

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Tinjauan Umum**

Proyek konstruksi merupakan rangkaian aktivitas yang berkaitan satu sama dengan yang lainnya dengan capaian suatu tujuan yang memiliki batasan waktu, biaya serta mutu tertentu. Dan untuk melakukan suatu konstruksi bangunan dilakukan terlebih dahulu tahap perancangan.

Perancangan adalah suatu kegiatan yang sangat penting sebelum dilakukannya pelaksanaan proyek. Kesalahan dalam perancangan akan mengakibatkan terjadinya kegiatan dalam suatu proyek. Perancangan yang baik dan sangat matang tidak hanya dapat mengurangi kerugian tetapi juga dalam menghasilkan konstruksi yang baik dan aman serta dapat menghemat waktu dan tenaga dalam pengerjaannya.

### **2.2 Ruang Lingkup Perancangan**

Ruang lingkup perancangan sebuah bangunan meliputi beberapa tahapan yaitu mulai dari tahap persiapan, tahap studi kelayakan, tahap desain bangunan, tahap perhitungan struktur, dan tahap perhitungan biaya.

#### **2.2.1 Tahapan Perancangan (Desain) Konstruksi**

Perencanaan sebuah konstruksi bangunan merupakan sebuah sistem yang dilakukan dengan tahapan tahapan tertentu agar konstruksi yang dihasilkan sesuai dengan tujuan bersama yang ingin dicapai. Adapun tahapan perancangan sebuah konstruksi bangunan antara lain sebagai berikut:

##### **A. Tahap Pra-Perencanaan (*Preliminary Design*)**

Pada tahapan pra-perencanaan ini, ahli struktur harus mampu membantu arsitek untuk memilih komponen-komponen penting pada struktur bangunan yang akan direncanakan, baik dimensinya maupun posisi struktur tersebut. Dan pada pertemuan pertama biasanya arsitek akan datang dan membawa informasi mengenai :

- (1) Sketsa denah, tampak dan potong-potongan gedung.
- (2) Penjelasan dari fungsi setiap lantai dan ruangan.
- (3) Konsep awal gedung
- (4) Rencana dari komponen-komponen non-struktural, misalnya dinding arsitektural yang berfungsi sebagai partisi.

#### B. Tahap perencanaan

Pada tahapan perencanaan ini, kegiatan proyek pembangunan sebuah gedung meliputi beberapa kegiatan, yaitu :

- (1) Perencanaan bentuk arsitektur bangunan

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

- (2) Perencanaan struktur (konstruksi) bangunan

Dalam perencanaan struktur bangunan, perencanaan mulai melakukan perhitungan komponen-komponen struktur berdasarkan bentuk arsitektural yang didapat. perencanaan mulai mendimensikan serta menyesuaikan komponen-komponen struktur lebih spesifik agar memenuhi syarat-syarat konstruksi namun masih berdasarkan prinsip-prinsip efisien dan ekonomis.

Struktur adalah satu kesatuan dan rangkaian dari beberapa elemen yang direncanakan agar mampu menerima beban luar maupun berat sendiri tanpa mengalami perubahan bentuk yang melampaui batas persyaratan yang menjadi kerangka bangunan yang menopang semua beban yang diterima oleh bangunan tersebut.

Adapun dua struktur pendukung selain struktur utamanya beton bertulang, yang biasanya terdapat pada sebuah bangunan yaitu :

- a) Struktur bangunan atas (*upper structure*)

Struktur bangunan harus sanggup mewujudkan perencanaan estetika dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi struktur yaitu keamanan maupun kenyamanan bagi penggunanya.

Untuk itu, bahan bangunan yang akan digunakan sebagai bahan dasar dari konstruksi hendaknya memenuhi kriteria sebagai berikut :

1. Tahan api
2. Kuat
3. Mudah diperoleh, dalam arti tidak memerlukan biaya mobilisasi bahan yang demikian tinggi
4. Awet untuk jangka waktu pemakaian yang lama
5. Ekonomis, dengan perawatan yang relatif mudah

Adapun struktur atas pada suatu bangunan yaitu: struktur pelat lantai, struktur tangga, struktur portal, balok, serta kolom

b) Struktur bangunan bawah (*sub structure*)

Struktur bangunan bawah merupakan sistem pendukung bangunan yang menerima beban struktur atas, untuk diteruskan ke tanah bawahnya.

Adapun struktur atas pada suatu bangunan yaitu: struktur sloof dan pondasi bangunan itu sendiri

### 2.2.2 Dasar-Dasar Perhitungan

Dalam perancangan struktur Bangunan Kuliah Terpadu Politeknik Pariwisata Palembang , Penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang telah ditetapkan dan berlaku di Indonesia. Peraturan-peraturan yang digunakan antara lain:

- A. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (**SNI 2847:2019**). SNI ini merupakan acuan perhitungan struktur yang memuat aturan beton – beton hingga penulangan yang digunakan.
- B. Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (**SNI 1727:2020**). Pedoman ini digunakan untuk menentukan beban minum dalam merancang bangunan gedung dan struktur lain.
- C. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung Tahun **PPURDG 1987**.
- D. Buku desain Struktur Beton Bertulang berdasarkan SNI 2847 : 2019 edisi pertama oleh Yudha Lesmana, digunakan sebagai pedoman perhitungan konstruksi struktur.

Suatu struktur bangunan gedung juga harus direncanakan kekuataannya terhadap suatu pembebanan. Menurut SNI 1727:2020, beban adalah gaya aksi atau lainnya akibat berat seluruh bahan bangunan, penghuni dan barang-barang yang dimilikinya, efek lingkungan, perbedaan pergerakan dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi. Beban – beban 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 terpisahkan dari gedung itu. Selain itu berat sendiri struktur, sistem perpipaan, jaringan listrik, penutup lantai, serta plafond juga termasuk jenis beban mati.

**Tabel 2. 1** Berat Sendiri Bahan Bangunan Gedung

Bahan Bangunan	Berat Sendiri
Baja	7.850 kg/m <sup>3</sup>
Batu alam	2.600 kg/m <sup>3</sup>
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500 kg/m <sup>3</sup>
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m <sup>3</sup>
Batu pecah	1.450 kg/m <sup>3</sup>
Besi tuang	7.250 kg/m <sup>3</sup>
Beton	2.200 kg/m <sup>3</sup>
Beton bertulang	2.400 kg/m <sup>3</sup>
Kayu (Kelas 1)	1.000 kg/m <sup>3</sup>
Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa ayak)	1.650 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan bata merah	1.700 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2.200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu cetak	2.200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu karang	1.450 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (jenuh air)	1.800 kg/m <sup>3</sup>

Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1.850 kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700 kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000 kg/m <sup>3</sup>
Timah hitam (timbel)	11.400 kg/m <sup>3</sup>

(Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987, hal 5)

**Tabel 2. 2** Berat Sendiri Komponen Bangunan Gedung

Adukan, per cm tebal:	
- dari semen	21 kg/m <sup>2</sup>
- dari kapur, semen merah atau tras	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	450 kg/m <sup>2</sup>
- setengah batu	250 kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan batako:	
Berlubang:	
- tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m <sup>2</sup>
- tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/m <sup>2</sup>
Tanpa lubang	
- tebal dinding 15 cm	300 kg/m <sup>2</sup>
- tebal dinding 10 cm	200 kg/m <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup>
- kaca, dengan tebal 3 – 4 mm	10 kg/m <sup>2</sup>
Lantai kayu sederhana 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 24) 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 mm)	11 kg/m <sup>2</sup>

(Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987, hal 5-6)

**Catatan:**

- (1) Nilai ini tidak berlaku untuk beton pengisi.
- (2) Untuk beton getas, beton kejut, beton mampat dan beton padat lain sejenis, berat sejenis, berat sendirinya harus ditentukan tersendiri.
- (3) Nilai ini adalah nilai rata-rata; untuk jenis-jenis kayu tertentu lihat Pedoman Perencanaan Konstruksi Kayu.

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamannya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat digantikan selama masa hidup gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap ke dalamn beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air ke dalam beban hidup tidak termasuk beban angin, beban gempa, dan beban khusus.

**Tabel 2. 3** Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, Lo

Hunian atau Penggunaan	Merata psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat Lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem Lantai akses		
Ruang kantor	50 (2,4)	2 000 (8,9)
Ruang computer	100 (4,79)	2 000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18) <sup>a</sup>	
Ruang pertemuan	60 (2,87)	
Kursi tetap (terikat di lantai)	100 (4,79)	
Lobi	100 (4,79)	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
Panggung pertemuan	150 (7,18)	
Lantai podium	100 (4,79)	
Tribun penonton	60 (2,87)	
Stadion dan arena dengan kursi tetap (terikat di lantai)		
Ruang pertemuan lainnya	100 (4,79)	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak 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)		
Dudukan mesin elevator (pada aera 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 penyelesaian terhadap kebakaran Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
Tangga Permanen	Lihat pasal 4.5.4	
Garasi/parkir (Lihat pasal 4.10) Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92) Lihat Pasal 4.10.2	Lihat Pasal 4.10.1 Lihat Pasal 4.10.2
Susunan tangga, rel pengaman dan batang pegangan	Lihat pasal 4.5.1	
Helipad (Lihat Pasal 4.11) Helikopter dengan berat lepas landas sebesar 3.000 lb (13,35 kN) atau kurang Helikopter dengan berat lepas landas Lebih dari 3.000 lb (13,35 kN)	40 (1,92) 60 (2,87)	Lihat Pasal 4.11.2 Lihat Pasal 4.11.2
Rumah sakit : Ruang operasi, laboratorium Ruang pasien Koridor di atas lantai pertama	60 (2,87) 40 (1,92) 80 (3,83)	1 000 (4,45) 1 000 (4,45) 1 000 (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)	1 000 (4,45) 1 000 (4,45) 1 000 (4,45)
Pabrik Ringan Berat	125 (6,00) 250 (11,97)	2 000 (8,90) 3 000 (13,35)
Gedung perkantoran Ruang arsip dan computer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian Lobi dan koridor lantai pertama kantor Koridor di atas lantai pertama	100 (4,79) 50 (2,40) 80 (3,83)	2 000 (8,90) 2 000 (8,90) 2 000 (8,90)
Lembaga hokum Blok sel Koridor	40 (1,92) 100 (4,79)	
Tempat rekreasi		

Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan yang sama	75 (3,59) <sup>a</sup>	
Bangsai dansa dan Ruang dansa	100 (4,79) <sup>a</sup>	
Gimnasium	100 (4,79) <sup>a</sup>	
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79) <sup>a,k</sup>	
Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87) <sup>a,k</sup>	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)	10 (0,48) <sup>l</sup>	
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa Gudang	20 (0,96) <sup>m</sup>	
Loteng yang tidak dapat didiami dengan Gudang	30 (1,44)	
Loteng yang dapat didiami dan ruang Tidur	40 (1,92)	
Semua ruang kecuali tangga dan Balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya	100 (4,79)	
Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka		
Ruang publik <sup>a</sup> dan koridor yang melayani mereka		
Atap		
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96) <sup>n</sup>	
Atap digunakan untuk taman atap	100 (4,79)	
Atap yang digunakan untuk tujuan lain	Sama seperti hinian dilayani	i
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya		
Awning dan kanopi		
Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24) tidak boleh direduksi	

Rangka tumpu layar penutup	5 (0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributato dari atap yang ditumpu oleh rangka	200 (0,89)
Semua konstruksi lainnya	20 (0,96)	2 000 (8,9)
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan Lantai		
Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi		300 (1,33)
Semua komponen struktur atap utama Lainnya		300 (1,33)
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		
Sekolah		
Ruang kelas	40 (1,92)	1 000 (4,5)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,5)
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	1 000 (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) <sup>a,p</sup>	8 000 (35,6) <sup>q</sup>

Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	300 <sup>r</sup>
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saha	40 (1,92)	300 <sup>r</sup>
Gudang diatas langit-langit	20 (0,96)	
Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat)		
Ringan	125 (6,00) <sup>a</sup>	
Berat	250 (11,97) <sup>a</sup>	
Toko		
Eceran		
Lantai pertama	100 (4,79)	1 000 (4,45)
Lantai diatasnya	75 (3,59)	1 000 (4,45)
Grosir, di semua Lantai	125 (6,00) <sup>a</sup>	1 000 (4,45)
Penghalang kendaraan	Lihat Pasal 4.5	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87) <sup>a</sup>	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan Kaki	100 (4,79) <sup>a</sup>	

(Sumber : SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum : Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur, hal 25-28)

### 2.3 Metode Perhitungan Struktur

Pada Penyelesaian pekerjaan suatu konstruksi bangunan kuliah terpadu, diperlukan beberapa metode perhitungan struktur agar hasil perhitungan dapat menjadi acuan dan konstruksi dapat menahan beban dengan sempurna, baik berupa beban sendiri maupun beban-beban lainnya. Berikut ini adalah struktur bangunan yang memerlukan perhitungan struktur :

#### 2.3.1 Perancangan Pelat Atap dan Pelat Lantai

Pelat lantai adalah elemen horizontal utama yang menyalurkan beban hidup maupun beban mati ke kerangka pendukung vertikal dari suatu system struktur. Elemen-elemen tersebut dapat dibuat sehingga bekerja dalam satu atau bekerja dalam dua arah. Perbedaan pelat atap dan pelat lantai adalah pelat atap merupakan

struktur yang tidak terlindungi dan memiliki ketebalan selimut beton yang lebih besar dibandingkan dengan struktur pelat lantai.

