktur	Tertumpu Sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin 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
<p><u>Catatan:</u>            Panjang bentang dalam mm,            Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasi sebagai berikut:</p> <p>(a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (<i>equilibrium density</i>), <math>w_c</math> diantara 1440 sampai 1840 kg/m<sup>3</sup>, nilai tadi harus dikalikan dengan <math>(1,65-0,0003w_c)</math> tetapi tidak kurang</p>				

<p>dari 1,09.</p> <p>(b) Untuk <math>f_y</math> selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan <math>(0,4 + f_y/700)</math></p>
--

(Sumber : SNI 2847, 2013)

- 2) Menghitung beban mati pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung beban rencana total ( $W_u$ ).

$$W_u = 1,2 W_D + 1,6 W_L$$

Dimana :

$W_D$  = jumlah beban mati pelat (KN/m)

$W_L$  = jumlah beban hidup pelat (KN/m)

Dalam perhitungan beban mati pelat, beban mati pelat terdiri dari berat sendiri pelat dan berat komponen gedung. Sedangkan untuk beban hidup diperhitungkan berdasarkan kegunaan lantai ruang yang bersangkutan.

- 3) Memperkirakan dan menghitung tinggi efektif pelat ( $d_{eff}$ )

$$\text{Tinggi efektif, } d_{eff} = h - p - \frac{1}{2} \emptyset$$

Untuk struktur beton bertulang tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut (lihat tabel 2.4) :

Tabel 2.4 Tebal Minimum Selimut Beton

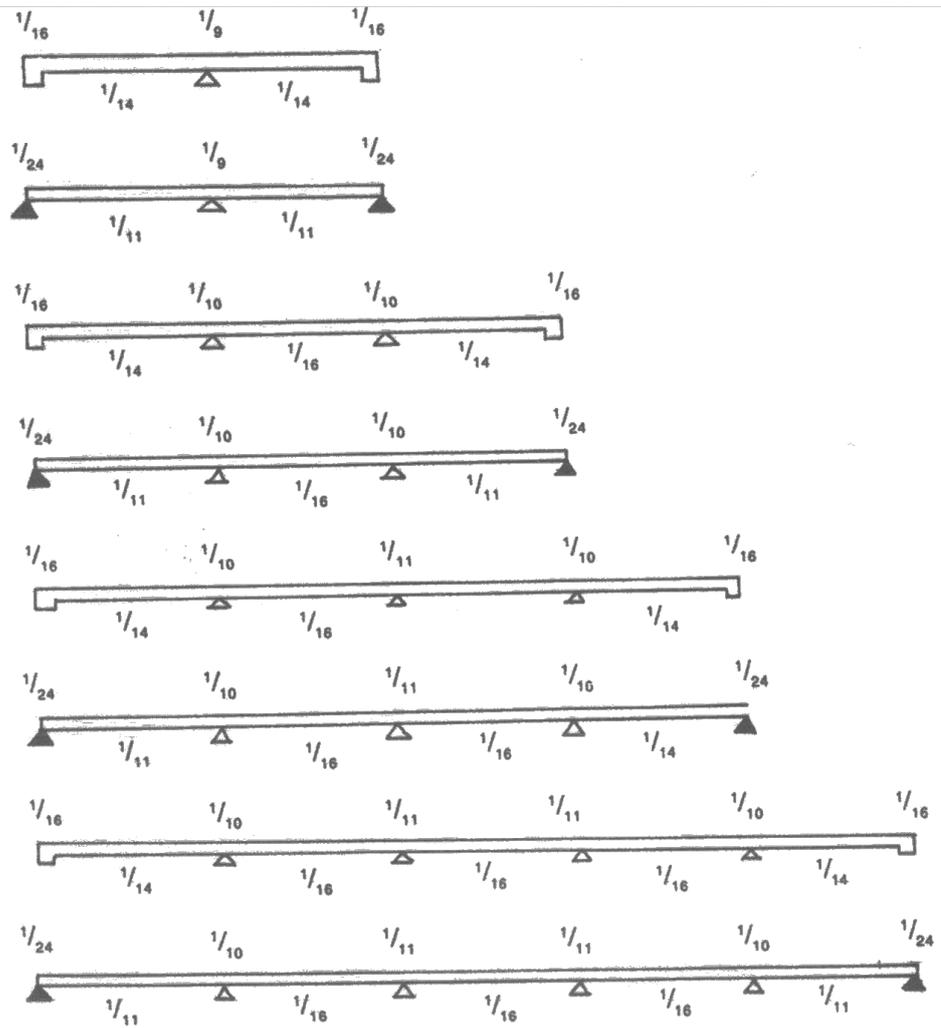
Tebal minimum selimut beton, (mm)	
Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah .....	75
Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca:	
- batang tulangan D-19 hingga D-57 .....	50
- batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos dan yang lebih kecil.....	40

Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau tanah:	
Slab, dinding, balok usuk:	
- batang tulangan D-44 dan D-57 .....	40
- batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil .....	20
Balok, kolom:	
- tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral .....	40
Komponen struktur cangkang, pelat lipat:	
- batang tulangan D-19 dan yang lebih besar .....	20
- batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos dan yang lebih kecil .....	15

(Sumber : SNI 2847, 2013: 51)

#### 4) Menghitung momen rencana ( $M_u$ )

Nilai koefisien momen untuk menghitung momen rencana dapat dilihat pada Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 karangan Ir Gideon H. Kusuma, M. Eng., halaman 24. Nilai koefisien momen tersebut dikalikan dengan  $W_u L_n^2$  (lihat gambar 2.2)



Gambar 2.2 Koefisien Momen

( Sumber : V.C.Vis dan Gideon, 1993 )

5) Menghitung nilai  $R_n$

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

6) Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ )

$$\rho = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right]$$

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{maks} = \left( \frac{0,003 + \frac{f_y}{E_s}}{0,008} \right) \times \rho_b$$

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

- $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$
- Apabila  $\rho_{min} > \rho$ , maka ketebalan pelat perlu ditambah dan gunakan tulangan rangkap.
- Apabila  $\rho < \rho_{maks}$ , maka tulangan tunggal dapat dipakai.

7) Menghitung luas tulangan ( $A_s$ ) yang diperlukan.

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

Dimana :

$$A_s = \text{luas tulangan (mm}^2\text{)}$$

$$\rho = \text{rasio penulangan}$$

$$d_{eff} = \text{tinggi efektif pelat (mm)}$$

8) Menentukan tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan tulangan susut dan suhu.

Berdasarkan peraturan SNI 2847: 2013 pasal 7.12 hal 57, luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit

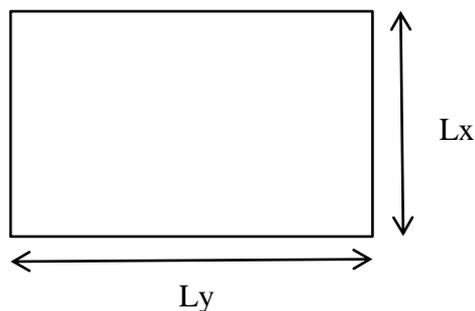
memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014 :

- (a) Slab yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 280 atau 350.....0,002
- (b) Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat mutu 420 ..... 0,0018
- (c) Slab yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 persen.....0,0018x400/fy

Selain itu, berdasarkan peraturan SNI 2847: 2013 pasal 7.12.2.2 tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan spasi tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab, atau tidak lebih jauh dari 450 mm.

**b. Pelat dua arah (*two way slab*)**

Apabila struktur pelat beton ditopang di keempat sisinya, dan  $\frac{L_Y}{L_X} < 2$  (rasio antara bentang panjang terhadap bentang pendek kurang dari 2), maka pelat tersebut dikategorikan sebagai sistem pelat dua arah (Agus Setiawan, 2016 : 252)



Gambar 2.3 Pelat Dua Arah

Langkah-langkah perencanaan struktur pelat dua arah adalah sebagai berikut :

- 1) Menentukan tebal minimum pelat

Untuk pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya,  $h$ , harus memenuhi ketentuan sebagai berikut (SNI 2847, 2013 : 72)

- (a) Untuk  $\alpha_m$  yang sama atau lebih kecil dari 0,2, harus menggunakan ketentuan sebagai berikut.

Tabel 2.5 Tebal minimum pelat tanpa balok interior

fy (MPa)	Tanpa penebalan			Tanpa penebalan		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
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

(Sumber : SNI 2847, 2013)

- (b) Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih besar dari 2,0,  $h$  tidak boleh kurang dari :

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

dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

- (c) Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 0,2, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

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

dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

- 2) Menghitung beban mati pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung beban rencana total ( $W_u$ )

$$W_u = 1,2 W_D + 1,6 W_L$$

Dimana :

$W_D$  = jumlah beban mati pelat (KN/m)

$W_L$  = jumlah beban hidup pelat (KN/m)

Dalam perhitungan beban mati pelat, beban mati pelat terdiri dari berat sendiri pelat dan berat komponen gedung. Sedangkan untuk beban hidup diperhitungkan berdasarkan kegunaan lantai ruang yang bersangkutan.

- 3) Memperkirakan dan menghitung tinggi efektif pelat ( $d_{eff}$ )

Tinggi efektif arah x,  $d_{effx} = h - p - \frac{1}{2} \emptyset$

Tinggi efektif arah y,  $d_{effy} = h - p - \emptyset - \frac{1}{2} \emptyset$

Untuk struktur beton bertulang tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan SNI 2847: 2013 pasal 7.7 butir 7.7.1 halaman 51.

- 4) Menghitung momen rencana ( $M_u$ )

Dalam perhitungan perencanaan  $M_u$  dihitung dengan menggunakan tabel momen (lihat tabel 2.6) yang menentukan parameter lebar dalam jalur tengah pada pelat dua arah akibat beban terbagi rata (W.C Vis dan Gideon Kusuma, 1993: 26).

