

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Dalam proses pembangunan, yang menjadi titik awalnya adalah perencanaan yang merupakan sebuah acuan atau pedoman awal dalam pembangunan suatu proyek yang pada intinya perencanaan dibuat sebagai upaya untuk merumuskan apa yang sesungguhnya ingin dicapai serta bagaimana sesuatu yang ingin dicapai tersebut dapat diwujudkan melalui serangkaian rumusan rencana kegiatan tertentu, sehingga hal ini dapat menunjukkan pentingnya dilakukan perencanaan terlebih dahulu guna menghasilkan suatu struktur bangunan yang dapat memenuhi persyaratan perencanaan bangunan gedung yang aman, kuat, kokoh, dan ekonomis.

Definisi yang sederhana tentang struktur dalam hubungannya dengan bangunan ialah bahwa struktur merupakan sarana untuk menyalurkan beban dan akibat penggunaan dan atau kehadiran bangunan ke dalam tanah. Secara mudah struktur disebutkan sebagai elemen-elemen yang digabung. Akan tetapi, setiap struktur nyata harus berfungsi sebagai satu kesatuan dalam memikul beban, baik yang bereaksi secara vertikal maupun secara horizontal untuk disalurkan ke dalam tanah. Studi tentang struktur dalam hubungannya dengan bangunan juga menyangkut penanganan pokok persoalan yang jauh lebih luas tentang ruang dan ukuran. Kata-kata ukuran, skala, bentuk, proporsi, dan morfologi semuanya merupakan istilah yang biasa ditemukan dalam perbendaharaan kata perencanaan struktur. (*Schodek, 1991*)

Menurut SNI-1726:2012, struktur bangunan gedung terdiri dari struktur atas dan bawah. Struktur atas adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang berada di atas muka tanah. Struktur bawah adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang terletak di bawah muka tanah, yang dapat terdiri dari struktur besmen, dan/atau struktur fondasinya. Struktur bangunan gedung harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang lengkap, yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas disipasi energi yang cukup untuk menahan

gerak tanah desain dalam batasan-batasan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang diisyaratkan.

2.2 Ruang Lingkup Perencanaan

Ruang lingkup perencanaan Gedung Diklat Fasilkom Universitas Sriwijaya Palembang ini meliputi perencanaan konstruksi, dasar-dasar perencanaan, dan pembebanan.

2.2.1 Perencanaan Konstruksi

Tinjauan konstruksi sering juga mempengaruhi pilihan struktural. Sangat mungkin terjadi bahwa perakitan elemen-elemen struktural akan seefisien apabila materialnya mudah dibuat dan dirakit. Kriteria konstruksi sangat luas, dan termasuk juga kedalamnya tinjauan mengenai banyak serta jenis usaha yang diperlukan untuk melaksanakan suatu bangunan, juga jenis dan banyak alat yang diperlukan serta lama waktu penyelesaiannya. Kegiatan perencanaan adalah suatu kegiatan yang sangat pokok dan penting sebelum melaksanakan sebuah proyek. Terjadinya kesalahan pelaksanaan ataupun metode kerja yang tidak berurutan akan memberikan kerugian pada proyek. Perencanaan yang tepat dan matang akan memudahkan dalam mencapai tujuan utama sebuah pekerjaan konstruksi, yaitu tepat waktu, tepat mutu, serta tepat biaya. Perencanaan yang dilaksanakan dalam sebuah proyek harus memenuhi kriteria-kriteria seperti di bawah ini, antara lain:

1. Kuat dalam menahan beban yang direncanakan
2. Memenuhi persyaratan kemampuan layanan
3. Memiliki durabilitas yang tinggi
4. Kesesuaian dengan lingkungan sekitar
5. Ekonomis
6. Mudah perawatannya

(Imran Iswandi & Zulkifli Ediansjah, 2014)

2.2.2 Dasar-dasar Perencanaan

Untuk perhitungan bangunan gedung Fasilkom Universitas Sriwijaya ini berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia, yakni sebagai berikut :

1. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)
Standar ini digunakan dalam perencanaan dan pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung, atau struktur bangunan lain yang mempunyai kesamaan karakter dengan struktur bangunan gedung.
2. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013)
Standar ini digunakan dalam perencanaan dan pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung, atau struktur bangunan lain yang mempunyai kesamaan karakter dengan struktur bangunan gedung.
3. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012)
SNI ini memberikan persyaratan minimum perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.

2.2.3 Pembebanan

Menurut SNI 1727:2013, beban adalah gaya atau aksi lainnya yang diperoleh dari berat seluruh bahan bangunan, penghuni, barang-barang yang ada di dalam bangunan gedung, efek lingkungan, selisih perpindahan, dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi. Di dalam perencanaan suatu bangunan gedung harus direncanakan kekuatan batasnya terhadap pembebanan-pembebanan, diantaranya :

1. Beban Mati (*Dead load*)

Berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 3 ayat 1 (1), beban mati adalah 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 keran.

