

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Menurut data panduan Metode Pelaksanaan PT.PP (BDE/GDG/STR/PLT/2015/005), “Beton Pracetak (Precast Concrete) adalah beton yang dicetak di beberapa lokasi (baik dilingkungan proyek maupun di pabrik-pabrik) yang pada akhirnya dipasang pada posisinya dengan suatu sistem sambungan sehingga rangkaian elemen demi elemen beton pracetak menjadi satu kesatuan yang utuh sebagai suatu struktur (Plant Cast Precast and Presetressed). Dan “Half Precast adalah suatu sistem pelat beton bertulang yang separohnya dicetak di luar lokasi (*precast*) dan separohnya dicetak di tempat (*cast in situ*).” Serta merujuk pada jurnal analisis perbandingan efisiensi waktu dan biaya antara metode konvensional slab, precast half slab dan precast full slab pada proyek bangunan hotel bertingkat di Surabaya (2018) Durasi pemasangan plat menggunakan metode konvensional 29% lebih lama dibandingkan pemasangan plat lantai dengan menggunakan *full slab* dan *half slab*.

#### 2.2 Umum

Pada pengerjaan suatu proyek diperlukan perencanaan dan pelaksanaan yang baik dan cermat. Hal ini supaya pelaksanaan proyek dapat terselesaikan sesuai estimasi waktu yang telah ditentukan dan biaya paling efisien. Rencana anggaran biaya meliputi semua biaya yang dibutuhkan selama masa pengerjaan proyek.

Metode Pelaksanaan pengerjaan proyek yang akan dibahas di proposal ini meliputi pengerjaan struktur bawah yaitu di mulai dari penggalian tanah, pemancangan, pemadatan tanah, dan pembuatan pilecap. Sedangkan untuk pengerjaan struktur atas meliputi kolom, balok dan pelat. Alat-alat yang digunakan untuk pengerjaan struktur tersebut yaitu alat pemancang, alat penggali dan pemadatan tanah, alat pengecoran, dan *tower crane*.

Materi yang akan di bahas pada tinjauan pustaka adalah RAP (Rencana Anggaran Pelaksanaan) yang meliputi perhitungan volue tiap item pekerjaan, spesifikasi alat, perhitungan produktivitas, HSP penjadwalan dan waktu yang meliputi *Network Planning*, *Bar Chart*, dan Kurva S.

### 2.3 Definisi dan Terminologi

Menurut Ervianto (2006), precast dapat diartikan sebagai suatu proses produksi elemen struktur bangunan pada suatu tempat/lokasi yang berbeda dengan tempat/lokasi dimana elemen struktur tersebut akan digunakan.

Jenis-jenis plat precast adalah :

- a) Solid Flat Slab atau precast Full Slab yaitu plat precast dengan ketebalan penuh sesuai dengan tebal plat yang ditentukan.
- b) Hollow Core Slab yaitu sama dengan plat precast Full Slab. Yang membedakan terdapat lubang rongga pada sisinya yang berfungsi untuk meringankan beban struktur.
- c) Half Slab yaitu plat precast yang masih membutuhkan pengecoran lagi (overtopping). Misalnya direncanakan plat lantai dengan ketebalan 12 cm, maka digunakan plat precast dengan ketebalan 7 cm dan pengecoran overtopping setebal 5 cm.

Adapun keunggulan dan kelemahan beton *precast*:

Keunggulan pemakaian beton *precast*

- Kualitas beton yang lebih baik. Beton precast mempunyai mutu yang lebih baik karena proses produksinya dilaksanakan dengan mesin dan pengawasan yang lebih cermat.
- Pelaksanaan konstruksi relatif tidak terpengaruh cuaca. Beton precast diproduksi dalam lingkungan pabrik yang terlindung dari pengaruh panas matahari maupun hujan sehingga dalam cuaca yang bagaimanapun, proses produksi tetap berlangsung.
- Menghemat pemakaian bekisting

Kelemahan menggunakan beton *precast*

- Proses penyatuan komponen bangunan yang berupa beton *precast* untuk menjadi bagian dari bangunan tersebut. Karena tahap ini membutuhkan alat bantu seperti *tower crane*.
- Diperlukan perencanaan yang detail pada bagian sambungan antara plat *precast*.

