

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Uraian Umum

Baja mempunyai sifat mekanis yang digunakan dalam perencanaan, harus memenuhi persyaratan minimum yang diberikan pada table 2.1 dibawah ini.

Table 1 Sifat Mekanis Baja Structural

Jenis baja	Tegangan putus minimum, Fu (MPa)	Tegangan leleh minimum, Fu (MPa)
BJ. 33	330	200
BJ. 34	340	210
BJ. 37	370	240
BJ. 41	410	250
BJ. 44	440	280
BJ. 50	500	290
BJ. 52	520	360

(Tata cara perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung hal. 11)

Tegangan putus dan leleh untuk perencanaan tidak boleh diambil melebihi nilai yang ada ditabel tersebut. Sifat-sifat mekanis baja lainnya yang ditetapkan sebagai berikut :

E (Modulus Elastis) = 200.000 MPa

G (Modulus Geser) = 80.000 MPa

M (Nissbah Poisson) = 0,3

α (Koefisien Pemuaian) = 12×10^{-6}

- Beberapa keunggulan baja sebagai material konstruksi, antara lain adalah:
 1. Mempunyai kekuatan yang tinggi, sehingga dapat mengurangi ukuran struktur serta berat struktur. Hal ini cukup menguntungkan bagi struktur-struktur jembatan yang panjang, gedung yang tinggi atau juga bangunan-bangunan yang berada pada kondisi tanah yang buruk.
 2. Keseragaman dan keawetan yang tinggi, tidak seperti halnya material beton bertulang yang terdiri dari berbagai macam bahan penyusun, material baja jauh lebih seragam/homogen serta mempunyai tingkat keawetan yang jauh lebih tinggi jika prosedur perawatan dilakukan secara semestinya
 3. Sifat elastis, baja mempunyai perilaku yang cukup dekat dengan asumsi-asumsi yang digunakan untuk melakukan analisis, sebab baja dapat berperilaku elastis hingga tegangan yang cukup tinggi mengikuti **Hukum Hooke**. Momen inersia dari suatu profil baja juga dapat dihitung dengan pasti sehingga memudahkan dalam melakukan proses analisis struktur
 4. Daktilitas baja cukup tinggi. Suatu batang baja yang menerima tegangan tarik yang tinggi akan mengalami regangan cukup besar sebelum terjadi keruntuhan
 5. Beberapa keuntungan lain pemakaian baja sebagai material konstruksi adalah kemudahan penyambungan antar elemen yang satu dengan lainnya menggunakan alat sambung las atau baut. Pembuatan baja melalui proses gilas panas mengakibatkan baja menjadi mudah dibentuk menjadi penampang-penampang yang diinginkan. Kecepatan pelaksanaan konstruksi baja juga menjadi suatu keunggulan material baja.

2.2 Tahapan Perencanaan Konstruksi

Perencanaan sebuah konstruksi merupakan sebuah sistem yang sebaiknya dilakukan dengan tahapan-tahapan tertentu agar konstruksi yang dihasilkan

sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Adapun tahap-tahap yang dimaksud adalah :

1. Tahapan pra-perencanaan

Terdiri dari gambar-gambar atau sketsa dan merupakan outline dari bagian dan perkiraan biaya bangunan

2. Tahap perencanaan, meliputi :

- a. Perencanaan bentuk arsitektur bangunan
- b. Perencanaan struktur bangunan
- c. Perencanaan Mekanikal Elektrikal, dan fasilitas pendukungnya

Namun pada Laporan Akhir ini akan dibatasi hanya pada perencanaan struktur.

2.3 Dasar-dasar Perencanaan

Dalam perencanaan bangunan, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang telah ditetapkan dan berlaku di Indonesia. Peraturan yang digunakan adalah :

1. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002) oleh Agus Setiawan. Dalam buku ini menjelaskan contoh perhitungan struktur baja, mulai dari perhitunganatang tarik, batang tekan, mendesain serta menentukan dimensi.
2. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002).
3. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPPURG_1987)
4. Struktur Beton Bertulang berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI oleh Istimawan Dipohusodo. Dalam buku ini, dijelaskan mengenai langkah-langkah dan contoh perhitungan struktur beton, mulai dari perhitungan plat, mendesain serta menentukan dimensi

2.4 Beban

Beban adalah gaya luar yang bekerja pada suatu struktur. Penentuan secara pasti besarnya beban yang bekerja pada suatu struktur selama umur layannya merupakan salah satu pekerjaan yang cukup sulit. Dan pada umumnya penentuan besarnya beban hanya merupakan suatu estimasi saja. Besar beban yang bekerja pada suatu struktur diatur oleh peraturan pembebanan yang berlaku, sedangkan masalah kombinasi dari beban-beban yang bekerja telah diatur dalam SNI 03-1729-2002 pasal 6.2.2. Beberapa jenis beban yang sering dijumpai antara lain:

- a. **Beban Mati**, adalah berat dari semua bagian suatu gedung / bangunan yang bersifat tetap selama masa layan struktur, termasuk unsur-unsur tambahan, finishing, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung/bangunan tersebut. Termasuk dalam beban ini adalah berat struktur, pipa-pipa, saluran listrik, AC, lampu-lampu, penutup lantai, dan plafon.
- b. **Beban Hidup**, adalah beban gravitasi yang bekerja pada struktur dalam masa layannya, dan timbul akibat penggunaan suatu gedung. Termasuk beban ini adalah berat manusia, perabotan yang dapat dipindah-pindah, kendaraan, dan barang-barang lain. Karena besar dan lokasi beban yang senantiasa berubah-ubah, maka penentuan beban hidup secara pasti adalah merupakan suatu hal yang cukup sulit.
- c. **Beban Angin**, adalah beban yang bekerja pada struktur akibat tekanan-tekanan dari gerakan angin. Beban angin sangat tergantung dari lokasi dan ketinggian dari struktur.