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. (SNI 1727:2013, pasal 4 ayat 1). Beban hidup pada lantai gedung diambil menurut SNI 1727:2013 seperti terlihat pada tabel berikut.

3. Kombinasi pembebanan

Kombinasi pembebanan yang dipakai sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2013 yaitu :

a. Kekuatan perlu

Kekuatan perlu U harus paling tidak sama dengan pengaruh beban terfaktor sebagai berikut :

$$U = 1,4 D$$

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (1,0 L \text{ atau } 0,5 W)$$

$$U = 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$$

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

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

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

b. Kuat rencana

Kuat rencana suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan perilaku lentur, beban normal, geser, dan torsi, harus diambil sebagai hasil kali kuat nominal, yang dihitung berdasarkan ketentuan dan asumsi dari SNI 03-2847-2013, dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan (ϕ).

2.3 Perencanaan Struktur

2.3.1 Perencanaan Pelat

Yang dimaksud dengan pelat beton bertulang yaitu struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal dan beban yang

bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Sistem perencanaan penulangan pelat dibagi menjadi 2 macam, yaitu :

- a. Sistem perencanaan pelat dengan tulangan pokok satu arah (pelat satu arah/*one way slab*)

Dikatakan pelat satu arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \geq 2$, (L_y dan L_x adalah panjang pelat dari sisi-sisi pelat). Berikut langkah-langkah perencanaan struktur pelat satu arah berdasarkan Istimawan Dipohusodo, 1999:60 dengan mengacu pada SNI 2847:2013 :

- 1) Penentuan tebal pelat.

Penentuan tebal pelat terlentur satu arah tergantung pada beban atau momen lentur yang bekerja, defleksi yang terjadi, dan kebutuhan kuat geser yang dituntut (Istimawan Dipohusodo, 1999:56). Berdasarkan pasal 9.5.2.2 SNI 2847:2013 berikut tebal minimum pelat satu arah.

Tabel 2.1 Tebal Minimum Pelat Satu Arah

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

Catatan :

Panjang bentang dalam mm.

Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulanga-tulangan Mutu 420 MPa.

Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut :

- (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), W_c diantara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003 w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
- (b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.
- 2) Menghitung beban mati pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung beban rencana (W_U).

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

Keterangan :

W_U = Beban terfaktor pelat (kN/m)

W_D = Beban mati pelat (kN/m)

W_L = Beban hidup pelat (kN/m)

- 3) Menghitung momen rencana (M_U).
- 4) Perkiraan atau hitung tinggi efektif pelat (d_{eff})

Tebal selimut beton yang disyaratkan untuk tulangan tidak boleh kurang dari berikut ini :

Tabel 2.2 Tebal Selimut Beton

	Tebal Selimut Minimum (mm)
(a) Beton yang dicor di atas dan selalu berhubungan dengan tanah	75
(b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca : Batang tulangan D-19 hingga D-57	50
Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil	40
(c) Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah : Slab, dinding, balok usuk :	
Batang tulangan D-44 dan D-57	40
Batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil	20
Balok, kolom :	
Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral	40
Komponen struktur cangkang, pelat lipat :	
Batang tulangan D-19 dan yang lebih besar	20
Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil	13

5) Hitung K_{perlu} .

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

Keterangan :

K = faktor panjang efektif komponen struktur tekan (MPa)

M_u = momen terfaktor pada penampang (kN/m)

b = lebar penampang (mm). Pada perhitungan pelat, lebar pelat diambil 1 meter ($b = 1000$ mm).

d = tinggi efektif pelat (mm).

6) Menentukan rasio penulangan (ρ) dari tabel.

Jika $\rho > \rho_{\text{maks}}$, maka tebal pelat diperbesar.

7) Hitung A_s yang diperlukan :

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

Keterangan :

A_s = luas tulangan (mm^2).

ρ = rasio penulangan

b = lebar pelat (mm)

d = tinggi efektif pelat (mm)

8) Memilih tulangan baja pokok yang akan dipasang serta tulangan suhu dan susut berdasarkan pasal 7.12 SNI 2847:2013 sebagai berikut :

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

a) Slab yang menggunakan batang tulangan ulir Mutu 280 atau 350 = 0,0020

b) Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las Mutu 420 = 0,001

c) Slab yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar

$$0,35 \text{ persen} = \frac{0,0018 \times 420}{f_y}$$

- 2 Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan spasi tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab, atau tidak lebih jauh dari 450 mm.
- 9) Jumlah luas penampang tulangan baja pokok tidak boleh kurang dari jumlah luas penulangan susut dan suhu.
- 10) Buatlah sketsa rancangan.

b. Sistem perencanaan pelat dengan tulangan pokok dua arah (pelat dua arah/*two way slab*).