## **2.4 Tahap pelaksanaan *Precast Half Slab***

### **2.4.1 Perhitungan Kebutuhan Tulangan *Precast Half Slab***

Perhitungan kebutuhan tulangan pada *precast half slab* ini dibagi menjadi tiga tahapan atau kondisi. Kondisi tersebut di jelaskan sebagai berikut:



## 1. Kondisi Pengangkatan

Menurut PCI Design Handbook 7th Edition chapter 8 ada beberapa titik angkat yang disyaratkan untuk mengangkat elem dari cetakan maupun saat akan melakukan pemasangan. Titik angkat ini berfungsi untuk menjaga elemen pracetak agar tegangan yang dipikulnya tidak melebihi batas dan untuk membuat elemen dapat diangkat. Jenis titik angkat pada pelat tersebut sebagai berikut :

### • 4 Titik Angkat

Momen maksimum 4 titik angkat

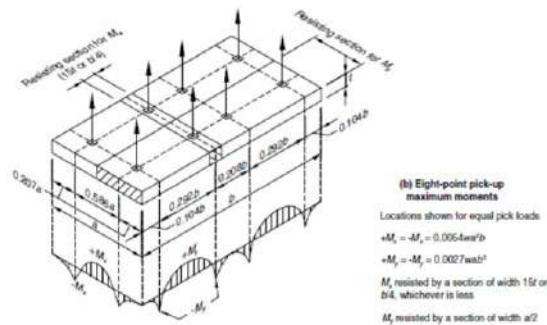


Gambar 2. 1 Pengangkatan 4 titik angkat

$$+M_x = -M_x = 0.0107 \times q_u \times a^2 \times b \dots \dots \dots (2.1)$$

$$+M_y = -M_y = 0.0107 \times q_u \times a \times b^2 \dots \dots \dots (2.2)$$

### • 8 Titik Angkat



Gambar 2. 2 Pengangkatan 8 titik angka

$$+M_x = -M_x = 0.0054 \times q_u \times a^2 \times b \dots\dots\dots(2.3)$$

$$+M_y = -M_y = 0.0027 \times q_u \times a \times b^2 \dots\dots\dots(2.4)$$

- Kebutuhan Tulangan Angkat

1. Untuk luas Tulangan

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right) \dots\dots\dots(2.5)$$

2. Kontrol SNI 2847-2019 pasal 10.5.1 harus tersedia tidak boleh kurang dari :

$$A_{vmin} = \frac{0.25 \sqrt{f_{c'}}}{f_y} \times b_w \times d_x = \frac{1.4 \times b_w \times d_x}{f_y} \dots\dots\dots(2.6)$$

3. Luas tulangan maksimum tidak lebih besar dari

$$P_b = \frac{0.75}{\left( 1 + \frac{0.85 \times \beta \times f_{c'}}{f_y} \right)} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots(2.7)$$

4.  $A_{vmin} < A_{perlu} < A_{max}$

5. Jarak tulangan

$$S_{perlu} = \frac{0.25 \times \lambda \times x}{A_{s \text{ perlu}}} \dots\dots\dots(2.8)$$

6.  $S_{max} \leq 3h$  atau 450 mm (SNI 2847-2019 Pasal 10.5.4)

Di kontrol  $A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$

- Kontrol Faktor Reduksi

1. Tinggi blok tegangan persegi ekivalen

$$a = \frac{A_s \text{ pasang} \times F_y^2}{0.85 \times F_{c'} \times b} \dots\dots\dots(2.9)$$

2. Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

$$\beta = 0.85 ; c = \frac{\alpha}{\beta} \dots\dots\dots(2.10)$$

3. Regangan tarik

$$\epsilon_t = \left( 0.003 \times \frac{d_x}{c} \right) - 1 \dots\dots\dots(2.11)$$

Sehingga

$$\phi M_n = \phi \times A_s \text{ pasang} \times F_y \times (d_x - 0.5a) \dots \dots \dots (2.12)$$

$$\text{Syarat} = \phi M_n > M_u$$

- Kontrol Terhadap Geser

$$V_u = q_u \left( \frac{lx}{2} - \frac{dx}{1000} \right) \dots \dots \dots (2.13)$$

$$\phi V_c = \phi (0.17 \lambda \sqrt{F_c'} b dx) \dots \dots \dots (2.14)$$

- Kontrol Retak

Menurut SNI 2847-2019, momen batas retak yang terjadi pada pelat saat beton berumur 7 hari:

$$F_c'' = 0.7 \times F_c' \dots \dots \dots (2.15)$$

$$f_r = 0.62 \lambda \sqrt{F_c''}; \lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)} \dots \dots \dots (2.16)$$