Beban pada pelat atap lebih kecil dibandingkan dengan pelat lantai. Beban pada pelat atap hanya terdiri dari beban mati sendirinya pelat atap, beban hujan, dan beban kemiringan untuk air, sementara pada pelat lantai selain beban mati sendirinya, pelat lantai juga diberi beban dinding dan beban hidup sesuai dengan penggunaan ruang yang ada di atasnya. Adapun beban-beban yang bekerja pada pelat, antara lain :

1. Beban Mati (WD)
  - a. Berat sendiri pelat atap
  - b. Beban yang diterima oleh pelat akibat adanya adukan mortar, plafond dan penggantung plafond

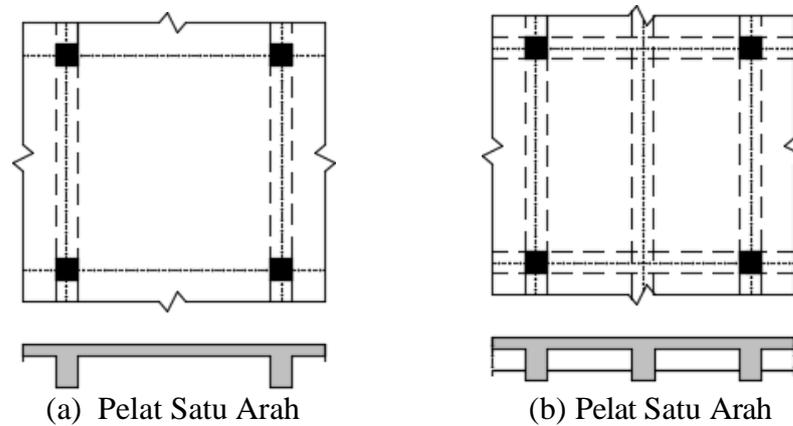
2. Beban Hidup (WL)

Beban hidup untuk pelat atap diambil sebesar  $0,96 \text{ kN/m}^2$  dan pelat lantai sebesar  $1,92 \text{ kN/m}^2$  (Berdasarkan **SNI 1727 tahun 2020** beban hidup untuk rumah sakit)

Jenis Pelat :

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

Pelat satu arah merupakan jenis pelat yang mengalami lendutan pada satu arah sumbunya. Hal ini mengandung arti bahwa tulangan lentur yang digunakan hanya satu arah, sesuai dengan arah lendutan pelat yang terjadi. Dan untuk menentukan pelat tersebut satu arah dengan melihat perbandingan antara bentang bersih terpanjang ( $l_y$ ) dibagi dengan bentang terpendek ( $l_x$ ) dari pelat tersebut  $\frac{l_y}{l_x} > 2$ , Bila nilai yang didapat lebih dari 2 maka pelat tersebut dikategorikan sebagai pelat satu arah



**Gambar 2. 1** Jenis – Jenis Pelat Satu Arah

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

- a. Mengidentifikasi jenis pelat dengan syarat batasnya pelat dua arah, yakni :  
 $\frac{L_y}{L_x} > 2$ , dengan  $L_y$  sebagai sisi pelat terpanjang dan  $L_x$  adalah sisi terpendek pada pelat yang ditinjau.
- b. Penentuan tebal pelat

Ketebalan minimum pelat satu arah yang menggunakan  $f_y = 420$  Mpa sesuai SNI 2847:2019 Tabel 7.3.1.1 harus ditentukan sebagaimana terlihat pada tabel 2.7.

**Tabel 2. 4** Ketebalan Minimum Pelat

Kondisi Tumpuan	$h$ minimum
Tumpuan sederhana	$\ell/20$
Satu ujung menerus	$\ell/24$
Kedua ujung menerus	$\ell/28$
Kantilever	$\ell/10$
Angka ini berlaku untuk beton berat normal dan $f_y = 420$ MPa. Untuk kasus lain, ketebalan minimum harus dimodifikasi sesuai 7.3.1.1.1 hingga 7.3.1.1.3.	

(Sumber : SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, hal 120)

- c. Menghitung beban mati berat sendiri pelat dan kemudian hitung beban rencana total ( $W_U$ ).

$$W_U = 1,2W_D + 1,6W_L \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

$W_D$  = Jumlah beban mati pelat (kN/m)

$W_L$  = Jumlah beban hidup pelat (kN/m)

$W_U$  = Jumlah beban terfaktor (kN/m)

- d. Menghitung momen rencana ( $M_u$ ) baik dengan cara koefisien dan analitis  
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:

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

- e. Memperkirakan tebal efektif ( $d_{eff}$ )

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

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

Selimut beton untuk struktur pelat tidak boleh kurang dari 20 mm, untuk pelat yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca dan tanah. Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

**Tabel 2. 5** Tebal Selimut Beton Minimum

Paparan	Komponen Struktur	Tulangan	Ketebalan Selimut, mm
Dicor dan secara permanen kontak dengan tanah	Semua	Semua	75
Terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Semua	Batang D19 hingga D57	50
		Batang D16, Kawat Ø13 atau D13 dan yang lebih kecil	40
Tidak terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Pelat, pelat berusuk dan dinding	Batang D43 dan D57	40
		Batang D36 dan yang lebih kecil	20
	Balok, kolom, pedestal dan batang Tarik	Tulangan utama, sengkang, sengkang ikat, spiral dan sengkang pengekang	40

(Sumber : SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, hal 460)

f. Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ )

$$\rho = \frac{f_{rc}}{f_y} \left( 0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot Mu}{\phi \cdot f'_{c.b} \cdot d_{eff}^2}} \right) \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

Mu = Momen rencana/terfaktor pada penampang (kN.m)

B = Lebar penampang (mm), diambil tiap 1 meter

d = Tinggi efektif (mm)

$\phi$  = Faktor reduksi rencana

Dalam penggunaan  $\rho$  terdapat ketentuan, yakni  $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

1) Jika  $\rho < \rho_{min}$ , maka menggunakan  $\rho_{min}$  dan As yang digunakan  $A_{smin}$   
 $\rho_{min}$  untuk pelat lantai adalah 0,0018.

2) Jika  $\rho > \rho_{max}$ , maka pelat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang

g. Hitung As (Luas Penampang Tulangan) yang diperlukan

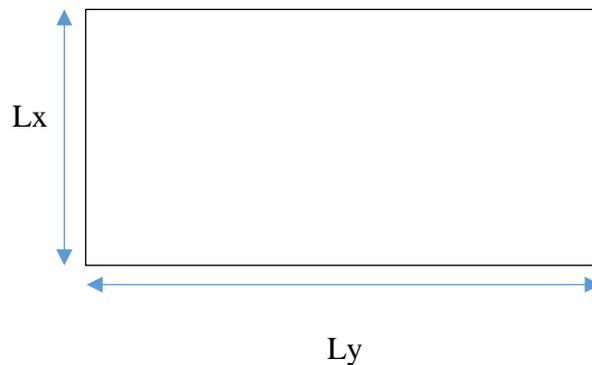
1) As Pakai =  $\rho \cdot b \cdot d$ .....(2.3)

2) As Minimum =  $0,0018 \cdot b \cdot h$ .....(2.4)

(Digunakan 0,0018 karena tulangan yang digunakan merupakan jenis ulir)

## 2. Pelat Dua Arah (*Two Way Slab*)

Pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh balok pada keempat sisinya dan beban-beban ditahan oleh pelat dalam arah yang tegak lurus terhadap balok-balok penunjang (**Dipohusodo,1996**). Suatu pelat dikatakan pelat dua arah apabila  $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$ , dimana  $L_y$  merupakan sisi terpanjang dan  $L_x$  adalah sisi terpendek pelat yang ditinjau.



**Gambar 2. 2** Pelat Dua Arah

Berikut ini adalah langkah-langkah perencanaan struktur pelat dua arah menggunakan metode koefisien momen :

a. Mengidentifikasi jenis pelat dengan syarat batasnya pelat dua arah, yakni :

$\frac{L_y}{L_x} \leq 2$ , dengan  $L_y$  sebagai sisi pelat terpanjang dan  $L_x$  adalah sisi terpendek pada pelat yang ditinjau.

b. Menentukan tebal pelat

Beberapa ketentuannya menurut SNI 2847:2019, sebagai berikut :

1) Untuk  $\alpha_{fm}$  yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan table berikut :

**Tabel 2. 6** Tebal Minimum Pelat Dua Arah

$F_y$ , MPa	Tanpa <i>drop panel</i>			Dengan <i>drop panel</i>		
	Panel Eksterior		Panel Interior	Panel Eksterior		Panel Interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
280	$\ell n/33$	$\ell n/36$	$\ell n/36$	$\ell n/36$	$\ell n/40$	$\ell n/40$
420	$\ell n/30$	$\ell n/33$	$\ell n/33$	$\ell n/33$	$\ell n/36$	$\ell n/36$
520	$\ell n/28$	$\ell n/31$	$\ell n/31$	$\ell n/31$	$\ell n/34$	$\ell n/34$

$\ell n$  adalah jarak bersih ke arah memanjang, diukur dari muka ke muka tumpuan (mm)

Untuk  $F_y$  dengan nilai diantara yang diberikan dalam tabel, ketebalan minimum harus dihitung dengan interpolasi linear

*Drop panel* sesuai 8.2.4

Pelat dengan balok diantara kolom sepanjang tepi eksterior. Panel eksterior harus dianggap tanpa balok pinggir jika  $\alpha_f$  kurang dari 0,8. Nilai  $\alpha_f$  untuk balok tepi harus dihitung sesuai 8.10.2.7

(Sumber : SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, hal 134)

- 2) Untuk  $\alpha_{fm}$  lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0 maka  $h$  tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \dots\dots\dots(2.5)$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

- 3) Untuk  $\alpha_{fm}$  lebih besar dari 0,2 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots(2.6)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

c. Menghitung  $\alpha_{fm}$  masing-masing panel

$$\alpha_{fm} = \frac{l_{balok}}{l_{pelat}} \dots \dots \dots (2.7)$$

$$\alpha_{fm} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{n} \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan :

$l_n$  = Jarak bentang bersih dalam arah panjang diukur dari muka ke muka balok

$h$  = Tebal balok

$\beta$  = Rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap pendek pelat

d. Menghitung beban yang bekerja pada pelat (beban mati dan beban hidup).

Kemudian hasil perhitungan akibat beban mati dan beban hidup dikali dengan faktor beban untuk mendapatkan nilai beban terfaktor.

$$W_U = 1,2W_D +$$

$$1,6W_L \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan :

$W_D$  = Jumlah beban mati pelat (kN/m)

$W_L$  = Jumlah beban hidup pelat (kN/m)

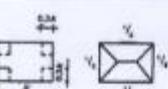
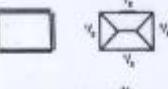
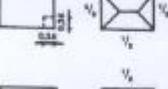
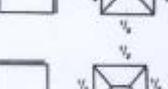
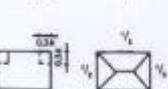
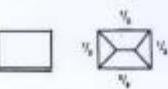
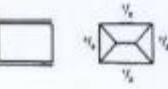
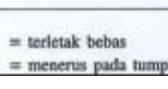
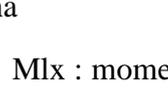
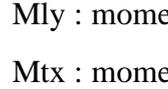
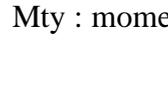
$W_U$  = Jumlah beban terfaktor (kN/m)

e. Menghitung momen rencana ( $M_u$ )

Menghitung momen yang bekerja pada arah x dan y, menurut W.C Vis dan Gideon Kusuma, 1993.

Tabel 2. 7 Koefisien Momen

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

Skema	Penyaluran beban berdasarkan 'metode amplop' kali $w_u$ lebar $l_x$	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
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = \frac{1}{2} m_{lx}$ $m_{ty} = \frac{1}{2} m_{ly}$	41	54	67	79	87	97	110	117
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	41	35	31	28	26	25	24	23
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	25	34	42	49	53	58	62	65
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	25	22	18	15	15	14	14	14
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	30	41	52	61	67	72	80	83
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	30	27	23	22	20	19	19	19
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	68	84	97	106	113	117	122	124
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	68	74	77	77	77	76	73	71
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	24	36	49	63	74	85	103	113
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	33	33	32	29	27	24	21	20
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	69	85	97	105	110	112	112	112
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	33	40	47	52	55	58	62	65
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	24	20	18	17	17	16	16	16
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	69	76	80	82	83	83	83	83
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	31	45	58	71	81	91	106	115
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	39	37	34	30	27	25	24	23
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	91	102	108	111	113	114	114	114
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	39	47	57	64	70	75	81	84
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	31	25	23	21	20	19	19	19
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	91	98	107	113	118	120	124	124
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	25	36	47	57	64	70	79	83
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	28	27	23	20	18	17	16	16
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	54	72	88	100	108	114	121	124
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	60	69	74	76	76	76	73	71
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	28	37	45	50	54	58	62	65
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	25	21	19	18	17	17	16	16
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	60	70	76	80	82	83	83	83
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{tx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ty} = -0,001 w_u l_x^2 x$	54	55	55	54	53	53	51	49

————— = terletak bebas  
 ===== = menerus pada tumpuan

(Sumber :Ir. Gideon H. Kusuma, M.Eng.)

Dimana

- $M_{lx}$  : momen lapangan maksimum per meter lebar arah x
- $M_{ly}$  : momen lapangan maksimum per meter lebar arah y
- $M_{tx}$  : momen tumpuan maksimum per meter lebar arah x
- $M_{ty}$  : momen tumpuan maksimum per meter lebar arah y

f. Memperkirakan tebal efektif ( $d_{eff}$ )

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

$$dy = h - \text{tebal selimut beton} - \emptyset \text{ tulangan arah } x - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah } y$$

Selimut beton untuk struktur pelat tidak boleh kurang dari 20 mm, untuk pelat yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca dan tanah. Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

**Tabel 2. 8** Tebal Selimut Beton Minimum

Paparan	Komponen Struktur	Tulangan	Ketebalan Selimut, mm
Dicor dan secara permanen kontak dengan tanah	Semua	Semua	75
Terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Semua	Batang D19 hingga D57	50
		Batang D16, Kawat $\emptyset$ 13 atau D13 dan yang lebih kecil	40
Tidak terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Pelat, pelat berusuk dan dinding	Batang D43 dan D57	40
		Batang D36 dan yang lebih kecil	20
	Balok, kolom, pedestal dan batang tarik	Tulangan utama, sengkang, sengkang ikat, spiral dan sengkang pengekang	40

(Sumber : SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, hal 460)

g. Menghitung Koefesien tahanan (k perlu )

$$k = \frac{mu}{\phi \cdot b \cdot deff^2} \dots \dots \dots (2.10)$$

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

Mu = Momen terfaktor pada penampang ( KN / m )

b = lebar penampang ( mm ) diambil 1 m

deff = tinggi efektif pelat ( mm )

Ø = faktor Kuat Rencana

h. Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ )

$$\rho = \frac{0,85 \cdot fc'}{fy} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 \cdot fc'}} \right) \dots \dots \dots (2.11)$$

Jika  $\rho > \rho_{min}$  , maka pelat dibuat lebih tebal.

i. Hitung As (Luas Penampang Tulangan) yang diperlukan

$$1) \text{ As Pakai } = \rho \cdot b \cdot deff \dots \dots \dots (2.12)$$

$A_s$  = luas penampang (mm<sup>2</sup>)

$\rho$  = rasio penulangan

B = lebar penampang (mm)

d<sub>eff</sub> = tinggi efektif pelat (mm)

$$2) \text{ As Minimum } = 0,0018 \cdot b \cdot h$$

(Digunakan 0,0018 karena tulangan yang digunakan merupakan jenis ulir)

j. Memilih tulangan baja pokok yang akan dipasang dengan menggunakan tabel. Untuk tulangan pokok harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari 3 kali tebal pelat atau 450 mm.

k. Memilih tulangan baja pokok yang akan dipasang dengan menggunakan tabel. Struktur pelat satu arah, harus disediakan tulangan susut dan suhu yang memiliki arah tegak lurus terhadap tulangan lentur. Persyaratan ini diatur dalam SNI 2847:2019 pasal 24.4.3.2 Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton seperti berikut :

**Tabel 2. 9** Rasio Luas Tulangan Susut Dan Suhu Minimum

Jenis Tulangan	$F_y$ MPa	Rasio Tulangan Minimum
Batang ulir	< 420	0,0020
Batang ulir atau kawat las	$\geq 420$	Terbesar
		dari :
		0,0018 x 420 $f_y$ 0,0014

(Sumber : SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, hal 553)

Kecuali untuk pelat rusuk, maka jarak antar tulangan utama pada pelat tidak tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab atau tidak lebih jauh dari 450 mm.