Dikatakan pelat dua arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$, (L_y dan L_x adalah panjang pelat dari sisi-sisi pelat). Berikut langkah-langkah perencanaan struktur pelat dua arah :

- 1) Hitung tebal minimum pelat, h .

Untuk pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya h , harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- (a) Untuk α_{fm} yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan tabel 2.3 berikut :

Tabel 2.3 Tebal minimum pelat dua arah

Tegangan leleh, f_y Mpa	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

Catatan :

- (1) Untuk konstruksi dua arah, l_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.

- (2) Untuk f_y diantara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.
- (3) Pelat dengan balok diantara kolom-kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α_f untuk balok tepi tidak boleh kurang 0,8.
- (b) Untuk α_{fm} lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, h tidak boleh kurang dari

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

dan tidak boleh kurang dari 125 mm;

- (c) Untuk α_{fm} lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

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

dan tidak boleh kurang dari 90 mm;

Dimana :

$$\alpha_m = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s}$$

$$I_b = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I_s = \frac{I_n \cdot t^3}{12}$$

Keterangan :

E_{cb} = modulus elastis balok beton

E_{cs} = modulus elastis pelat beton

I_b = inersia balok

I_s = inersia pelat

l_n = jarak bentang bersih (mm)

h = tinggi balok

β = rasio bentang bersih terhadap bentang pendek bersih pelat

2) Menghitung beban rencana pelat

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

Keterangan :

W_U = Beban terfaktor pelat (kN/m)

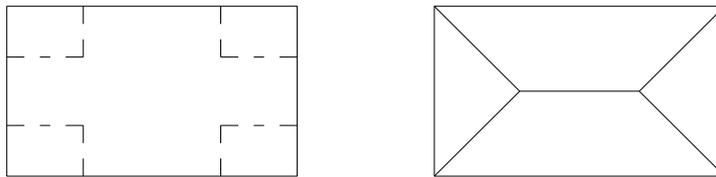
W_D = Beban mati pelat (kN/m)

W_L = Beban hidup pelat (kN/m)

3) Menghitung momen rencana (M_U).

Mencari momen yang bekerja pada arah x dan y, dengan cara penyaluran “metode amplop” (Gideon Kusuma, 1996).

I



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

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

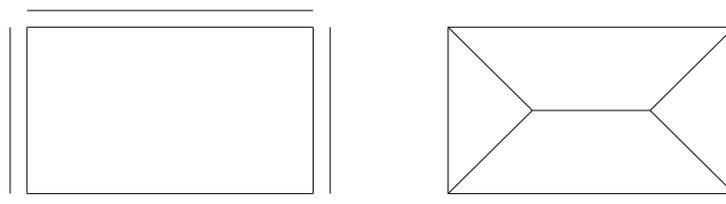
$M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$

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

$M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$

$M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$

II



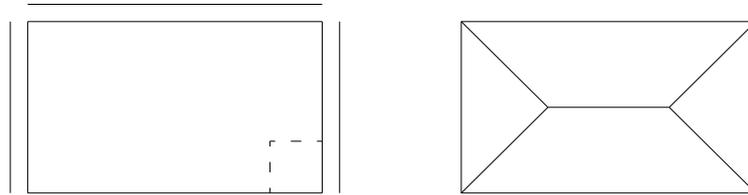
$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$

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

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

$M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times$ koefisien momen

III



$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times$ koefisien momen

$M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times$ koefisien momen

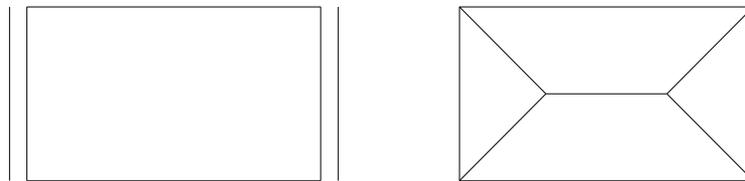
$M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times$ koefisien momen

$M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times$ koefisien momen

$M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$

$M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$

IV^A



$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times$ koefisien momen

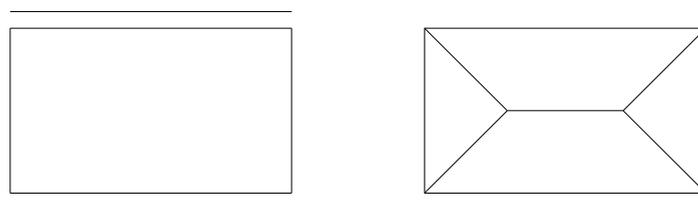
$M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times$ koefisien momen