2.5 Perhitungan Struktur

2.5.1 Perencanaan Rangka Atap

Rangka atap adalah suatu bagian dari struktur gedung yang berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan penutup atap sehingga dalam perencanaan, pembebanan tergantung dari jenis penutup atap yang digunakan. Pada pembangunan Gedung Fakultas Hukum Universitas Sriwijaya Palembang ini direncanakan menggunakan struktur atap baja.

- Pembebanan

Pembebanan yang bekerja pada rangka atap adalah :

1. Beban mati

Beban mati adalah beban dari semua bagian atap yang tidak bergerak, beban tersebut adalah :

- Beban sendiri kuda-kuda
- Beban penutup atap
- Beban gording

2. Beban hidup

Beban hidup adalah beban yang terjadi akibat pengerjaan maupun akibat penggunaan gedung itu sendiri, termasuk didalamnya adalah :

- Beban pekerja
- Beban air hujan

3. Beban angin

- Perencanaan struktur atap baja harus memenuhi beberapa persyaratan dibawah ini :

1. Perencanaan Gording menggunakan metode berikut :

- Metode elastis

Suatu komponen struktur yang memikul lentur terhadap sumbu x harus memenuhi :

$$M_{ux} \leq \phi M_n \quad (SNI \text{ Baja } 03 - 1729 - 2002)$$

Keterangan :

M_{ux} = momen lentur terfaktor terhadap sumbu x

ϕ = faktor reduksi = 0,9

M_n = kuat nominal dari momen lentur penampang terhadap sumbu x

Suatu komponen struktur yang memikul lentur terhadap sumbu y harus memenuhi :

$$M_{uy} \leq \phi M_n \quad (SNI Baja 03 - 1729 - 2002)$$

Keterangan :

M_{ux} = momen lentur terfaktor terhadap sumbu y

ϕ = faktor reduksi = 0,9

M_n = kuat nominal dari momen lentur penampang terhadap sumbu y

- Metode plastis

Suatu komponen struktur yang dibebani momen lentur harus memenuhi:

$$M_u \leq \phi M_n \quad (SNI Baja 03 - 1729 - 2002)$$

Momen nominal untuk penampang kompak yang memenuhi $\lambda \leq \lambda_p$, kuat lentur nominal penampang adalah :

$$M_n = M_p \quad (SNI Baja 03 - 1729 - 2002)$$

Untuk penampang tak kompak yang memenuhi $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$, kuat lentur nominal penampang ditentukan sebagai berikut :

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \quad (SNI Baja 03 - 1729 - 2002)$$

Untuk penampang langsing yang memenuhi $\lambda_r < \lambda$, kuat lentur nominal penampang adalah :

$$M_n = M_r \left(\frac{\lambda_r}{\lambda} \right)^2 \quad (SNI 03-1729-2002 : 34-36)$$

- Perhitungan Gording

a. Perhitungan Beban Mati (M_D) :

- 1) Berat sendiri gording
- 2) Berat penutup atap

b. Perhitungan Beban Hidup (M_L) :

- 1) Beban pekerja, diambil 100 kg/m^2 (*PPIUG 1983 butir 3.2.1 hal 13*)

- 2) Beban Angin

Beban Angin Normal ($\omega = 25 \text{ kg/m}^2$)

Koefisien diambil ($0,02 \alpha - 0,4$) $l_k \times \omega$

Apabila Q_{angin} bernilai negatif, maka dalam perhitungan mengabaikan beban angin. Setelah diketahui beban-beban tersebut, langkah selanjutnya adalah menghitung kombinasi pembebanannya.

$$M_U = 1.2 M_D + 1.6 M_L \dots\dots\dots (SNI 03-1729-2002)$$

M_U = Beban terfaktor

M_D = Beban mati

M_L = Beban hidup

c. Cek kekompakan penampang (*SNI 03-1729-2002*):

Plat sayap :

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f}$$

Dimana :

λ_f = Perbandingan antara lebar dan tebal flens

λ_w = Perbandingan antara tinggi dan tebal web

Plat Badan :

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w}$$

Untuk mengetahui kekompakan penampang yang dipakai, maka perhitungan masing-masing λ_f dan λ_w dibandingkan dengan λ_p dan λ_r .