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3 \dots \dots \dots (2.17)$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{c} \times b \times h^3 \dots \dots \dots (2.18)$$

$$\text{Syarat : } M_{cr} > M_u$$

- Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan

Diasumsikan plat pracetak di angkat setelah umur 3 hari. Tegangan di tahan oleh b yang merupakan nilai dari a/2, b/2, atau 15t

$$\sigma_{\max} = \frac{M_u \times c}{I} \times \frac{P}{b \times t} < f_r = 0.52 \times \lambda \times \sqrt{F_c'} \dots \dots \dots (2.19)$$

- Dimensi Angkur

$$d = \sqrt{\frac{4p}{\pi \times f_y}} \dots \dots \dots (2.20)$$



- Kontrol Lendutan

Berdasarkan SNI 2847-2019 batasan untuk lendutan adalah  $1/240$

$$\Delta t = \frac{5 x q x l^4}{384 x E c x l e} < \frac{l}{240} \dots\dots\dots (2.21)$$

## 2. Kondisi Sebelum Komposit

### a. Perhitungan kebutuhan tulangan

#### 1. Menentukan dx

$$Dx = h - \text{cover} - \frac{1}{2} d \text{ tul. Lentur} \dots\dots\dots (2.22)$$

#### 2. Momen maksimum

$$Mu = 1/8 qu (L/2)^2 \dots\dots\dots (2.23)$$

#### 3. Menghitung kuat nominal

$$Rn = \frac{Mu}{\phi x b x dx^2} \dots\dots\dots (2.24)$$

#### 4. Menghitung m

$$M = \frac{fy}{0.85 Fc'} \dots\dots\dots (2.25)$$

#### 5. Menghitung rasio tulangan

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

$$\rho_{\text{min}} = 0.002 \text{ (SNI 2847-2019 Tabel 24.4.3.2)}$$

Nilai rasio tulangan maksimum dihitung berdasarkan syarat bahwa regangan tarik netto minimum yang boleh terjadi sebesar 0.004 untuk memastikan terjadinya keruntuhan struktur yang bersifat daktail

$$\epsilon_t = 0.003 x (dx/c - 1) = 0.003 x = 0.003 x \left( \frac{0.85 x Fc' x \beta_1}{\rho_{\text{max}} x Fy} - 1 \right) \dots\dots\dots (2.27)$$

$$\text{Syarat : } \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

#### 6. Kebutuhan tulangan

$$As = \rho_{\text{perlu}} x b x dx \dots\dots\dots (2.28)$$

$$\text{Syarat : } s \leq 3h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

b. Kontrol faktor reduksi

1. Tinggi balok tegangan persegi ekivalen

$$\alpha = \frac{A_s \text{ pasang} \times F_y}{0.85 \times F_c' \times b} \dots\dots\dots(2.29)$$

2. Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

$$\beta = 0.85 ; c = \frac{\alpha}{\beta} \dots\dots\dots(2.30)$$

3. Regangan tarik

$$\epsilon_t = (0.003 \times dx/c) - 1 \dots\dots\dots(2.31)$$

Sehingga

$$\phi M_n = \phi \times A_s \text{ pasang} \times F_y \times (dx - 0.5\alpha) \dots\dots\dots(2.32)$$

$$\text{Syarat} = \phi M_n > M_u$$

c. Kontrol terhadap geser

$$V_u = q_u \left( \frac{lx}{2} - \frac{dx}{1000} \right) \dots\dots\dots(2.33)$$

$$\phi V_c = \phi (0.17 \lambda \sqrt{F_c'} b dx) \dots\dots\dots(2.34)$$

$$\text{Syarat: } \frac{1}{2} V_c \geq V_u$$

d. Kontrol retak

$$F_{r,c} = 0.7 \times F_c' \dots\dots\dots(2.35)$$

$$f_r = 0.62 \lambda \sqrt{F_c'} ; \lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)} \dots\dots\dots(2.36)$$