$M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times$ koefisien momen

$M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times$ koefisien momen

$M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$

IV^B



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

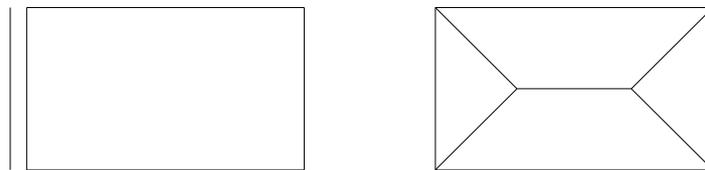
$$M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

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

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

$$M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$$

V^A



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

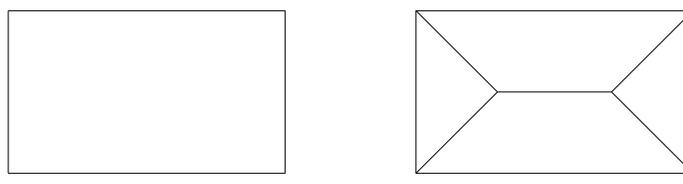
$$M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

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

$$M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$$

$$M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$$

V^B



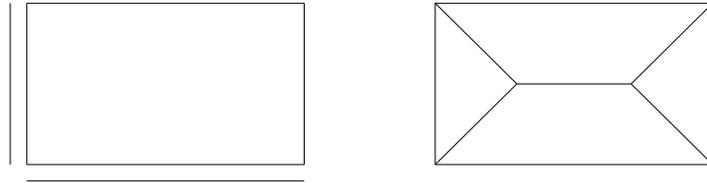
$$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

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

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

$$M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$$

$$M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$$

VI^A

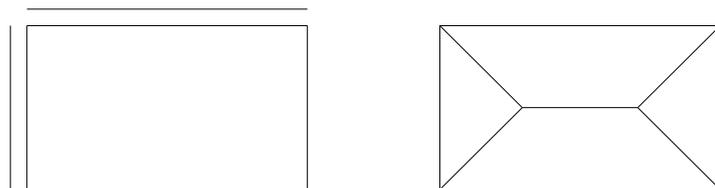
$$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

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

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

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

$$M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$$

VI^B

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

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

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

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

$$M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$$

4) Menentukan tinggi efektif (deff)

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

5) Menghitung Kperlu

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

Keterangan :

K = faktor panjang efektif komponen struktur tekan (MPa)

M_u = momen terfaktor pada penampang (kN/m)

b = lebar penampang (mm). Pada perhitungan pelat, lebar pelat diambil 1 meter ($b = 1000$ mm).

d = tinggi efektif pelat (mm).

6) Menentukan rasio penulangan (ρ) dari tabel.

Jika $\rho > \rho_{maks}$, maka tebal pelat diperbesar.

7) Hitung A_s yang diperlukan :

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

Keterangan :

A_s = luas tulangan (mm^2).

ρ = rasio penulangan

b = lebar pelat (mm)

d = tinggi efektif pelat (mm)

8) Memilih tulangan baja pokok yang akan dipasang serta tulangan suhu dan susut berdasarkan pasal 7.12 SNI 2847:2013 sebagai berikut :

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

a) Slab yang menggunakan batang tulangan ulir Mutu 280 atau 350 = 0,0020

b) Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las Mutu 420 = 0,001

c) Slab yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar

$$0,35 \text{ persen} = \frac{0,0018 \times 420}{f_y}$$

2. Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan spasi tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab, atau tidak lebih jauh dari 450 mm.

9) Menggambarkan detail penulangan.

2.3.2 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan salah satu sarana penghubung dari dua tempat yang berbeda level/ketinggiannya. Pada prinsipnya tangga harus memenuhi dua persyaratan yaitu :

- 1) Mudah dilihat
- 2) Mudah dipergunakan

Menurut *Ik Supriadi (1993)*, beberapa syarat-syarat umum tangga diantaranya seperti berikut :

1. Penempatannya
 - a. Penempatan tangga diusahakan sehemat mungkin menggunakan ruangan.
 - b. Ditempatkan sedemikian rupa sehingga mudah ditemukan oleh banyak orang (bagi yang memerlukannya) dan mendapat sinar pada waktu siang hari.
 - c. Diusahakan penempatannya tidak mengganggu/menghalangi lalu lintas orang banyak (untuk tangga ditempat-tempat yang ramai seperti tangga gedung, bioskop dan pasar).
2. Kekuatannya
 - a. Bila menggunakan bahan kayu hendaknya memakai kelas I atau II, agar nantinya tidak terjadi pelenturan/goyang.
 - b. Kokoh dan stabil bila dilalui oleh sejumlah orang + barangnya, sesuai dengan perencanaan.
3. Bentuknya
 - a. Bentuk konstruksi tangga diusahakan sederhana, layak, sehingga dengan mudah dan cepat dikerjakan serta murah biayanya.
 - b. Bentuknya rapih, indah dipandang dan serasi dengan keadaan di sekitar tangga itu berada.