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

- (a) Beban terbagi rata
- (b) Membatasi perbedaan antara beban maksimum dan minimum pada bentang pelat (atau lekukan)  $w_{u \min} \geq 0,4$

$w_{u \max}$

- (c) Membatasi perbedaan antara beban-beban maksimum pada bentang yang berbeda – beda  $w_{u \text{ maks}}$  terkecil  $\geq 0,8$  kali  $w_{u \text{ maks}}$  terbesar
- (d) Membatasi perbedaan dari panjang bentang: yaitu panjang bentang terpendek  $\geq 0,8$  x panjang bentang terpanjang.

Tabel 2.6 Momen yang menentukan parameter lebar dalam jalur tengah pada pelat dua arah akibat beban terbagi rata

Skema	Penyaluran beban berdasarkan 'metode amplop' kali $w_u$ sesuai $l_x$	Momen per meter lebar	$\frac{l_y}{l_x}$							
			1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0
I		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	41	54	67	79	87	97	110	117
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	41	35	31	28	26	25	24	23
II		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	25	34	42	49	53	58	62	65
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	25	22	18	15	15	15	14	14
III		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	51	63	72	78	81	82	83	83
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$	51	54	55	54	54	53	51	49
IV		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	30	41	52	61	67	72	80	83
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	30	27	23	22	20	19	19	19
V		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	68	84	97	106	113	117	122	124
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$	68	74	77	77	77	76	73	71
VI		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	24	36	49	63	74	85	103	113
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	33	33	32	29	27	24	21	20
VII		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	69	85	97	105	110	112	112	112
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$	69	85	97	105	110	112	112	112
VIII		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	33	40	47	52	55	58	62	65
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	24	20	18	17	17	17	16	16
IX		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	69	76	80	82	83	83	83	83
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$	69	76	80	82	83	83	83	83
X		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	31	45	58	71	81	91	106	115
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	39	37	34	30	27	25	24	23
XI		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	91	102	108	111	113	114	114	114
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$	91	102	108	111	113	114	114	114
XII		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	39	47	57	64	70	75	81	84
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	31	25	23	21	20	19	19	19
XIII		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	91	98	107	113	118	120	124	124
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$	91	98	107	113	118	120	124	124
XIV		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	25	36	47	57	64	70	79	83
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	28	27	23	20	18	17	16	16
XV		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	54	72	88	100	108	114	121	124
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$	60	69	74	76	76	76	73	71
XVI		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	28	37	45	50	54	58	62	65
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	25	21	19	18	17	17	16	16
XVII		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	60	70	76	80	82	83	83	83
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$	54	55	55	54	53	53	51	49

( Sumber : W.C Vis dan Gideon Kusuma, 1993)

4) Menghitung nilai  $R_n$

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

5) Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ )

$$\rho = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right]$$

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{maks} = \left( \frac{0,003 + \frac{f_y}{E_s}}{0,008} \right) \times \rho_b$$

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

- $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$
- Apabila  $\rho_{min} > \rho$ , maka ketebalan pelat perlu ditambah dan gunakan tulangan rangkap.
- Apabila  $\rho < \rho_{maks}$ , maka tulangan tunggal dapat dipakai.

5) Mencari luas tulangan pakai ( $A_s$ )

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

Dimana :

$$A_s = \text{luas tulangan (mm}^2\text{)}$$

$$\rho = \text{rasio penulangan}$$

$$d_{eff} = \text{tinggi efektif pelat (mm)}$$

6) Mencari luas tulangan ( $A_b$ )

$$A_b = \frac{1}{4} \pi d^2$$

- 7) Mencari jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{1000 Ab}{As}$$

Jarak antar tulangan tidak boleh melebihi batasan maksimum yaitu 450 mm atau dua kali ketebalan pelat, dipilih nilai yang lebih kecil dari keduanya (Agus Setiawan, 2016 : 270)

- 8) Memasang tulangan

Untuk arah tulangan arah y, langkah-langkah perencanaan sama hanya perlu diingatkan bahwa tinggi efektif arah x dan y berbeda.

### 2.3.2 Perancangan tangga

Tangga adalah merupakan salah satu bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat penghubung lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan bertingkat dalam kegiatan tertentu (Supribadi, 1993 : 10)

#### a. Bagian – bagian tangga

Secara garis besarnya tangga itu terdiri dari bagian – bagian seperti berikut :

- 1) Anak tangga (*trede*)

Anak tangga adalah bagian dari tangga yang berfungsi untuk memijakkan/ melangkahakan kaki kearah vertikal maupun horizontal (datar). Bidang trede datar yang merupakan tempat berpijaknya telapak kaki dinamakan antrede (langkah datar), sedangkan bidang trede tegak yang merupakan selisih tinggi antara dua trede yang berurutan dinamakan optrede (langkah tegak/naik)

- 2) Ibu tangga (*boom*)

Ibu tangga adalah bagian tangga berupa dua batang atau papan miring, yang berfungsi menahan kedua ujung tangga. Salah satu batang *boom* yang menempel pada tembok dinamakan *boom* tembok atau *boom* luar, sedangkan batang yang lain berdiring miring bebas dinamakan *boom* bebas atau *boom* dalam.

## 3) Bordes

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

## 4) Pelengkap

Pelengkap tangkap terdiri dari tiang sandaran, sandaran (pegangan) dan ruji (*balustrade*). Tiang sandaran adalah tiang yang berdiri tegak yang ujung bawahnya tempat memanjatkan boom dan ujung atasnya sebagai tempat menumpangnya sandaran. Sandaran (pegangan) adalah batang yang berfungsi sebagai pegangan tangan bagi yang melintasi tangga yang mempunyai posisi sejajar dengan sisi atas boom. Ruji (*balustrade*) merupakan susunan barisan papan-papan tegak yang berfungsi sebagai pagar pengaman agar orang yang menjalani tangga, bila terpeleset tidak langsung jatuh ke samping.

**b. Syarat – syarat tangga**

## 1) Syarat umum tangga

Syarat – syarat umum tangga diantaranya dapat ditinjau dari segi, seperti berikut ini:

## (a) Penempatannya

- Penempatan tangga diusahakan sehemat mungkin menggunakan ruangan.
- Ditempatkan sedemikian rupa sehingga mudah ditemukan orang dan mendapat sinar pada waktu siang hari.
- Diusahakan penempatannya tidak mengganggu/menghalangi lalu lintas orang banyak.

- (b) Kekuatannya
  - Bila menggunakan kayu hendaknya memakai kelas I atau II, agar nantinya tidak terjadi pelenturan/ goyang.
  - Kokoh dan stabil bila dilalui oleh sejumlah orang + barangnya, sesuai dengan perencanaan.
- (c) Bentuknya
  - Bentuk konstruksi tangga diusahakan sederhana, layak sehingga dengan mudah dan cepat dikerjakan serta murah biayanya.
  - Bentuknya rapi, indah dipandang dan serasi dengan keadaan di sekitar tangga itu berada.

## 2) Syarat khusus tangga

Kenyamanan dan keamanan menjalani tangga sangat tergantung dari besar kecilnya ukuran rata – rata langkah normal pemakai, langkah datar maupun langkah naik serta besarnya sudut miring tangga itu sendiri. Untuk memperoleh ukuran yang sesuai, berikut ini adalah ketentuan – ketentuan konstruksi tangga :

- (a) Untuk bangunan rumah tinggal
  - Antrede = 25 cm ( minimum )
  - Optrede = 20 cm ( maksimum )
  - Lebar tangga = 80 – 120 cm
- (b) Untuk perkantoran dan lain – lain
  - Antrede = 25 cm ( minimum )
  - Optrede = 17 cm ( maksimum )
  - Lebar tangga = 120 (minimum)
- (c) Sudut kemiringan
  - Maksimum =  $45^{\circ}$

## (d) Lebar tangga

Ukuran lebar tangga dipengaruhi oleh fungsi tangga pada jenis bangunan tertentu. Dengan kata lain lebar tangga sangat dipengaruhi oleh banyaknya orang yang akan

melalui tangga tersebut. Adapun daftar ukuran lebar tangga ideal dapat dilihat pada Tabel 2.6 ( Supribadi, 1993 : 17)

Tabel 2.7 Daftar ukuran lebar tangga ideal

No	Digunakan untuk	Lebar efektif (cm)	Lebar total (cm)
1	1 orang	± 65	± 85
2	1 orang + anak	± 100	± 120
3	1 orang + bagasi	± 85	± 105
4	2 orang	120 - 130	140 -150
5	3 orang	180 - 190	200- 210
6	> 3 orang	> 190	> 210

(Sumber : Supribadi, 1993)

(e) Panjang bordes

Ukuran panjang bordes cukup relatif karena disesuaikan dengan luas lantai dan tinggi kosong antara muka lantai bawah dengan plafon di atasnya yang turut mempengaruhi jumlah anak tangga (jumlah optrede). Namun demikian panjang bordes dapat ditentukan dengan pendekatan seperti berikut ini (Supribadi, 1993 : 18).

$$\text{Panjang bordes} = Ln + (1,5 - 2a)$$

Dimana :

Ln = langkah normal (57-65 cm)

a = antrede

(f) Syarat kenyamanan 1 ( satu ) anak tangga

$$2 \text{ optrede} + 1 \text{ antrede} = 57-65 \text{ cm (1 langkah)}$$

**c. Langkah – langkah perancangan tangga**

Adapun langkah – langkah perancangan tangga adalah sebagai berikut :

1) Perencanaan ukuran tangga

Perencanaan anak tangga

- (a) Menentukan ukuran optrede dan menghitung jumlah optrede

$$\text{jumlah optrede} = \frac{\text{tinggi lantai}}{\text{tinggi optrede}}$$

- (b) Menentukan ukuran antrede dan menghitung jumlah antrede berdasarkan syarat anak tangga

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

$$\text{jumlah antrede} = \frac{\text{panjang tangga}}{\text{lebar antrede}}$$

- (c) Merencanakan lebar tangga  
(d) Menghitung sudut kemiringan tangga

$$\text{arc tan } \alpha = \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{lebar tangga}} < 45^\circ$$

Perencanaan pelat tangga dan bordes

- (a) Menghitung panjang bordes  
Panjang bordes =  $L_n + 2a$   
(b) Menghitung panjang sisi miring tangga  
(c) Merencanakan tebal pelat tangga dan bordes

2) Pembebanan dan perhitungan struktur

- (a) Pembebanan tangga

Beban mati

- Berat sendiri pelat tangga  $24 \text{ KN/m}^3$  (SNI 1727, 1989 : 3)
- Berat anak tangga  $24 \text{ KN/m}^3$  (SNI 1727, 1989 : 3)
- Berat ubin  $0,24 \text{ KN/m}^2$  (SNI 1727, 1989 : 3)

- Berat spesi 0,21 KN/m<sup>2</sup> (SNI 1727, 1989 : 3)
- Berat sandaran 0,73 KN/m<sup>2</sup> (SNI 1727, 2013 : 19)

Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga dapat dilihat pada ketentuan SNI 1727 : 1989 halaman 6.