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3 \dots\dots\dots(2.37)$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I_g}{c} \times b \times h^3 \dots\dots\dots(2.38)$$

$$\text{Syarat : } M_{cr} > M_u$$

e. Kontrol lendutan

$$\Delta_t = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times E_c \times I_e} < \frac{l}{240} \dots\dots\dots(2.39)$$



### 3. Kondisi Setelah Komposit

#### a. Perhitungan kebutuhan tulangan

##### 1. Menentukan dx

$$Dx = h - \text{cover} - \frac{1}{2} d \text{ tul. Lentur} \dots\dots\dots(2.40)$$

##### 2. Momen maksimum

$$Mu = \frac{1}{8} q_u L^2 \dots\dots\dots(2.41)$$

#### b. Menghitung kuat nominal

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times dx^2} \dots\dots\dots(2.42)$$

#### c. Menghitung m

$$M = \frac{fy}{0.85 Fc'} \dots\dots\dots(2.43)$$

#### d. Menghitung rasio tulangan

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

$$\rho_{\text{min}} = 0.002 \text{ (SNI 2847-2019 Tabel 24.4.3.2)}$$

Nilai rasio tulangan maksimum dihitung berdasarkan syarat bahwa regangan tarik netto minimum yang boleh terjadi sebesar 0.004 untuk memastikan terjadinya keruntuhan struktur yang bersifat duktail

$$\epsilon_t = 0.003 \times (dx/c - 1) = 0.003 \times \dots\dots\dots(2.44)$$

$$\text{Syarat : } \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

#### e. Kebutuhan tulangan

$$As = \rho_{\text{perlu}} \times b \times dx \dots\dots\dots(2.45)$$

$$\text{Syarat : } s \leq 3h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

#### b. Kontrol faktor reduksi

##### 1. Tinggi balok tegangan persegi ekivalen

$$\alpha = \frac{As \text{ pasang} \times Fy}{0.85 \times Fc' \times b} \dots\dots\dots(2.46)$$

##### 2. Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

$$\beta = 0.85 ; c = \frac{\alpha}{\beta} \dots\dots\dots(2.47)$$

3. Regangan tarik

$$\epsilon_t = (0.003 \times dx/c) - 1 \dots\dots\dots(2.48)$$

Sehingga

$$\phi M_n = \phi \times A_s \text{ pasang} \times F_y \times (dx - 0.5\alpha) \dots\dots\dots(2.49)$$

Syarat =  $\phi M_n > M_u$

4. Kontrol terhadap geser

$$V_u = q_u \left( \frac{lx}{2} - \frac{dx}{1000} \right) \dots\dots\dots(2.50)$$

$$\phi V_c = \phi (0.17 \lambda \sqrt{F_c'} b dx) \dots\dots\dots (2.51)$$

Syarat:  $\frac{1}{2} V_c \geq V_u$

5. Kontrol retak

$$F_r'c = 0.7 \times F_c' \dots\dots\dots (2.52)$$

$$f_r = 0.62 \lambda \sqrt{F_c'} ; \lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)} \dots\dots\dots (2.53)$$

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3 \dots\dots\dots(2.54)$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{c} \times b \times h^3 \dots\dots\dots(2.55)$$

Syarat :  $M_{cr} > M_u$

6. Kontrol lendutan

$$\Delta t = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times E_c \times I_e} < \frac{l}{240} \dots\dots\dots(2.56)$$

c. Perencanaan *shear connector*

1. Perhitungan geser nominal

- Menurut SNI 2847-2013 Pasal 21.11.6 tebal pelat sebagai diafragma pada *overtopping* tidak boleh kurang dari 50 mm
- Menurut SNI 2847-2013 Pasal 21.11.9.1  $V_n$  diafragma struktur tidak boleh melebihi :  $\rho_t = 0.0025$  (SNI 2847 – 2013 Pasal 11.9.9.2)

$$V_n = A_{cv} (0.17 \lambda \sqrt{F_c'} + \rho_t F_y) \dots\dots\dots(2.57)$$

- Menurut SNI 2847 – 2013 Pasal 21.11.9.3  $V_n$  diafragma struktur tidak boleh melebihi :

$$V_n = 0.66 \times A_{cv} \times \sqrt{F_c'} \dots\dots\dots(2.58)$$

- Menurut SNI 2847-2013 Pasal 21.11.9.3  $V_n$  diafragma struktur tidak boleh melebihi :

$$\mu = 1 \lambda \text{ (SNI 2847 – 20113 Pasal 11.6.4,3 dengan permukaan yang sengaja dikasarkan)} \dots\dots\dots(2.59)$$

$$V_n = A_{vf} \times \mu \times F_y \dots\dots\dots(2.60)$$

$V_n$  yang dipakai adalah yang terkecil dari persyaratan di atas.