Adapun langkah-langkah perhitungan perencanaan tangga sebagai berikut :

- a. Menentukan ukuran atau dimensi penampang tangga.
 - 1) Menentukan ukuran lebar tangga.

Tabel 2.4 Daftar Ukuran Lebar Tangga Ideal

No.	Digunakan Untuk	Lebar Efektif (cm)	Lebar Total (cm)
1.	1 orang	± 65	± 85
2.	1 orang + anak	± 100	± 120
3.	1 orang + bagasi	± 85	± 105
4.	2 orang	120 – 130	140 – 150
5.	3 orang	180 – 190	200 – 210
6.	> 3 orang	> 190	> 210

Sumber : Ik Supribadi (1993)

- 2) Menentukan ukuran anak tangga (optrede dan antrede).

Dalam perencanaan, anak tangga harus dibuat sedemikian rupa agar pada saat naik tidak terasa lelah dan pada saat turun tidak meluncur akibat terpeleset.

- a) Untuk bangunan rumah tinggal :

Antrede = minimum 25 cm

Optrede = maksimum 20 cm

- b) Untuk perkantoran dan lain-lain :

Antrede = 25 cm

Optrede = 17 cm

Agar tangga tersebut nyaman dilewati maka harus mempunyai oprade (tegak) dan antrade (mendatar) yang sebanding, dengan menggunakan rumus :

$$1 \text{ antrade} + 2 \text{ oprade} = ln$$

- 3) Menentukan jumlah anak tangga

- 4) Menghitung panjang tangga

Panjang tangga = jumlah optrede x lebar antrede

- 5) Menghitung sudut kemiringan tangga

Sudut kemiringan = \tan (tinggi optrede/ panjang tangga)

- 6) Menentukan tebal pelat

Untuk perhitungan tebal pelat tangga sama dengan perhitungan pelat satu arah.

- b. Menghitung beban-beban pada tangga
- 1) Menghitung beban mati (W_D)
 - a) Berat sendiri bordes
 - b) Berat sendiri anak tangga
$$Q = \frac{\text{antrede} \cdot \text{optrede}}{2} \cdot 1 \text{ m} \cdot \gamma_{\text{beton}} \cdot \text{jumlah anak tangga}$$
 - 2) Menghitung beban hidup (W_L)
- c. Menghitung gaya-gaya yang bekerja dengan menggunakan metode *cross*.
- d. Menghitung tulangan tangga.
- 1) Menentukan momen-momen yang bekerja
 - 2) Menentukan tulangan yang diperlukan
 - 3) Mengontrol tulangan
 - 4) Menentukan jarak tulangan
 - 5) Merencanakan tulangan torsi dan tulangan geser

2.3.3 Perencanaan Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang paling berhubungan dan berfungsi menahan beban sebagai satu kesatuan lengkap. Portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati dan hidup.

1. Portal akibat beban mati

Ditinjau dari arah melintang dan memanjang. Pembebanan pada portal, yaitu :

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

2. Portal akibat beban hidup

Ditinjau dari arah melintang dan memanjang. Adapun pembebanan portal yaitu :

- a. Beban pelat atap
- b. Beban orang/pekerja.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pendimensian portal adalah sebagai berikut :

1. Pendimensian balok
2. Pendimensian kolom
3. Analisa pembebanan
4. Menentukan gaya-gaya dalam

Dalam menghitung dan menentukan besarnya momen yang bekerja pada suatu struktur bangunan, terdapat berbagai metode perhitungan, yakni metode perhitungan cross, takabeya ataupun metode dengan menggunakan program SAP 2000.

Berikut langkah-langkah menghitung portal dengan menggunakan program SAP 2000 :

1. Menentukan model struktur.
2. Menentukan template dan satuan.
3. Menentukan dimensi.
4. Menentukan material.
5. Menentukan pembebanan.
 - a) *Load pattern*
 - b) *Load cases*
 - c) *Load combination* (1,2 DL + 1,6 LL)
6. *Run Analyze*.
7. Pembacaan output hasil analisis.
8. *Design*.

2.3.4 Perencanaan Balok

Balok dapat didefinisikan sebagai salah satu dari elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal. Adapun jenis balok balok beton bertulang berdasarkan perencanaan lentur dan berdasarkan tumpuannya.