Beban terfaktor

$$W_U = 1,2 W_D + 1,6 W_L$$

(b) Pembebanan bordes

Beban mati

- Berat sendiri pelat bordes 24 KN/m<sup>3</sup>(SNI 1727, 1989 : 3)
- Berat ubin 0,24 KN/m<sup>2</sup> (SNI 1727, 1989: 3)
- Berat spesi 0,21 KN/m<sup>2</sup> (SNI 1727, 1989 : 3)
- Berat sandaran 0,73 KN/m<sup>2</sup> (SNI 1727, 2013 : 19)

Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga dapat dilihat pada ketentuan SNI 1727 : 1989 halaman 6.

Beban terfaktor

$$W_U = 1,2 W_D + 1,6 W_L$$

(c) Perhitungan struktur untuk mencari gaya – gaya yang bekerja.

Menggunakan program SAP 2000.

Adapun langkah – langkahnya adalah sebagai berikut :

- Membuat permodelan tangga pada SAP 2000.
- Memasang tumpuan pada permodelan tangga.
- Masukkan beban – beban yang bekerja pada anak tangga dan bordes yang telah dikombinasikan antara beban mati dan beban hidup.
- Setelah pembebanan sudah selesai dimasukkan pada permodelan maka kita dapat melakukan “*run analysis*”

namun “*self weight*” dijadikan 0 karena beban sendiri dihitung secara manual.

Menggunakan metode cross

Adapun langkah – langkahnya adalah sebagai berikut :

- Menghitung momen inersia

$$I = \frac{1}{12} b h^3$$

- Menghitung faktor kekakuan

$$K = \frac{3EI}{L} \text{ (untuk jepit – sendi)}$$

$$K = \frac{4EI}{L} \text{ (untuk jepit – jepit)}$$

- Menghitung faktor distribusi

$$\mu = \frac{K}{\sum K}$$

- Menghitung momen primer

$$M_{AB} = \frac{1}{12} x W_u x L^2$$

- Menghitung perataan momen
- Menghitung momen design
- Menghitung *freebody*
- Diagram bidang gaya dalam

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

### 3) Perhitungan tulangan

- (a) Perhitungan momen tumpuan dan lapangan yang bekerja
- (b) Merencanakan diameter tulangan yang akan dipakai
- (c) Memperkirakan dan menghitung tinggi efektif pelat ( $d_{\text{eff}}$ )

$$\text{Tinggi efektif, } d_{\text{eff}} = h - p - \frac{1}{2} \emptyset$$

Untuk struktur beton bertulang tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus

memenuhi ketentuan SNI 2847: 2013 pasal 7.7 butir 7.7.1 halaman 51.

- (d) Menghitung rasio penulangan ( $\rho$ )

$$\rho = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4M_u}{1,7\phi f_c' b d^2}} \right]$$

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{maks} = \left( \frac{0,003 + \frac{f_y}{E_s}}{0,008} \right) \times \rho_b$$

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

- (e) Mencari luas tulangan dibutuhkan ( $A_s$ )

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

Dimana :

$$A_s = \text{luas tulangan (mm}^2\text{)}$$

$$\rho = \text{rasio penulangan}$$

$$d_{eff} = \text{tinggi efektif pelat (mm)}$$

- (f) Mencari luas tulangan ( $A_b$ )

$$A_b = \frac{1}{4} \pi d^2$$

- (g) Mencari jarak antar tulangan ( $s$ )

$$s = \frac{1000 A_b}{A_s}$$

### 2.3.3 Perancangan portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian – bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sebagai satu kesatuan yang lengkap. Pada laporan ini, portal dihitung dengan menggunakan program SAP 2000. Adapun langkah-langkah dalam perencanaan portal adalah sebagai berikut:

- a. Pendimensian balok
- b. Pendimensian kolom
- c. Analisa pembebanan

- 1) Portal akibat beban mati

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang. Pembebanan akibat beban mati antara lain:

- (a) Berat sendiri balok
- (b) Berat sumbangan pelat lantai
- (c) Berat pasangan dinding
- (d) Berat plesteran dinding
- (e) Beban akibat aksi balok anak ke balok induk (jika ada)

- 2) Portal akibat beban hidup

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang. Ada beberapa ketentuan pembebanan beban hidup yang dapat digunakan, diantaranya:

- (a) Berdasarkan SNI 1727: 2013 hal 25, beban hidup pada pelat atap dak diambil sebesar  $0,96 \text{ KN/m}^2$
- (b) Berdasarkan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung, PPPURG 1987 hal 12, beban hidup pada lantai gedung kantor diambil sebesar  $250 \text{ kg/m}^2$
- (c) Berdasarkan SNI 1727: 1989 hal 6, beban hidup pada lantai gedung kantor diambil sebesar  $250 \text{ kg/m}^2$
- (d) Berdasarkan SNI 1727: 2013 hal 26, beban hidup pada lobi dan koridor lantai pertama gedung perkantoran diambil sebesar  $4,79 \text{ KN/m}^2$

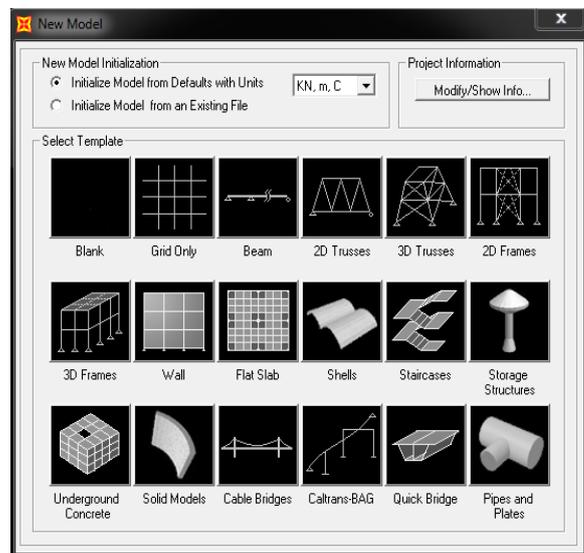
3) Portal akibat beban angin

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang. Adapun tahapan perhitungan beban angin dapat dilihat pada SNI 1727:2013 hal 64.

d. Menentukan gaya – gaya dalam

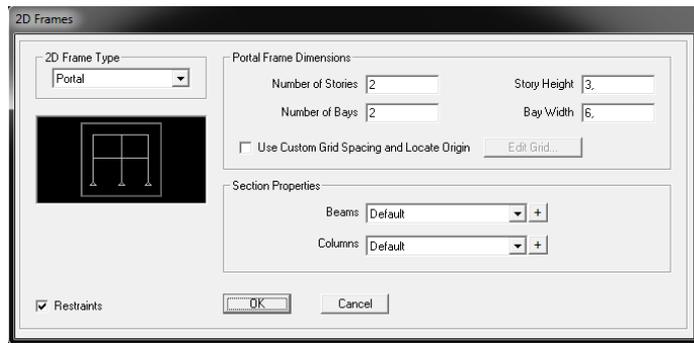
Untuk mengetahui nilai gaya – gaya dalam, digunakan program SAP 2000. Adapun langkah – langkahnya adalah sebagai berikut:

- 1) Buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup
  - (a) Jalankan aplikasi SAP 2000 versi 14
  - (b) Pilih menu File > *New Model*
  - (c) Selanjutnya akan ditampilkan kotak dialog *New Model* seperti gambar 2.4
  - (d) Tetapkan satuan yang akan dipakai, misalnya KN, m, C



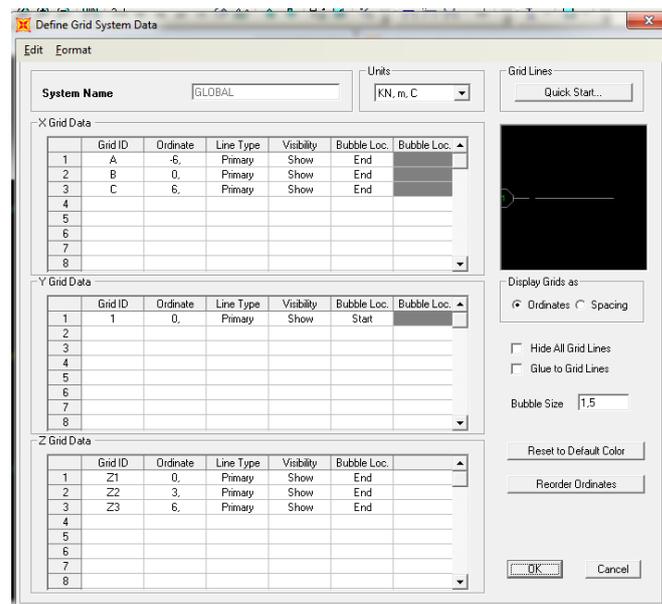
Gambar 2.4 Tampilan New Model

- (e) Pilih model template *2D Frames*, akan muncul jendela seperti gambar 2.5, isikan *number of stories*, *story height*, *number of bays*, dan *bay width*. Masukkan data – data sesuai perencanaan.