- Untuk plat sayap :

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}}$$

- Untuk plat badan :

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y - f_r}}$$

Dimana :

λ_p = Lamda plastis

λ_r = Lamda ramping

f_r = 70 (untuk penampang dirol)

f_r = 115 (untuk penampang diLas)

Setelah membandingkan masing-masing lamda plat sayap dan plat badan, tentukan rumus yang memenuhi syarat berdasarkan perbandingannya masing-masing. Berikut adalah jenis-jenis penampang berdasarkan perbandingan lamdanya :

1) Penampang kompak $\lambda < \lambda_p$

$$M_n = M_p = Z_x \cdot f_y$$

2) Penampang tidak kompak $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$

$$M_n = M_y + (M_p - M_y) \left(\frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$$

3) Penampang ramping $\lambda_r < \lambda$

$$M_n = M_y = W_x \cdot f_y$$

d. Cek kekuatan lentur(SNI 03-1729-2002) :

$$\left[\frac{M_{ux}}{\phi \cdot M_{nx}} \right]^{\eta} + \left[\frac{M_{uy}}{\phi \cdot \frac{M_{ny}}{2}} \right]^{\eta}$$

Untuk: $bf/d < 0.3$ maka, $\eta = 1.0$

$0.3 < bf/d < 1.0$ maka $\eta = 0.4 + bf/d \geq 1.0$

$\phi = 0.9$

Dimana :

M_p = Momen plastis

M_y = Momen leleh

M_u = Momen rencana

M_n = Momen nominal

ϕ = reduksi kekuatan

e. Kontrol kekakuan

Dalam merencanakan gording, lendutan adalah hal yang tidak boleh dilupakan, karena keamanan lendutan sangatlah penting guna untuk mengantisipasi keruntuhan atap yang mungkin saja akan timbul .

$$\Delta = \left(\frac{P \cdot L^2}{48 \cdot EI} \right) \rightarrow \text{Untuk beban terpusat di tengah bentang}$$

(beban pekerja)

$$\Delta = \left(\frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 EI} \right) \rightarrow \text{Untuk beban merata}$$

Untuk beban merata bila menggunakan trekstang berjumlah 1 buah maka panjangnya dibagi untuk gaya yang sejajar dengan kemiringan atap.

$$\Delta_{max} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \leq \frac{L}{240}$$

2. Komponen struktur yang mengalami gaya tarik aksial :

- Kuat tarik rencana :

Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor N_u , harus memenuhi :

$$N_u \leq \phi N_n$$

Dengan ϕN_n adalah kuat tarik rencana yang besarnya diambil sebagai nilai terendah diantara dua perhitungan menggunakan harga-harga ϕ dan N_n di bawah ini :

$$\phi = 0,9 ; N_n = A_g F_y \text{ dan } \phi = 0,75 ; N_n = A_e F_u$$

Keterangan :

A_g = luas penampang bruto (mm^2)

A_e = Luas penampang efektif (mm^2)

F_y = tegangan leleh (MPa)

F_u = tegangan tarik putus (MPa)

- Penampang efektif

Luas penampang efektif komponen struktur yang mengalami gaya tarik ditentukan sebagai berikut :

$$A_e = AU$$

Keterangan :

A = luas penampang

U = faktor reduksi ($1 - x/L$) $\leq 0,9$

x = eksentrisitas sambungan, jarak tegak lurus arah gaya tarik, antara titik berat penampang komponen yang disambung dengan bidang sambungan (mm)

L = panjang sambungan dalam arah gaya tarik, yaitu jarak antara dua baut yang terjauh pada suatu sambungan atau panjang las dalam arah gaya tarik (mm)

(SNI 03-1729-2002 : 70-71)

3. Komponen struktur tekan

Untuk penampang yang mempunyai perbandingan lebar terhadap tebalnya lebih kecil daripada nilai λ_r , daya dukung nominal komponen struktur tekan dihitung sebagai berikut:

$$N_n = A_g \cdot F_{cr} \quad ; \quad F_{cr} = \frac{F_y}{\omega}$$

$$N_n = A_g \frac{F_y}{\omega}$$

Untuk $\lambda_c \leq 0,25$ maka $\omega = 1$

Untuk $0,25 < \lambda_c \leq 1,2$ maka $\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c}$

Untuk $\lambda_c \geq 1,2$ maka $\omega = 1,25 \lambda_c^2$

Keterangan :

N_n = kuat tekan nominal komponen struktur

A_g = luas penampang bruto (mm^2)

F_{cr} = tegangan kritis penampang (mm^2)

F_y = tegangan leleh material (MPa)

2.5.2 Pelat

Pelat lantai adalah bagian dari elemen gedung yang berfungsi sebagai tempat berpijak. Perencanaan elemen pelat lantai tidak kalah pentingnya dengan perencanaan balok, kolom, dan pondasi. Pelat lantai yang tidak direncanakan dengan baik bisa menyebabkan lendutan dan getaran saat ada beban yang bekerja pada pelat tersebut.

Pada pelat yang ditumpu oleh balok pada keempat sisinya, terbagi dua berdasarkan geometrinya, yaitu :

1. Pelat satu arah (*one way slab*)

Suatu pelat dikatakan pelat satu arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \geq 2$,

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

- a. Penentuan Tebal Pelat dan Selimut Beton
- b. Menghitung beban mati pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung momen rencana (W_u).