Adapun langkah-langkah perencanaan balok sebagai berikut :

1. Menentukan mutu beton yang dipakai.
2. Menentukan dimensi penampang balok dan beban yang terjadi, seperti :

- 1) Beban mati
- 2) Beban hidup
- 3) Beban balok
3. Menghitung beban ultimate :

$$U = 1,2 DL + 1,6 LL$$
4. Menentukan momen desain balok maksimum.
 - a. Menentukan $d_{\text{efektif}} = h - p - ds - \frac{1}{2} D$
 - b. Menentukan k

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$
 - c. Menentukan nilai ρ
 - d. Perhitungan tulangan
 - e. $A_s = \rho b d$
5. Menentukan penulangan lentur lapangan dan tumpuan.
6. Menentukan tulangan geser rencana.

2.3.5 Perencanaan Kolom

Menurut SK SNI T-15-1991-03, kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Berikut langkah-langkah perhitungan struktur kolom :

1. Tentukan pembebanan dan mutu beton.
2. Menentukan beban desain kolom.
3. Menentukan momen desain kolom maksimum untuk ujung atas dan ujung bawah.
4. Menentukan nilai kontribusi tetap terhadap deformasi.
5. Menentukan modulus elastisitas

$$E_{lk} = \frac{E_c \cdot I_g}{1 + \beta d}$$

Dimana :

E_c = modulus elastisitas beton

I_g = momen inersia penampang beton

βd = faktor yang menunjukkan hubungan antara beban mati dan beban keseluruhan.

$$\beta d = \frac{1,2 Pd}{1,2 Pd + 1,6 Pl}$$

6. Menghitung nilai kekakuan relatif.

$$\Psi = \frac{\frac{\sum EI_k}{h}}{\frac{\sum EI_b}{h}}$$

7. Menghitung nilai eksentrisitas.

8. Ψ_a dan Ψ_b .

9. Menghitung angka kelangsingan kolom.

Rangka tanpa pengaku lateral, maka :

$$\frac{k \cdot l_u}{r} > 22$$

10. Menghitung perbesaran momen.

$$M_c = \delta_b \cdot M_u$$

Untuk struktur rangka tanpa pengaku, berlaku :

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi \cdot P_c}} > 1,0$$

11. Menghitung desain penulangan.

2.3.6 Perencanaan Sloof

Sloof adalah balok pengikat kolom yang berfungsi untuk meratakan penurunan bangunan agar tidak miring apabila terjadi penurunan bangunan dan menahan rembesan air tanah yang menyebabkan dinding tembok menjadi lembap (Adiyono, 2006). Adapun langkah-langkah perencanaan sloof adalah sebagai berikut :

1. Menentukan dimensi sloof.
2. Menentukan pembebanan sloof
 $W_u = 1,4 DL$
3. Perhitungan $M_{u_{max}}$ Sloof.
4. Menentukan nilai ρ .

$$\rho = \frac{1}{2} \times \left(1 - \sqrt{1 - 4 \left(\frac{f_y}{1,7 \cdot f_c'} \right) \cdot \left(\frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2 \cdot f_y} \right)} \right) \times \left(\frac{1,7 \cdot f_c'}{f_y} \right)$$

5. Menghitung nilai A_s .

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

6. Menentukan diameter tulangan yang dipakai (Dipohusodo, Tabel A-4P)
7. Mengontrol jarak tulangan sengkang.
8. Untuk menghitung tulangan tumpuan diambil 20% dari luas tulangan atas. Dari Tabel A-4 (Dipohusodo, 1996) didapat diameter tulangan yang dipakai.
9. Mengecek apakah tulangan geser diperlukan atau tidak.

2.3.7 Perencanaan Pondasi

Pada proyek ini pondasi yang digunakan adalah pondasi bored pile dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Memudahkan dalam pelaksanaannya.
- b. Mempunyai angka efisiensi yang lebih besar dalam waktu pelaksanaan dibandingkan dengan pondasi tiang pancang.
- c. Tingkat kebisingan yang minim.
- d. Kemampuan yang baik dalam menahan beban struktur.
- e. Tidak mempengaruhi pondasi gedung di sekitar lokasi.

Analisa-analisa kapasitas daya dukung, dilakukan dengan cara pendekatan untuk memudahkan perhitungan. Persamaan-persamaan yang dibuat, dikaitkan dengan sifat-sifat tanah dan bidang geser yang terjadi saat keruntuhan. Untuk perencanaan pondasi bored pile ini dilakukan dengan memanfaatkan data sondir dari proyek. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Menghitung daya dukung keseimbangan tiang.