Gambar 2.5 Tampilan 2D Frames

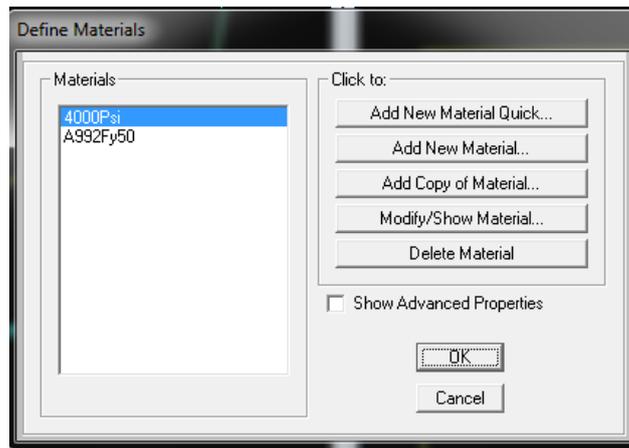
- (f) Untuk mengatur jarak – jarak pada portal. Dapat dilakukan dengan cara melakukan *double click* pada *grid point* yang terdapat pada portal. Maka akan muncul tampilan *define grid system data* ( lihat gambar 2.6)



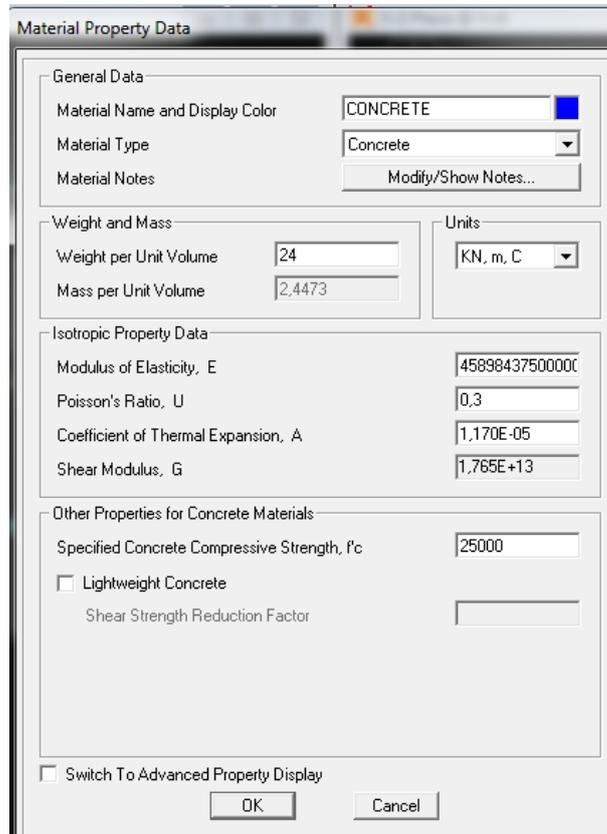
Gambar 2.6 Define Grid System Data

## 2) Input data material

- (a) Pilih menu *Define > Materials*
- (b) Selanjutnya akan ditampilkan kotak dialog *Define Material* seperti gambar 2.7.

Gambar 2.7 *Define Materials*

- (c) Pilih *Add New Materials*, maka akan muncul tampilan *material property data* (lihat gambar 2.8). Ganti nilai *weight per unit volume* dengan 24 (nilai ini adalah nilai berat jenis beton), ubah nilai *modulus of elasticity* dengan rumus  $4700\sqrt{f'c} \cdot 1000$ , serta ubah juga nilai  $f'c$  dan  $f_y$  sesuai dengan perencanaan dengan masing – masing dikali 1000, klik OK.

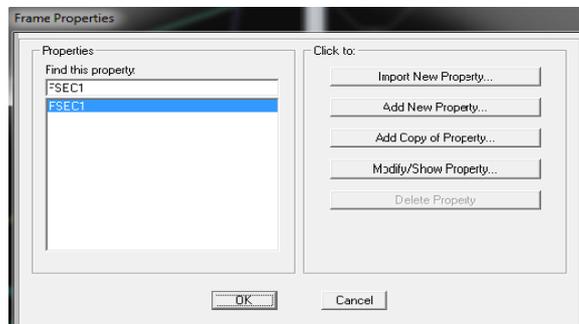


The image shows a 'Material Property Data' dialog box with the following sections and values:

- General Data:**
  - Material Name and Display Color: CONCRETE
  - Material Type: Concrete
  - Material Notes: Modify/Show Notes...
- Weight and Mass:**
  - Weight per Unit Volume: 24
  - Mass per Unit Volume: 2,4473
  - Units: KN, m, C
- Isotropic Property Data:**
  - Modulus of Elasticity, E: 4589843750000
  - Poisson's Ratio, U: 0,3
  - Coefficient of Thermal Expansion, A: 1,170E-05
  - Shear Modulus, G: 1,765E+13
- Other Properties for Concrete Materials:**
  - Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 25000
  - Lightweight Concrete
  - Shear Strength Reduction Factor: [empty field]
- Switch To Advanced Property Display
- Buttons: OK, Cancel

Gambar 2.8 Material Property Data

- 3) Input data dimensi struktur kolom dan balok
- Blok *frame* kolom/ balok, pilih menu *Define > Section Properties > Frame Section*.
  - Selanjutnya akan ditampilkan kotak dialog *Frame Properties* seperti gambar 2.9.

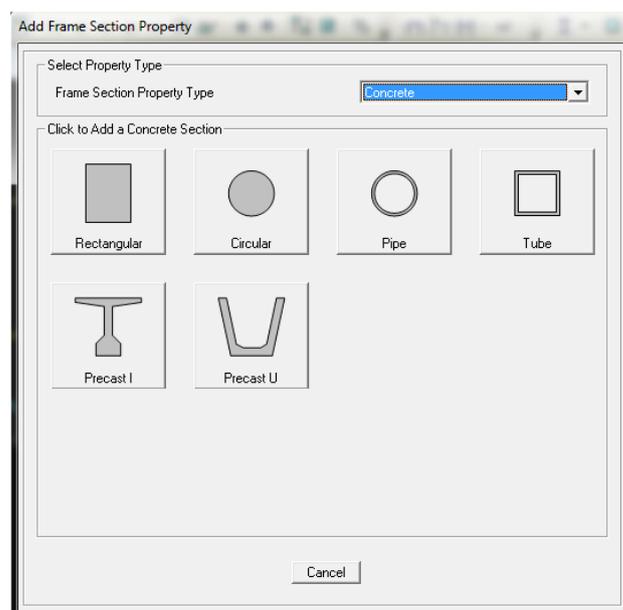


The image shows a 'Frame Properties' dialog box with the following sections and elements:

- Properties:**
  - Find this property: FSECT1
  - FSECT1 (highlighted)
- Click to:**
  - Import New Property...
  - Add New Property...
  - Add Copy of Property...
  - Modify/Show Property...
  - Delete Property
- Buttons: OK, Cancel

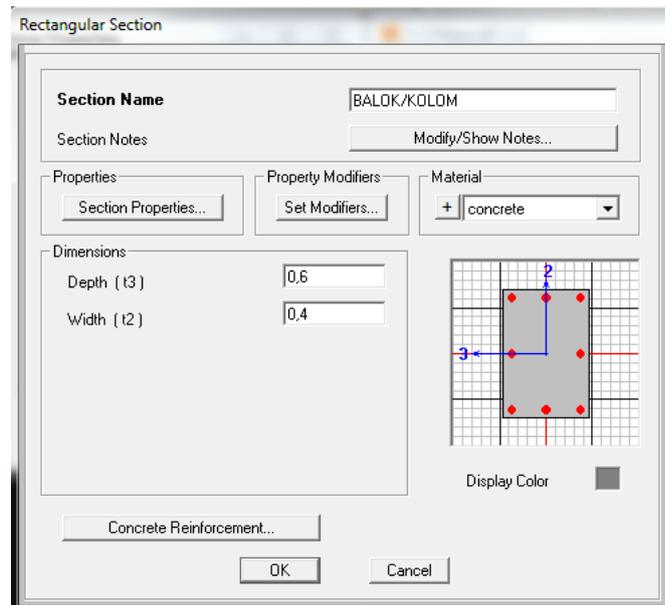
Gambar 2.9 Frame Properties

- (c) Pilih *Add New Property*, maka akan muncul tampilan *add frame section properties* (lihat gambar 2.10). Ganti *frame section property type* menjadi *concrete*, kemudian pilih jenis penampang sesuai yang direncanakan.



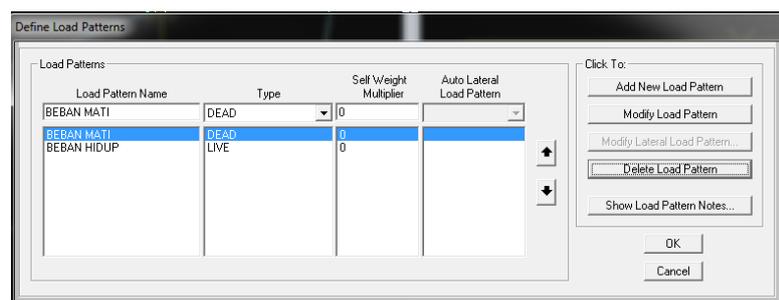
Gambar 2.10 *Add Frame Section Properties*

- (d) Selanjutnya akan muncul tampilan seperti gambar 2.11. Ganti *section name* dengan nama balok (untuk balok) dan kolom (untuk kolom), ganti ukuran tinggi dan lebar balok/kolom sesuai rencana, pilih material *concrete*, kemudian klik *concrete reinforcement*, pilih *design type column* (untuk kolom) dan *beam* (untuk balok), klik OK.