#### 1. Memasang tulangan

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

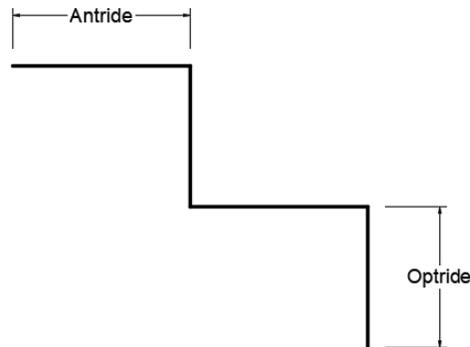
### 2.3.2 Perancangan Tangga

Tangga adalah salah satu bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat penghubung lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan yang bertingkat dalam kegiatan tertentu. Tangga biasanya terbuat dari kayu, pasangan batu, baja, besi, maupun beton. Bagian-bagian tangga antara lain sebagai berikut :

#### 1. Anak Tangga

- a. *Antride*, adalah bagian dari anak tangga pada bidang horizontal yang merupakan bidang tempat kaki berpijak.
- b. *Optrade*, adalah bagian dari anak tangga pada bidang vertikal yang merupakan selisih antara dua buah anak tangga yang berurutan.

Seperti terlihat pada gambar 2.4 dapat dilihat ilustrasi antara *optrade* dan *antride*.



**Gambar 2.3 Anak Tangga (*Antride* dan *Optrade*)**

## 2. Ibu Tangga

Ibu tangga adalah bagian tangga berupa dua batang atau papan miring yang berfungsi menahan kedua ujung anak tangga. Kemiringan ibu tangga sesuai dengan besarnya kelandaian tangga ( $\alpha$ ). Adapun lebarnya ditentukan oleh perencanaan panjang langkah datar dan tinggi langkah tegak ditambah dengan lebar kayu depan dan kayu belakang yang masing-masing minimal 3-4 cm.

## 3. Bordes

Bordes merupakan bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila terasa lelah. Bordes dibuat apabila jarak tempuh tangga sangat panjang yang mempunyai jumlah anak tangga lebih dari 20 buah atau lebar tangga cukup akan tetapi ruangan yang tersedia untuk tangga biasa/rusuk tidak mencukupi. Untuk menentukan panjang bordes ( $L$ ), menggunakan rumus berikut :

$$L = L_n + 1.a \text{ s/d } 2.a \dots \dots \dots (2.13)$$

Keterangan :

$L$  = Panjang bordes

$L_n$  = Ukuran satu langkah normal datar

$a$  = Antride

## 4. Pelengkap Tangga

a. Tiang sandaran, yaitu tiang yang berdiri tegak yang ujung bawahnya tempat memanjatkan ibu tangga dan ujung atasnya sebagai tempat menumpanginya sandaran.

- b. Sandaran (pegangan), yaitu batang yang berfungsi sebagai pegangan tangan bagi yang melintasi tangga yang mempunyai posisi sejajar dengan sisi atas ibu tangga.
- c. Ruji ( *Balustrade* ), yaitu susunan barisan papan-papan tegak yang berfungsi sebagai pagar pengaman agar orang yang menjalani tangga, bila terpeleset tidak langsung jatuh ke samping.

Secara umum, konstruksi tangga harus memenuhi syarat-syarat seperti berikut :

1. Syarat umum tangga

Syarat-syarat umum tangga di antaranya dapat ditinjau dari segi, seperti berikut:

a. Penempatan

- 1) Penempatan tangga diusahakan sehemat mungkin menggunakan ruangan.
- 2) Mudah ditemukan oleh banyak orang dan mendapatkan sinar matahari pada waktu siang hari.
- 3) Diusahakan penempatan tidak mengganggu atau menghalangi lalu lintas orang banyak (untuk tangga di tempat-tempat yang ramai).

b. Kekuatannya

- 1) Bila menggunakan bahan kayu, hendaknya menggunakan kayu kelas I atau II agar nantinya tidak terjadi pelenturan atau goyang.
- 2) Tangga harus kokoh dan stabil (kuat) bila dilalui oleh sejumlah orang dan/atau barang sesuai dengan perencanaan.

c. Bentuknya

- 1) Sudut kemiringan untuk konstruksi tangga tidak boleh lebih dari 45°.
- 2) Bentuk konstruksi tangga diusahakan sederhana, layak, sehingga dapat dikerjakan dengan cepat dan mudah serta hemat biaya.
- 3) Bentuk konstruksi tangga diusahakan rapi dan indah.

2. Syarat-syarat khusus tangga :

Syarat-syarat khusus konstruksi tangga diantaranya sebagai berikut :

a. Untuk bangunan rumah tinggal

- Antride = 25 cm (minimum)
- Optride = 20 cm (maksimum)
- Lebar tangga = 80 – 100 cm

b. Untuk perkantoran dan lain-lain

- Antride = 25 cm (minimum)
- Optride = 17 cm (maksimum)
- Lebar tangga = 120 – 200 cm

c. Syarat langkah

$$2 \text{ opride} + 1 \text{ antride} = 57 \text{ s/d } 65 \text{ cm}$$

d. Sudut kemiringan tangga

- Maksimum =  $45^\circ$
- Minimum =  $20^\circ$

Adapun langkah-langkah perhitungan dalam perencanaan tangga adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan Tangga

a. Menentukan panjang tangga, jumlah antride dengan mengasumsikan tinggi opride

$$\text{Jumlah antride} = \frac{h}{\text{tinggi opride}}$$

b. Menentukan antride dan tinggi opride yang sebenarnya

Tinggi opride sebenarnya =

$$\frac{h}{\text{jumlah opride}} \dots \dots \dots (2.14)$$

$$\text{Antride} = Ln - 2 \text{ opride} \dots \dots \dots (2.15)$$

c. Menentukan sudut kemiringan tangga

$$\text{Arc tan } \theta = \frac{\text{optride}}{\text{antride}} \dots \dots \dots (2.16)$$

d. Menentukan tebal pelat tangga

$$h_{\text{min}} = \frac{1}{28}L \dots \dots \dots (2.17)$$

2. Menentukan pembebanan pada anak tangga

a. Beban Mati ( $W_D$ )

1) Berat anak tangga

Berat satu anak tangga (Q) dalam per m'

$$Q = \frac{1}{2} \times \text{antride} \times \text{optride} \times 1 \text{ m} \times \gamma_{\text{beton}} \times \frac{\text{jumlah anak tangga}}{\text{meter}} \dots\dots\dots(2.18)$$

2) Berat sendiri bordes

Berat pelat bordes = tebal pelat bordes x  $\gamma_{\text{beton}}$  x 1 meter

3) Berat penutup lantai (spesi dan ubin), berat adukan

3. Menghitung gaya-gaya yang bekerja dengan menggunakan program SAP 2000.V14.

4. Perhitungan tulangan tangga dan bordes

a. Memperkirakan tinggi efektif ( $d_{\text{eff}}$ )

$d_{\text{eff}} = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan pokok}$

b. Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ )

$$\rho = \frac{f'c}{f_y} \left( 0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot Mu}{\phi \cdot f'c \cdot b \cdot d_{\text{eff}}^2}} \right) \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan :

Mu = Momen rencana/terfaktor pada penampang (kN.m)

B = Lebar penampang (mm), diambil tiap 1 meter

d = Tinggi efektif (mm)

$\phi$  = Faktor reduksi rencana

Dalam penggunaan  $\rho$  terdapat ketentuan, yakni  $\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{max}}$

1) Jika  $\rho < \rho_{\text{min}}$ , maka menggunakan  $\rho_{\text{min}}$  dan As yang digunakan Asmin  $\rho_{\text{min}}$  untuk pelat lantai adalah 0,0018.

2) Jika  $\rho > \rho_{\text{max}}$ , maka pelat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang

c. Hitung As yang diperlukan

$$As \text{ Pakai} = \rho \cdot b \cdot d_{\text{eff}} \dots\dots\dots(2.20)$$

As = Luas tulangan pokok yang diperlukan oleh pelat untuk memikul momen lentur yang terjadi ( $\text{mm}^2$ )

$\rho$  = Rasio penulangan

d = Tinggi efektif pelat (mm)

d. Memilih tulangan baja pokok. Untuk tulangan susut dan suhu dilakukan perhitungan berdasarkan SNI 2847-2019 Pasal 24.4.3.2 yaitu :

1. Luasan tulangan ulir susut dan suhu minimum terhadap luas penampang beton bruto harus memenuhi batasan-batasan berikut :
  - a) *Slab* yang menggunakan batang tulangan ulir mutu  $< 420$  MPa.....0,0020
  - b) *Slab* yang menggunakan batang tulangan ulir kawat las mutu  $\geq 420$  MPa..... $\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$
  - c) Spasi tulangan susut dan suhu tak boleh melebihi nilai terkecil antara 5h dan 450 mm.
- e. Mengontrol tulangan
 

Untuk mengontrol tulangan dapat ditinjau dari  $A_{smin} \leq A_s \leq A_{smaks}$

  - a. Apabila  $A_s < A_{smin}$  maka digunakan  $A_{smin}$
  - b. Apabila  $A_s > A_{smaks}$  maka pelat dibuat tulangan *double*
- f. Menentukan spasi tulangan

### 2.3.3 Perancangan Portal

Portal merupakan suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sebagai satu kesatuan lengkap yang terdiri dari berat sendiri, peralatan berat gording, beban hidup, dan beban mati. Portal-portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati, portal akibat beban hidup, dan portal akibat beban gempa. Perencanaan portal ini dihitung dengan menggunakan program SAP 2000. Versi 14. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pendimensian portal adalah sebagai berikut:

1. Pendimensian balok dengan tebal minimum balok ditentukan dalam SK SNI 03-2847-2019 adalah untuk balok dengan bentang terpanjang yang memiliki dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum 1/16.
2. Pendimensian kolom dengan bantuan aplikasi SAP 2000 Versi 14
  - a. Analisa pembebanan
  - b. Menentukan gaya-gaya dalam

Dalam menghitung dan menentukan besarnya momen yang bekerja pada suatu struktur bangunan dengan menggunakan bantuan aplikasi *software*. Berikut adalah cara menghitung besarnya momen dengan menggunakan *software* :

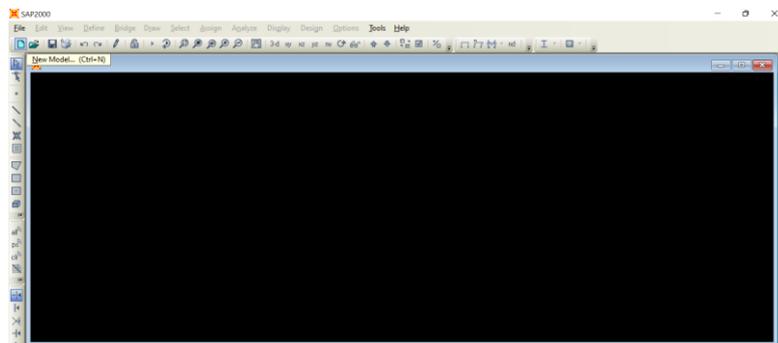
1. Perancangan portal dengan menggunakan SAP 2000 V 14
  - a. Perancangan portal akibat beban mati

Langkah-langkah menentukan pembebanan pada portal adalah sebagai berikut :

    - 1) Beban pelat
    - 2) Beban balok
    - 3) Beban penutup lantai dan adukan
    - 4) Berat belok
    - 5) Berat pasangan dinding (jika ada)
  - b. Perancangan portal akibat beban hidup

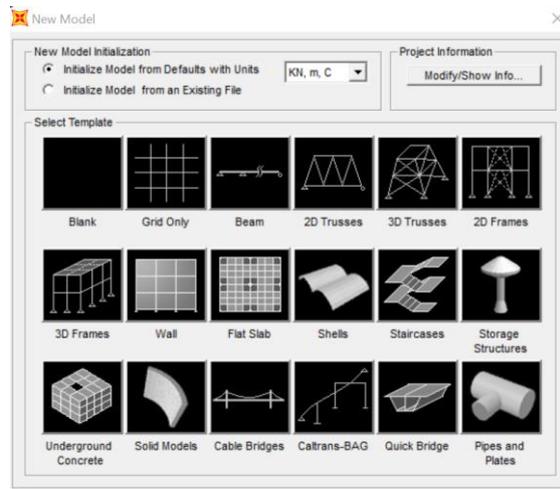
Untuk merencanakan portal akibat beban hidup perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

    - 1) Menentukan pembebanan pada portal
    - 2) Perhitungan akibat beban hidup = perhitungan akibat beban mati
2. Membuat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup
  - a. Klik *New Model* atau **CTRL + N**



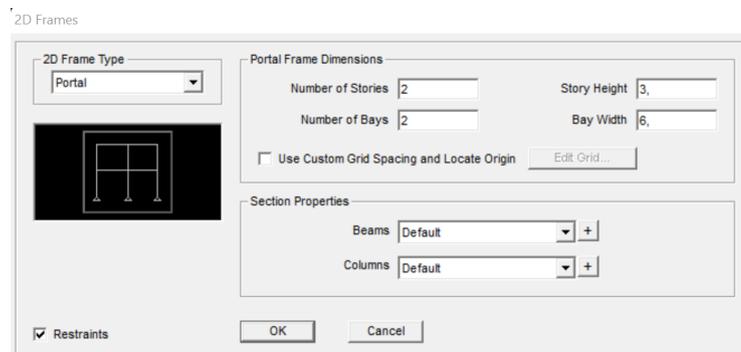
**Gambar 2. 4** Toolbar New Model

- b. Kemudian akan tampil kotak seperti gambar dibawah ini, tetapkan satuan yang akan dipakai (N,mm,c).