Perhitungan yang dipakai untuk menentukan daya dukung tanah terhadap tiang adalah:

$$Q_{\text{tiang}} = \frac{A_{\text{tiang}} \times P}{SF}$$

Dimana :

Q_{tiang} = daya dukung keseimbangan tiang (ton)

A_{tiang} = luas permukaan tiang (m^2)

P = nilai conus hasil sondir (ton/m^2)

SF = Faktor Keamanan, biasanya diambil 3

2. Jika perhitungan pondasi tiang didasarkan terhadap tahanan ujung dan hambatan pelekat, maka daya dukung tanah dapat dilihat sebagai berikut:

Menurut Wesley

$$Q_{sp} = \frac{q_c \times A_b}{F_b} + \frac{TF \times U}{F_s}$$

Dimana:

Q_{sp} = daya dukung vertikal yang diijinkan untuk sebuah tiang tunggal (ton)

q_c = tahanan konus pada ujung tiang (ton/m^2)

A_b = luas penampang ujung tiang (m^2)

U = keliling tiang (m)

TF = tahanan geser (cleef) total sepanjang tiang (ton/m)

F_b = faktor keamanan = 3

F_s = faktor keamanan = 5

3. Menghitung beban aksial, momen, reaksi dari sloof dan berat sendiri pile cap yang akan bekerja. (Q)
4. Menentukan jumlah bored pile.

$$n = \frac{Q}{Q_{\text{tiang}}}$$

5. Menentukan jarak bored pile.

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

Dimana :

D = diameter pondasi bored pile

6. Perhitungan efisiensi kelompok tiang.

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

$$\theta = \text{arc tan} \cdot \frac{\text{diameter pondasi}}{S}$$

7. Perhitungan Q_{maks} .

$$Q_{\text{maks}} = \frac{Q}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_i}{\sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_i}{\sum Y^2} < Q_{\text{ijin}} \cdot Eq$$

8. Perhitungan pile cap control kekuatan geser secara kelompok dan control kekuatan geser secara individu.
9. Perhitungan penulangan pile cap.
10. Hitung momen yang bekerja.

$$M_u = \frac{P_u}{n} \cdot \left(0,5 S - \frac{bw \text{ kolom}}{2} \right)$$

$$S = \text{jarak antar tiang} = 1,2 \text{ m}$$

11. Menentukan nilai ρ .

$$\rho = \frac{1}{2} \times \left(1 - \sqrt{1 - 4 \left(\frac{f_y}{1,7 \cdot f_c'} \right) \cdot \left(\frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2 \cdot f_y} \right)} \right) \times \left(\frac{1,7 \cdot f_c'}{f_y} \right)$$

12. Menghitung nilai A_s .

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

13. Hitung tulangan pasak, $\phi P_n > P_u$.

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

14. Rencanakan tulangan pondasi bored pile.

15. Menentukan diameter tulangan utama dan diameter tulangan sengkang pengikat spiral.

16. Menghitung A_{st} dari tabel buku Istimawan Dipohusodo, Apendiks A.

$$17. \text{ Hitung } \rho_g = \frac{A_{st}}{A_g} = \frac{3421,2}{70686} = 0,048$$

$$0,01 < \rho_g < 0,08 \text{ (oke)}$$

18. Menghitung kuat pondasi maksimum.

$$\phi P_n = 0,85 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st})$$

Jika $\phi P_n > P_u$, maka perhitungan selesai.

19. Perhitungan pengikat spiral pada pondasi bored pile

$$D_c = D - 2P$$

$$A_c = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (D^2)$$

$$A_{sp} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (\phi S^2)$$

$$\rho_s = 0,45 \cdot \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \cdot \frac{f_{cr}}{f_y}$$

$$S = \frac{4 A_{sp} (D_c - d_s)}{D_c^2 \cdot (\rho_s)}$$

Berdasarkan pasal 7 ayat 10 (4) SNI 2847:2013 jarak spasi bersih antar spiral tidak boleh melebihi 75 mm, atau tidak kurang dari 25 mm.

2.4 Manajemen proyek

Definisi manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu. Adapun tujuan dari manajemen proyek ialah untuk mendapatkan metode atau cara teknis yang paling baik agar dengan sumber-sumber daya yang terbatas diperoleh hasil maksimal dalam hal ketepatan, kecepatan, penghematan dan keselamatan kerja secara komprehensif. (*Ir. Abrar Husen, MT, 2008:2*)

2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)

Bestek berasal dari bahasa Belanda yang berarti *Peraturan dan Syarat-syarat* pelaksanaan suatu pekerjaan bangunan atau proyek. Jadi bestek adalah suatu peraturan yang mengikat, yang diuraikan sedemikian rupa, terinci cukup jelas dan mudah dipahami. Pada umumnya bestek dibagi tiga bagian antara lain :