Gambar 2.11 *Rectangular Section*

- 4) Membuat cases beban mati dan beban hidup
  - (a) Pilih menu *Define > Load Patterns*
  - (b) Selanjutnya akan ditampilkan kotak dialog *Define Load Patterns* seperti gambar 2.12.
  - (c) Input nama pembebanan > tipe beban > nilai koefisien pembebanan > *add new load pattern* > OK



Gambar 2.12 *Define Load Patterns*

- (d) Input nilai beban mati dan beban hidup
  - Akibat beban merata

Blok frame yang akan diinput, pilih menu *Assign > Frame Loads > Distributed > pilih jenis beban.*

Kemudian input jarak dan beban sesuai yang direncanakan (lihat gambar 2.13)

Gambar 2.13 *Frame Distributed Loads*

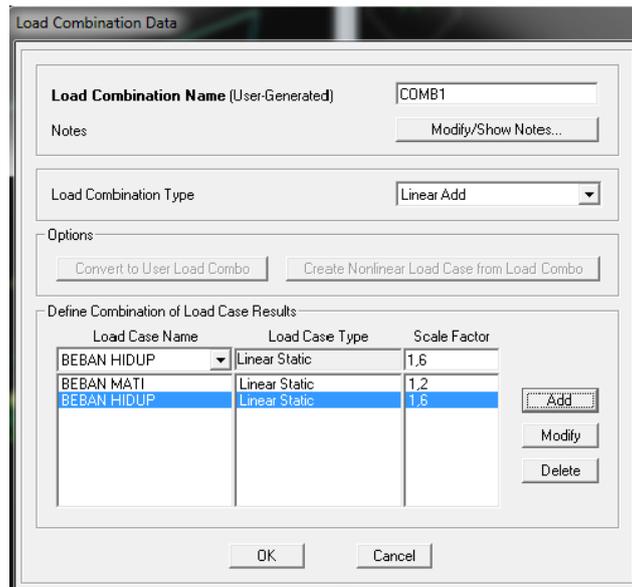
- Akibat beban terpusat

Blok frame yang akan diinput, pilih menu *Assign > Frame Loads > Point >* pilih jenis beban. Kemudian input jarak dan beban sesuai yang direncanakan (lihat gambar 2.14).

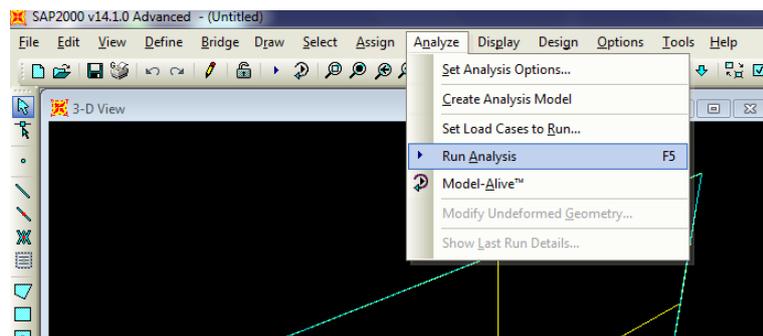
Gambar 2.14 *Frame Point Loads*

## (e) Input kombinasi pembebanan

Blok seluruh frame yang akan dikombinasi, pilih menu *Define > Load Combinations > Add New Combo*, kemudian input kombinasi pembebanan yang akan dihitung (lihat gambar 2.15)

Gambar 2.15 *Load Combination Data*

## 5) Run Analisis

(a) Pilih menu *Analyze > Run Analysis* (lihat gambar 2.16)Gambar 2.16 *Run Analysis*

### 2.3.4 Perancangan balok

Balok dapat didefinisikan sebagai salah satu dari elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal. Beban yang bekerja pada balok biasanya berupa beban lentur, beban geser maupun torsi (momen puntir), sehingga perlu baja tulangan untuk menahan beban – beban tersebut. Tulangan ini berupa tulangan memanjang atau tulangan longitudinal (yang menahan beban lentur) serta tulangan geser/ begel (yang menahan beban geser dan torsi).

Adapun langkah – langkah perencanaan balok adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan mutu beton dan mutu baja serta dimensi balok

Untuk beton struktural,  $f'_c$  tidak boleh kurang dari 17 MPa. Nilai maksimum  $f'_c$  tidak dibatasi kecuali bilamana dibatasi oleh ketentuan standar tertentu (SNI 2847, 2013 : 1). Dalam perencanaan tinggi minimum balok yang tidak memperhitungkan lendutan, dapat mengacu pada SNI 2847: 2013 hal 70.

- b. Mengambil momen-momen maksimum yang terjadi pada setiap tingkat portal.
- c. Menghitung penulangan lentur lapangan dan tumpuan

Adapun langkah – langkah perhitungannya adalah sebagai berikut (Setiawan, 2016: 79).

- 1) Tentukan  $d_{\text{eff}} = h - p - \emptyset - \frac{1}{2} \emptyset$
- 2) Hitung rasio tulangan seimbang,  $\rho_b$ , rasio tulangan maksimum,  $\rho_{\text{maks}}$ , dan rasio tulangan minimum,  $\rho_{\text{min}}$  dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\text{maks}} = \left( \frac{0,0003 + \frac{f_y}{E_s}}{0,008} \right) \rho_b$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} \quad (\text{untuk mutu beton } f'_c \leq 30 \text{ MPa})$$

- 3) Hitung  $R_{u \text{ maks}}$  menggunakan  $\rho_{\text{maks}}$

$$R_{u \text{ maks}} = \phi \rho_{\text{maks}} f_y \left( 1 - \frac{\rho_{\text{maks}} f_y}{1,7 f'_c} \right)$$

- 4) Hitung luas tulangan tunggal maksimum

$$A_{S1} = \rho_{\text{maks}} b d$$

- 5) Hitung kuat momen rencana balok bertulangan tunggal,  $M_{u1}$

$$M_{u1} = R_{u \text{ maks}} b d^2$$

Jika  $M_{u1} < M_u$ , maka diperlukan tulangan tekan

Jika  $M_{u1} > M_u$ , maka tidak diperlukan tulangan tekan

- 6) Jika tidak diperlukan tulangan tekan, maka perhitungan dilanjutkan dengan mencari nilai rasio tulangan ( $\rho$ ) dan luas penampang tulangan yang diperlukan ( $A_{s \text{ perlu}}$ )

$$\rho = \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{4 M_u}{1,7 \phi f'_c b d^2} \right)} \right]$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho b d$$

- 7) Hitung diameter dan jumlah tulangan yang akan dipakai

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\frac{1}{4} \pi d^2}$$

- d. Menghitung tulangan geser rencana

Adapun langkah – langkah perhitungannya adalah sebagai berikut (Setiawan, 2016: 103).

- 1) Hitung gaya geser ultimit,  $V_u$  dari beban terfaktor yang bekerja pada struktur. Nilai  $V_u$  yang diambil sebagai dasar desain adalah nilai  $V_u$  pada lokasi penampang kritis, yaitu sejarak  $d$  dari muka tumpuan.

- 2) Hitung nilai  $\phi V_c$ ,  $\frac{1}{2} \phi V_c$

$$\phi V_c = \phi \left( 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} \right) b_w d$$

- 3) Periksa nilai  $V_u$

- (a) Jika  $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$ , tidak dibutuhkan tulangan geser.  
 (b) Jika  $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$ , dibutuhkan tulangan geser minimum. Dapat digunakan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum ditentukan langkah (7).  
 (c) Jika  $V_u > \phi V_c$ , tulangan geser harus disediakan sesuai langkah (4) hingga (8).

- 4) Hitung gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser

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

- 5) Hitung nilai  $V_{c1}$ ,  $V_{c2}$

$$V_{c1} = 0,33 \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$V_{c2} = 0,66 \sqrt{f'_c} b_w d$$

Apabila  $V_s < V_{c2}$  maka proses desain dapat dilanjutkan ke langkah berikutnya, namun bila  $V_s > V_{c2}$  maka ukuran penampang harus diperbesar.

- 6) Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan:

$$s_1 = \frac{A_v f_{yt} d}{V_s}$$

- 7) Tentukan jarak maksimum tulangan sengkang ( $s_{maks}$ ) sesuai dengan persyaratan dalam SNI 2847: 2013. Jarak maksimum tersebut diambil dari nilai terkecil antara  $s_2$ ,  $s_3$  dan  $s_4$  berikut ini:

(a)  $s_2 = d/2 \leq 600 \text{ mm}$ , jika  $V_s \leq V_{c1}$

$s_2 = d/4 \leq 300 \text{ mm}$ , jika  $V_{c1} < V_s \leq V_{c2}$

$$(b) \quad s_3 = \frac{A_{vf} f_{yt}}{0,35 b_w}$$

$$(c) \quad s_4 = 600 \text{ mm}$$

- 8) Apabila nilai  $s_1$  yang dihitung pada langkah (6)  $< s_{maks}$ , maka gunakan jarak sengkang vertikal =  $s_1$ , dan jika  $s_1 > s_{maks}$ , maka gunakan jarak  $s_{maks}$  sebagai jarak antar tulangan sengkang.
- 9) Peraturan tidak mensyaratkan jarak minimum tulangan sengkang. Namun dalam kondisi normal, sebagai tujuan praktis dapat digunakan  $s_{min} = 75 \text{ mm}$  untuk  $d \leq 500 \text{ mm}$ , dan  $s_{min} = 100 \text{ mm}$  untuk  $d > 500 \text{ mm}$ . Jika nilai  $s$  yang diperoleh kecil, maka dapat ditempuh jalan memperbesar diameter tulangan sengkang atau menggunakan sengkang dengan kaki lebih dari dua.

