

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Perancangan yaitu bagian terpenting dari pembangunan suatu gedung atau bangunan lainnya. Perancangan yang baik dan benar akan mengurangi risiko kegagalan pada proyek yang akan dibangun, serta menghasilkan konstruksi bangunan yang aman, hemat biaya, waktu dan tenaga pengerjaannya. Pembangunan suatu bangunan gedung memerlukan perancangan konstruksi berupa gambar detail, analisa struktur, analisa biaya, dan manajemen proyek yang mengacu pada SNI. Struktur dibagi dua yaitu struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas meliputi pelat, tangga, balok, kolom. Sedangkan struktur bawah meliputi sloof dan pondasi. Material struktur dapat berupa struktur beton, struktur baja, dan struktur kayu. Ketiga material tersebut memiliki kekuatan dan kelemahan masing-masing. Beton sendiri adalah material yang paling sering digunakan dalam proyek pembangunan gedung dikarenakan adanya kemudahan dalam mendapatkan material bahan penyusun beton seperti pasir, agregat kasar, agregat halus, semen dan air. Faktor biaya juga menjadi alasan mengapa beton lebih banyak dipilih karena harganya yang relatif murah dibandingkan struktur baja dan struktur kayu.

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah, maupun rumus-rumus yang akan digunakan dalam perhitungan struktur yang dikutip dari beberapa buku pedoman yang berlandaskan SNI. Adapun tahapan perancangan sebuah konstruksi bangunan antara lain sebagai berikut :

1. Tahap Pra-Perancangan (Preliminary Design)

Pada tahap ini ahli struktur harus mampu membantu arsitek untuk memilih komponen-komponen struktur penting, baik dimensi maupun posisinya. Pada pertemuan pertama biasanya arsitek akan datang membawa informasi mengenai sketsa denah, gambar tampak dan potongan, penjelasan fungsi setiap lantainya, konsep awal dari sistem komponen vertikal dan horizontal, serta rencana komponen non-struktural.

2. Tahap Perancangan

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

a. Perancangan bentuk arsitektur bangunan

Dalam kegiatan ini, seorang perancang belum memperhitungkan kekuatan bangunan sepenuhnya, dalam kegiatan ini perancang telah mencoba merealisasikan keinginan dari pemilik bangunan sesuai dengan desain yang diinginkan .

b. Perancangan bentuk struktur konstruksi bangunan

Dalam kegiatan ini, perancang mulai melakukan perhitungan komponen-komponen struktur berdasarkan bentuk arsitektural yang dirancang. Perancang mulai mendimensi serta menyesuaikan komponen-komponen struktur agar memenuhi syarat-syarat konstruksi yang aman, kuat dan nyaman untuk ditempati namun masih berdasarkan prinsip-prinsip efisien dan ekonomis.

2.2 Ruang Lingkup Perancangan Struktur

Ruang Lingkup Perancangan Struktur Pembangunan Gedung Serbaguna dan Komersial UMKM Square Universitas Sumatera Utara meliputi beberapa tahapan yaitu:

2.1.2 Perancangan Konstruksi

Proses perancangan konstruksi suatu struktur bangunan diatur oleh suatu aturan tertentu. Struktur pada bangunan harus bisa mencapai syarat struktur yang baik agar struktur tersebut bersifat aman, stabil, dan kokoh.

2.2.2 Dasar-dasar Perancangan Konstruksi

Dalam Perancangan Pembangunan Struktur Gedung Serbaguna dan Komersial UMKM Square Universitas Sumatera Utara, penulis berpedoman pada

peraturan-peraturan yang berlaku yang dibuat Badan Standar Nasional Indonesia (SNI), diantaranya:

1. SNI 2847-2019: Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, digunakan sebagai pedoman untuk perhitungan konstruksi pelaksanaan struktur beton bertulang.
2. SNI 8900-2020: Panduan Desain Sederhana untuk bangunan beton bertulang, digunakan sebagai pedoman dalam menentukan beban mati untuk melakukan perancangan proyek Pembangunan gedung,
3. SNI 1727-2020: Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur lain, digunakan sebagai pedoman dalam menentukan beban hidup minimum untuk melakukan perancangan proyek Pembangunan gedung.
4. Buku Desain Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847 : 2019 edisi pertama oleh Yudha Lesmana, digunakan sebagai pedoman untuk melakukan perhitungan konstruksi struktur.
5. Buku Struktur Beton Berdasarkan SNI 2847 : 2013 oleh Agus Setiawan, digunakan sebagai pedoman untuk melakukan perhitungan konstruksi struktur.

2.3 Klasifikasi Pembebanan

Beban yaitu gaya akibat berat seluruh bahan bangunan, penghuni dan barang yang dimilikinya, efek lingkungan, perbedaan pergerakan, dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi.

Beberapa jenis beban yang bekerja pada struktur bangunan gedung yaitu:

1. Beban Mati

Beban mati yaitu berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktur lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material (SNI 1727 : 2020 hal-21). Dalam menentukan beban mati, berat aktual material dan konstruksi harus digunakan. Apabila tidak ada informasi yang pasti, nilai-nilai perkiraan pada tabel dibawah ini dapat digunakan.

Tabel 2.1 Massa Jenis Minimum Material

Material	<i>Massa Jenis</i> (kg / m^3)
Semen tipe Portland	1440
Ubin keramik	2400
Beton, normal	2300
Beton, bertulang	2400
Kaca	2600
Kerikil, kering	1660
Gypsum, lepas	1150
Gypsum, papan dinding	800
Timbal	11400
Pasangan bata, batu bata (padat)	1850
Pasangan bata, beton (padat)	2150
Pasangan bata, graut	2250
Pasangan bata, batu	2600
Semen mortar atau kapur	2100
Papan artikel	750
Kayu lapis	600
Pasir	
Bersih dan kering	1440
Sungai, kering	1700
Besi	7800
Batu	
Basalt, granit, gneiss	2700
Batu kapur, marmer, kuarsa	2850
Batu pasir	2700

Timah	7360
Air	
Tawar	1000
Laut	1030
Kayu, kering udara	450-750
Seng, gulungan lembaran	7200

Sumber : (SNI 8900-2020)

Tabel 2.2 Beban Mati Minimum

Komponen	Beban (Kn / m^2) Per m^2 luas lantai
Langit-langit	
Papan dinding akustik	0,05
Papan gypsum	0,0080 (per mm tebal)
Saluran mekanikal	0,20
Sistem sprinkler	0,30
Bagian penting dan sistem elektrikal	0,05
Plester pada ubin atau beton	0,25
Plester pada reng kayu	0,40
Sistem saluran baja yang digantung	0,10
Reng logam dan plester semen yang digantung	0,70
Reng logam dan plester gypsum yang digantung	0,50
Sistem penggantung dari kayu	0,15
Isian lantai	
Beton cinder	0,020
Beton ringan	0,015
pasir	0,015
Batu beton	0,025

Lantai	
Finishing semen 1 in. (25 mm) pada isian batu beton	1,50
Ubin keramik atau kuari $\frac{3}{4}$ in. (20 mm) pada $\frac{1}{2}$ in. (12 mm) mortar.	0,80
Ubin keramik atau kuari $\frac{3}{4}$ in. (20 mm) pada 1 in. (25 mm) mortar.	1,10
Finishing beton	0,020 (per mm tebal)
Lantai kayu keras, $\frac{7}{8}$ in. (25 mm)	0,20
Marmer dan mortar pada isian batu	1,60
Batu pipih	0,030 (per mm tebal)
Genteng pipih rata pada 1 in. (25 mm) mortar	1,10
Lantai kerja $\frac{3}{4}$ in. (20 mm)	0,15
Terazo 1-1/2 in. (40 mm) langsung diatas slab	0,90
Terazo 1 in. (25 mm) pada isian batu beton	1,50
Terazo 1 in. (25 mm), 2 in. (50 mm) batu beton	1,50
Blok kayu 3 in. (75 mm) pada damar wangi, tanpa isian	0,50
Blok kayu 3 in. (75 mm) pada $\frac{1}{2}$ in. (12 mm) mortar dasar	0,80

Sumber : (SNI 8900-2020)

2. Beban Hidup

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati (SNI 1727 : 2020 hal-25).