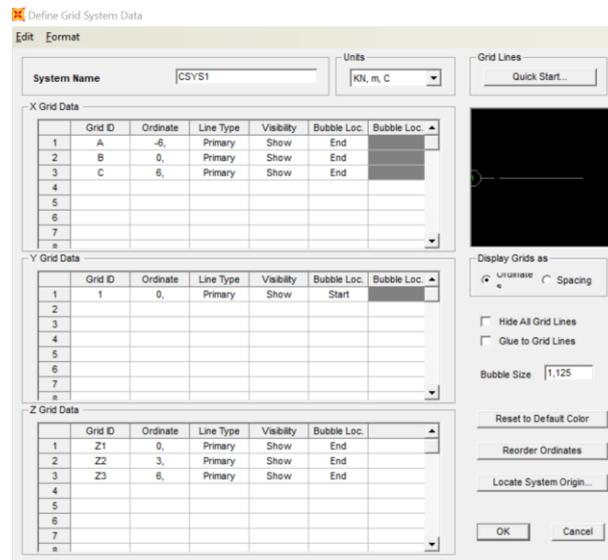
**Gambar 2. 5** Tampilan New Model

- c. Pilih model template *2D frames*, akan muncul jendela seperti gambar dibawah ini, kemudian isikan *Number of stories*, *story height*, *number of bays*, dan *bay width* masukan sesuai data – data perencanaan. Kemudian klik ok.



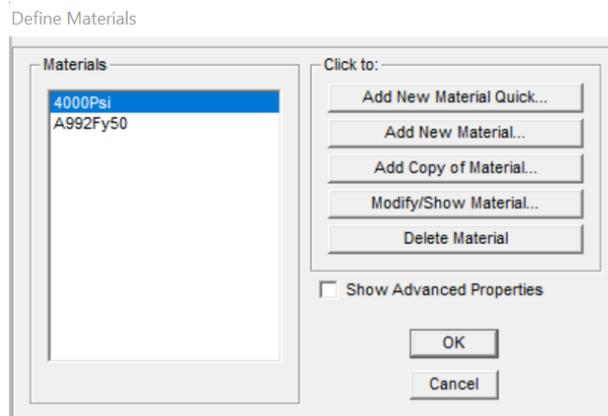
**Gambar 2. 6** Tampilan 2D Frames

- d. Untuk mengatur kembali jarak-jarak pada portal. Dapat dilakukan dengan cara klik 2x pada *grid point* yang terdapat pada portal.



**Gambar 2. 7** Define Grid System Data

3. Menentukan material
  - a. Langkah pertama klik *Define* pada *toolbar* > lalu *klik materials* maka akan muncul jendela *Define materials*.



**Gambar 2. 8** Jendela Define Materials

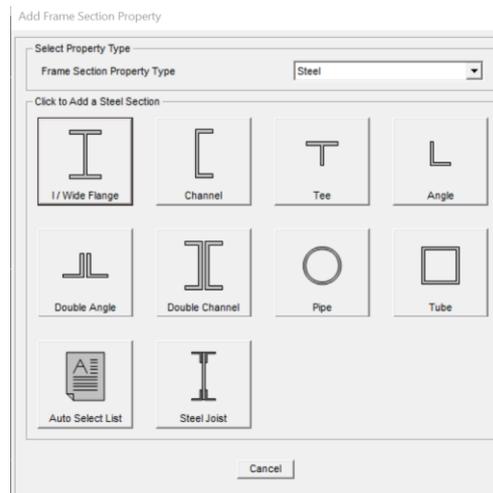
- b. Pilih *add new material*, maka akan muncul jendela *material property data*. Ganti nilai *weight* per unit volume dengan 24 (nilai ini adalah nilai dari berat jenis beton). Ubah nilai *modulus of elasticity* dengan rumus  $4700\sqrt{f_c} \cdot 1000$ , serta ubah juga nilai  $F_c$  dan  $F_y$  sesuai dengan perencanaan dengan masing-masing dikali 1000, klik Ok.

**Gambar 2. 9** Jendela Material Property Data

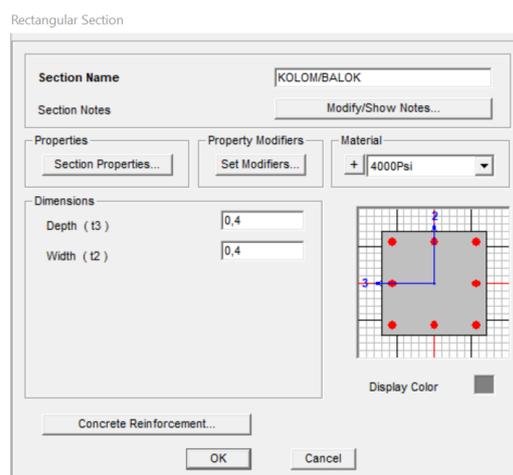
4. Menentukan nilai dimensi kolom dan balok
  - a. Blok frame kolom/balok, lalu pilih menu pada *toolbar*, *define* > *section properties* > *frame section*, setelah memilih menu diatas akan tampil *toolbar frame properties*.

**Gambar 2. 10** Toolbar Frame Properties

- b. Klik *add new property*, maka akan muncul jendela *add frame selection property*. Pada *select property type*, ganti *frame section property type* menjadi *concrete*. Lalu pilih *rectangular* pada *click to add a concrete section* (untuk penampang berbentuk segiempat).



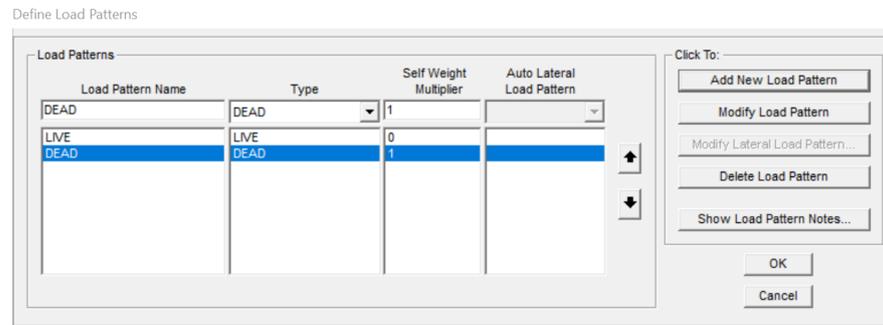
**Gambar 2. 11** Jendela Add Frame Section Property



**Gambar 2. 12** Jendela Rectengular Section

- c. Ganti *section name* dengan nama balok, kolom, ganti ukuran tinggi (*depth*) dan lebar (*width*) balok/kolom sesuai dengan perencanaan. Kemudian klik *concrete reinforcement*, klik *column*, beam lalu klik ok.
  - d. Untuk menentukan *frame* tersebut balok atau kolom yaitu dengan cara memblok *frame* kemudian pada *toolbar* pilih menu *assign - frame/cable/tendon frame section* – pilih balok atau kolom.
5. Membuat cases beban mati, beban hidup.

- a. Pilih menu pada *toolbar*, *define – load pattern* – buat nama pembebanan, tipe pembebanan dan nilai koefisiennya diisi dengan nilai 0. Lalu klik *add new load pattern* lalu klik ok.

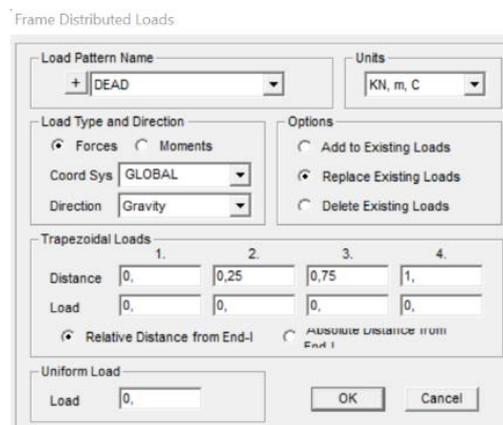


**Gambar 2. 13** Jendela Define Load Patterns

- b. *Input* beban mati, beban hidup

- Akibat beban merata

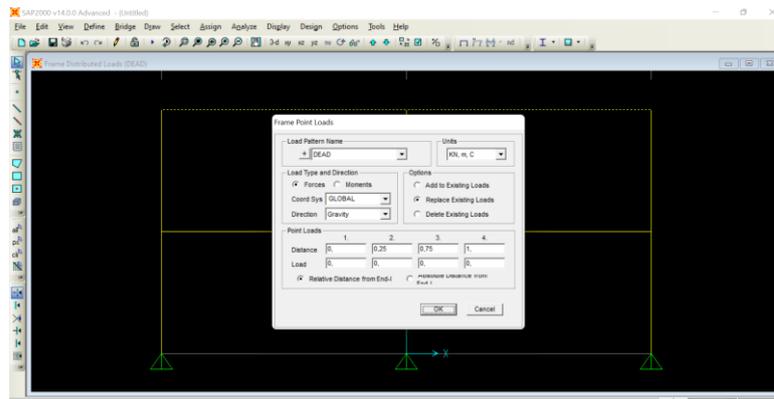
Blok frame yang akan di input, lalu pilih menu pada *toolbar*, *Assign – Frame Loads – Distributed* - pilih beban mati atau beban hidup untuk pembebanan tersebut pada *Load pattern Name* – klik *absolute distance from end-1* (agar dapat mengatur jarak yang diinginkan) – atur jarak (*distance*) di titik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



**Gambar 2. 14** Jendela Frame Distributed Load

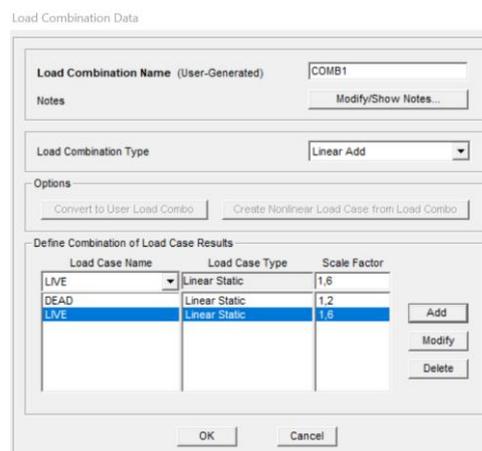
- Akibat beban terpusat

Sama halnya seperti menginput data pada pembebanan merata, hanya saja setelah memilih menu *Frame – selanjutnya yang dipilih adalah Points*. maka akan tampil jendela seperti gambar



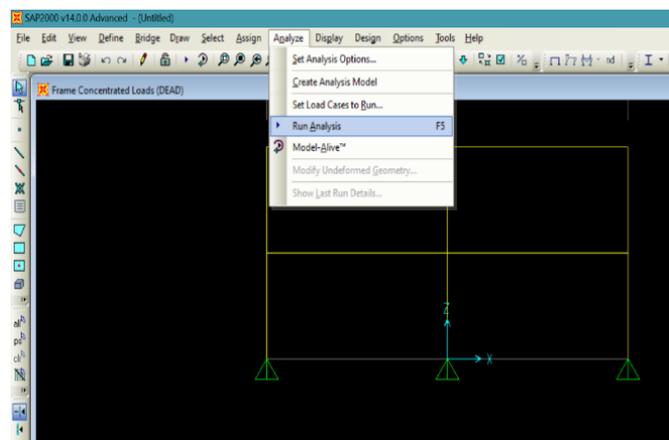
**Gambar 2. 15** Jendela *Frame Point Loads*

6. Input *Load combination* (beban kombinasi) pada menu *toolbar, define – combination – add new combo*, kemudian masukkan beban kombinasinya (dihitung manual).



**Gambar 2. 16** Jendela *Load Combination*

7. *Run Analysis*. Setelah semua beban mati dan beban hidup dimasukkan ke portal, maka portal tersebut siap untuk di analisis dengan menggunakan *Run Analysis* seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 2. 17** Run Analisis

### 2.3.4 Perancangan Balok

Balok merupakan elemen horizontal atau miring yang panjang dengan ukuran lebar serta tinggi yang terbatas. Balok berfungsi untuk menyalurkan beban dari pelat. Pada umumnya balok dicetak secara monolit dengan pelat lantai, sehingga akan membentuk balok penampang T pada interior dan balok penampang L pada balok-balok tepi. Di dalam tinjauan ini, penulis merancang 2 kategori balok, yakni balok anak dan balok induk.

#### 1. Balok Anak

Balok anak adalah balok yang berfungsi sebagai pembagi luasan pelat lantai guna menghindari terjadinya lendutan dan meminimalisasi getaran pada pelat lantai pada saat adanya aktivitas di atasnya. Balok anak umumnya menempel pada balok – balok induk.

#### 2. Balok Induk

Balok induk adalah bagian struktur yang berfungsi sebagai rangka penguat horizontal atau beban – beban yang ada. Balok induk juga merupakan pengikat antar kolom-kolomstruktur.