1. Peraturan umum
2. Peraturan administrasi
3. Peraturan dan teknis

2.4.2 Volume Pekerjaan

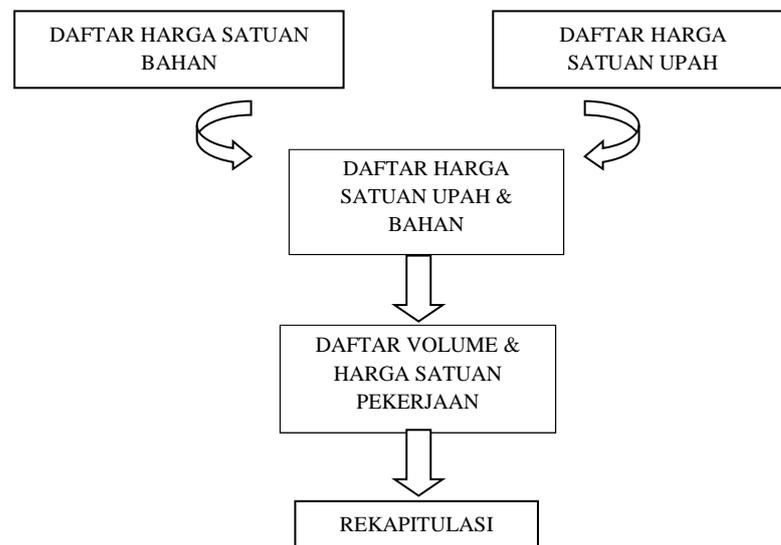
Yang dimaksud dengan volume suatu pekerjaan, ialah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan. Berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek.

2.4.3 Analisa Harga Satuan

Yang dimaksud dengan harga satuan pekerjaan ialah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat di pasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan.

2.4.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Anggaran biaya suatu bangunan atau proyek ialah menghitung banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan analisis, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan atau proyek. Secara umum dapat disimpulkan sebagai berikut :



Gambar 2.1 Tahap Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

2.4.5 Rencana Pelaksanaan

Time schedule atau rencana pelaksanaan proyek ialah mengatur rencana kerja dari satu bagian atau unit pekerjaan. *Time schedule* meliputi kegiatan antara lain sebagai berikut :

- a. Kebutuhan tenaga kerja;
- b. Kebutuhan material/ bahan;
- c. Kebutuhan waktu; dan
- d. Transportasi/pengangkutan.

Adapun beberapa metode penjadwalan proyek yang digunakan untuk mengelolah waktu dan sumber daya proyek sebagai berikut :

a. Bagan Balok atau *Barchart*

Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal. *Barchart* digunakan secara luas dalam proyek konstruksi karena sederhana, mudah dalam pembuatannya dan mudah dimengerti oleh pemakainya.

Barchart ditemukan oleh Gant dan Fredrick W. Taylor dalam bentuk bagan balok, dengan panjang balok sebagai representasi dari durasi setiap kegiatan. Format bagan balok informatif, mudah dibaca dan efektif untuk komunikasi serta dapat dibuat dengan mudah dan sederhana.

Bagan balok terdiri dari sumbu y yang menyatakan kegiatan atau paket kerja dari lingkup proyek, sedangkan sumbu x menyatakan satuan waktu dalam hari, minggu, atau bulan sebagai durasinya.

Pada bagan ini juga dapat ditentukan *milestone* sebagai bagian target yang harus diperhatikan guna kelancaran produktivitas proyek secara keseluruhan. Untuk proses *updating*, bagan balok dapat diperpendek atau diperpanjang, yang menunjukkan bahwa durasi kegiatan akan bertambah atau berkurang sesuai kebutuhan dalam proses perbaikan jadwal.

Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

1. Daftar item kegiatan

Berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.

2. Urutan pekerjaan

Dari daftar item kegiatan di atas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.

3. Waktu pelaksanaan pekerjaan

Waktu pelaksanaan pekerjaan adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan

sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.

b. Kurva S atau *Hanumm Curve*

Kurva S adalah sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanumm atas dasar pengamatan terhadap sejumlah besar proyek sejak awal hingga akhir proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu, dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkannya terhadap jadwal rencana. Dari sinilah diketahui apakah ada keterlambatan atau percepatan proyek.

Indikasi tersebut dapat menjadi informasi awal guna melakukan tindakan koreksi dalam proses pengendalian jadwal. Tetapi informasi tersebut tidak detail dan hanya terbatas untuk menilai kemajuan proyek. Perbaikam lebih lanjut dapat menggunakan metoda lain yang dikombinasikan, misal metode bagan balok atau *Network Planning* dengan memperbarui sumber daya maupun waktu masing-masing kegiatan.

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

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

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