Tabel 2.3 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum

Hunian atau penggunaan	<i>Merata</i> L_0 psf (Kn / m^2)	Terpusat L_b (kN)
Sistem lantai akses Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
Ruang pertemuan Kursi tetap (terikat di lantai) Lobi Kursi dapat dipindahkan Lantai podium Ruang pertemuan lainnya	60 (2,87) 100 (4,79) 100 (4,79) 150 (7,18) 100 (4,79)	
Balkon dan dek	1,5 kali beban Hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor Lantai pertama Lantai lain	100 (4,79) Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain.	
Konstruksi pelat lantai finishing ringan (pada area 1 in x 1 atau 25 mm x 25 mm.		200 (0,89)

Tangga permanen		
Garasi / parkir		
Mobil penumpang saja	40 (1,92)	Pasal 4.10.1
Truk dan bus	Pasal 4.10.2	Pasal 4.10.2
Pegangan tangan/pagar pengaman		
Batangan pegangan	Pasal 4.5.1	
Gedung perkantoran		
Ruang arsip dan komputer (lebih berat dari hunian).		
Lobi dan kantor lantai satu	100 (4,79)	2000 (8,90)
Kantor	50 (2,4)	2000 (8,90)
Koridor diatas lantai satu	80 (3,83)	2000 (8,90)
Atap		
Atap datar, terhubung, melengkung	10 (0,48)	
Atap yang digunakan penghuni	Sama dengan penggunaan yang dilayani	
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,70)	
Atap vegetatif dan atap lanskap		
Atap bukan untuk hunian	20 (0,96)	
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,79)	
Atap untuk pengguna lain	Sama dengan penggunaan yang dilayani	
Awning dan kanopi		
Atap konstruksi fabric yang didukung struktur rangka kaku ringan	5 (0,24)	
Rangka penumpu layar penutup	5 (0,24)	200 (0,89)
Semua konstruksi lainnya	20 (0,96)	

Komponen struktur atap utama yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai tempat bekerja titik panel tunggal dari kord bawah rangka batang atap		2000 (8,90)
Semua komponen struktur atap utama lainnya		300 (1,33)
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		300 (1,33)
Tangga dan jalan keluar		
Rumah tinggal untuk 1 dan 2	100 (4,79)	300 (1,33)
Keluarga saja	40 (1,92)	3001,33)
Gudang penyimpanan dan pekerja		
Ringan	125 (6,00)	
Berat	250 (11,97)	

Sumber : (SNI 1727-2020)

2.4 Metode Perhitungan Struktur

Dalam pekerjaan suatu konstruksi bangunan, diperlukan beberapa metode perhitungan. Agar hasil dari perhitungan dapat menjadi suatu acuan dan konstruksi dapat menahan beban dengan sempurna, baik itu beban sendiri maupun pembebanan lainnya. Berikut adalah metode perhitungan struktur bangunan :

2.4.1 Perancangan Plat

Pelat lantai merupakan elemen struktur yang umumnya difungsikan untuk mendistribusikan beban mati dan beban hidup ke struktur utama lainnya. Pada umumnya struktur pelat lantai beton dalam suatu bangunan gedung dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

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

Pelat satu arah (*one way*) merupakan jenis pelat yang mengalami lendutan pada satu arah sumbunya. Hal ini mengandung arti bahwa tulangan lentur yang

digunakan pun hanya satu arah, sesuai arah lendutan pelat yang terjadi. Dalam merencanakan ketebalan pelat lantai, nilai ketebalan pelat dipengaruhi beberapa factor, antara lain: persyaratan deformasi, lentur, dan gaya geser. Persyaratan deformasi ini diberikan guna memastikan bahwa struktur pelat tidak mengalami lendutan yang berlebih saat menerima beban servis. Ketebalan minimum pelat lantai diatur dalam SNI 2847-2019; Tabel 7.3.1.1; Hal-120.

Tabel 2.4 Ketebalan minimum pelat solid satu arah (non prategang)

Kondisi tumpuan	H minimum
Tumpuan sederhana	1/20
Satu ujung menerus	1/24
Kedua ujung menerus	1/28
Kantilever	1/10

Sumber : (SNI 2847-2019)

Sesuai dengan Namanya (pelat satu arah), tulangan lentur yang digunakan memikul beban utama pun hanya pada satu arah. Arah yang dimaksud adalah tegak lurus dengan balok memanjang yang menjepit pelat lantai tersebut. Penggunaan tulangan lentur diatur dalam SNI 2847-2019; Tabel 7.6.1.1; Hal-123, terkait batas minimal tulangan lentur yang harus dipasang pada pelat.

Tabel 2.5 Nilai luasan minimum, Asmin untuk pelat satu arah non prategang

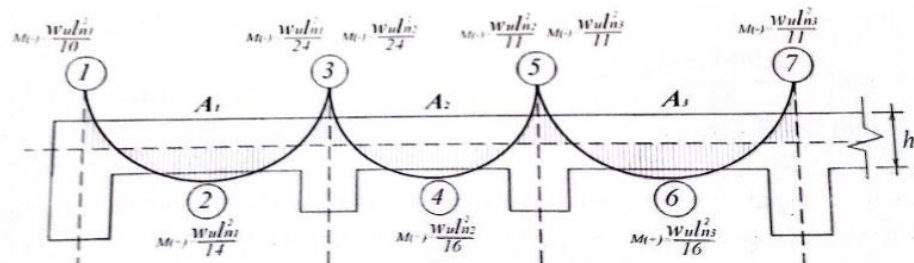
Tipe tulangan	Fy (Mpa)	Asmin
Batang ulir	< 420	0,002 Ag
Batang ulir atau kawat las	≥ 420	$\frac{0,0018 \times 420}{0,0014 Ag} Ag$

Sumber : (SNI 2847-2019)

Langkah-langkah perancangan pelat satu arah:

1. menentukan parameter pendukung. Seperti parameter material, parameter penampang, parameter beban dan lainnya.
2. Identifikasi jenis pelat satu arah dengan cara $\frac{l_y}{l_x} > 2$ dimana l_y adalah bentang terpanjang dan l_x adalah bentang terpendek.

3. Menentukan ketebalan pelat dengan cara $h > \min$ Dimana h adalah tebal pelat rencana kita dan $h \min$ adalah $\frac{lx}{24}$.
4. Menentukan beban rencana dengan syarat $L < 3D$ lalu bila memenuhi syarat lanjut menentukan nilai beban rencana (W_u) dengan menggunakan kombinasi beban $W_u = 1,2 DL + 1,6 LL$.
5. Menghitung momen *ultimate* (M_u) dari elemen pelat satu arah dengan menggunakan nilai momen terfaktor (sesuai SNI 2847-2019; Tabel 6.5.5; Hal-100) dan digunakan sesuai pola momen (sesuai buku desain struktur beton bertulang, Yudha Lesmana; Hal-206).



Gambar 2.1 Pola Momen Pelat Satu Arah

Sumber : (SNI 2847-2019)

6. Mendesain tulangan lentur sesuai dengan besaran momen *ultimate* yang bekerja pada pelat tersebut dengan menggunakan rumus.

Tinggi efektif pelat

$$d = h - t_s - (D1/2)$$

Momen nominal $\phi = 0,9$

$$Mn \frac{Mu}{\phi}$$

Rasio tulangan

$$Rn \frac{Mn}{bdx^2} \text{ dan } \rho = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn}{0,85 f_c'}} \right)$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho bdx$$

2. Pelat dua arah (*Two Way Slab*)

Pelat dua arah merupakan struktur yang mengalami lendutan pada dua arah bentangnya, sehingga tulangan lentur yang diberikan harus pada dua arah tersebut yang posisinya saling tegak lurus. Dalam menentukan ketebalan minimum pelat, ada 4 hal yang perlu diperhatikan yaitu: Panjang bentang bersih terpanjang, rasio Panjang batang terpanjang (L_n) dibandingkan bentang bersih terpendek, kuat leleh dari baja tulangan, dan nilai rata-rata parameter dari keempat balok perangkai. Pelat dikatakan dua arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$, dimana L_y adalah Panjang sisi Panjang dan L_x adalah Panjang sisi pendek, dimana pelat ini akan menekuk dalam dua arah.