### 2.3.5 Perancangan kolom

Kolom adalah salah satu komponen struktur vertikal yang secara khusus difungsikan untuk memikul beban aksial tekan (dengan atau tanpa adanya momen lentur) dan memiliki rasio tinggi/ panjang terhadap dimensi terkecilnya sebesar 3 atau lebih. Kolom memikul beban vertikal yang berasal dari pelat lantai atau atap dan menyalurkannya ke pondasi. (Agus Setiawan, 2016: 146)

Pada bangunan bertingkat tidak memungkinkan untuk menjamin kevertikalan kolom secara sempurna dan kolom harus memikul momen lentur yang berasal dari balok, atau juga momen lentur yang timbul akibat gaya-gaya lateral seperti angin atau gempa bumi. Karena alasan-alasan inilah maka dalam proses desain elemen kolom, harus diperhitungkan terhadap aksi simultan antara beban aksial dan momen lentur. (Agus Setiawan, 2016: 156)

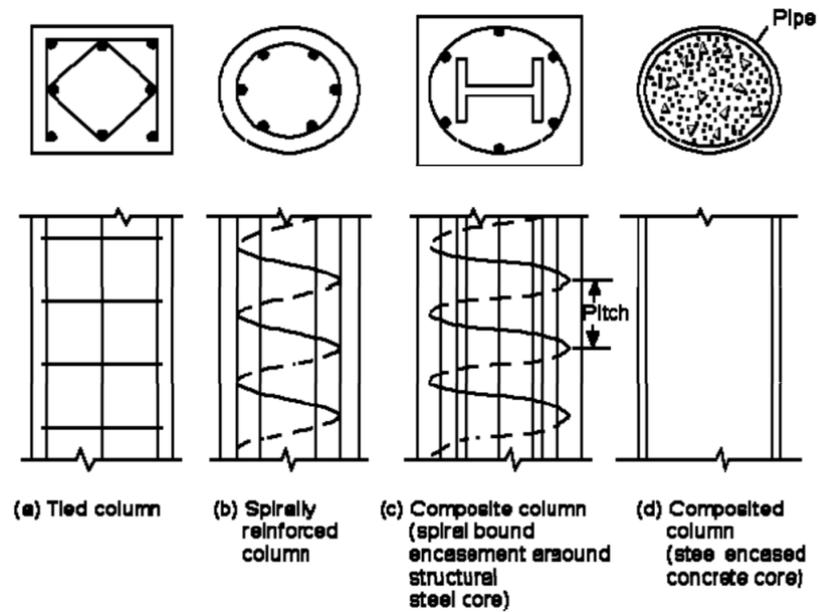
#### a. Jenis Kolom

Secara umum kolom dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori berikut :

- 1) Berdasarkan beban yang bekerja, kolom dapat diklasifikasikan

menjadi:

- (a) Kolom dengan beban aksial beban kolom dianggap bekerja melalui pusat penampang kolom.
  - (b) Kolom dengan beban eksentris beban kolom dianggap bekerja sejarak  $e$  dari pusat penampang kolom. Jarak  $e$  dapat diukur terhadap sumbu  $x$  dan  $y$ , yang menimbulkan momen terhadap sumbu  $x$  ataupun  $y$ .
  - (c) Kolom dengan beban biaksial beban bekerja pada sembarang titik pada penampang kolom, sehingga menimbulkan momen terhadap sumbu  $x$  dan  $y$  secara simultan.
- 2) Berdasarkan panjangnya, kolom dapat dibedakan menjadi:
- (a) Kolom pendek, yaitu jenis kolom yang keruntuhannya diakibatkan oleh hancurnya beton atau luluhnya tulangan baja di bawah kapasitas ultimit dari kolom tersebut.
  - (b) Kolom panjang, jenis kolom yang dalam perencanaannya harus memperhitungkan rasio kelangsingan dan efek tekuk, sehingga kapasitasnya berkurang dibandingkan dengan kolom pendek.
- 3) Berdasarkan bentuk penampangnya kolom dapat berbentuk bujur sangkar, persegi panjang, lingkaran, bentuk L, segi delapan, atau bentuk lainnya dengan ukuran sisi yang mencukupi (lihat gambar 2.16).



Gambar 2.17 Tipe – tipe Kolom Berdasarkan Bentuk Penampang

- 4) Berdasarkan jenis tulangan sengkang yang digunakan :
- (a) Kolom dengan sengkang persegi (dapat juga ditambahkan sengkang ikat/kait) yang mengikat tulangan memanjang/vertikal dari kolom, dan disusun dengan jarak tertentu sepanjang tinggi kolom.
  - (b) Kolom dengan sengkang spiral untuk mengikat tulangan memanjang dan meningkatkan daktilitas kolom. Secara umum tulangan sengkang pada kolom, baik sengkang persegi maupun spiral berfungsi mencegah tekuk pada tulangan memanjang dan mencegah pecahnya selimut beton akibat beban tekan yang besar.
- 5) Berdasarkan kekangan dalam arah lateral
- Kolom dapat menjadi bagian dari suatu portal yang dikekang terhadap goyangan ataupun juga dapat menjadi bagian dari suatu portal bergoyang. Kekangan dalam arah lateral untuk struktur beton

dapat diberikan oleh dinding geser (*shear wall*). Pada portal tak bergoyang, kolom memikul beban gravitasi dan dinding geser memikul beban lateral. Pada portal bergoyang, kolom memikul seluruh beban gravitasi dan beban lateral.

- 6) Berdasarkan materialnya  
 Kolom dapat berupa kolom beton bertulang biasa, kolom beton prategang, atau kolom komposit (terdiri dari beton dan profil baja). Kolom beton bertulang dengan tulangan memanjang berupa tulangan baja merupakan bentuk kolom yang paling umum dijumpai pada struktur bangunan gedung.  
 (Perancangan Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan:146)

Dari semua jenis kolom tersebut, kolom segi empat atau bujur sangkar merupakan jenis yang paling banyak digunakan, karena lebih murah dan mudah pengerjaannya.

#### **b. Langkah – langkah perencanaan kolom**

Adapun langkah kerja dalam perencanaan kolom adalah sebagai berikut:

- 1) Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris berdasarkan kombinasi  $P_u$  dan  $M_u$ . Untuk satu batang kolom dan dua kombinasi pembebanan yaitu pada ujung atas dan ujung bawah pada setiap *freebody*, masing-masing dihitung tulangannya dan diambil yang terbesar.
- 2) Menghitung beban *design* kolom maksimum

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5 R$$

Keterangan :

$U$  = beban terfaktor pada penampang

$D$  = kuat beban aksial akibat beban mati

$L$  = kuat beban aksial akibat beban hidup

$R$  = kuat beban aksial akibat beban hujan

- 3) Menghitung momen *design* kolom maksimum untuk ujung atas dan ujung bawah

$$M_u = 1,2 MDL + 1,6 MLL + 0,5 MR$$

Keterangan :

$M_u$  = momen terfaktor pada penampang

$M_D$  = momen akibat beban mati

$M_L$  = momen akibat beban hidup

$M_R$  = momen akibat beban hujan

- 4) Menghitung nilai kontribusi tetap terhadap deformasi

$$\beta.d = \frac{1,2.D}{(1,2.D + 1,6L + 0,5R)} \dots\dots\dots(SNI 03 2486 2002)$$

Keterangan :

$\beta$  = rasio bentang bersih arah memanjang

$d$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

- 5) Menghitung nilai modulus elastisitas

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'} \text{ MPa} \dots\dots\dots(Gideon : 186)$$

- 6) Menghitung nilai kekakuan kolom dan balok

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

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

$$E.I_k = \frac{E_c.I_g}{2,5(1 + \beta.d)} \rightarrow \text{untuk kolom} \dots\dots\dots(Gideon : 186)$$

$$E.I_b = \frac{E_c.I_g}{5(1 + \beta.d)} \rightarrow \text{untuk balok} \dots\dots\dots(Gideon : 18)$$

- 7) Menghitung nilai eksentrisitas

$$e = \frac{M_U}{P_U} \dots\dots\dots(Gideon : 183)$$

Keterangan :

$e$  = eksentrisitas

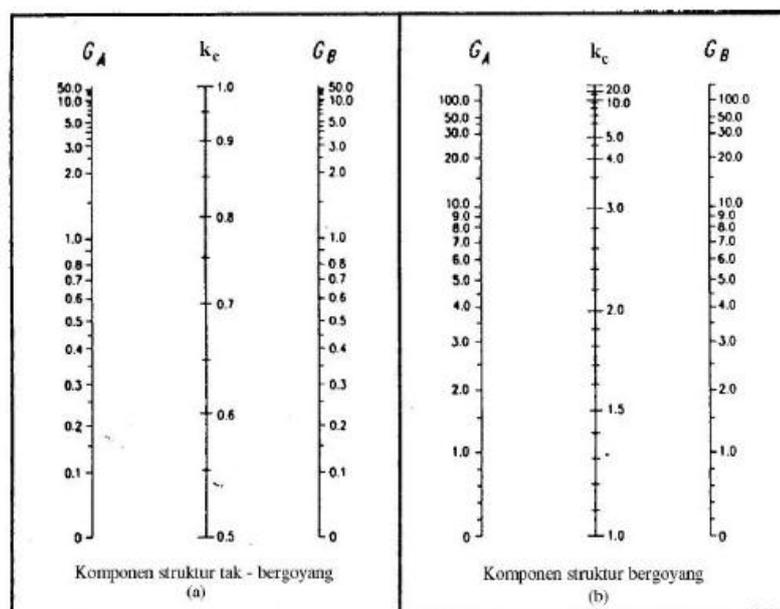
$M_u$  = momen terfaktor yang bekerja pada penampang

$P_u$  = beban aksial terfaktor yang bekerja pada penampang

- 8) Menentukan  $\Psi_a$  dan  $\Psi_b$

$$\Psi = \frac{\sum \frac{E \cdot I_k}{L_k}}{\sum \frac{E \cdot I_b}{L_b}} \dots\dots\dots(Gideon hal.188)$$

- 9) Faktor panjang efektif kolom



Gambar 2.18 Diagram nomogram untuk menentukan tekuk dari kolom

( Sumber : V.C.Vis dan Gideon, 1993 )

- 10) Menghitung angka kelangsingan kolom

Kolom langsing dengan ketentuan :

(a) Rangka tanpa pengaku lateral =  $\frac{Klu}{r} > 22$

(b) Rangka dengan pengaku lateral =  $\frac{Klu}{r} < 34 - 12\left(\frac{M_1-b}{M_2-b}\right)$

Keterangan :

K = faktor panjang efektif komponen struktur tekan nilai k didapat dari nomogram

lu = panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang

r = jari-jari putaran potongan lintang komponen struktur tekan

- 11) Menghitung perbesaran momen

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

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

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

- 12) Menghitung desain penulangan

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{bd} \rightarrow A_s = A_s$$

- 13) Menentukan tulangan yang dipakai

$$\rho = \rho' = \frac{A_{S_{pakai}}}{bd}$$

- 14) Memeriksa Pu terhadap beban seimbang

$$d = h - d^1$$

$$C_b = \frac{600d}{600 + f_y}$$

$$\alpha_b = \beta_1 \times C_b$$

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

$$f_s' = f_y$$

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

(Istimawan hal.324)

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

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

15) Memeriksa kekuatan penampang

(a) Akibat keruntuhan tarik

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

(b) Akibat keruntuhan tekan

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

(Istimawan hal.320-322)

### 2.3.6 Perancangan sloof

Sloof merupakan elemen struktur yang terdapat pada bangunan gedung atau bangunan yang menggunakan pondasi dalam atau pondasi dangkal setempat . Sloof ini sama dengan balok hanya saja letaknya di struktur bawah. Sloof berfungsi sebagai pengaku antara pondasi satu dengan yang lainnya sehingga tingkat kekakuan dari struktur bawah meningkat. Sloof ini balok pengikat (SNI 2847, 2013).