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

Keterangan :

W_D = Jumlah beban mati (kg/m)

W_L = Jumlah beban hidup (kg/m)

- c. Menghitung momen rencana (M_u) baik dengan cara tabel atau analisis.
- d. Perkiraan Tinggi Efektif (d_{eff})

$$d_{eff} = h - p - \emptyset s - \frac{1}{2} D \quad (1 \text{ lapis})$$

$$d_{eff} = h - p - \emptyset s - D - \text{jarak tul. minimum} - \frac{1}{2} D \quad (2 \text{ lapis})$$

- e. Menghitung k_{perlu}

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

Keterangan :

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan (MPa)

M_u = Momen terfaktor pada penampang (N/mm)

b = lebar penampang (mm)

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

$\emptyset$ = faktor kuat rencana (0,8)

- f. Menentukan rasio penulangan (ρ) dari tabel. (*Istimawan : 462 dst.*)
- g. Hitung A_s yang diperlukan.

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

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

ρ = rasio penulangan

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

- h. Tulangan susut/pembagi

$$A_s = 0,0020 \cdot b \cdot h \quad (\text{untuk } f_y = 400 \text{ MPa})$$

$$A_s = 0,0018.b.h \quad (\text{untuk } f_y = 240 \text{ MPa})$$

b = lebar satuan pelat

h = tebal pelat

(Istimawan : 47)

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

1. Mendimensi balok

a. Persyaratan tebal pelat dari balok

1) Untuk $\alpha_m \leq 0,2$

Pelat tanpa penebalan, tebal pelat minimum 120 mm.

Pelat dengan penebalan, tebal pelat minimum 100 mm.

2) Untuk $0,2 < \alpha_m \leq 2,0$

Tebal pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} ; \quad \text{dan tidak boleh } < 120 \text{ mm}$$

(SK SNI T-15-1991-03)

3) Untuk $\alpha_m > 2,0$

Tebal pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36\beta + 9\beta} ; \quad \text{dan tidak boleh } < 90 \text{ mm}$$

(SK SNI T-15-1991-03)

b. Mencari α_m dari masing-masing panel

Mencari α_m dari masing-masing panel untuk mengecek apakah pemakaian h misal telah memenuhi persyaratan hmin.

$$\alpha 1 = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}}$$

$$\alpha m = \frac{\alpha 1 + \alpha 2 + \alpha 3 + \alpha 4}{n}$$

c. Pembebanan pelat

Perhitungan sama seperti pada perhitungan pembebanan pelat satu arah.

d. Mencari momen yang bekerja pada arah x dan y

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

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

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

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

(Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang, Gideon hal.26)

Keterangan :

M_x = momen sejauh X meter

M_y = momen sejauh Y meter

f. Perkiraan Tinggi Efektif (d_{eff})

$$d_{eff} = h - p - \emptyset s - \frac{1}{2} D \quad (1 \text{ lapis})$$

$$d_{eff} = h - p - \emptyset s - D - \text{jarak tul. minimum} - \frac{1}{2} D \quad (2 \text{ lapis})$$

g. Menghitung k_{perlu} berdasarkan momen yang didapat dari e.

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

Keterangan :

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan (MPa)

M_u = Momen terfaktor pada penampang (N/mm)

b = lebar penampang (mm)

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

$\emptyset$ = faktor kuat rencana (0,8)

h. Menentukan rasio penulangan (ρ) dari tabel. (Istimawan : 462 dst.)

Jika $\rho < \rho_{min}$, maka dipakai $\rho_{min} = 0,0058$.

i. Hitung As yang diperlukan.

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

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

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

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

2.5.3 Perencanaan Tangga

Tangga adalah suatu konstruksi yang menghubungkan antara tempat yang satu dan tempat lainnya yang mempunyai ketinggian berbeda, dan dapat dibuat dari kayu, beton, pasangan batu bata, dan baja. Tangga terdiri dari anak tangga dan pelat tangga. Anak tangga terbagi menjadi 2 bagian, yaitu :

1. *Optrede*, yaitu bagian dari anak tangga pada bidang vertikal yang merupakan selisih tinggi antara 2 buah anak tangga yang berurutan
2. *Antrede*, yaitu bagian dari anak tangga pada bidang horizontal yang merupakan bidang tempat pijakan kaki.

- Hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencannaan tangga :

1. Perencanaan tangga, antara lain :

- Penentuan ukuran antrede dan optrede
- Penentuan jumlah antrede dan optrede
- Panjang tangga = lebar antrede x jumlah optrede
- Sudut kemiringan tangga = tinggi tangga : panjang tangga
- Penentuan tebal pelat

2. Penentuan pembebanan pada anak tangga

- Beban mati

- a. Berat sendiri bordes

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

- b. Berat anak tangga

$$\text{Berat satu anak tangga (Q) dalam per m'}$$

$$Q = \frac{1}{2} \text{ antrede} \times \text{optrede} \times 1 \text{ m} \times \gamma_{\text{beton}} \times \text{jumlah anak tangga} / \text{m}$$

- c. Berat spesi dan ubin

- Beban hidup (*PPIUG 1983*).