Tabel 2.6 Ketebalan minimum pelat dua arah dengan balok perangkai

Stiffness (Kekakuan)	αfm	h_{min}
Shallow Beam (Balok Kaku ringan)	$\alpha fm \leq 0,2$	Mengikuti ketentuan SNI 2847-2019 : Pasal 8.3.1.1; Hal- 133, yaitu pelat tanpa balok perangkai
Medium Stiff Beam (Kekakuan Balok Medium)	$0,2 \leq \alpha fm \leq 2,0$	$\frac{L_n (0,8 + f_y/1400)}{36 + 5\beta (\alpha fm - 0,2)}$
		125 mm
Very Stiff Beam (Balok Sangat Kaku)	$\alpha fm \geq 2,0$	$\frac{L_n (0,8 + f_y/1400)}{36 + 9\beta}$
		90 mm

Sumber : (SNI 2847-2019)

Pelat dua arah merupakan pelat yang mengalami lendutan pada dua arah bentangnya. Hal itu sekaligus mengandung arti bahwa tulangan lentur yang harus disediakan pada pelat juga harus dipasang dua arah (sekaligus tegak lurus). Luas minimum tulangan lentur (A_{smin}) pada pelat dua arah diatur dalam SNI 2847-2019 : Pasal 8.6.1; Tabel 8.6.1.1; Hal-145.

Tabel 2.7 Asmin untuk pelat dua arah non prategang

Tipe tulangan	Fy (Mpa)	Asmin
Batang ulir	< 420	0,002 Ag
Batang ulir atau kawat las	≥ 420	$\frac{0,0018 \times 420}{f_y} A_g$
		0,0014 Ag

Sumber : (SNI 2847-2019)

Langkah- langkah perancangan pelat dua arah:

1. Menentukan dimensi balok induk dan balok anak dengan menggunakan: *Tinggi*

$$balok (h) = \left(\frac{1}{8} - \frac{1}{15} \right) L$$

$$Lebar balok (b) = \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) h$$

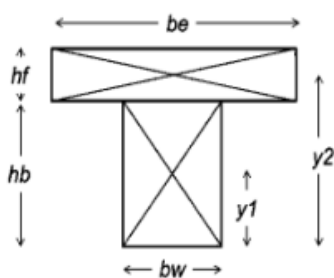
2. Cek pelat dengan menggunakan rumus dibawah dan masukkan nilai pada tabel sesuai tabel dibawah.

$$\beta = \frac{L_{ny}}{L_{nx}} = \dots \leq 2,0 \text{ (Untuk pelat 2 arah)}$$

3. Tentukan ketebalan minmm pelat dengan menggunakan rumus

$$h_{min} = \frac{Ln (0,8 + fy/1400)}{36 + 9\beta}$$

4. Pembuktian α_{fm} dengan menggunakan rumus:



$$y = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2}{3A_1 + A_2}$$

$$\alpha_1 = y_1 - Y$$

$$\alpha_2 = Y - y_2$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} b \cdot h^3 + \sum A \cdot \alpha^2$$

$$I_{pelat} = \frac{1}{12} b \cdot h^3$$

Tabel 2.8 Contoh perhitungan α_{fm}

No.	A (mm ²)	y (mm)	$A \cdot y$ (mm ³)	α (mm)	$A \cdot \alpha^2$ (mm ⁴)	$\frac{1}{12} b \cdot h^3$ (mm ⁴)
1.						
2.						
Jumlah						

Sumber : (Perhitungan Microsoft Excel)

$$\alpha_{1,2,3,4} = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}}$$

$$\alpha_{fm} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4} \geq 2$$

- Menghitung pembebanan pelat lantai dengan kombinasi beban mati dan beban hidup.
 $W_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$
- Menghitung momen lapangan dan tumpuan arah x dan arah y menggunakan tabel *two way slab*.
- Menghitung tulangan lentur pelat arah x dan arah y. Perhitungan ini menggunakan beberapa rumus antara lain:

Tinggi efektif pelat

$$d = h - t_s - (Dl/2)$$

Momen nominal $\phi = 0,9$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

Rasio tulangan

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} \text{ dan } \rho = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(0,85 f_c' f_y \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c'}} \right) \right)$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho b d x$$

2.4.2. Perancangan Balok

Balok merupakan salah satu elemen utama penyusun struktur gedung yang umumnya terpasang secara horizontal/lateral. Balok-balok terhubung dengan kolom struktur sehingga terbentuk struktur rangka yang stabil dalam memikul beban gravitasi dan beban gempa. Balok berperan dalam menyalurkannya ke dalam elemen kolom berupa gaya dan momen, dalam perencanaannya, suatu balok dapat mempunyai bermacam-macam ukuran atau dimensi, sesuai jenis dan besar beban yang akan dipikul oleh balok itu sendiri. Secara internal balok mengalami tegangan

tekan , tarik dan geser sebagai akibat dari beban yang ditahan balok. Secara umum balok dapat dibedakan berdasarkan perencanaan lentur dan berdasarkan tumpuannya.

1. Berdasarkan perencanaan lenturnya, jenis balok dapat dibedakan menjadi :
 - a. Balok persegi dengan tulangan rangkap
 - b. Balok “T”
2. Berdasarkan tumpuannya, balok dibagi menjadi 2, yaitu :
 - a. Balok induk
 - b. Balok anak

Berikut ini beberapa langkah yang harus dilakukan untuk merancang sebuah struktur balok :

1. Menentukan mutu beton serta dimensi balok.
2. Menghitung pembebanan yang terjadi, yaitu :
 - a. Beban hidup
 - b. Beban mati
 - c. Beban balok
 - d. Sambungan pelat
3. Menentukan beban ultimate

Tulangan yang dihitung dalam desain balok adalah tulangan lentur, dan tulangan geser.

a. Tulangan lentur (Tunggal)

1. Menghitung nilai momen nominal M_n , dengan nilai $\phi = 0,9$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

2. Menghitung rasio minimum tulangan balok, dengan mengambil nilai terbesar dari 2 persamaan berikut:

$$\rho_{min} = \frac{0,85 \sqrt{f_{c'}}}{f_y} \text{ atau } \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

3. Menghitung R_n dan m

$$d = (h - t_s - D_s - \frac{1}{2} D_l)$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 fc'}$$

4. Menghitung nilai rasio tulangan

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right)$$

Jika $\rho_{\text{max}} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$, maka digunakan ρ_{perlu}

Jika $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$, maka digunakan ρ_{min}

5. Menghitung nilai luas tulangan Tarik yang dibutuhkan

$$As = \rho \times b \times d$$

6. Menghitung nilai luasan aktual

$$n = \frac{As_{\text{teoritis}}}{1/4 \pi D^2}$$

$$S_{\text{min}} = \frac{b - (2 \times ts) - (2 \times Ds) - (n \times Dl)}{(n - 1)}$$

7. Menghitung nilai α berdasarkan tulangan aktual

$$\alpha = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

8. Menghitung nilai c (tinggi garis netral baru)

Tabel 2.9 penggunaan β_1

Fc' (Mpa)	β_1
$17 \leq fc' \leq 28$	0,85
$28 < fc' < 55$	0,85 $-\frac{0,05(fc' - 28)}{7}$
$fc' \geq 55$	0,65

Sumber : (SNI 8900-2020)

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1}$$

9. Cek kategori penampang

Parameter 1

$$\epsilon_t = \frac{(dt - c)}{c} \times 0,003 \quad \epsilon_t \geq 0,005 = \text{balok tergolong tarik}$$

$$0,002 < \epsilon_t < 0,005 = \text{balok tergolong transisi}$$

$$\epsilon_t < 0,002 = \text{balok tergolong tekan}$$

Parameter 2

$$\frac{c}{dt} \leq 0,005 = \text{balok tergolong tarik}$$

$$0,006 < \frac{c}{dt} < 0,375 = \text{balok tergolong transisi}$$

$$\frac{c}{dt} < 0,006 \text{ balok tergolong tekan}$$

10. Menghitung dan memeriksa kapasitas penampang dengan persamaan:

$$Mn = As \times fy \left(\frac{d-a}{2} \right)$$

$$\phi \times Mn \geq Mu$$

b. Tulangan Geser

1. Tentukan gaya geser ultimit (V_u) yang diperoleh dari hasil analisa struktur.

2. Hitung nilai kuat beton V_c dengan menggunakan rumus:

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} bw \times d$$

3. Periksa syarat kemampuan penampang dalam menerima beban geser.

$$V_u \leq \frac{1}{2} \phi V_c \text{ tidak dibutuhkan tulangan geser.}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c \text{ dibutuhkan tulangan geser minimum.}$$

Dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum yang ditentukan pada langkah 7.

$$V_u > \phi V_c \text{ tulangan geser harus disediakan di langkah 4 sampai 8.}$$

4. Jika $V_u > \phi V_c$ hitung gaya geser yang harus dipikul

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s \text{ atau } V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