Adapun langkah – langkah perencanaan sloof adalah sebagai berikut :

a. Menentukan mutu beton dan mutu baja serta dimensi sloof

Untuk beton struktural,  $f_c'$  tidak boleh kurang dari 17 MPa. Nilai maksimum  $f_c'$  tidak dibatasi kecuali bilamana dibatasi oleh ketentuan standar tertentu (SNI 2847, 2013 : 1). Dalam perencanaan tinggi minimum

balok yang tidak memperhitungkan lendutan, dapat mengacu pada SNI 2847: 2013 hal 70.

- b. Mengambil momen-momen maksimum yang terjadi pada setiap tingkat portal.
- c. Menghitung penulangan lentur lapangan dan tumpuan  
Adapun langkah – langkah perhitungannya adalah sebagai berikut (Setiawan, 2016: 79).

- 1) Tentukan  $d_{\text{eff}} = h - p - \emptyset - \frac{1}{2} \emptyset$
- 2) Hitung rasio tulangan seimbang,  $\rho_b$ , rasio tulangan maksimum,  $\rho_{\text{maks}}$ , dan rasio tulangan minimum,  $\rho_{\text{min}}$  dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\text{maks}} = \left( \frac{0,0003 + \frac{f_y}{E_s}}{0,008} \right) \rho_b$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} \quad (\text{untuk mutu beton } f'_c \leq 30 \text{ MPa})$$

- 3) Hitung  $R_{u \text{ maks}}$  menggunakan  $\rho_{\text{maks}}$

$$R_{u \text{ maks}} = \phi \rho_{\text{maks}} f_y \left( 1 - \frac{\rho_{\text{maks}} f_y}{1,7 f'_c} \right)$$

- 4) Hitung luas tulangan tunggal maksimum

$$A_{S1} = \rho_{\text{maks}} b d$$

- 5) Hitung kuat momen rencana balok bertulangan tunggal,  $M_{u1}$

$$M_{u1} = R_{u \text{ maks}} b d^2$$

Jika  $M_{u1} < M_u$  , maka diperlukan tulangan tekan

Jika  $M_{u1} > M_u$  , maka tidak diperlukan tulangan tekan

- 6) Jika tidak diperlukan tulangan tekan, maka perhitungan dilanjutkan dengan mencari nilai rasio tulangan ( $\rho$ ) dan luas penampang tulangan yang diperlukan ( $A_{s \text{ perlu}}$ )

$$\rho = \frac{0,85f'_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{4M_u}{1,7\phi f'_c b d^2} \right)} \right]$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho b d$$

- 7) Hitung diameter dan jumlah tulangan yang akan dipakai

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\frac{1}{4} \pi d^2}$$

- d. Menghitung tulangan geser rencana

Adapun langkah – langkah perhitungannya adalah sebagai berikut (Setiawan, 2016: 103).

- 1) Hitung gaya geser ultimit,  $V_u$  dari beban terfaktor yang bekerja pada struktur. Nilai  $V_u$  yang diambil sebagai dasar desain adalah nilai  $V_u$  pada lokasi penampang kritis, yaitu sejarak  $d$  dari muka tumpuan.
- 2) Hitung nilai  $\phi V_c$ ,  $\frac{1}{2} \phi V_c$ 

$$\phi V_c = \phi \left( 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} \right) b_w d$$
- 3) Periksa nilai  $V_u$ 
  - (a) Jika  $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$ , tidak dibutuhkan tulangan geser.
  - (b) Jika  $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$ , dibutuhkan tulangan geser minimum. Dapat digunakan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum ditentukan langkah (7).
  - (c) Jika  $V_u > \phi V_c$ , tulangan geser harus disediakan sesuai langkah (4) hingga (8).

- 4) Hitung gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser

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

- 5) Hitung nilai  $V_{c1}$ ,  $V_{c2}$

$$V_{c1} = 0,33\sqrt{f'_c} b_w d$$

$$V_{c2} = 0,66\sqrt{f'_c} b_w d$$

Apabila  $V_s < V_{c2}$  maka proses desain dapat dilanjutkan ke langkah berikutnya, namun bila  $V_s > V_{c2}$  maka ukuran penampang harus diperbesar.

- 6) Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan:

$$s_1 = \frac{A_v f_{yt} d}{V_s}$$

- 7) Tentukan jarak maksimum tulangan sengkang ( $s_{maks}$ ) sesuai dengan persyaratan dalam SNI 2847: 2013. Jarak maksimum tersebut diambil dari nilai terkecil antara  $s_2$ ,  $s_3$  dan  $s_4$  berikut ini:

(a)  $s_2 = d/2 \leq 600$  mm, jika  $V_s \leq V_{c1}$

$s_2 = d/4 \leq 300$  mm, jika  $V_{c1} < V_s \leq V_{c2}$

(b)  $s_3 = \frac{A_v f_{yt}}{0,35 b_w}$

(c)  $s_4 = 600$  mm

- 8) Apabila nilai  $s_1$  yang dihitung pada langkah (6)  $< s_{maks}$ , maka gunakan jarak sengkang vertikal =  $s_1$ , dan jika  $s_1 > s_{maks}$ , maka gunakan jarak  $s_{maks}$  sebagai jarak antar tulangan sengkang.

- 9) Peraturan tidak mensyaratkan jarak minimum tulangan sengkang. Namun dalam kondisi normal, sebagai tujuan praktis dapat digunakan  $s_{min} = 75$  mm untuk  $d \leq 500$  mm, dan  $s_{min} = 100$  mm untuk  $d > 500$  mm. Jika nilai  $s$  yang diperoleh kecil, maka dapat

ditempuh jalan memperbesar diameter tulangan sengkang atau menggunakan sengkang dengan kaki lebih dari dua.

### 2.3.7 Perancangan pondasi

Pondasi dalam istilah ilmu teknik sipil dapat didefinisikan sebagai bagian dari struktur bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi untuk menyalurkan beban-beban yang diterima dari struktur atas ke lapisan tanah. Pondasi dari suatu struktur pada umumnya terdiri dari satu atau lebih elemen-elemen pondasi. Elemen pondasi adalah elemen transisi antara tanah dan batuan dengan struktur atas ( Agus Setiawan, 2016: 298).

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan jenis pondasi :

- 1) Keadaan tanah pondasi
- 2) Jenis konstruksi bangunan
- 3) Kondisi bangunan disekitar pondasi
- 4) Waktu dan biaya pengerjaan

Secara umum dalam perencanaan pondasi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

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

Pemilihan jenis pondasi pada gedung rektorat ini berdasarkan hasil uji penyelidikan tanah. Tiang pancang bagian-bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton dan/ atau baja, yang digunakan untuk meneruskan (mentransmisikan) beban-beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah dalam massa tanah (Joseph E. Bowles, 1991: 193).

Pondasi tiang pancang ini berfungsi untuk memindahkan atau mentransferkan beban-beban dari konstruksi di atasnya kelapisan tanah yang lebih dalam (Sardjono, 1988: 1).

Penggolongan pondasi tiang sebagai berikut :

- 1) Berdasarkan material tiang yang digunakan
- 2) Berdasarkan teknik pemasangan tiang
- 3) Berdasarkan cara tiang meneruskan beban

*Pile cap* berfungsi untuk menyebarkan beban dari kolom ke tiang-tiang.

Perancangan *pile cap* dilakukan dengan anggapan sebagai berikut ( Teng, 1962)

- 1) Pelat *pile cap* sangat kaku
- 2) Ujung atas tiang menggantung pada *pile cap*. Karena itu, tidak ada momen lentur yang diakibatkan oleh *pile cap*
- 3) Tiang merupakan kolom pendek dan elastis. Karena itu, distribusi tegangan dan deformasi membentuk bidang rata.

#### a. Langkah – langkah perencanaan pondasi

Berikut ini adalah langkah-langkah perhitungan dalam merencanakan pondasi (Sardjono, 1988: 32) :

- 1) Tahanan ujung (*End bearing pile*)

- (a) Terhadap kekuatan bahan pondasi tiang pancang:

$$Q_{\text{bahan}} = 0,3 \times f'c \times A_{\text{tiang}}$$

- (b) Terhadap kekuatan tanah :

Daya dukung ujung tiang ultimit

$$Q = 40 \times N_{60} \cdot (L/D) < 400 \times N_{60}$$

$$Q_{\text{ultimate}} = A_{\text{ujung}} \cdot Q_{\text{maks}} + O \cdot f_{\text{total}}$$

$$Q_{\text{izin}} = \frac{Q_{\text{ult}}}{F}$$

- 2) Menentukan jumlah tiang pancang

$$Q = (P \times 10 \%) + P + \text{berat poer}$$

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

3) Menentukan jarak antar tiang

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

$$S \geq 2,5 - 3,0 D$$

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 satu buah tiang. Nilai efisiensi tiang pancang ( $E_g$ ) dapat di tentukan dengan rumus berikut ini.

$$E_g = 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \left\{ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{mn} \right\}$$

Dimana:

$\theta$  = arc tan B/S (derajat)

B = diameter tiang (m)

S = jarak antar tiang (m)

m = jumlah baris tiang dalam kelompok tiang (buah)

n = jumlah kolom tiang dalam kelompok tiang (buah)

- 5) Menentukan daya dukung grup tiang pancang

$$Q_{ultimit\ grup} = Q_{izin} \cdot n \cdot E_g$$

- 6) Menentukan kemampuan tiang pancang terhadap sumbu X dan Y

$$P_{max} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{My \cdot X_{max}}{ny \cdot \sum X^2} \pm \frac{Mx \cdot Y_{max}}{ny \cdot \sum Y^2}$$

Dimana :

P = Beban yang diterima oleh tiang pancang

$\Sigma$  = Jumlah total beban

Mx = Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu X

My = Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu Y

n = Banyak tiang pancang dalam kelompok tiang (*pilegroup*)

Xmax = Absis terjatuh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang pancang.