Adapun langkah – langkah perancangan balok, yaitu :

1. Menentukan mutu beton yang digunakan
2. Menentukan dimensi balok yang akan direncanakan
3. Menghitung pembebanan yang terjadi,yakni:
  - a. Beban Mati (*Dead Load*)
  - b. Beban Hidup (*Live Load*)
  - c. Berat Sendiri Balok
  - d. Berat Sambungan Pelat

4. Menghitung beban ultimate

$$W_U = 1,2 W_D + 1,6W_L \dots\dots\dots(2.21)$$

5. Menghitung momen rencana

$$M_U = 1,2 M_D + 1,6M_L \dots\dots\dots(2.22)$$

6. Periksa dimensi penampang balok

- a. Menentukan  $d_{eff}$

$$d_{eff} = h - p - \phi \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan utama} \dots\dots\dots(2.23)$$

- b. Mencari nilai  $\rho$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots(2.24)$$

(Digunakan untuk mutu beton  $\leq 30$  MPa) atau ;

$$\rho_{min} = \sqrt{\frac{f_c}{4f_y}} \dots\dots\dots(2.25)$$

(Digunakan untuk mutu beton  $> 30$  MPa) atau ;

$$\rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \left( \frac{600}{600+f_y} \right) \dots\dots\dots(2.26)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b \dots\dots\dots(2.27)$$

$$\rho_{hitung} = \frac{f'_c}{f_y} \left( 0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot M_u}{\phi \cdot f'_c \cdot b \cdot d_{eff}^2}} \right) \dots\dots\dots(2.28)$$

Keterangan :

$M_u$  = Momen rencana/terfaktor pada penampang (kN.m)

$b$  = Lebar penampang (mm), diambil tiap 1 meter

$d$  = tinggi efektif (mm)

$\phi$  = Faktor reduksi rencana

Dengan beberapa syarat, seperti:

- a. Jika  $\rho_{min} < \rho_{hitung} < \rho_{max}$  = OKE.
- b. Jika  $\rho_{hitung} < \rho_{min}$ , maka penampang terlalu besar sehingga dimensi balok bisa dikurangi.
- c. Jika  $\rho_{hitung} > \rho_{max}$ , maka penampang terlalu kecil sehingga dimensi balok harus dibesarkan.

7. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

- a. Menentukan  $d_{eff}$

$$d_{eff} = h - p - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan utama} \dots \dots \dots (2.29)$$

- b. Mencari nilai  $\rho$

$$\rho_{hitung} = \frac{f'c}{f_y} \left( 0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot Mu}{\phi \cdot f'c \cdot b \cdot deff^2}} \right) \dots \dots \dots (2.30)$$

Keterangan :

Mu = Momen rencana/terfaktor pada penampang(kN.m)

b = Lebar penampang (mm), diambil tiap 1meter

deff = tinggi efektif(mm)

$\phi$  = Faktor reduksi rencana

- c. Hitung As yang diperlukan

$$As = \rho \cdot b \cdot d \dots \dots \dots (2.31)$$

Keterangan :

As = Luas tulangan yang diperlukan oleh balok untuk memikul momen lentur yang terjadi (mm<sup>2</sup>)

$\rho$  = Rasio penulangan

deff = Tinggi efektif pelat

- d. Menentukan diameter tulangan yang dipakai dengan syarat As terpasang  $\geq$  As direncanakan

8. Perencanaan tulangan geser

- a.  $V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'c} b_w d$

(SNI 2847:2019 halaman 190)

Tulangan geser diperlukan apabila  $V_u > \frac{1}{2} \emptyset V_c$ . Tulangan geser minimum dipakai apabila nilai  $V_u$  melebihi  $\frac{1}{2} V_c$  tapi kurang dari  $\emptyset V_c$ . Biasanya

dapat digunakan tulangan berdiameter 10 mm yang diletakkan dengan jarak maksimum. Apabila nilai  $V_u > \phi V_c$  maka kebutuhan tulangan geser harus dihitung.

- b. Gaya geser  $V_u$  yang dihasilkan oleh beban terfaktor harus kurang atau sama dengan kuat geser nominal dikalikan dengan faktor reduksi  $\phi$  atau

$$V_u < \phi V_n$$

Dimana  $V_n = V_c + V_s$

(SNI 2847:2019 halaman 482)

Sehingga

$$V_u < \phi (V_c + V_s) \dots\dots\dots(2.32)$$

Dengan besar faktor reduksi ( $\phi$ ) untuk geser adalah sebesar 0,75.

- c. Luas minimum tulangan geser

Luas minimum tulangan geser  $A_{v_{min}}$  harus disediakan pada semua penampang dimana,  $V_u > 0,5 \phi V_c$ , kecuali untuk kasus dibawah. Untuk kasus ini, sekurang-kurangnya  $A_{v_{min}}$  harus dipasang dimana  $V_u > \phi V_c$ .

**Tabel 2. 10** Kasus dimana  $A_v$  min tidak diperlukan jika  $0,5 \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$

Tipe balok	Kondisi
Balok tipis	$h \leq 250$ mm
Menyatu dengan pelat	$h \leq$ terbesar dan $2,5f_y$ atau $0,5 b_w$ dan $h \leq 600$ mm
Dibangun dengan beton bobot normal bertulangan serat baja sesuai 26.4.1.5.1 (a). 26.4.2.2. (d) dan 26.12.5.1. (a0 dan dengan $f_c' \leq 40$ MPa	$h \leq 600$ mm dan $V_u \leq \phi 0,17 \sqrt{f_c' b_w d}$
Sistem pelat berusuk satu arah	Sesuai dengan 9.8

(Sumber : SNI 2847:2019 pasal 9.6.3.1 hal 190)

$$A_{v_{min}} = 0,0062 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left( \frac{b_w \cdot S}{F_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot b_w \cdot S}{F_{yt}}$$

(SNI 2847:2019 hal 216)

d. Jarak maksimum tulangan geser

Jika  $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$ , maka  $S = \frac{d}{2}$  atau 600 mm

Jika  $V_s > 0,33 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$ , maka  $S = \frac{d}{4}$  atau 300 mm

(SNI 2847:2019 halaman 202)

Dengan batasan kebutuhan luas tulangan geser :

$$S_{\max} = \frac{A_v \cdot F_{yt}}{0,0062 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w} \dots\dots\dots(2.33)$$

untuk  $f'_c > 30$  Mpa

$$S_{\max} = \frac{A_v \cdot F_{yt}}{0,035 \cdot b_w} \dots\dots\dots(2.34)$$

untuk  $f'_c \leq 30$  Mpa

Sehingga untuk sengkang vertikal dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s} \dots\dots\dots(2.35)$$

Keterangan :

$V_c$  = Kuat geser nominal yang disumbangkan beton

$V_u$  = Kuat geser terfaktor pada penampang

$V_n$  = Kuat geser nominal

$V_s$  = Kuat geser nominal yang disumbangkan tulangangeser

$A_v$  = Luas tulangan geser pada daerah sejarak

$A_v$  =  $2 A_s$ , dimana  $A_s$  = Luas penampang batang tulangan sengkang

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

$f_y$  = mutu baja

### 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 terkecil sebesar 3 atau lebih. Kolom memikul beban vertikal yang berasal dari pelat lantai atau atap dan menyalurkan ke pondasi.

Secara umum kolom dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori sebagai berikut :

1. Berdasarkan beban yang bekerja, kolom diklasifikasikan menjadi:
  - a. Kolom dengan beban aksial
  - b. Kolom dengan beban eksentris uniaksial
  - c. Kolom dengan beban biaksial
2. Berdasarkan panjangnya, kolom dibedakan menjadi:
  - a. Kolom panjang
  - b. Kolom pendek
3. Berdasarkan bentuk penampangnya, kolom dapat berbentuk bujur sangkar, segi delapan, persegi panjang, lingkaran, bentuk L, dan bentuk lainnya dengan ukuran sisi yang mencukupi.
4. Berdasarkan jenis tulangan sengkang yang digunakan dibedakan menjadi kolom dengan sengkang persegi dan kolom dengan sengkang spiral.
5. Berdasarkan kekangan dalam arah lateral, kolom dapat menjadi bagian dari suatu portal yang dikekang terhadap goyangan atau pun juga dapat menjadi bagian dari suatu portal bergoyang.
6. Berdasarkan materialnya, kolom dapat berupa kolom beton bertulang biasa, kolom beton prategang, atau kolom komposit ( terdiri dari beton dan profil baja).

Prosuder perhitungan struktur kolom:

1. Cek dimensi penampang
  - a. Menentukan  $d_{\text{eff}} = h - p - \emptyset$  sengkang  $- \frac{1}{2} \emptyset$  tulangan utama
  - b. Memeriksa  $P_u$  terhadap beban seimbang
 
$$d = h - d' \dots\dots\dots(2.36)$$

$$C_b = \frac{600d}{600 + f_y} \dots\dots\dots(2.37)$$

$$a_b = \beta_1 \times C_b \dots\dots\dots(2.38)$$

$$f_s' = \left( \frac{c_b - d}{c_b} \right) \times 0,003 \dots\dots\dots(2.39)$$

$$f_s' = f_y$$

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

**(Dipohusodo : 324)**

Ø  $P_n > P_u \rightarrow$  beton hancur pada daerah tarik

Ø  $P_n < P_u \rightarrow$  beton hancur pada daerah tekan

## c. Memeriksa kekuatan penampang

## 1) Akibat keruntuhan tarik

$$P_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \left[ \left( \frac{h}{2} - e \right)^2 + \frac{2 \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - d')}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \right] \dots \dots \dots (2.40)$$

## 2) Akibat keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{A_s' f_y}{\left( \frac{e}{d - d'} \right) + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\left( \frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} \right) + 1,18} \dots \dots \dots (2.41)$$

## 2. Perhitungan tulangan

a. Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris berdasarkan kombinasi  $P_u$  dan  $M_u$  dari hasil perhitungan SAP diportal

- Gaya aksial design kolom

$$P_u = 1,4 D$$

$$P_u = 1,4 D + 1,6 L$$

$$P_u = 1,2 D + 1,0 L + 1,0 w$$

(Sumber : SNI 03-2847-2019)

- Momen design kolom maksimum

$$M_u = 1,4 D$$

$$M_u = 1,2 DL + 1,6 LL$$

$$M_u = 1,2 DL + 1,0 LL + 1,0 w$$

(Sumber : SNI 03-2847-2019)

## b. Perhitungan nilai eksentrisitas terhadap arah x dan y

$$e = \frac{M_u}{P_u}$$

(Dispohusodo, hal 302)

Keterangan :

$M_u$  = momen terfaktor yang bekerja pada penampang

$P_u$  = beban aksial yang bekerja pada penampang

$E$  = nilai eksentrisitas

c. Modulus elastisitas beton

$$E_c = 4700 \sqrt{F_c'}$$

(Sumber : Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2019, hal 434)

d. Nilai kekakuan

$$I_g = 1/12 bh^3$$

$$I_c = 0,070 I_g \text{ (kolom)}$$

$$I_b = 0,35 I_g \text{ (balok)}$$

(Sumber : SNI 2847:2019, hal 102)

$$\frac{EI}{L_c} = \frac{E_c \cdot I_g}{2,5 (1 + \beta \cdot d)}, \text{ untuk kolom}$$

$$\frac{EI}{L_b} = \frac{E_c \cdot I_g}{5 (1 + \beta \cdot d)}, \text{ untuk balok}$$

e. Menentukan nilai  $K_n$  dan  $R_n$

$$K_n = \frac{P_n}{\phi \cdot F_c' \cdot A_g}$$

$$R_n = \frac{P_n \cdot e}{F_c' \cdot A_g \cdot h}$$

f. Menghitung nilai eksentrisitas terhadap arah x dan y

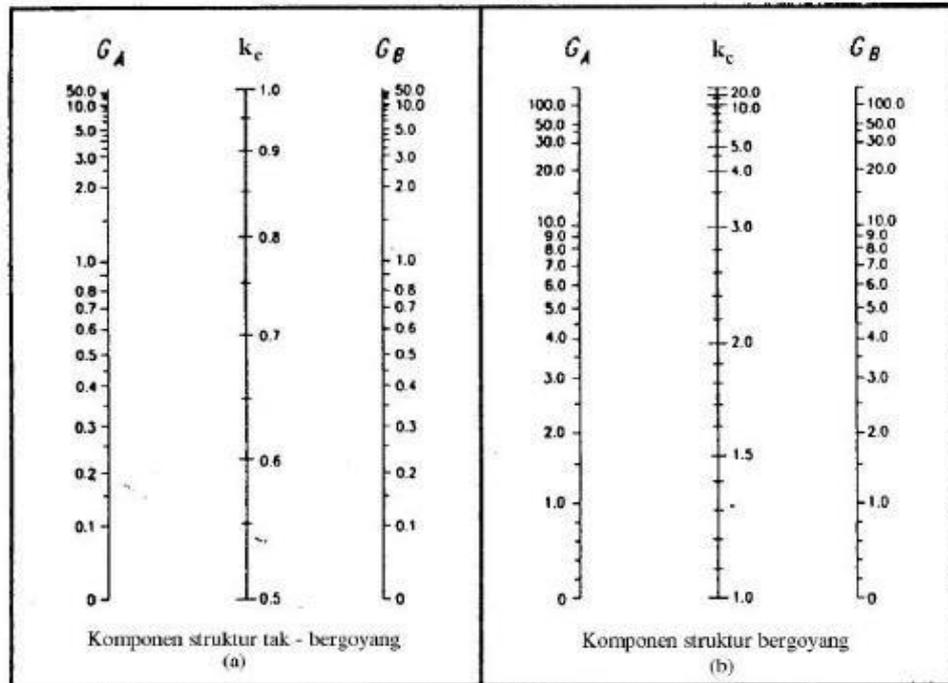
$$e_{ux} = \frac{M_{ux}}{\sum P_u} > e_{uy} = \frac{M_{uy}}{\sum P_u}, \text{ maka perhitungan kolom melihat arah x}$$

$$e_{ux} = \frac{M_{ux}}{\sum P_u} < e_{uy} = \frac{M_{uy}}{\sum P_u}, \text{ maka perhitungan kolom melihat arah y}$$

g. Tentukan apakah portal termasuk portal bergoyang atau tidak bergoyang, tentukan faktor panjang efektif (k) dan panjang tak terkekang (lu)