5. Hitung nilai V_{c1} dan V_{c2}

$$V_{c1} = 0,33 \sqrt{f_c'} bw \times d \quad V_{c2} = 0,66 \sqrt{f_c'} bw \times d$$

6. Hitung jarak tulangan sengkang

$$S1 = \frac{A_v f_{yt} d}{V_s}$$

7. Menentukan jarak maksimum tulangan sengkang

$$s2 = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm, jika } V_s \leq V_{c1}$$

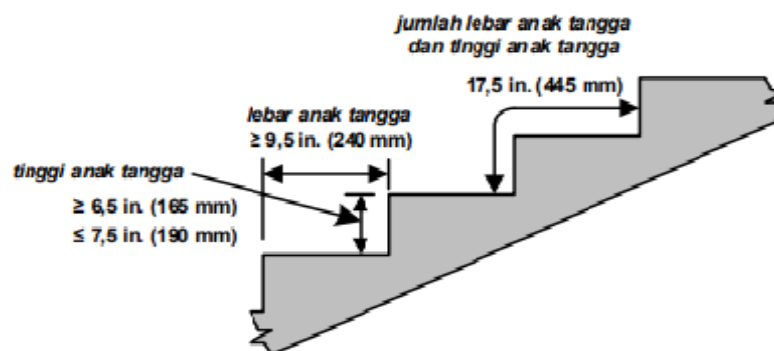
$$s2 = \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm, jika } V_{c1} < V_s < V_{c2}$$

$$s3 = \frac{A_v f_{yt}}{0,35 bw}$$

$$s_4 = 600 \text{ mm}$$

2.4.3. Perancangan Tangga

Tangga merupakan salah satu bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat penghubung lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan bertingkat dalam kegiatan tertentu.



Gambar 2. 2 Ukuran tangga minimum dan maksimum

Sumber : (SNI 8900-2020)

Persyaratan tangga menurut SNI 8900-2020 : Hal-181

1. Tinggi anak tangga maksimum adalah 7,5 in. (190 mm).
2. Tinggi anak tangga minimum adalah 6,5 in. (165 mm).
3. Lebar anak tangga minimum, tidak termasuk nosing adalah 9,5 in. (240 mm).
4. Rekomendasi yang dapat digunakan untuk anak tangga tanpa nosing, jumlah panjang tinggi anak tangga dan lebar anak tangga adalah 17,5 in (445 mm), tetapi tinggi anak tangga tidak boleh kurang dari 6,5 in. (165 mm) ataupun lebih dari 7,5 in.(190 mm).
5. Jumlah anak tangga ditentukan oleh lebar slab tangga , jumlah perkiraan penghuni tiap lantai, dan dimensi luas lantai. Jumlah anak tangga harus ditentukan sesuai dengan peraturan dibawah ini :
 - Jarak dari titik terjauh pada suatu lantai ke tangga atau akses terdekat tidak boleh melebihi 100 ft (30 m).

- Panjang koridor pada suatu area tertentu tidak boleh melebihi 130 ft (40 m)
- Lebar gabungan untuk semua tangga pada tiap lantai harus mengakomodasi jumlah orang yang menempati luasan lantai terbesar yang dilayani oleh tangga diatas luasan lantai yang ditinjau dengan dasar perhitungan satu orang menempati 2 ft (0,6 m) lebar tangga dan 1,5 anak tangga, dan satu orang menempati $3 \text{ ft}^2 = 0,3 \text{ m}^2$ area lantai pada bordes lantai dan ruang pertemuan yang dilayani oleh tangga.

1. Bagian-bagian tangga:

Secara garis besar tangga terdiri dari bagian-bagian seperti berikut:

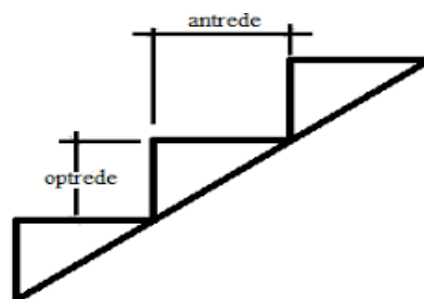
a. Anak Tangga (*Trede*)

1) *Antrede* (Langkah Datar)

Antrede merupakan ukuran area pada anak tangga dimana kaki menjejak diatasnya.

2) *Optrede* (Langkah Tegak)

yaitu bagian dari anak tangga pada bidang vertikal yang merupakan selisih tinggi antara dua buah anak tangga yang berurutan.



Gambar 2.3 *Optrede* dan *Antrede*

Sumber : (SNI 8900-2020)

b. Bordes

Bordes yaitu bagian dari anak tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila terasa Lelah.

Langkah –langkah dalam perancangan tangga sebagai berikut.

a. Penulangan Pelat Tangga

a. Rencanakan optride tangga

- b. Menghitung jumlah optride dengan rumus:

$$\text{Jumlah optride} = \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{Jumlah optride}}$$

- c. Menghitung ukuran antride dengan persyaratan

$$2 \text{ optride} + 1 \text{ antride} = 57 \text{ cm} - 65 \text{ cm}$$

- d. Menghitung kemiringan tangga dengan menggunakan rumus:

$$\text{arc tan } \alpha = \frac{\text{optrude}}{\text{antridee}} < 450$$

- e. Menghitung beban mati dan beban hidup dari pembebanan tangga dan bordes.

- f. Menentukan momen ultimate tumpuan dan lapangan dengan pengaplikasian ETABS.

- g. Menghitung tulangan tumpuan, dan lapangan

$$d = (h - ts - \frac{1}{2} Dl)$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 fc'}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} (1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}})$$

Jika $\rho_{max} > \rho_{perlu} > \rho_{min}$, maka digunakan ρ_{perlu} Jika $\rho_{perlu} < \rho_{min}$,

maka digunakan ρ_{min}

- h. Menghitung Asperlu dan Asmin yang dibutuhkan

$$Asperlu = \rho \times b \times d$$

$$Asmin = \rho \times b \times h$$

- i. Menghitung jarak tulangan

$$S = \frac{1000 \times Ab}{Astulangan}$$

- j. Merencanakan tulangan pembagi dengan menentukan diameter tulangan terlebih dahulu dan gunakan rumus.

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

$$S = \frac{1000 \times Ab}{Astulangan}$$

b. Penulangan Pelat Bordes

1. Menghitung beban mati dan beban hidup dari pembebanan tangga dan bordes.
2. Menentukan momen ultimate tumpuan dan lapangan dengan pengaplikasian ETABS.
3. Menghitung tulangan tumpuan, dan lapangan

$$d = (h - ts - \frac{1}{2} Dl)$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 fc'}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} (1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}})$$

Jika $\rho_{max} > \rho_{perlu} > \rho_{min}$, maka digunakan ρ_{perlu}

Jika $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka digunakan ρ_{min}

4. Menghitung Asperlu dan Asmin yang dibutuhkan

$$Asperlu = \rho \times b \times d$$

$$Asmin = \rho \times b \times h$$

5. Menghitung jumlah tulangan dengan menggunakan rumus

$$n = \frac{Aspakai}{Ab \text{ tulangan}}$$

6. Cek spasi tulangan

$$Cek \text{ spasi tulangan} = \frac{b - 2ts - 2Ds - 2Dl}{n} > 25 \text{ mm}$$

7. Cek momen yang dapat ditahan penampang

$$a = \frac{As \times fy}{fc' \times b}$$

$$\phi Mn = \phi \times As \times fy \times (d - \frac{a}{2})$$

$$\phi Mn > Mu$$

c. Penulangan balok bordes

1. Menghitung nilai momen nominal Mn, dengan nilai $\phi = 0,9$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

2. Menghitung rasio minimum tulangan balok, dengan mengambil nilai terbesar dari 2 persamaan berikut:

$$\rho_{min} = \frac{0,85 \sqrt{f_{c'}}}{f_y} \text{ atau } \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

3. Menghitung R_n dan m

$$d = (h - t_s - \frac{1}{2} D_l)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_{c'}}$$

4. Menghitung nilai rasio tulangan

$$\rho_{perlu} = \rho_{perlu} = \frac{1}{m} (1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}})$$

Jika $\rho_{max} > \rho_{perlu} > \rho_{min}$, maka digunakan ρ_{perlu}

Jika $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka digunakan ρ_{min}

5. Menghitung nilai luas tulangan Tarik yang dibutuhkan

$$A_s = \rho \times b \times d$$

6. Menghitung nilai luasan aktual

$$n = n = \frac{A_{s \text{ teoritis}}}{1/4 \pi D^2}$$

$$S_{min} = \frac{b - (2 \times t_s) - (2 \times D_s) - (n \times D_l)}{(n - 1)}$$