## 2. Perhitungan kebutuhan shear connector

Berdasarkan SNI 2847 – 2013 Pasal 11.4.6.1 apabila  $V_u > \phi V_c$ . Maka dapat digunakan luas geser minimum  $A_{v \text{ min}}$

Digunakan  $A_{v \text{ min}}$  dengan jarak :

$$A_{v \text{ min}} = 0.0062 \times \sqrt{F_c'} \times \frac{b_w \times s}{f_{yt}} \dots\dots\dots(2.61)$$

Tetapi tidak boleh kurang dari

$$\frac{0.35 b_w s}{f_{yt}} \dots\dots\dots(2.62)$$

$$A_s = 0.25 \times \pi \times d \text{ tulangan} \dots\dots\dots(2.63)$$

Jumlah kaki dibutuhkan

$$N = \frac{A_{v \text{ min}}}{A_s} \dots\dots\dots(2.65)$$

### 2.3.2. Tahap Pembuatan (fabrikasi)

Pada tahap pembuatan atau fabrikasi ini dilakukan di lakukan di tempat pembuatan pre cast..

### 2.3.3. Tahap Penumpukan

Beberapa alasan sebagai penyebab dilakukan penumpukan material *precast* :

- Jumlah beton *precast* yang akan dipasang sangat banyak, sehingga tidak memungkinkan untuk pemasangan pelat secara langsung dari trailer ke titik pelat rencana

- b. Lokasi proyek cukup luas, sehingga tersedia tempat penumpukan pelat dimana tempat ini di usahakan tidak mengganggu aktivitas proyek yang lain

Pada tahap penumpukan ini perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Hitung berat beton precast sesuai dengan rencana, yaitu volume beton bertulang ( $m^3$ ) x berat jenis beton bertulang ( $2400 \text{ kg}/m^3$ )
2. Merencanakan jumlah tumpukan beton *precast*
3. Hitung berat total tumpukan dari beton precast tersebut, yaitu berat beton precast ( $Kg$ ) x jumlah rencana tumpukan beton *precast*
4. Merencanakan [enyannga tumpukan beton precast yang menggunakan balok kayu dan hitung luas dari balok kayu tersebut
5. Hitung kontrol penumpukan beton precast yang
6. kurang dari  $\sigma_{beton}$ .  $F_c''$  yang digunakan adalah nilai tegangan beton pada saat umur beton 7 hari, yaitu  $0.65 \times F_c'$  Kontrol tumpukan beton precast

$$= \frac{\text{Berat Total Tumpukan}}{\text{Luas Balok Kayu}} \dots\dots\dots(2.65)$$

#### 2.3.4. Tahap Pemasangan dan Pengangkatan

Pada tahap pemasangan beton precast harus direncanakan sematang mungkin, baik dari segi peralatan, pekerja, dan siklus pemasangannya. Alat berat yang digunakan untuk mengangkat pelat precast adalah tower crane. Hal hal yang perlu diperhatikan dalam proses pemasangan beton precast yaitu :

- a. Tower crane atau alat yang mengangkat beton precast harus sudah siap terlebih dahulu.
- b. Posisi tower crane dilapangan harus bisa menjangkau setiap bagian dari struktur pada beton precast yang akan dipasang
- c. Dilakukan pengecekan terhadap kondisi dan tulangan beton precast sebelum dipasang
- d. Operator akan dibantu tenaga kerja untuk penempatan beton *precast* pada posisi akhir

Pada tahap pemasangan beton precast dilakukan setelah pengecoran kolom dan pemasangan scaffolding atau pipe support balok dan pelat selesai. Pengawasan dilakukan oleh pihak konsultan maupun kontraktor secara konsisten selama pemasangan.