Nilai k ditentukan dengan menggunakan nomogram pada **gambar 2.23** dengan terlebih dahulu menghitung faktor tahanan ujung  $\Psi_A$  dan  $\Psi_B$  pada sisi atas dan bawah dari kolom, yaitu :

$$\Psi = \frac{\sum EI / lc \text{ kolom}}{\sum EI / lc \text{ balok}}$$



(Sumber : Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2019, hal 93)

**Gambar 2. 18** Diagram Nomogram untuk Menentukan Tekuk dari Kolom

h. Batas rasio kelangsingan

Efek kelangsingan boleh diabaikan untuk :

- 1) Elemen struktur tekan bergoyang, apabila  $\frac{Klu}{r} \leq 22$
- 2) Elemen struktur tekan tak bergoyang, apabila  $\frac{Klu}{r} \leq 34 + 12 \left( \frac{M1}{M2} \right) \leq 40$   
(SNI 2847:2019 halaman 91)

Keterangan :

k = Faktor panjang efektif

lu = Panjang takterkekang

r = jari – jari girasi penampang yang dapat diambil sebesar 0,3 h untuk penampang persegi dan 0,25 kali diameter untuk lingkaran

i. Menghitung kekakuan kolom (EI), beban tekuk euler (Pc), dan Cm

$$EI = \frac{0,2 E_c I_g + E_s I_{se}}{1 + \beta_{dns}} \dots\dots\dots(2.42)$$

Atau

$$EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \dots \dots \dots (2.43)$$

(SNI 2847:2019 halaman 107)

Keterangan :

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c}$$

$$E_s = 200000 \text{MPa}$$

$I_g$  = Momen inersia bruto penampang terhadap sumbu yang ditinjau

$I_{se}$  = Momen inersia tulangan baja

Untuk portal bergoyang nilai  $\beta_{dns}$  dapat diambil sama dengan nol. Untuk portal tidak bergoyang menggunakan rumus :

$$\beta_{dns} = \frac{\text{beban tetap aksial terfaktor maksimum}}{\text{beban aksial terfaktor maksimum}} = \frac{1,2D}{1,2D + 1,6L} \dots \dots \dots (2.44)$$

$$P_c = \frac{\pi^2 E I_k}{(k \cdot l_u)^2} \dots \dots \dots (2.45)$$

$$C_m = 0,6 + \frac{0,4 M_1}{M_2} \geq 0,4$$

(SNI 2847:2019 halaman 108)

j. Menghitung faktor perbesaran momen  $\delta_{ns}$

Faktor perbesaran momen untuk portal tidak bergoyang :

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 \sum P_c}} \geq 1$$

Faktor perbesaran momen untuk portal bergoyang :

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{0,75 \sum P_c}} \geq 1$$

(SNI 2847:2019 halaman 110)

$$\sum P_u = n_{\text{interior}} (P_{u\text{Lintang}} + P_{u\text{PanjangInterior}}) + \frac{2}{3} n_{\text{ekterior}} (P_{u\text{Lintang}} + P_{u\text{PanjangEkterior}})$$

$$\frac{1}{3} n_{\text{ekterior}} (P_{u\text{Lintang}} + P_{u\text{PanjangEkterior}})$$

$$\sum P_u = (n_{\text{interior}} \cdot P_c) + \left(\frac{2}{3} n_{\text{ekterior}} (n_{\text{ekterior}} \cdot p_c)\right)$$

k. Menghitung  $M_c$  (momen rencana yang diperbesar)

Portal tidak bergoyang

$$M_c = \delta_{ns} M_2 \text{ (dengan } M_2 \text{ adalah momen ujung terfaktor yang terbesar)}$$

Portal bergoyang

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

(SNI 2847:2019 halaman 110)

Apabila momen ujung  $M_2$  lebih besar dari  $M_1$  yang dihasilkan dari analisis struktur, maka momen yang digunakan untuk desain kolom adalah :

$$M_c = M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \dots \dots \dots (2.46)$$

Keterangan :

$M_c$  = momen terfaktor order pertama

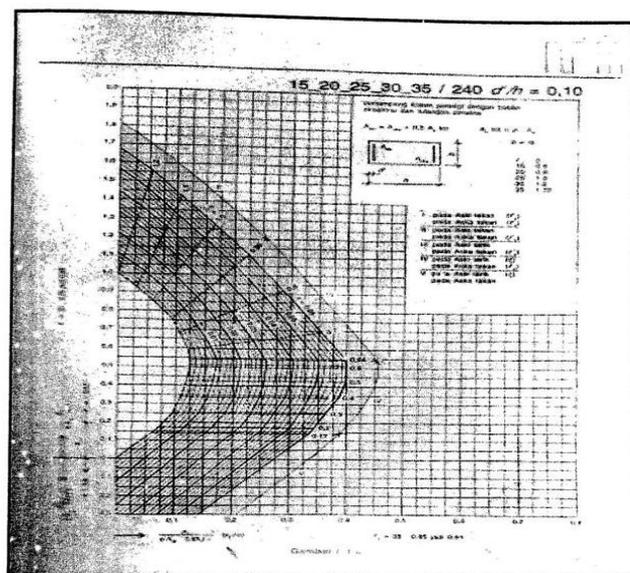
$M_{2ns}$  = momen kolom terbesar pada struktur rangka tanpa pengaku

$M_{2s}$  = momen kolom terbesar akibat goyangan ke samping pada struktur rangka tanpa pengaku

1. Desain Penulangan

- a. Menghitung besar beban yang bekerja pada kolom, nilai  $\rho$  taksiran 1% - 8%.

**Tabel 2. 11** Tabel  $\rho_g$  Vis dan Gideon Seri 4 (1993:81-82)



$\rho_g = 0,001 < \rho_{min} = 0,01$ . Maka dipakai  $\rho_{min}$

$\rho = \rho_{min} . \beta$

$$\rho = \rho'$$

- b. Menghitung  $A_s = A_s' = \rho \times b \times d$   
 c. Menentukan tulangan yang akan digunakan

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{b \cdot d} \dots \dots \dots (2.47)$$

(Dispohusodo, hal 323)

Keterangan :

$A_s$  = luas tulangan tarik non-prategang

$A_s'$  = luas tulangan tarik non-prategang

$\rho$  = rasio tulangan tarik non-prategang

$\rho'$  = rasio penulangan tekan non-prategang

$b$  = lebar daerah tekan komponen struktur

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

- d. Memeriksa  $P_u$  terhadap beban seimbang

$$C_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d_{\text{eff}}$$

$$A_b = \beta_1 \times C_b$$

$$F_c' > 28 \text{ MPa dan } f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,005 \frac{F_c' - 28}{7}$$

$$F_s' = \frac{C_b - d}{C_b} \times 0,003 f_y \text{ (Tulangan tekan sudah Luluh)}$$

$$F_s' = F_y$$

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

(Dispohusodo, hal 324)

$\phi P_n < P_u$ , beton hancur didaerah tekan

$\phi P_n > P_u$ , beton hancur didaerah tarik

- e. Memeriksa kekuatan penampang

– Akibat keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{A_s' f_y}{\frac{e}{(d - d')} + 0,50} + \frac{b \cdot h \cdot F_c'}{\frac{3h \cdot e}{d^2} + 1,18}$$

– Akibat keruntuhan tarik

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

(Dispohusodo, hal 320 dan 322)

### 2.3.6 Perancangan Sloof

Sloof adalah struktur bangunan yang terletak di atas pondasi bangunan. Sloof berfungsi mendistribusikan beban dari bangunan atas ke pondasi, sehingga beban yang tersalurkan setiap titik di pondasi tersebar merata. Selain itu sloof juga berfungsi sebagai pengunci dinding dan kolom agar tidak roboh apabila terjadi pergerakan tanah.

Adapun langkah – langkah perhitungan dalam merencanakan sloof :

#### 1. Cek dimensi penampang sloof

##### a. Menghitung momen rencana

$$Mu = 1,4 \times M$$

Nilai M didapat dari momen akibat beban mati diperhitungan SAP Sloof

##### b. Cek dimensi

1) Menentukan  $d_{eff} = h - p - \phi$  sengkang –  $\frac{1}{2} \phi$  tulangan utama

2) Menghitung nilai  $\rho$

$$\rho_{hitung} = \frac{f'c}{f_y} \left( 0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot Mu}{\phi \cdot f'c \cdot b \cdot d_{eff}^2}} \right) \dots\dots\dots(2.48)$$

Keterangan :

Mu = Momen rencana/terfaktor pada penampang (kN.m)

B = Lebar penampang (mm), diambil tiap 1 meter

d = Tinggi efektif (mm)

$\phi$  = Faktor reduksi rencana

Dengan syarat jika  $\rho_{min} < \rho_{hitung} < \rho_{max}$  (OKE)

Jika  $\rho_{hitung} < \rho_{min}$ , maka penampang terlalu besar sehingga dimensi balok bisa dikurangi. Sedangkan jika  $\rho_{hitung} > \rho_{max}$ , maka penampang terlalu kecil sehingga dimensi balok harus dibesarkan.

#### 2. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

##### a. Hitung As yang diperlukan

$$As = b \cdot d_{eff} \cdot \rho_{hitung} \dots\dots\dots(2.49)$$

Dimana :

$A_s$  = Luas tulangan yang diperlukan oleh balok untuk memikul momen lentur yang terjadi ( $\text{mm}^2$ )

$\rho$  = Rasio Penulangan

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

b. Menentukan diameter tulangan yang dipakai dengan syarat  $A_s$  terpasang  $\geq A_s$  direncanakan

3. Perancangan tulangan geser

a.  $V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'c} bw d$

(Sumber : SNI 03-2847-2019 pasal 22.5.5.1, hal 485)

Tulangan geser diperlukan apabila  $V_u > \frac{1}{2} \emptyset V_c$ . Tulangan geser minimum dipakai apabila nilai  $V_u$  melebihi  $\frac{1}{2} \emptyset V_c$  tapi kurang dari  $\emptyset V_c$ . Biasanya dapat digunakan tulangan berdiameter 10 mm yang diletakkan dengan jarak maksimum. Apabila nilai  $V_u > \emptyset V_c$  maka kebutuhan tulangan geser harus dihitung.

b. Gaya geser  $V_u$  yang dihasilkan oleh beban terfaktor harus kurang atau sama dengan kuat geser nominal dikalikan dengan faktor reduksi  $\emptyset$ , atau

$$V_u < \emptyset V_n$$

Dimana  $V_n = V_c + V_s$

(SNI 2847:2019 halaman 482)

Sehingga

$$V_u < \emptyset (V_c + V_s)$$

Dengan besar faktor reduksi ( $\emptyset$ ) untuk geser adalah sebesar 0,75.

(SNI 03-2487-2019 Tabel 21.2.1)

c. Luas minimum tulangan geser

$$A_{v \text{ min}} = 0,0062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \left( \frac{bw \cdot S}{F_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot bw \cdot S}{F_{yt}}$$

(SNI 2847:2019 hal 216)

d. Jarak maksimum tulangan geser

Jika  $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d$ , maka  $S = \frac{d}{2}$  atau 600 mm

Jika  $V_s > 0,33 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d$ , maka  $S = \frac{d}{4}$  atau 300 mm

(SNI 2847:2019 halaman 202)

Dengan batasan kebutuhan luas tulangan geser :

$$S_{\max} = \frac{A_v \cdot F_{yt}}{0,0062 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w}, \text{ untuk } f'_c > 30 \text{ Mpa}$$

$$S_{\max} = \frac{A_v \cdot F_{yt}}{0,035 \cdot b_w}, \text{ untuk } f'_c \leq 30 \text{ Mpa}$$

Sehingga untuk sengkang vertikal dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s} \dots \dots \dots (2.50)$$

Keterangan :

$V_c$  = Kuat geser nominal yang disumbangkan beton

$V_u$  = Kuat geser terfaktor pada penampang

$V_n$  = Kuat geser nominal

$V_s$  = Kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

$A_v$  = Luas tulangan geser pada daerah sejarak  $s$

$A_v$  =  $2 A_s$ , dimana  $A_s$  = Luas penampang batang tulangan sengkang

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

$f_y$  = mutu baja

### 2.3.7 Perancangan Pondasi

Pondasi dalam istilah ilmu teknik sipil dapat didefinisikan sebagai bagian dasar dari struktur bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi untuk menyalurkan/meneruskan beban-beban yang diterima dari struktur atas ke lapisan tanah. Berikut ini merupakan beberapa jenis-jenis pondasi yang biasa diketahui, diantaranya:

#### 1. Pondasi dangkal

Pondasi dangkal adalah pondasi yang memiliki dasar pondasi pada kedalaman maksimal 2 m dari muka tanah asli. Jenis-jenis pondasi dangkal :

- a. Pondasi telapak, dapat digunakan jika sebuah elemen pondasi memikul sebuah beban kolom tunggal
- b. Pondasi lajur, dapat digunakan jika kolom terletak dalam satu garis dan terletak berdekatan

- c. Pondasi gabungan, dapat digunakan apabila terdapat dua buah kolom yang saling berdekatan dan apabila digunakan pondasi telapak maka kedua pondasi tersebut akan saling bertabrakan satu sama lain.
- d. Pondasi rakit/raft/mat, dapat digunakan pada kondisi lapisan tanah yang memiliki daya dukung rendah, biasanya diperlukan ukuran/ dimensi pondasi yang lebih besar.

## 2. Pondasi dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang memiliki kedalaman tanah keras lebih dari 2 meter. Pada beberapa kondisi yang dijumpai di lapangan, terkadang lapisan tanah keras sebagai dasar pondasi, terletak cukup dalam dari lapisan muka tanah. Atau dengan kata lain, lapisan tanah tersebut memiliki daya dukung yang kurang bagus. Sebagai akibatnya, seorang ahli teknik tidak dapat menggunakan sistem pondasi dangkal, dan sebagai alternatifnya dapat dipilih sistem pondasi dalam berupa tiang pancang atau tiang bor. Fungsi dari sebuah pondasi tiang adalah untuk mentransmisikan beban aksial kolom serta beban momen ke lapisan tanah tanah keras.