7. Menghitung nilai α berdasarkan tulangan aktual

$$\alpha = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_{c'} \times b}$$

8. Menghitung nilai c (tinggi garis netral baru)

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1}$$

9. Cek Kategori Penampang

Parameter 1

$$\epsilon_t = \frac{(d_t - c)}{c} \times 0,003 \quad \epsilon_t \geq 0,005 = \text{balok tergolong tarik}$$

$$0,002 < \epsilon_t < 0,005 = \text{balok tergolong transisi}$$

$$\epsilon_t < 0,002 = \text{balok tergolong tekan}$$

Parameter 2

$$\frac{c}{d_t} \leq 0,005 = \text{balok tergolong tarik}$$

$$0,006 < \frac{c}{d_t} < 0,375 = \text{balok tergolong transisi}$$

$$\frac{c}{dt} < 0,006 \text{ balok tergolong tekan}$$

10. Menghitung dan memeriksa kapasitas penampang dengan persamaan:

$$Mn = As \times fy \left(\frac{d-a}{2} \right)$$

$$\phi \times Mn \geq Mu$$

d. Tulangan Geser

1. Tentukan gaya geser ultimit (V_u) yang diperoleh dari hasil analisa struktur.

2. Hitung nilai kuat beton V_c dengan menggunakan rumus :

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} bw \times d$$

3. Periksa syarat kemampuan penampang dalam menerima beban geser. $V_u \leq \frac{1}{2} \phi V_c$ tidak dibutuhkan tulangan geser.

$$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c \text{ dibutuhkan tulangan geser minimum.}$$

Dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum yang ditentukan pada langkah 7.

$V_u > \phi V_c$ tulangan geser harus disediakan di langkah 4 sampai 8.

4. Jika $V_u > \phi V_c$ hitung gaya geser yang harus dipikul

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s \text{ atau } V_s = V_u - \phi V_c$$

6. Hitung nilai V_{c1} dan V_{c2}

$$V_{c1} = 0,33 \sqrt{f_c'} bw \times d \quad V_{c2} = 0,66 \sqrt{f_c'} bw \times d$$

7. Hitung jarak tulangan sengkang

$$s1 = \frac{A_v f_{yt} d}{V_s}$$

8. Menentukan jarak maksimum tulangan sengkang

$$s2 = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm, jika } V_s \leq V_{c1}$$

$$s2 = \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm, jika } V_{c1} < V_s \leq V_{c2}$$

$$s3 = \frac{A_v f_{yt}}{0,35 bw}$$

$$s4 = 600 \text{ mm}$$

2.4.4 Perancangan Portal

Portal merupakan suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sebagai satu kesatuan yang lengkap yang terdiri dari berat sendiri, beban hidup dan beban mati. Portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati dan beban hidup.

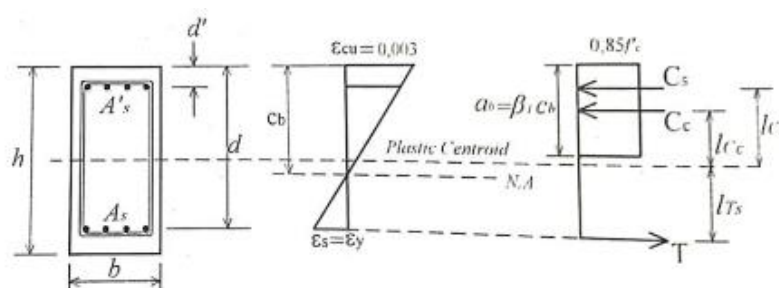
2.4.5 Perancangan Kolom

Kolom merupakan salah satu komponen struktur vertikal yang secara khusus sebagai penyangga beban aksial tekan (dengan atau tanpa adanya momen lentur) dengan bagian tinggi yang ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral kecil. Kolom terbagi menjadi 3 kondisi yaitu, kondisi seimbang (*compression control limit*), kondisi tekan (*compression controlled*), dan kondisi tarik (*tension controlled*).

1. Kondisi seimbang (*compression control limit*)

Kondisi seimbang terjadi pada penampang kolom, Ketika beban bekerja pada penampang yang akan menghasilkan regangan sebesar 0,003 pada serat tekan beton, dan pada saat yang bersamaan tulangan baja mengalami luluh, atau regangannya mencapai $\epsilon_y = f_y/E_s$.

Garis netral penampang keadaan seimbang $Cb \frac{600}{(600+f_y)} d$



Gambar 2.4 Kolom dalam kondisi seimbang

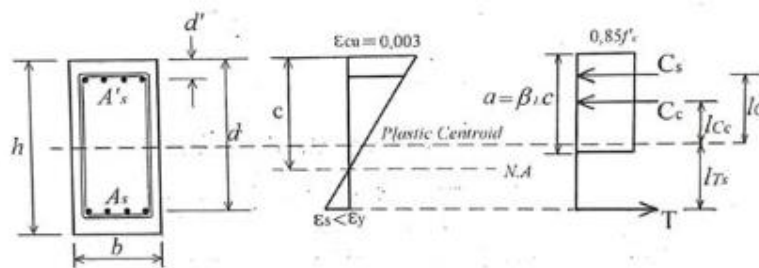
Sumber : (SNI 2847-2019)

2. Kondisi Tekan (*compression controlled*)

Apabila gaya tekan P_n melebihi gaya tekan dalam kondisi seimbang atau apabila eksentrisitas $e = M_n/P_n$, lebih kecil daripada eksentrisitas pada kondisi seimbang, Maka penampang kolom akan mengalami keruntukan tekan. Pada kondisi ini, nilai regangan tulangan adalah

$$\epsilon_s \frac{(d - c)}{c} \leq \epsilon_{cu}$$

Nilai $\epsilon_s < \epsilon_y$ Hal ini menandakan tulangan tidak leleh dan mengalami kondisi tekan.



Gambar 2.5 Kolom dalam kondisi tekan

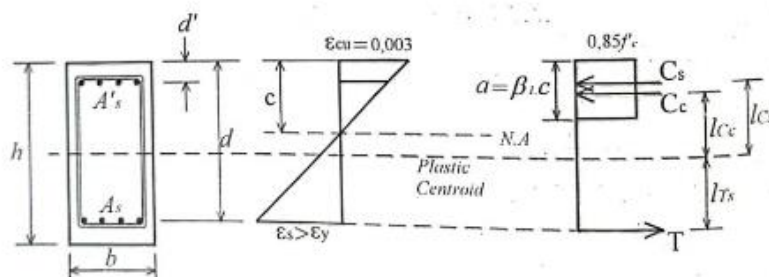
Sumber : (SNI 2847-2019)

3. Kondisi Tarik (*tension controlled*)

Apabila penampang kolom diberi beban tekan eksentrisitas dengan eksentrisitas yang besar, maka akan terjadi keruntuhan tarik. Pada kondisi ini, nilai regangan tulangan adalah:

$$\epsilon_s \frac{(d - c)}{c} \geq \epsilon_{cu}$$

Nilai $\epsilon_s > \epsilon_y$ Hal ini menandakan tulangan leleh dan mengalami kondisi tarik.



Gambar 2.6 Kolom kondisi Tarik

Sumber : (SNI 2847-2019)

Langkah-langkah dalam perancangan kolom yaitu:

- 1) Menghitung parameter pendukung

Tinggi efektif kolom (d)

$$d = 0,8 h$$

Luasan tulangan Astotal

$$A_{s \text{ total}} = n \times \frac{1}{4} \pi D^2$$

Regangan leleh tulangan baja

$$\epsilon_s = \frac{f_y}{E_s}$$

- 2) Analisa kolom dalam kondisi aksial tekan sentris Rasio tulangan

$$\rho = \frac{A_{s \text{ total}}}{b \cdot h} \text{ Kapasitas nominal tekan (Pn)}$$

$$P_n = P_0 = A_g [0,85 f_c' + \rho (f_y - 0,85 f_c')]$$

Kapasitas ultimate tekan (Pu)

$$P_u = \phi \times P_n$$

Untuk keperluan design, beban nominal aksial tekan dibatasi 80% dari P0.

Hal ini sesuai dengan SNI 2847 -2019; Tabel 22.4.2.1; Hal 481.

$$P_n \text{ desain} = 0,8 \times P_0$$

- 3) Hitung garis netral penampang (cb) dalam kondisi seimbang, jika

$c < c_b$ maka kolom dalam kondisi tarik dan jika $c > c_b$ maka kolom dalam kondisi tekan.