Ymax = Ordinat terjatuh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang pancang.

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

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

$\sum X^2$  = Jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang.

$\sum Y^2$  = Jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang.

- 7) Penulangan

Penulangan tiang pancang dihitung berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkatan.

- (a) Menentukan tebal tapak pondasi

$$d_{eff} = h - p - D - \frac{1}{2}D$$

- (b) Menentukan
- $Pu_{Total}$

$$Pu_{Total} = 1,2 Qd + 1,6 Ql$$

- (c) Tinjauan gaya geser 1 arah

Gaya geser terfaktor

$$Vu = n.Pu$$

Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} bw.d$$

$$Vu < \phi.Vc$$

- (d) Tinjauan gaya geser 2 arah

Gaya geser terfaktor

$$Vu = \Sigma Pu$$

Gaya geser nominal

$$\phi V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta c}\right) \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$$

$$Vu < \phi.Vc$$

8) Perhitungan *pile cap*

*Pile cap* merupakan bagian yang mengikat dan mengunci posisi tiang pancang. Langkah-langkah perencanaan *pile cap* adalah sebagai berikut (Agus Setiawan, 2016: 326) :

- (a) Hitung beban terfaktor yang dipikul oleh kolom
- (b) Periksa terhadap geser dua arah di sekitar kolom

$$b_o = 4 (c + d)$$

$b_o$  = keliling dari penampang kritis pada pelat pondasi

$c$  = lebar kolom

$d$  = tinggi efektif penampang

- (c) Nilai kuat geser pons dua arah untuk beton ditentukan dari nilai terkecil antara:

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \lambda \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$$

$$V_{c2} = 0,083 \left( \frac{\alpha_1 d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$$

$$V_{c3} = 0,33 \lambda \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$$

(d) Periksa geser dua arah di sekitar tiang pancang

$b_o = 2$  (jarak as tiang ke tepi pile cap +  $c/2 + d/2$ )

$b_o$  = keliling dari penampang kritis pada pelat pondasi

$c$  = lebar/ diameter tiang pancang

$d$  = tinggi efektif penampang

(e) Desain penampang terhadap lentur

Nilai momen lentur yang digunakan untuk mendesain penulangan pile cap diambil dari reaksi tiang pancang terhadap muka kolom

(f) Hitung nilai  $\rho$

$$\rho = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4M_u}{1,7 \phi f_c' b d^2}} \right]$$

(g) Hitung  $A_s$  perlu dan  $A_s$  min

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$A_{s \text{ min}} = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d$$

Gunakan nilai  $A_s$  terbesar

(h) Hitung jumlah tulangan

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

9) Perhitungan tulangan pasak

(a) Perhitungan tulangan pasak

Kuat tekan rencana kolom

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

$$\phi P_n > P$$

$$A_{s \min} = 0,0058 \times A_g$$

$$n = \frac{A_{s \min}}{\frac{1}{4} \pi \phi d^2}$$

## 2.4 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu. Manajemen proyek dibagi menjadi tiga bagian pekerjaan. Tiga bagian pekerjaan itu adalah rencana kerja dan syarat – syarat (RKS), rencana anggaran biaya (RAB) dan rencana pelaksanaan (Wulfram, 2005: 21).

### 2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat – Syarat (RKS)

Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS) merupakan dokumen penting selain gambar rencana untuk kelengkapan dokumen tender. Keberadaannya sangat menentukan kepentingan dari berbagai pihak yang akan terlibat dalam realisasi pekerjaan, dimulai sejak tahap awal dari proses realisasi ide dari pemilik proyek .(Wulfram, 2005: 200)

Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS) ini diperlukam tidak hanya pada pekerjaan baru saja, namun juga diperlukan untuk pekerjaan perbaikan dan renovasi bangunan, pkerjaan pemeliharaan, dan pekerjaan-pekerjaan lain yang spesifik. (Wulfram, 2005: 200)

Umumnya isi dari RKS terdiri dari lima bagian ;

- 1) Keterangan
- 2) Penjelasan umum
- 3) Peraturan teknis
- 4) Syarat pelaksanaan
- 5) Peraturan administrasi

### 2.4.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah pekerjaan bentuk bangunan yang memenuhi syarat, menentukan biaya, dan menyusun tata cara pelaksanaan teknik dan administrasi. Tujuan rencana anggaran biaya adalah untuk memberikan gambaran yang pasti mengenai bentuk konstruksi, besar biaya, dan pelaksanaan atau penyelesaian.

Adapun langkah – langkah menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah sebagai berikut (Wulfram, 2005: 142):

- a. Melakukan pengumpulan data tentang jenis, harga serta kemampuan pasar menyediakan bahan/ material konstruksi secara kontinu.
- b. Melakukan pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku di daerah lokasi proyek dan atau upah pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.
- c. Melakukan perhitungan analisa bahan dan upah dengan menggunakan analisa yang diyakini baik oleh si pembuat anggaran. Dalam tulisan ini, digumakan perhitungan berdasarkan analisa BOW (*burgelijke openbare werken*)
- d. Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.
- e. Membuat rekapitulasi

### 2.4.3 Rencana pelaksanaan

- a. *Network Planning*

*Network Planning* adalah suatu alat pengendalian pekerjaan dilapangan yang ditandai dengan simbol tertentu berupa urutan kegiatan dalam suatu proyek yang berfungsi untuk memperlancar kegiatan.

Adapun manfaat dan kegunaan penyusunan rencana kerja antara lain (Wulfram, 2005: 154):

- 1) Alat koordinasi bagi pimpinan, dengan menggunakan rencana kerja, pimpinan pelaksanaan pembangunan dapat melakukan koordinasi semua kegiatan yang ada di lapangan.

- 2) Rencana kerja merupakan pedoman terutama dalam kaitannya dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk setiap item pekerjaan.
- 3) Sebagai penilaian kemajuan pekerjaan, ketepatan waktu dari setiap item kegiatan di lapangan dapat dipantau dari rencana pelaksanaan dengan realisasi pelaksanaan di lapangan.
- 4) Sebagai evaluasi pekerjaan, variasi yang ditimbulkan dari pembandingan rencana dan realisasi dapat digunakan sebagai bahan evaluasi untuk menentukan rencana selanjutnya.

Tanda (simbol) yang digunakan pada *network planning diagram* adalah sebagai berikut:

- 1) Anak panah (*arrow*)

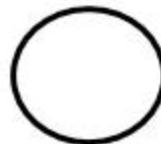
Anak panah menunjukkan hubungan antar kegiatan, demikian juga dicantumkan durasi. Awal busur panah dinyatakan sebagai permulaan kegiatan dan mata panah sebagai akhir kegiatan.



Gambar 2.19 Anak Panah (*Arrow*)

- 2) Lingkaran kecil (*node*)

Lingkaran kecil ini merupakan awal atau ujung dari pertemuan satu atau lebih kegiatan-kegiatan (anak panah). Node diberi nomor urutan.



Gambar 2.20 Lingkaran Kecil (*Node*)

3) Anak panah terputus-putus (*dummy*)

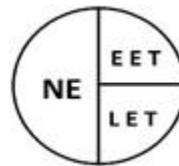
Perbedaan dari kegiatan biasa, dummy tidak menggunakan durasi (no) dan tidak menggunakan sumber daya. Dummy hanya berfungsi sebagai penghubung antar kegiatan.



Gambar 2.21 Anak Panah Terputus- Putus (*Dummy*)

4) *Earliest event time & latest event time*

*Earliest event time* adalah suatu kejadian paling pagi. *latest event time* adalah suatu kejadian paling lambat.



Gambar 2.22 *Earliest Event Time & Latest Event Time*

Beberapa hal yang kiranya dapat digunakan sebagai pedoman dalam pembuatan *network planning diagram* adalah sebagai berikut (Wulfram, 2005: 234):

- 1) Dalam penggambaran, *network diagram* harus jelas dan mudah untuk dibaca.
- 2) Harus dimulai dari event/kejadian dan diakhiri pada event/kejadian.
- 3) Kegiatan disimbolkan dengan anak panah yang digambarkan garis lurus dan boleh patah.
- 4) Dihindari terjadinya perpotongan antar anak panah.
- 5) Di antar dua kejadian, hanya boleh ada satu anak panah.
- 6) Penggunaan kegiatan semu ditunjukkan dengan garis putus-putus dan jumlahnya seperlunya saja

b. *Barchart* dan kurva S

*Barchart* adalah daftar urutan bagian-bagian pekerjaan dan garis-garis lurus menyerupai balok yang menunjukkan perkiraan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan bagian-bagian pekerjaan dalam suatu proyek.

Menurut Abrar Husen (2009:135) kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkannya terhadap jadwal rencana. Dari sinilah diketahui apakah ada keterlambatan atau percepatan jadwal proyek.

Untuk membuat kurva S, jumlah persentase kumulatif bobot masing – masing kegiatan pada suatu periode di antara durasi proyek diplotkan terhadap sumbu vertikal sehingga bila hasilnya dihubungkan dengan garis, akan membentuk kurva S.

Bentuk demikian terjadi karena volume kegiatan pada bagian awal biasanya masih sedikit, kemudian pada pertengahan meningkat dalam jumlah cukup besar, lalu pada akhir proyek volume kegiatan kembali mengecil.

Untuk menentukan bobot pekerjaan, pendekatan yang dilakukan dapat berupa perhitungan persentase berdasarkan biaya per item pekerjaan/ kegiatan dibagi total anggaran atau berdasarkan volume rencana dari komponen kegiatan terhadap volume total kegiatan.