Langkah-langkah perancangan pondasi :

1. Menentukan daya dukung ijin tanah ( $Q$ ) melalui perhitungan dengan berdasarkan data-data tanah yang ada.
  - a. Berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang
 
$$Q_{\text{bahan}} = 0,3 \times f'c \times A \text{ tiang} \dots\dots\dots(2.51)$$
  - b. Berdasarkan kekuatan tanah
 
$$Q_{\text{ijin}} = \frac{A \text{ tiang} \cdot p}{Fb} + \frac{o.l.c}{Fs} \dots\dots\dots(2.52)$$
2. Menentukan jumlah banyaknya tiang pancang
 
$$Q = (P \times 10\%) + P + \text{berat poer} \dots\dots\dots(2.53)$$

$$n = \frac{Q}{Q_{\text{ijin}}} \dots\dots\dots(2.54)$$
3. Menentukan jarak antar tiang pancang
 

Apabila telah dilakukan perhitungan jumlah banyaknya tiang pancang, maka langkah selanjutnya adalah menentukan jarak antar masing-masing tiang pancang.

$$S = 2,5d - 3d \dots\dots\dots(2.55)$$

(Sumber : J.E. Bowles : 1974, Edisi ke-4 jilid 2 : hal 342)

Keterangan :

S = jarak antar tiang

D = ukuran 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 ditentukan dengan rumus berikut ini :

$$E_g = 1 - \frac{\theta}{90} \left( \frac{(m-1)n + (n-1)m}{nm} \right) \dots\dots\dots(2.56)$$

(Sumber : Pondasi Tiang Pancang, Sardjono : hal 61)

Keterangan :

$E_g$  = efisiensi kelompok tiang

$\theta$  =  $\text{arc.tan} \frac{d}{s}$

d = diameter tiang (m)

s = jarak antar tiang (m)

m = Jumlah baris tiang dalam kelompok tiang (buah)

n = Jumlah kolom tiang dalam kelompok tiang (buah)

Daya dukung grup ijin tiang :

$$Q_{\text{ult grup}} = E_g \cdot Q_{\text{ijin}} \cdot n \dots\dots\dots(2.57)$$

5. Menentukan kemampuan tiang pancang terhadap sumbu x dan sumbu y

$$Q_i = \frac{Q}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_i}{\sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_i}{\sum Y^2} \dots\dots\dots(2.58)$$

(Sumber : Pondasi Tiang Pancang, Sardjono. : hal 55)

Keterangan :

Q = Total beban vertical yang bekerja (ton)

$M_x$  = Momen yang berusaha untuk memutar sumbu x (t.m)

$M_y$  = Momen yang berusaha untuk memutar sumbu y (t.m)

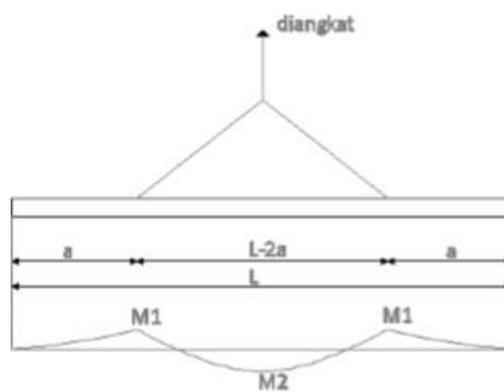
n = Jumlah tiang (buah)

- $X_i$  = Jarak tiang nomor i terhadap sumbu y diukur sejajar sumbu x (m)  
 $Y_i$  = Jarak tiang nomor i terhadap sumbu x diukur sejajar sumbu y (m)  
 $\Sigma X^2$  = Jumlah kuadrat jarak seluruh tiang, terhadap sumbu y ( $m^2$ )  
 $\Sigma Y^2$  = Jumlah kuadrat jarak seluruh tiang, terhadap sumbu x ( $m^2$ )

6. Pengangkatan tiang pancang

a. Pengangkatan pola 1 (pada waktu pengangkatan)

Kondisi pengangkatan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan dua tumpuan.



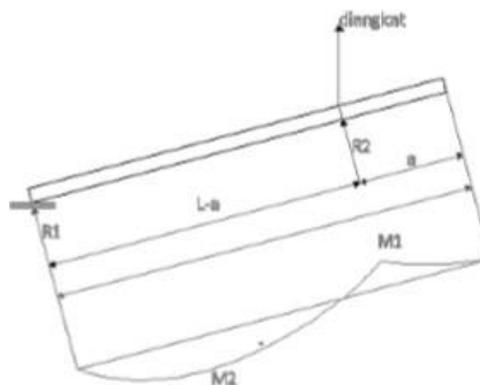
**Gambar 2. 19** Pengangkatan Pola 1

$$M_1 = M_2$$

$$1/2qa^2 = 1/8q(L-2a)^2 - 1/2qa^2$$

b. Pengangkatan pola 2 (pada waktu pengangkatan)

Kondisi pengangkatan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan satu tumpuan.



**Gambar 2. 20** Pengangkatan Pola 2

$$M_1 = M_2$$

$$\frac{1}{2}qa^2 = \frac{1}{2}q \left( \frac{L^2 - 2aL}{2(L-a)} \right)^2$$

7. Perhitungan tulangan tiang pancang

a. Menentukan  $d_{eff} = h - p - \emptyset$  sengkang  $- \frac{1}{2} \emptyset$  tulangan utama

b. Berdasarkan nilai P yang paling besar

Hitung arah absis x dan absis y

$$\text{absis X} = \frac{Pu}{\emptyset \cdot Ag \cdot 0,85 \cdot f'c} \cdot \left( \frac{e}{h} \right) \dots \dots \dots (2.59)$$

$$\text{absis Y} = \frac{Pu}{\emptyset \cdot Ag \cdot 0,85 \cdot f'c} \dots \dots \dots (2.60)$$

Nilai  $\rho_g = 0,001 < \rho_{min} = 0,01$ , maka di pakai  $\rho_{min}$

$$\rho = \rho_{min} \cdot \beta$$

Sehingga  $A_{stot} = b \cdot h$

c. Berdasarkan nilai momen pada saat pengangkatan

Menghitung nilai  $\rho$  hitung

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ atau } \rho_{min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4 \cdot f_y}, \text{ ambil nilai terbesar}$$

$$\rho_{hitung} = \frac{f'c}{f_y} \left( 0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot Mu}{\emptyset \cdot f'c \cdot b \cdot d_{eff}^2}} \right) \dots \dots \dots (2.61)$$

Menghitung luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_{stot} = b \cdot h$$

8. Perhitungan tulangan geser tiang pancang

a. Menghitung nilai  $V_u$

$$V_u = R_1 = \frac{q(L-a)}{2} - \frac{qa^2}{2(L-a)} \dots \dots \dots (2.62)$$

b.  $\emptyset V_c = \emptyset \frac{1}{6} \sqrt{f'c} b_w d$  ..... (2.63)

Tulangan geser diperlukan apabila  $V_u > \frac{1}{2} \emptyset V_c$ . Tulangan geser

minimum dipakai apabila nilai  $V_u$  melebihi  $\frac{1}{2} \emptyset V_c$  tapi kurang dari  $\emptyset V_c$ .

Biasanya dapat digunakan tulangan berdiameter 10 mm yang diletakkan dengan jarak maksimum. Apabila nilai  $V_u > \emptyset V_c$  maka kebutuhan tulangan geser harus dihitung.

- c. Gaya geser  $V_u$  yang dihasilkan oleh beban terfaktor harus kurang atau sama dengan kuat geser nominal dikalikan dengan faktor reduksi  $\phi$ , atau

$$V_u < \phi V_n$$

Dimana  $V_n = V_c + V_s$

(SNI 2847:2019 halaman 482)

Sehingga

$$V_u < \phi (V_c + V_s)$$

Dengan besar faktor reduksi ( $\phi$ ) untuk geser adalah sebesar 0,75.

- d. Luas minimum tulangan geser

$$A_{v \min} = 0,0062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \left( \frac{bw \cdot S}{F_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot bw \cdot S}{F_{yt}}$$

(SNI 2847:2019 hal 216)

- e. Jarak maksimum tulangan geser

Jika  $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d$ , maka  $S = \frac{d}{2}$  atau 600 mm

Jika  $V_s > 0,33 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d$ , maka  $S = \frac{d}{4}$  atau 300 mm

(SNI 2847:2019 halaman 202)

Dengan batasan kebutuhan luas tulangan geser :

$$S_{\max} = \frac{A_v \cdot F_{yt}}{0,0062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw}, \text{ untuk } f'c > 30 \text{ Mpa}$$

$$S_{\max} = \frac{A_v \cdot F_{yt}}{0,035 \cdot bw}, \text{ untuk } f'c \leq 30 \text{ Mpa}$$

Sehingga untuk sengkang vertikal dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s} \dots \dots \dots (2.64)$$

Keterangan :

$V_c$  = Kuat geser nominal yang disumbangkan beton

$V_u$  = Kuat geser terfaktor pada penampang

$V_n$  = Kuat geser nominal

$V_s$  = Kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

$A_v$  = Luas tulangan geser pada daerah sejarak s

$A_v$  = 2  $A_s$ , dimana  $A_s$  = Luas penampang batang tulangan sengkang

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

$f_y$  = mutu baja

9. Perhitungan tulangan geser *pile cap*

a. Kontrol kekuatan geser secara kelompok

Untuk menghitung tulangan geser *pile cap* ditinjau dengan 2 cara, yaitu aksi dua arah dan aksi satu arah.

1) Untuk aksi dua arah

- Tegangan tanah ultimit akibat beban terfaktor

$$P_{ult} = P_u / A$$

$$V_u = P_{ult} \cdot B \cdot L - ((a_2 + d) \cdot (a_1 + d))$$

- Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \frac{b_o \cdot d \cdot \sqrt{f_c'}}{6} \rightarrow \beta = 1 \dots \dots \dots (1)$$

$$\phi V_c = \frac{1}{3} b_o \cdot d \cdot \sqrt{f_c'} \rightarrow \beta = 1 \dots \dots \dots (2)$$

$$\phi V_c = \phi \left(\frac{a_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \times \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{12} \rightarrow \dots \dots \dots (3)$$

(SNI 2847:2019 halaman 499)

Dari ketiga persamaan diambil yang terkecil. Jika  $\phi V_c > V_u$  maka tidak diperlukan tulangan geser. Jika  $\phi V_c < V_u$  maka diperlukan tulangan geser.

2) Untuk aksi satu arah

- Gaya geser terfaktor

$$P_{ult} = P_u / A$$

$$V_u = P_{ult} \cdot b \cdot \left(\frac{L}{2} - \frac{c}{2} - d\right)$$

- Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \frac{1}{6} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{f_c'}$$

Jika  $\phi V_c > V_u$  maka tidak diperlukan tulangan geser. Jika  $\phi V_c < V_u$  maka diperlukan tulangan geser.

b. Kontrol kekuatan geser secara kelompok

1) Gaya geser terfaktor ( $V_u$ )

2) Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \frac{1}{3} \cdot b_o \cdot d \cdot \sqrt{f_c'}$$

Jika  $\phi V_c > V_u$  maka tidak diperlukan tulangan geser. Jika  $\phi V_c < V_u$  maka diperlukan tulangan geser.

#### 10. Perhitungan tulangan pokok *pile cap*

##### a. Menghitung nilai $\rho$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ atau } \rho_{\min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{f_y}, \text{ ambil nilai terbesar}$$

$$\rho_{\text{hitung}} = \frac{f_c'}{f_y} \left( 0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot M_u}{\phi \cdot f_c' \cdot b \cdot d_{\text{eff}}^2}} \right)$$

##### b. Menghitung tulangan yang dibutuhkan

$$A_s = \rho_{\min} \times b \times d$$

$$S = \frac{A_{\text{tulangan}}}{A_{\text{spakai}}} \times \text{lebar } \textit{pile cap}$$

#### 11. Perhitungan kekuatan tulangan pokok pasak

##### a. Kuat tekan rencana kolom

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

Jika  $\phi P_n > P_u$ , berarti beban pada kolom dapat dipindahkan dengan dukungan saja. Tetapi disyaratkan untuk menggunakan tulangan pasak minimum sebesar :  $A_{s\min} = 0,0020 A_g$  (SNI 2847:2019 halaman 123)

##### b. Kontrol panjang penyaluran pasak

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

Panjang pengjangkaran dibawah pertemuan kolom dengan pondasi LI yang tersedia adalah :

$$LI = h - p - (2 \cdot \emptyset \text{ pondasi}) - \emptyset \text{ pasak}$$

$LI > L_{db}$ , maka OK

## 2.4 Manajemen Proyek

Manajemen proyek (Mengelola proyek) merupakan suatu rangkaian kegiatan untuk memperoleh hasil dalam rangka mencapai tujuan melalui kegiatan sekelompok orang, manajemen mencakup metode atau teknik serta proses untuk

mencapai suatu tujuan tertentu secara sistematis dan efektif, melalui rangkaian kegiatan diantaranya sebagai berikut :

1. Kegiatan perencanaan

a. Penetapan tujuan (*goal setting*)

Penetapan tujuan ini yaitu tahap awal yang harus dilakukan dengan menentukan tujuan utama yang ditetapkan secara spesifik, realistis, terukur, dan mempunyai durasi pencapaian/target.

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 perencanaan tersebut. Bentuk perencanaan dapat berupa perencanaan prosedur, perencanaan metode kerja, perencanaan standar pengukuran hasil, perencanaan anggaran biaya, maupun perencanaan program (rencana kegiatan beserta jadwal).

2. Pengorganisasian (*organizing*)

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

3. Kegiatan pelaksanaan (*actuating*)

a. Pengisian staf (*staffing*)

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

b. Pengarahan (*briefing*)

Pengarahan ini merupakan tahapan kelanjutan dari pengisian staf. Pada tahap ini dilakukan pengarahan berupa penjelasan tentang lingkup pekerjaan dan paparan waktu untuk memulai dan menyelesaikan pekerjaan tersebut.

4. Kegiatan pengendalian

a. Pengawasan (*supervising*)

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

b. Pengendalian (*controlling*)

*Controlling* atau pengendalian merupakan proses penetapan atas apa yang telah dicapai, evaluasi kerja dan langkah perbaikan apabila diperlukan.

c. Koordinasi (*coordinating*)

Koordinasi yaitu pemantauan prestasi kegiatan dari pengendalian akan digunakan sebagai bahan untuk melakukan langkah perbaikan, baik proyek dalam keadaan terlambat maupun lebih cepat.