- 4) Hitung tegangan-regangan tulangan tarik

$$\epsilon_s = \frac{(d-c)}{c} \times \epsilon_{cu}$$

- 5) Hitung tegangan-regangan tulangan tekan

$$\epsilon'_s = \frac{(c-d')}{c} \times \epsilon_{cu}$$

- 6) Hitung kapasitas aksial tekan nominal

$$P_n = C_c + C_s - T$$

$$P_n = (0,85 f_c' b (\beta_1 c)) + (A'_s (f'_s - 0,85 f_c')) - A_s f_y$$

- 7) Hitung kapasitas nominal

$$M_n = M_{n-cs} + M_{n-cc} + M_{n-T}$$

$$M_n = C_s \left(\frac{h}{2} - d' \right) + C_c \left(\frac{h-a}{2} \right) + T \left(\frac{h}{2} - d' \right)$$

- 8) Cek kapasitas aksial dan kapasitas nominal apakah lebih besar dari P_u dan M_u

$$\phi \times P_n > P_u \text{ (Aman)}$$

$$\phi \times M_n > M_u \text{ (Aman)}$$

Tulangan Geser

1. Tentukan gaya geser ultimit (V_u) yang diperoleh dari hasil analisa struktur.
2. Hitung nilai kuat beton V_c dengan menggunakan rumus :

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} b_w \times d$$

3. Periksa syarat kemampuan penampang dalam menerima beban geser.

$$V_u \leq \frac{1}{2} \phi V_c \text{ tidak dibutuhkan tulangan geser.}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c \text{ dibutuhkan tulangan geser minimum.}$$

Dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum yang ditentukan pada langkah 7.

$V_u > \phi V_c$ tulangan geser harus disediakan di langkah 4 sampai 8.

Jika $V_u > \phi V_c$ hitung gaya geser yang harus dipikul

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s \text{ atau } V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

4. Hitung nilai V_{c1} dan V_{c2}

$$V_{c1} = 0,33 \sqrt{f_c'} b_w \times d \quad V_{c2} = 0,66 \sqrt{f_c'} b_w \times d$$

5. Hitung jarak tulangan sengkang

$$S_1 = \frac{A_v f_{yt} d}{V_s}$$

6. Menentukan jarak maksimum tulangan sengkang

$$s_2 = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm, jika } V_s \leq V_{c1}$$

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

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

$$s_4 = 600 \text{ mm}$$

Apabila nilai s_1 yang dihitung dalam langkah 6 lebih kecil dari s_{maks} maka gunakan jarak sengkang vertikal = s_1 dan jika $s_1 > s_{maks}$ maka gunakan s_{maks} sebagai jarak antar tulangan sengkang.

2.4.4. Perancangan Sloof

Sloof adalah struktur dari bangunan yang berada di atas pondasi yang berfungsi sebagai pemerata beban pondasi. Adapun Langkah-langkah dalam perancangan sloof yaitu.

a) Tulangan lentur (Tunggal)

1. Menghitung nilai momen nominal M_n , dengan nilai $\phi = 0,9$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

2. Menghitung rasio minimum tulangan balok,

$$\rho_{min} = \frac{0,85 \sqrt{f_c'}}{f_y} \text{ atau } \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

3. Menghitung R_n dan m

$$d = (h - t_s - D_s - \frac{1}{2}D_l)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c}$$

4. Menghitung nilai rasio tulangan

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right)$$

5. Menghitung nilai luas tulangan Tarik yang dibutuhkan

$$A_s = \rho \times b \times d$$

6. Menghitung nilai luasan aktual

$$n = \frac{A_s \text{ teoritis}}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

$$S_{min} = \frac{b - (2 \times t_s) - (2 \times D_s) - (n \times D_l)}{(n - 1)}$$

7. Menghitung nilai α berdasarkan tulangan aktual

$$\alpha = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b}$$

8. Menghitung nilai c (tinggi garis netral baru)

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1}$$

9. Cek kategori penampang

Parameter 1

$$\varepsilon_t = \frac{(d_t - c)}{c} \times 0,003$$

$\varepsilon_t \geq 0,005$ = balok tergolong tarik

$0,002 < \varepsilon_t < 0,005$ = balok tergolong transisi

$\varepsilon_t < 0,002$ = balok tergolong tekan

Parameter 2

$$\frac{c}{d_t} \leq 0,005 = \text{balok tergolong tarik}$$

$$0,006 < \frac{c}{d_t} < 0,375 = \text{balok tergolong transisi}$$

$$\frac{c}{d_t} < 0,006 = \text{balok tergolong tekan}$$

10. Menghitung dan memeriksa kapasitas penampang dengan persamaan:

$$M_n = A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi \times M_n \geq M_u$$

b) Tulangan lentur (Rangkap)

1. Asumsikan $\frac{c}{d_t} < 0,375$

Pada tahap ini nilai tersebut ditentukan secara “trial and error” dengan syarat tidak boleh melebihi 0,375. Hal ini dilakukan agar hasil desain balok tergolong tarik.

2. Hitung nilai c dengan nilai $\frac{c}{d_t}$

$$\text{Dengan rumus } d_t = \left(h - t_s - D_s - \frac{1}{2} DI \right)$$

3. Hitung nilai tinggi blok (a) tegangan *whitney*

$$a = \beta_1 \times c$$

4. Hitung nilai gaya tekan C_c

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times b \times a$$

5. Hitung nilai gaya tekan C_c

$$C_c = T_1$$

$$C_c = A_{s1} \times f_y$$

$$A_{s1} = \frac{C_c}{f_y}$$

6. Hitung nilai M_{n1}

$$M_{n1} = A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$M_{n1} < M_n$ = perhitungan rangkap

$M_{n1} > M_n$ = perhitungan tunggal

7. Hitung M_{n2}

$$M_n = M_{n1} + M_{n2}$$

$$M_{n2} = M_n - M_{n1}$$

8. Hitung tegangan pada tulangan tekan, f'_s

$$\epsilon'_s = \left(\frac{c - d'}{c} \right)$$

$$f'_s = E_s \times \epsilon'_s$$

$f'_s \geq f_y$ = tulangan tekan leleh $f'_s = f_y$

$f'_s < f_y$ = tulangan tekan tidak leleh $f'_s = E_s \times \epsilon'_s$

9. Hitung nilai A'_s

$$A'_s = A_{s2} \frac{M_{n2}}{f'_{sx} (d - d')}$$

10. Nilai luasan teoritis A_s dan A'_s

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$$A'_s = A_{s2}$$

11. Hitung luas tulangan actual

$$n_{tarik} = \frac{A_s \text{ teoritis}}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

$$n_{tekan} = \frac{A'_s \text{ teoritis}}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

Pada tahap ini perlu diperiksa bila tulangan dipasang lebih dari 1 lapis.

Sehingga perlu dihitung tinggi efektif balok yang baru (d).

12. Hitung nilai tinggi blok tegangan whitney (a) yang baru

$$T = C_c + C_s$$

$$A_s \times f_y = 0,85 \times f_c' \times b \times a + A's \times f_s'$$

$$a = \frac{[(A_s \times f_y) - (A's \times f's)]}{0,85 \times f_c' \times b}$$

13. Hitung nilai tinggi garis netral (c) dan kategori penampang

$$\epsilon_t = \frac{(d_t - c)}{c} \times 0,003$$

14. Hitung kuat nominal dan cek kapasitas balok

$$M_n = [(A_s \cdot f_y) - (A's \cdot f's)] \left(d - \frac{a}{2} \right) + (A's \cdot f's)(d - d')$$

$$\phi \times M_n > M_u$$

c) Tulangan Geser

1. Tentukan gaya geser ultimit (Vu) yang diperoleh dari hasil analisa struktur.
2. Hitung nilai kuat beton Vc dengan menggunakan rumus:

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} b_w \times d$$

3. Periksa syarat kemampuan penampang dalam menerima beban geser.

$$V_u \leq \frac{1}{2} \phi V_c \text{ tidak dibutuhkan tulangan geser.}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c \text{ dibutuhkan tulangan geser minimum.}$$

Dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum yang ditentukan pada langkah 7.

$V_u > \phi V_c$ tulangan geser harus disediakan di langkah 4 sampai 8.