Beban hidup yang bekerja pada tangga yaitu 300 kg/cm^2

Dari hasil perhitungan akibat beban mati dan beban hidup, maka didapat :

$$W_u = 1,2 D_L + 1,6 L_L$$

Keterangan :

D_L = Jumlah beban mati (kg/m)

L_L = Jumlah beban hidup (kg/m)

2.5.4 Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan berfungsi menahan beban sebagai suatu kesatuan lengkap yang terdiri dari berat sendiri, perataan beban gording, beban hidup, dan beban mati. Sebelum kita merencanakan portal terlebih dahulu kita harus mendimensi portal.

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

a. Pendimensian balok

Balok merupakan batang horizontal dari rangka struktur yang memikul beban tegak lurus sepanjang batang tersebut biasanya terdiri dari dinding, pelat atau atap bangunan dan menyalurkannya pada tumpuan atau struktur dibawahnya. Pada perencanaan struktur balok Gedung Fakultas Hukum Universitas Sriwijaya Palembang ini direncanakan menggunakan baja.

Untuk perhitungan balok dapat dilihat pada tabel 1.1 Perhitungan Balok.

b. Pendimensian kolom

Kolom merupakan batang vertikal dari rangka stuktur yang memikul beban aksial (beban balok, pelat, dinding, atap dan beban lainnya) yang kemudian beban-beban konstruksi tersebut akan diteruskan ke pondasi. Pada perencanaan struktur kolom Gedung Fakultas Hukum Universitas Sriwijaya Palembang ini direncanakan menggunakan baja komposit.

Untuk perhitungan kolom komposit dalam dilihat pada tabel 1.2 Perhitungan Kolom Komposit.

c. Analisa pembebanan

d. Menentukan gaya-gaya dalam

Dalam menghitung dan menentukan besarnya momen yang bekerja pada suatu struktur bangunan, kita mengenal metode perhitungan dengan metode cross, takabeya, ataupun metode dengan menggunakan bantuan komputer yaitu menggunakan program SAP 2000 14.

Pada perencanaan struktur balok dan kolom Gedung Fakultas Hukum Universitas Sriwijaya Palembang ini direncanakan menggunakan struktur baja. Untuk perhitungan balok dapat dilihat pada tabel 1.1 Perhitungan Balok dan Untuk perhitungan kolom komposit dalam dilihat pada tabel 1.2 Perhitungan Kolom Komposit.

2.5.5 Perencanaan Sloof

Sloof adalah suatu konstruksi yang menerima beban dari dinding dan meneruskan beban tersebut ke pondasi melalui kolom yang berfungsi sebagai pengaku struktur.

- Langkah-langkah perhitungan dalam merencanakan sloof :
 1. Tentukan dimensi sloof
 2. Tentukan pembebanan pada sloof
 - Berat sendiri sloof

- Berat dinding dan plesteran

Kemudian semua beban dijumlahkan untuk mendapatkan beban total, lalu dikalikan faktor untuk beban terfaktor.

$$U = 1,2 D + 1,6 L \text{ (Istimawan hal. 40)}$$

Keterangan :

U = beban terfaktor per unit panjang bentang balok

D = beban mati

L = beban hidup

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

- Tentukan $deff = h - p - \emptyset$ sengkang - $\frac{1}{2} \emptyset$ tulangan

$$K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \rightarrow \text{didapat nilai } \rho \text{ dari tabel}$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d \text{ (Gideon hal. 54)}$$

As = luas tulangan tarik non-prategang

- Pilih tulangan dengan dasar As terpasang $\geq As$ direncanakan
Apabila $MR < Mu$ balok akan berperilaku sebagai balok T Murni

- Penulangan lentur pada tumpuan

$$K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \rightarrow \text{didapat nilai } \rho \text{ dari tabel}$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d \text{ (Gideon hal.54)}$$

- Pilih tulangan dengan dasar As terpasang $\geq As$ direncanakan

Keterangan :

As = luas tulangan tarik non-prategang

ρ = rasio penulangan tarik non-prategang

b_{eff} = lebar efektif balok

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

4. Tulangan geser rencana

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_w \times d \quad (\text{Istimawan : 112})$$

$$- V \leq \phi V_c \text{ (tidak perlu tulangan geser)} \quad (\text{Istimawan : 113})$$

$$- V_u \leq \phi V_n$$

$$- V_n = V_c + V_s$$

$$- V_u \leq \phi V_c + \phi V_s \quad (\text{Istimawan : 114})$$

$$- S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \quad (\text{Istimawan : 122})$$

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = luas tulangan geser pada daerah sejarak s

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

f_y = mutu baja

2.5.6 Perencanaan Pondasi

Pondasi merupakan bagian dari struktur bangunan yang terletak di bawah bangunan yang berfungsi memikul beban dari struktur bangunan dan mendistribusikannya ke lapisan tanah pendukung sehingga struktur bangunan dalam kondisi aman.

Fungsi pondasi adalah sebagai berikut :

1. Untuk menyalurkan beban bangunan ke tanah
2. Mencegah terjadinya penurunan bangunan
3. Memberikan kestabilan pada bangunan di atasnya

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan jenis pondasi :

1. Keadaan tanah pondasi
2. Jenis konstruksi bangunan
3. Kondisi bangunan di sekitar lokasi
4. Waktu dan biaya pekerjaan

Suatu struktur bangunan gedung juga harus direncanakan kekuatannya terhadap suatu pembebanan, adapun jenis pembebanan antara lain :

- a. Beban mati (beban tetap)
 - b. Beban hidup (beban sementara)
 - c. Beban angin
- Langkah-langkah perencanaan pondasi adalah sebagai berikut :
1. Menentukan daya dukung ijin tanah melalui perhitungan dengan berdasarkan data-data yang ada.

Berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang :

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

Berdasarkan kekuatan tanah :

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

- Dimana :
- NK = nilai konus
 - JPH = jumlah hambatan pekat
 - Ab = luas tiang
 - O = keliling tiang
 - Fb = faktor keamanan daya dukung ujung. = 3
 - Fs = faktor keamanan daya dukung gesek. = 5

2. Menentukan jumlah tiang pancang

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

3. Menentukan jarak antar tiang

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

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

Dimana : d = ukuran pile (tiang)

S = Jarak antar tiang

4. Menentukan Efisiensi Kelompok Tiang

Menentukan efisiensi kelompok tiang dilakukan setelah mengetahui hasil perhitungan jumlah tiang pancang. Perhitungan efisiensi kelompok tiang ini dilakukan apabila setelah didapat hasil perhitungan jumlah tiang yang lebih dari satu buah tiang. Nilai efisiensi tiang pancang (E_g) dapat ditentukan dengan rumus berikut ini.

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

Dimana: d = Ukuran Pile (tiang)

S = Jarak Antar tiang

5. Menentukan Kemampuan Tiang Pancang Terhadap sumbu X dan Y

$$P = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{max}}{n_y \cdot \sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{max}}{n_x \cdot \sum y^2}$$

Dimana :

P : Beban yang diterima oleh tiang pancang

$\sum$: Jumlah total beban

M_x : Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu X

M_y : Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu Y

N : Banyak tiang pancang dalam kelompok tiang (pilegroup)

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

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

Tiang pancang.

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

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

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

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

Kontrol kemampuan tiang pancang :

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

$$P_{ijin} < P$$

6. Penulangan Tiang Pancang

Penulangan tiang pancang dihitung berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkatan.

a. Tulangan Pokok Tiang Pancang

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

Dari tabel A-10 (Istimawan) didapat k untuk ρ

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

Dengan :

b = ukuran tiang

d = tinggi efektif

- Menentukan jumlah tulangan selain dengan menggunakan tabel di buku beton bertulang Istimawan Dipohusodo dapat di hitung dengan :

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

Dengan :

A_s = Luas tulangan yang dibutuhkan

D = Diameter tulangan

b. Tulangan Geser Tiang Pancang

V_u rencana didapat dari pola pengangkutan sebagai berikut :

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

$V_u < \phi V_c \Rightarrow$ Diperlukan Tulangan Geser

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

$$S = \frac{3 \cdot A_v \cdot f_y}{b}$$

$$S = \frac{\phi \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{V_u - \phi V_c}$$

Syarat sengkang $\rightarrow S_{maks} = \frac{1}{2} \cdot d$ efektif

7. Perhitungan Pile Cap

Pile cap merupakan bagian yang mengikat dan mengunci posisi tiang pancang. Langkah-langkah perencanaan pile cap :

- a. Menentukan beban yang bekerja

$$P_u = 1,2 W_d + 1,6 W_l$$

- b. Menentukan dimensi pile cap

- Menentukan panjang Pilecap

$$L_w = (k + 1) \times D + 300$$

- Menentukan lebar pile cap

$$b_w = D + 300$$

Dengan :

$$L_w = \text{Panjang pile cap (mm)}$$

$$D = \text{Ukuran pile (tiang) (mm)}$$

$$k = \text{Variabel jarak pile cap}$$

2.6 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah bagaimana agar sumber daya yang terlibat didalam proyek konstruksi dapat diaplikasikan oleh manajer proyek secara tepat. Sumber daya dalam proyek konstruksi dapat dikelompokkan menjadi 5 yaitu manpower, material, machines, money dan metdhod. Tujuan manajemen proyek pada umumnya dipandang sebagai pencapaian suatu sasaran tunggal dan dengan jelas terdefenisikan. Dalam rekayasa sipil, pencapaian sasaran saja tidak cukup karena banyak sasaran penting lain yang harus dapat dicapai. Sasaran ini dikenal sebagai sasaran sekunder dan bersifat sebagai kendala.

Manajemen pengelolaan setiap proyek rekayasa sipil meliputi delapan fungsi dasar manajemen yaitu :

1. Penetapan tujuan (Goal setting)
2. Perencanaan (Planning)
3. Pengorganisasian (Organizing)
4. Pengisian Staff (Staffing)
5. Pengarahan (Directing)
6. Pengawasan (Supervising)
7. Pengendalian (Controlling)
8. Koordinasi (Coordinating)

(Ervianto W.I *Manajemen Proyek Konstruksi* Hal.1-5)

Sebelum pelaksanaan kegiatan proyek konstruksi dimulai, biasanya didahului dengan penyusunan rencana kerja waktu kegiatan yang disesuaikan dengan metode konstruksi yang akan digunakan. Pihak pengelola proyek melakukan kegiatan pendataan lokasi proyek guna mendapatkan informasi detail untuk keperluan penyusunan rencana kerja.