#### **2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS)**

Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS) merupakan segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar hanya dapat dijelaskan dalam bentuk tulisan yang harus dipenuhi oleh kontraktor pada saat akan mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan nantinya. Adapun semua hal yang terdapat didalam sebuah RKS adalah sebagai berikut :

1. Syarat Umum
  - a. Keterangan tentang pemberi tugas atau pemilik proyek
  - b. Keterangan mengenai perencanaan ( Desain)
  - c. Mengenai syarat-syarat lelang
  - d. Mengenai prosedur pelelangan mulai dari bentuk surat penawaran dan cara penyampaian
2. Syarat administrasi
  - a. Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan
  - b. Tanggal waktu penyerahan pekerjaan/barang
  - c. Syarat-syarat pembayaran
  - d. Denda atas keterlambatan

- e. Besar jaminan penawaran
  - f. Besar jaminan pelaksanaan
3. Syarat teknis
- a. Jenis mutu dan bahan yang digunakan
  - b. Jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilaksanakan
  - c. Cara pelaksanaan pekerjaan mulai dari bagian pekerjaan persiapan sampai dengan pekerjaan penyelesaian
  - d. Merk material atau bahan

Agar dapat menyusun rencana kerja untuk sebuah proyek, maka harus dibutuhkan :

1. Rencana anggaran biaya (RAB) pelaksanaan proyek
2. Gambar kerja proyek
3. *Bill of quality* (BOQ) atau daftar volume pekerjaan
4. Data lokasi proyek berada
5. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub-kontraktor yang tersedia disekitar lokasi pekerjaan proyek berlangsung.
6. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub-kontraktor yang harus didatangkan ke lokasi proyek.
7. Data kebutuhan tenaga kerja dan ketersediaan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan.
8. Data cuaca atau musim dilokasi pekerjaan proyek
9. Data jenis transportasi yang dapat digunakan disekitar lokasi proyek
10. Metode kerja yang digunakan untuk melaksanakan masing-masing item pekerjaan.
11. Data kapasitas produksi meliputi peralatan, tenaga kerja, sub-kontraktor, material.
12. Data keuangan proyek meliputi arus kas cara pembayaran pekerjaan, tenggang waktu pembayaran *progress*, dan lainnya.

#### **2.4.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

Rancangan anggaran biaya (RAB) adalah perhitungan besarnya biaya yang dibutuhkan untuk semua bahan yang digunakan dan upah pekerjaan yang terlibat,

serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan proyek tersebut.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang hitung dengan teliti dan memenuhi syarat. Dan anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda di masing daerah karena perbedaan harga bahan, upah, dan tenaga kerja. Tujuan sari pembuatan RAB adalah untuk memberikan gambaran yang pasti tentang besaran biaya yang dibutuhkan.

RAB terdiri dari 2 komponen utama yaitu sebagai berikut :

1. Volume pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada pada suatu proyek pembangunan. Volume pekerjaan dihitung dalam setiap jenis pekerjaan. Volume pekerjaan bisa dalam satuan panjang, luasan, maupun isi/volume terhadap bahan yang digunakan. Volume pekerjaan ini berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek.

2. Analisa harga satuan

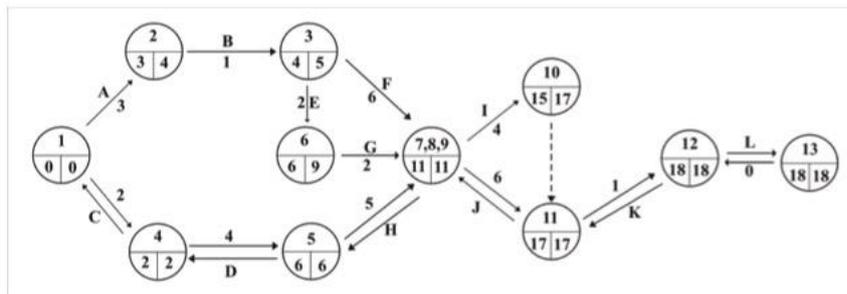
Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang terdapat dalam suatu proyek pembangunan. Analisa harga satuan ini berguna sebagai petunjuk harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini nantinya akan diperoleh total biaya keseluruhan dari hasil perkalian dengan volume pekerjaan. Analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Analisa harga satuan merupakan acuan untuk menghitung harga satuan pekerjaan (HSP) yang menganalisis biaya upah tenaga kerja dan/atau harga bahan-bahan bangunan ataupun peralatan sebagai koefisien kebutuhan penggunaan tenaga kerja, bahan dan peralatan untuk satu satuan volume pekerjaan. Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda-beda. Jadi, dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya

suatu bangunan/proyek, harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di pasaran dan lokasi pekerjaan.

### 2.4.3 Rencana Kerja (*Time Schedule*)

Rencana kerja (*Time schedule*) merupakan rencana penentuan jangka waktu masing-masing pekerjaan proyek yang disusun sehingga membentuk ketetapan waktu untuk menyelesaikan sebuah proyek. Dengan adanya *time schedule*, dapat mengetahui gambaran lama pekerjaan diselesaikan, serta bagian-bagian pekerjaan saling terkait antara satu dan lainnya agar tidak terjadi keterlambatan proses pembangunan.

#### 1. Network Planning (NWP)



**Gambar 2.21** Network Planning

*Network planning* merupakan suatu hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (*variables*) yang digambarkan/divisualisasikan dalam diagram *network*. Adanya *network* ini menjadikan sistem manajemen dapat menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya yang paling efisien. Berikut ini merupakan manfaat NWP adalah sebagai berikut :

- Mengkoordinasikan antar kegiatan
- Mengetahui apakah suatu kegiatan tergantung atau tidak dengan kegiatan yang lainnya.
- Mengetahui pekerjaan apa yang harus lebih dahulu diselesaikan
- Mengetahui berapa hari suatu proyek dapat diselesaikan.

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah :

- Urutan pekerjaan yang logis

Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan dimulai, dan pekerjaan apa saja yang kemudian mengikutinya.

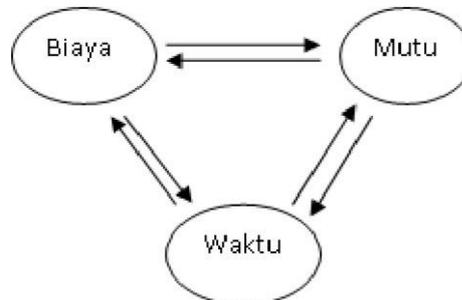
b. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan

Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Kalau proyek itu baru sama sekali biasanya diberi kelonggaran waktu.

c. Biaya untuk mempercepat pekerjaan

Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada pada jalur-jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya-biaya lembur, biaya penambahan tenaga kerja dan sebagainya.

Pada sebuah proyek konstruksi membutuhkan perencanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek. Tujuannya ialah untuk menyelaraskan antara biaya proyek yang dioptimalkan, mutu pekerjaan yang baik atau berkualitas dan waktu pelaksanaan yang tepat. Karena ketiganya adalah 3 elemen yang saling mempengaruhi. Seperti terlihat pada **gambar 2.8** dibawah ini.



**Gambar 2.22** diagram Hubungan Biaya, Mutu dan Waktu (BMW)

Ilustrasi dari 3 diagram lingkaran diatas adalah apabila biaya proyek berkurang/dikurangi, sementara waktu pelaksanaan direncanakan tetap, maka secara otomatis anggaran belanja material akan dikurangi dan mutu pekerjaan juga bisa jadi akan berkurang, dengan demikian secara umum proyek akan merugi. Jika waktu pelaksanaan mundur atau terlambat sementara tidak ada rencana penambahan anggaran, maka mutu pekerjaan juga akan berkurang dan proyek tersebut akan merugi.

Namun, Jika mutu ingin dijaga, sementara waktu pelaksanaan mundur/terlambat, maka akan terjadi peningkatan jumlah anggaran biaya dan proyek akan merugi. Proyek dapat dikatakan untung jika waktu

pelaksanaan lebih cepat selesai dari rencana dengan mutu yang tetap terjaga dan secara otomatis akan mendapatkan keuntungan pada biaya anggaran belanja.

Berikut ini beberapa simbol yang biasa digunakan dalam network planning :

**Tabel 2.12** Simbol-Simbol Network Planning

No.	Simbol	Keterangan
1		<b>Arrow</b> , bentuknya merupakan anak panah yang artinya aktivitas/kegiatan merupakan suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan “ <i>duration</i> ” (jangka waktu tertentu) dan “ <i>resources</i> ” (tenaga, equipment, material dan biaya) tertentu.
2		<b>Node/event</b> , bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian : adalah permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan-kegiatan.
3		<b>Double arrow</b> , anak panah sejajar, merupakan kegiatan di lintasan kritis ( <i>critical path</i> ).
4		<b>Dummy</b> , bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktivitas semu merupakan bukan kegiatan/aktivitas tetapi dianggap kegiatan/ aktivitas, hanya saja tidak membutuhkan <i>duration</i> dan <i>resource</i> tertentu.

Sebelum menggambar diagram *network planning*, hal-hal penting yang perlu diperhatikan diperhatikan dengan teliti, yaitu :

- Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak memiliki arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya durasi dan *resources* yang dibutuhkan.
- Aktivitas-aktivitas apa yang mendahului dan aktivitas apa yang mengikutinya.
- Aktivitas-aktivitas apa yang dapat dikerjakan bersamaan.

- d. Aktivitas-aktivitas itu dibatasi saat mulai dan saat selesai.
- e. Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas tersebut.
- f. Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari setiap kegiatan.
- g. Besar kecilnya juga tidak memiliki arti, dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa. Anak panah selalu menghubungkan dua nodes, arah dari anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.

## 2. *Barchat*

**Tabel 2.13** Tabel Barchat

No.	Kegiatan	Durasi		Minggu																										
		Hari	Minggu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
1	A1. Direksi keet		1	■																										
2	A2. Pengukuran		2		■	■																								
3	A3. Mobilisasi		2				■	■																						
4	B11. Pembuatan Caisson		7					■	■	■	■	■	■																	
5	B12. Pemasangan Caisson		8										■	■	■	■	■	■	■	■										
6	B21. Pembuatan pelat demaga		10						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■											
7	B22. Pemasangan pelat demaga		10																	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8	C1. Pemasangan Fender		1																											■
9	C2. Pemasangan Etiland		1																											■

*Barchat* adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah horizontal dan kolom arah vertikal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. *Barchat* juga merupakan bentuk rencana yang paling sederhana yang digunakan dilapangan, kegiatan yang dilakukan digambarkan dalam bentuk balok pada skala waktu. Proses penyusunan *barchat* dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- a. Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- b. Urutan pekerjaan, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan

dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.

- c. Waktu pelaksanaan pekerjaan adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan.

Adapun keuntungan dan kerugian dalam penggunaan *Barchat*, yaitu:

- Keuntungan :
  - a. Bentuknya sederhana
  - b. Mudah dibuat
  - c. Mudah dimengerti
  - d. Mudah dibaca
- Kerugian :
  - a. Hubungan antara pekerjaan yang satu dengan yang lain kurang jelas
  - b. Sulit digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar.
  - c. Sulit untuk mengadakan perbaikan atau pembaharuan (*updating*), karena umumnya harus dilakukan dengan membuat *barchat* baru

### 3. Kurva S

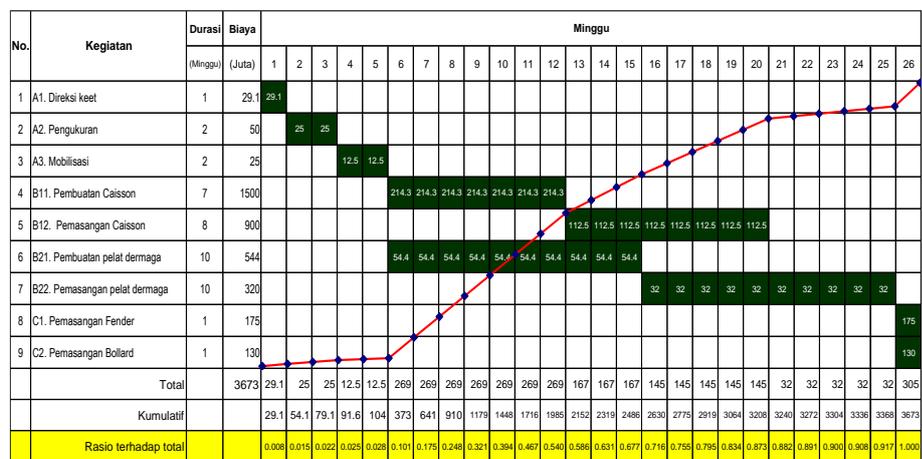
Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif *progress* pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva tersebut dibuat berdasarkan rencana atau pelaksanaan *progress* pekerjaan dari setiap kegiatan. *Progress* tersebut dapat berupa rencana dan pelaksanaan biasanya mempunyai kemiringan yang landai pada tahap permulaan dan tahap akhir dari pelaksanaan proyek.

Visualisasi kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkannya terhadap jadwal rencana. Rencana *progress* yang dibuat dalam kurva S merupakan referensi atau kesepakatan dari semua pihak atas *progress* yang perlu dihasilkan oleh kontraktor pada setiap moment waktu tertentu. Penyebab membentuk huruf S didalam kurva S dikarenakan kegiatan proyek berlangsung sebagai berikut :

- a. Kemajuan pada awalnya bergerak lambat.
- b. Diikuti oleh kegiatan yang bergerak cepat dalam kurun waktu yang lebih lama.
- c. Akhirnya kecepatan kemajuan menurun dan berhenti pada titik akhir.

Manfaat dan kegunaan kuva S:

1. Sebagai informasi untuk mengontrol pelaksanaan suatu proyek dengan cara membandingkan deviasi antara kurva rencana dengan kurva realisasi.
2. Sebagai informasi untuk pengambilan keputusan berdasarkan perubahan kurva realisasi terhadap kurva rencana. Perubahan ini bisa dalam bentuk presentase pekerjaan lebih cepat atau lebih lambat dari waktu yang sudah ditentukan untuk menyelesaikan proyek.
3. Sebagai informasi kapan waktu yang tepat untuk melakukan tagihan kepada *owner* ataupun melakukan pembayaran kepada *supplier*



Gambar 2.23 Kurva S