Jika $V_u > \phi V_c$ hitung gaya geser yang harus dipikul

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s \text{ atau } V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

4. Hitung nilai Vc1 dan Vc2

$$V_{c1} = 0,33 \sqrt{f_c'} b_w \times d$$

$$V_{c2} = 0,66 \sqrt{f_c'} b_w \times d$$

5. Hitung jarak tulangan sengkang

$$S_1 = \frac{A_v f_{yt} d}{V_s}$$

6. Menentukan jarak maksimum tulangan sengkang

$$S_2 = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm, jika } V_s \leq V_{c1}$$

$$S2 = \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm, jika jika } V_{c1} < V_s \leq V_{c2}$$

$$S3 = \frac{A_v f_{yt}}{0,35 b_w}$$

$$S4 = 600 \text{ mm}$$

2.4.6 Perancangan Pondasi

Pondasi merupakan bagian struktur bangunan yang berada di bawah permukaan tanah berfungsi untuk memikul bangunan di atasnya dan mendistribusikan beban tersebut ke lapisan tanah pendukung, sehingga bangunan dalam keadaan stabil.

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan jenis pondasi :

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

Pondasi dapat digolongkan berdasarkan dimana beban itu ditopang oleh tanah yang dihasilkan sehingga terdapat dua klasifikasi pondasi yaitu:

1. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal merupakan pondasi yang mendukung bebannya secara langsung yang biasanya digunakan ketika permukaan tanah yang cukup kuat dan kaku untuk mendukung beban yang dikenakan, dimana jenis struktur yang didukungnya tidak terlalu berat dan tinggi. Adapun jenis-jenis pondasi dangkal seperti:

a. Pondasi Tapak (*Pad Foundations*)

Pondasi tapak digunakan untuk mendukung titik beban tunggal pada bangunan, seperti kolom struktural. Jenis pondasi ini biasanya dibangun dengan struktur lapisan beton bertulang dengan ketebalan yang sama .

b. Pondasi Memanjang (*Strip Foundations*)

Pondasi memanjang atau pondasi menerus adalah jenis pondasi yang digunakan untuk mendukung beban memanjang atau beban garis, baik untuk mendukung beban dinding atau beban kolom.

c. Pondasi Rakit (*Raft Foundation*)

Pondasi rakit digunakan untuk menampung beban di area yang luas agar lebih menyebar. Pondasi rakit ini disusun dari pleat beton besar dengan beberapa jalur kolom-kolom bergaris sesuai permukaan tanah.

Tipe Fundasi	Fundasi Telapak	Fundasi La.Jur	Fundasi Gabungan		Fundasi Rakit
			Segi Empat	Trapezium	
Denah Fundasi					
Potongan					

Gambar 2.7 Jenis-jenis Pondasi Dangkal

Sumber : (Google)

2. Pondasi Dalam

Pondasi dalam merupakan pondasi yang didirikan permukaan tanah dengan kedalaman tertentu dimana daya dukung dasar pondasi dipengaruhi oleh beban struktural dan kondisi permukaan tanah. Suatu pondasi dapat dikategorikan sebagai pondasi dalam apabila perbandingan antara kedalaman dengan lebar pondasi lebih dari sepuluh ($Df/B > 10$). Adapun jenis-jenis pondasi dalam sebagai berikut :

a. Pondasi *Bore pile*

Bahan yang digunakan untuk tipe pondasi ini adalah beton bertulang yang di cor di tempat. Pelaksanaan pondasi tipe ini membutuhkan peralatan bor baik secara manual (diameter lubang bor max 30 cm) maupun menggunakan mesin bor untuk membuat lubang dengan kedalaman rencana.

b. Pondasi Tiang Pancang (*Pile*)

Bahan yang digunakan pada pondasi ini diantaranya bahan kayu (balok kayu) beton (berbentuk persegi, segitiga, maupun silinder), dan berbentuk sheet pile.

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

- Berdasarkan kekuatan bahan pondasi borepile

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

- Berdasarkan kekuatan tanah

$$Q_{ijin} = \frac{NK \cdot Ab}{Fb} + \left(0,3 \cdot \frac{JHP \cdot O}{FS} \right)$$

Keterangan:

NK = Nilai konus

JHP = Jumlah hambatan pekat

Ab = Luas tiang

O = Keliling tiang

Fb = Faktor keamanan daya dukung ujung = 3

Fs = Faktor kemananan daya dukung gesek = 5

0,3 = Koefisien borepile berdasarkan skempton

2. Menentukan jumlah pondasi borepile

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

3. Menentukan jarak antar borepile

Apabila setelah dilakukan perhitungan jumlah pondasi borepile, langkah perancangan selanjutnya adalah menentukan jarak antara masing-masing tiang borepile.

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

Keterangan:

d = ukuran pile (tiang)

S = jarak antara pile

4. Menentukan efisiensi kelompok tiang

Menentukan efisiensi kelompok tiang dilakukan setelah mengetahui hasil perhitungan jumlah tiang. Perhitungan efisiensi kelompok tiang ini dilakukan apabila telah didapatkan hasil perhitungan 29 jumlah tiang yang lebih dari satu tiang. Nilai efisiensi pondasi (Eq) dapat ditentukan dengan rumus berikut ini.

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

Atau

$$E = \arctan \frac{d}{s}$$

Keterangan:

d = ukuran pile (tiang)

S = jarak antara pile

5. Menentukan kemampuan pondasi borepile terhadap sumbu x dan sumbu y.

$$P = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{My_{\max}}{ny \sum x^2} \pm \frac{Mx_{\max}}{nx \sum y^2}$$

6. Penulangan pondasi borepile

Penulangan pondasi borepile dihitung berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkatan Tulangan pokok

- Pemisahan jumlah tulangan pokok digunakan
- Menentukan lebar inti pondasi borepile didapatkan A_g dari tabel A-40 Istimawan
- Menggunakan metode transformasi bentuk penampang bulat menjadi penampang segiempat
- Periksa P_u terhadap beton seimbang (P_{ub}) menggunakan metode empiris

7. Tulangan Geser

D_c = Diameter – 2P

Menentukan $A_c = \frac{1}{4} \pi D_{\text{pondasi}}^2$

Menentukan $A_{sp} = \frac{1}{4} \pi D_{\text{spiral}}^2 30$

$P_s = 0,45 \left(\frac{A_g}{A_c} \right) \frac{f_{c'}}{f_y}$

Mencari $S = \frac{4 A_{sp} (D_c - D_s)}{D_c^2 - P_s} 4$

Keterangan:

D_c = Lebar inti pondasi bore pile

A_c = Luasan borepile

A_{sp} = Luasan tulangan spiral

P_s = ratio spiral

S = Jarak spiral

8. Perhitungan pilecap

Pile cap merupakan bagian yang mengikat dan mengunci posisi pondasi tiang

Langkah-langkah perancangan pilecap :

- Merencanakan beban yang bekerja

$$P_u = 1,2 W_d + 1,6 W_l + 0,5 W_r$$

- Menentukan lebar pilecap

$$b_w = D + 300$$

Keterangan:

L_w = Panjang pilecap (mm)

D = Ukuran tiang (mm)

K = Variabel jarak pilecap

- Pengecekan gaya geser pilecap

✓ Gaya geser 2 arah

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \frac{b_0 \cdot d \sqrt{f_c'}}{6}$$

$$\phi V_c = \phi \frac{1}{3} b_0 \cdot d \sqrt{f_c'}$$

Diambil nilai yang terkecil, dengan:

$$\beta = \frac{a_1}{a_2}$$

$$B_0 = (2 \cdot (A_1 + d_{eff}) + 2 \cdot (A_2 + d_{eff}))$$

Keterangan :

A_1 = Sisi terpanjang kolom

A_2 = Sisi terpendek kolom

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

2.5 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah suatu metode (strategi) mengelola suatu proyek secara menyeluruh dengan efektif dan efisien untuk mencapai tujuan. Ada lima tahap manajemen proyek yaitu:



Gambar 2.8 Tahapan Manajemen Proyek

Sumber : (Google)

Dalam manajemen proyek terdapat beberapa kegiatan proyek:

1. Planning

- Menetapkan tujuan dan sasaran
- Menetapkan lingkup kegiatan
- Menyusun strategi kegiatan
- Menyiapkan pendanaan dan standar kualitas yang diharapkan

2. Organizing

- Menyusun struktur organisasi
- Menyusun daftar personil organisasi

3. Actuating

- Menggerakkan organisasi
- Mendistribusikan tugas, wewenang, dan tanggung jawab
- Memberikan pengarahan, penugasan dan motivasi
- Mengkoordinasikan pelaksanaan kegiatan

4. Controlling

- Mengukur dan membandingkan kualitas hasil terhadap standar dan rencana
- Mengevaluasi dan memperbaiki penyimpangan yang terjadi

2.5.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)

Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS) adalah dokumen yang digunakan sebagai pedoman untuk melaksanakan proyek pekerjaan. RKS proyek berisikan nama pekerjaan beserta penjelasannya berupa jenis, besar, lokasi, prosedur pelaksanaan, syarat mutu pekerjaan dan persyaratan lain yang wajib dipenuhi oleh penyedia pekerjaan konstruksi. RKS umumnya terdiri dari 3 bagian, yaitu syarat umum, syarat administrasi, dan syarat teknis.