Dalam penyusunan rencana kerja, perlu dipertimbangkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Keadaan lapangan lokasi proyek, hal ini dilakukan untuk memperkirakan hambatan yang mungkin timbul selama pekerjaan.
 2. Kemampuan tenaga kerja, informasi detail tentang jenis dan macam kegiatan yang berguna untuk memperkirakan jumlah dan jenis tenaga kerja yang harus disediakan.
 3. Pengadaan material konstruksi, harus diketahui dengan pasti macam, jenis dan jumlah material yang diperlukan untuk pelaksanaan pembangunan. Pemilihan jenis material yang digunakan harus dilakukan diawal proyek, kemudian dipisahkan berdasarkan jenis material yang memerlukan waktu pengadaan, misalnya material pabrikasi seperti rangka kolom baja biasanya tidak dapat dibeli setiap saat, tetapi memerlukan sejumlah waktu untuk kegiatan proses produksi. Hal ini penting untuk membuat jadwal rencana pengadaan material konstruksi.
 4. Pengadaan alat pembangunan, untuk kegiatan yang memerlukan peralatan pendukung pembangunan harus dapat dideteksi secara jelas. Hal ini berkaitan dengan pengadaan peralatan. Jenis kapasitas, kemampuan dan kondisi peralatan harus disesuaikan dengan kegiatannya.
 5. Gambar kerja, selain gambar kerja rencana, pelaksanaan proyek konstruksi memerlukan gambar kerja untuk bagian-bagian tertentu/khusus. Untuk itu perlu dilakukan pendataan bagian-bagian yang memerlukan gambar kerja.
 6. Kontinuitas pelaksanaan pekerjaan, dalam penyusunan rencana kerja, faktor penting yang harus dijamin oleh pengelola proyek adalah kelangsungan dari susunan rencana kegiatan setiap item pekerjaan.
- Manfaat dan kegunaan penyusunan rencana kerja antara lain :
1. Alat koordinasi bagi pemimpin, dengan menggunakan rencana kerja, pimpinan pelaksanaan pembangunan dapat melakukan koordinasi semua kegiatan yang ada dilapangan.

2. Sebagai pedoman kerja para pelaksana, rencana kerja merupakan pedoman terutama dalam kaitanya dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk setiap item kegiatan.
3. Sebagai penilaian kemajuan pekerjaan, ketetapan waktu dari setiap item kegiatan dilapangan dapat dipantau dari rencana pelaksanaan dengan realisasi pelaksanaan dilapangan.
4. Sebagai evaluasi pekerjaan, variasi yang ditimbulkan dari perbandingan rencana dan realisasi dapat digunakan sebagai bahan evaluasi untuk menentukan rencana selanjutnya.

Perencanaan merupakan bagian terpenting untuk mencapai keberhasilan proyek konstruksi. Pengaruh perencanaan terhadap proyek konstruksi akan berdampak pada pendapatan dalam proyek itu sendiri. Hal ini dikuatkan dengan berbagai kejadian dalam proyek konstruksi yang menyatakan bahwa yang perencanaan yang baik dapat menghemat $\pm 40\%$ dari biaya proyek, sedangkan perencanaan yang kurang baik dapat menimbulkan kebocoran anggaran sampai $\pm 40\%$.

(Ervianto W.I *Manajemen Proyek Konstruksi* Hal.153-162)

2.6.1 Rencana Kerja dan Syarat-Syarat

Yang dimaksud dengan rencana kerja dan syarat (RKS) adalah segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama segala hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh kontraktor pada saat akan mengikuti pelanggan maupun pada saat pelaksanaan yang akan dilakukan.

2.6.2 Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada, dan dihitung dalam setiap jenis pekerjaan. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada.

2.6.3 Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Guna dari harga satuan ini agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari hasil perkalian dengan volume pekerjaan. Analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

2.6.4 Rencana Pelaksanaan

a. Barchart

Rencana kerja yang paling sering digunakan adalah diagram batang (*barchart*) atau *gant chart*. *Barchart* digunakan secara luas dalam proyek konstruksi karena sederhana, mudah dalam pembuatannya dan mudah dimengerti oleh pemakainya.

Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal. Kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang.

BAR CHART PEKERJAAN PONDASI										
ILMUSIPIL.COM										
NO	Pekerjaan	Harga pekerjaan	durasi	bobot (%)	hari					
					1	2	3	4	5	6
1	Persiapan	Rp 100,000.00	6	9.09						
2	Galian tanah	Rp 150,000.00	2	13.64						
3	Lantai kerja	Rp 200,000.00	2	18.18						
4	Urugan pasir	Rp 150,000.00	1	13.64						
5	Pasangan batu kali	Rp 400,000.00	3	36.36						
6	Urugan kembali	Rp 100,000.00	1	9.09						
Jumlah		Rp 1,100,000.00		100.00	1.52	17.42	43.18	13.64	22.73	1.52
jumlah akumulatif					1.52	18.94	62.12	75.76	98.48	100.00

Cat : Warna hanya membedakan durasi perkerjaannya

Gambar 2.2 Contoh Sederhana Barchart

- Keuntungan dari penggunaan *barchart* :
 1. Bentuknya sederhana
 2. Mudah dibuat
 3. Mudah dimengerti
 4. Mudah dibaca
- Kerugian dari penggunaan *barchart* :
 1. Hubungan antara pekerjaan yang satu dan yang lain kurang jelas
 2. Sukar mengadakan perbaikan
 3. Sulit digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar

b. Kurva S

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progres pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva tersebut dibuat berdasarkan rencana atau pelaksanaan progres pekerjaan dari setiap pekerjaan. Dengan kurva S kita dapat mengetahui progres pada setiap waktu. Progres tersebut dapat berupa rencana dan pelaksanaan. Untuk setiap *barchart* yang dilengkapi dengan progres dapat dibuat kurva S. Bentuk kurva S biasanya mempunyai kemiringan yang landai pada setiap tahap permulaan dan tahap akhir dari pelaksanaan proyek.

KURVA S PEKERJAAN PONDASI											
ILMUSIPIL.COM											
NO	Pekerjaan	Harga pekerjaan	durasi	bobot (%)	hari						grafik
					1	2	3	4	5	6	
1	Persiapan	Rp 100,000.00	6	9.09	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	100
2	Galian tanah	Rp 150,000.00	2	13.64		6.82	6.82				80
3	Lantai kerja	Rp 200,000.00	2	18.18		9.09	9.09				60
4	Urugan pasir	Rp 150,000.00	1	13.64			13.64				40
5	Pasangan batu kali	Rp 400,000.00	3	36.36			12.12	12.12	12.12		20
6	Urugan kembali	Rp 100,000.00	1	9.09					9.09		0
Jumlah		Rp 1,100,000.00		100.00	1.52	17.42	43.18	13.64	22.73	1.52	
jumlah akumulatif					1.52	18.94	62.12	75.76	98.48	100.00	

Gambar 2.3 Contoh Grafik Kurva S

c. NWP (*Network Planning*)

Network Planning merupakan suatu cara atau teknik dalam bidang perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Produk yang dihasilkan dari *network planning* ini adalah kegiatan yang ada dalam proyek. *Network Planning* digunakan untuk mengkoordinasi berbagai pekerjaan, mengerahui apakah suatu pekerjaan bebas atau tergantung dengan pekerjaan lainnya, menunjukkan waktu penyelesaian yang kritis atau tidak, dan kepastian dalam penggunaan sumber daya.

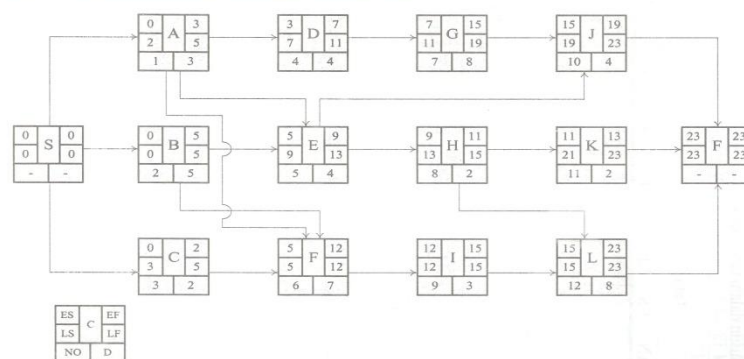
- Adapun kegunaan *Network Planning* adalah sebagai berikut :
 1. Merencanakan, *Scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
 2. Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara detail dari proyek.
 3. Mendokumenkan dan mengkomunikasikan rencana *Scheduling* (waktu), dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
 4. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*Critical Path*) saja yang perlu pengawasan ketat.
- Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun *Network Planning* adalah :
 1. Urutan pekerjaan yang logis
 Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa saja yang kemudian mengikutinya.
 2. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan
 Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Kalau proyek itu baru sama sekali biasanya diberi slack / kelonggaran waktu.
 3. Biaya untuk mempercepat setiap pekerjaan
 Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada pada jalur-jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya-biaya lembur, biaya penambahan tenaga kerja dan sebagainya.

Network Planning memiliki dua tipe, yaitu *Precedence Diagram Method* (PDM) dan *Critical Path Method* (CPM).

- **Precedence Diagram Methode**

Precedence diagram merupakan diagram sederhana sebagai prosedur dasar untuk mengalokasikan elemen-elemen aktivitas dimana memperlihatkan hubungan suatu aktivitas untuk mendahului aktivitas yang lain. Precedence diagram berfungsi untuk mempermudah penjelasan dari elemen-elemen aktivitas yang ditempatkan dalam suatu stasiun kerja. Contoh precedence diagram dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

PRECEDENCE DIAGRAM METHOD



Gambar 2.4 Contoh Sederhana PDM

- **Critical Path Method (CPM)**

CPM merupakan suatu metode dalam mengidentifikasi jalur atau item pekerjaan kritis. Untuk membuatnya dapat secara manual matematis, CPM lebih jarang digunakan dalam proyek dibandingkan dengan Kurva-S. Pada kenyataannya banyak pelaku proyek (Kontraktor, Pengawas, dan Owner) belum familiar dengan alat yang satu ini kecuali untuk yang sudah memiliki pendidikan, pelatihan dan pengalaman yang memadai. Metode CPM sebenarnya sangat powerfull dalam membantu proyek keluar dari masalah keterlambatan. Asal