Kalimat dalam RKS diusahakan agar disusun sedemikian rupa, sehingga jelas, dan mudah dipahami. Berikut dibawah ini contoh penyusunan RKS yang format daftar isi penulisannya tertulis secara terperinci :

BAB I Syarat-syarat Umum

- Pemberi tugas/pemilik proyek
- Mengenai perencana, pengawas, dan kontraktor
- Mengenai syarat peserta lelang
- Mengenai prosedur pengadaan pelelangan mulai dari bentuk surat penawaran dan cara penyampaian.

BAB II Syarat-syarat Administrasi

- Peraturan-peraturan pelaksanaan
- Rencana kerja
- Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan
- Tanggal waktu penyerahan
- Syarat pembayaran
- Denda atas keterlambatan
- Besar jaminan penawaran
- Besar jaminan pelaksanaan
- Pendatangan surat perjanjian kontrak
- Pekerjaan tambah/kurang
- Laporan-laporan harian dan mingguan
- Pemberian pekerjaan kepada pihak ketiga
- Perselisihan
- Risiko

- Aturan pembayaran; dan lain-lain

BAB III Syarat-syarat Teknis

- Jenis dan uraian pekerjaan
- Jenis dan mutu bahan yang digunakan
- Cara pelaksanaan pekerjaan mulai dari bagian pekerjaan persiapan sampai dengan pekerjaan penyelesaian
- Nama material/bahan

2.5.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan, alat dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan atau proyek.

Rencana Anggaran Biaya (RAB) mempunyai pengertian sebagai berikut :

- Rencana : Hasil proses perencanaan berupa gambaran tentang sikap yang akan dilakukan pada masa depan untuk mencapai tujuan.
- Anggaran : Perhitungan biaya berdasarkan gambar bestek (gambar rencana) pada suatu bangunan.
- Biaya : Besarnya pengeluaran yang digunakan untuk menghasilkan suatu rencana.

Tahapan penyusunan rencana anggaran biaya

1. Mempersiapkan gambar kerja detail (DED)

Detail Engineering Design (DED) atau biasa disebut gambar kerja detail adalah Kumpulan gambar structural dan gambar detail lain suatu proyek.

2. Menyusun item pekerjaan

Item pekerjaan suatu proyek bangunan terdiri dari pekerjaan persiapan, pekerjaan tanah dan pondasi, pekerjaan struktur, pekerjaan dinding bata dan lainnya.

3. Menentukan harga satuan pekerjaan

Harga satuan pekerjaan meliputi harga bahan, upah dan alat yang berlaku di suatu daerah. Harga satuan pekerjaan di setiap daerah di Indonesia berbeda-beda dan tiap tahun akan berubah.

4. Menghitung volume pekerjaan

Volume pekerjaan didapatkan dari perhitungan setiap item pekerjaan. Rumus perhitungan volume sebagai berikut.

- Volume untuk luasan item pekerjaan = Panjang x lebar
- Volume untuk kubikasi item pekerjaan = Panjang x lebar x tinggi
- Volume untuk Panjang item pekerjaan = Panjang x jumlah
- Volume untuk satuan item pekerjaan = 1 unit, 1 buah, 1 kg (sesuai item pekerjaan)

5. Menganalisa harga satuan pekerjaan

Analisa harga satuan pekerjaan meliputi analisa harga satuan bahan/material, analisa harga satuan alat, dan analisa harga satuan upah tenaga kerja.

6. Menghitung jumlah biaya pekerjaan

Jumlah biaya pekerjaan didapatkan dari volume pekerjaan x harga satuan pekerjaan.

7. Menyusun rekapitulasi

Rekapitulasi adalah jumlah total masing-masing pekerjaan kemudian ditambah dengan 11% PPN.

2.5.3 Jadwal Pelaksanaan (Time Schedule)

Pelaksanaan suatu proyek konstruksi diawali dengan jadwal pelaksanaan.

Beberapa tujuan dibuatnya jadwal pelaksanaan yaitu:

1. Mengetahui waktu mulai suatu pekerjaan, durasi pekerjaan, dan waktu selesai pekerjaan.
2. Menjadi pedoman untuk koreksi dari perbaikan pengerjaan proyek.

Umumnya, *time schedule* disajikan dalam bentuk *bar chart*, kurva s, dan *network planning*.

a. *Bar Chart* dan Kurva S

Bar chart adalah suatu skala yang mendatar (horizontal) memanjang ke bagian kanan daftar dengan suatu garis yang berkenaan dengan setiap aktivitas yang tertera dalam daftar itu. *Barchart* merupakan sekumpulan daftar kegiatan yang disusun saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. *Barchart* juga merupakan bentuk rencana yang paling sederhana yang digunakan dilapangan, kegiatan yang dilakukan digambarkan dalam bentuk balok pada skala waktu.

Kurva S yaitu suatu kurva yang disusun untuk menunjukkan hubungan antara nilai kumulatif biaya yang telah digunakan dan persentase (%) penyelesaian pekerjaan terhadap waktu. Kurva S yaitu 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 kurva 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*.

Langkah-langkah dalam membuat kurva S :

1. Pertama buka file Rab format excel yang telah tersaji di rekapitulasi RAB.
2. Buat sheet baru pada file tersebut, lalu rename dengan nama pekerjaan.
3. Copy-paste atau salin ulang keseluruhan file pada rekapitulasi RAB ke sheet baru.
4. Setelah di salin, buat kolom baru untuk menampilkan nilai bobot (%) masing-masing pekerjaan yang terdapat pada proyek konstruksi.
5. Kemudian, buatlah kolom lagi untuk menyajikan waktu pelaksanaan pekerjaan setiap minggu di setiap bulan sampai waktu yang telah direncanakan.
6. Isi masing-masing bobot pekerjaan di setiap minggu sesuai bobot maksimal yang ada pada kolom bobot (%).
7. Buat baris baru dibawah mengenai rencana progress mingguan dan kumulatif progress dan jumlahkan kebawah.
8. Setelah baris dan kolom rencana dan kumulatif progress telah diisi, buat garis kurva s dengan kumulatif rencana progress dengan menu insert dan pilih line.
9. Setelah kurva s selesai maka akan timbul kurva yang menyerupai huruf s.

$$\text{Rumus bobot kegiatan} = \frac{\text{Harga satu pekerjaan}}{\text{Harga total pekerjaan}} \times 100\%$$

b. Network Planning

Network planning atau jaringan kerja merupakan suatu teknik yang digunakan oleh seorang manajer untuk merencanakan, menjadwalkan, dan mengawasi aktivitas pekerjaan suatu proyek dengan menggunakan pendekatan atau analisis waktu dan biaya yang digambarkan dalam bentuk simbol dan diagram.

Macam metode *network planning* sebagai berikut:

1. Metode Diagram Grafik (*Chart Method Diagram*)
Digunakan untuk perencanaan/perancangan dan pengendalian proyek dalam bentuk diagram grafik.
2. Teknik Manajemen Jaringan (*Network Management Technique*)
Digunakan untuk perencanaan/perancangan dan pengendalian proyek berbasis teknologi informasi.
3. Prosedur Dalam Penilaian Program (*Program Evaluation Procedure*)
Digunakan untuk perencanaan/perancangan, pengendalian, dan penilaian kemajuan suatu program.
4. Analisa Jalur Krisis (*Critical Path Analysis*)
Digunakan untuk penjadwalan dan mengendalikan sumber daya proyek.
5. Metode Jalur Kritis (*Critical Path Method*)
Digunakan untuk menjadwalkan dan mengendalikan proyek yang sudah pernah dikerjakan sehingga data, waktu dan biaya setiap unsur kegiatan telah diketahui oleh evaluator.
6. Teknik menilai dan meninjau Kembali (*Program Evaluation and Review Technique*)
Digunakan pada perencanaan dan pengendalian proyek yang belum pernah dikerjakan.