Untuk perhitungan kontrol lendutan pelat precast pada saat pengangkatan dan pemasangan, acuan yang digunakan antara lain :

- $E_c = 4700 \sqrt{f_{c'}}$  .....(2.66)

- $I_g = 1/12 \times b \times h^3$  .....(2.67)

- $\Delta = \frac{s}{384} \times \frac{q \times l^4}{E_c \times I_g}$  .....(2.68)

- $\Delta_{ijin} = \frac{L}{480}$  .....(2.69)

- Bila  $\Delta < \Delta_{ijin}$  (OK)

Perhitungan perencanaan letak titik angkat pelat precast, acuan yang digunakan adalah :

- $\sigma_{Tarik} = \frac{P}{A}$  .....(2.70)

### 2.3.5 Tahap penyambungan

#### a. Sambungan basah

Sambungan basah dibedakan menjadi dua yaitu :

##### 1. *In-situ concrete joint*

Sambungan jenis ini dapat diaplikasikan pada komponen-komponen beton pracetak :

- Kolom dengan kolom
- Balok dengan balok
- Pelat dengan balok

Metode pelaksanaannya adalah dengan melakukan pengecoran pada pertemuan dari komponen-komponen tersebut. Sedangkan untuk cara penyambungan tulangan dapat digunakan *coupler* ataupun secara *overlapping*.

## 2. *Pre-packed aggregate*

Cara penyambungan jenis ini adalah dengan meletakkan agregat pada bagian yang akan disambung dan kemudian dilakukan injeksi air semen pada bagian tersebut dengan menggunakan pompa hidrolis sehingga air semen tersebut akan mengisi rongga dari agregat tersebut.

### b. Sambungan kering

Sambungan kering dibedakan menjadi dua yaitu :

#### 1. Sambungan las

Alat sambung jenis ini menggunakan plat baja yang ditanam dalam beton pracetak yang akan disambung. Kedua plat ini selanjutnya disambung dengan las. Setelah dilas dilanjutkan dengan menutup plat sambung dengan adukan beton yang bertujuan untuk melindungi plat dari korosi.

#### 2. Sambungan baut

Pada penyambungan dengan cara ini juga diperlukan plat baja di kedua elemen beton pracetak yang akan disatukan. Berbeda dengan las, kedua elemen disambung dengan baut. Setelah disambung, plat dicor dengan beton guna melindungi dari korosi.

### 2.3.6. Tahap Pengecoran

Pada proyek pembangunan gedung Pasar Besar Ngawi ini menggunakan beton ready mix untuk pengecoran *overtopping* pada beton pracetaknya. Sebelum dilakukan pengecoran, akan dilakukan uji slump dulu untuk mengetahui mutu beton yang dipesan sudah sesuai dengan kriteria atau belum. Setelah uji slump, dilakukan penyebaran atau



pengecoran menggunakan *concrete pump* dan diratakan menggunakan *vibrator* agar beton menjadi lebih padat.

## 2.4. Pekerjaan Struktur.

Pekerjaan struktur bangunan meliputi pekerjaan struktur bawah dan struktur atas.

### 3.4.1. Struktur Bawah

Pekerjaan struktur bawah pada pembangunan gedung meliputi pekerjaan tanah, pekerjaan pondasi, dan pekerjaan pilecap dan sloof.

#### A. Pekerjaan Galian

Pekerjaan galian dilakukan dengan menggunakan alat *Excavator*, dan *dump truck*. Pekerjaan galian dilakukan sesuai dengan gambar rencana yang sebelumnya telah dilakukan pengukuran menggunakan *waterpass* dan *theodolite* hingga pada elevasi yang diinginkan. Meletakkan tanah sisa galian menggunakan *dump truck* ke tempat yang telah ditentukan. Mengecek kembali lebar, panjang, dan kedalaman galian sesuai dengan rencana.

#### B. Pekerjaan Pondasi

Secara umum pondasi dibagi menjadi dua macam yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal merupakan jenis pondasi yang digunakan untuk bangunan sederhana seperti rumah tinggal. Sedangkan pondasi dalam merupakan jenis pondasi yang digunakan untuk bangunan tinggi dan konstruksi lainnya dengan kedalaman lebih dari 3 m. Pondasi dalam sendiri dibagi menjadi beberapa jenis, pondasi tiang pancang dan *bored pile*. Pada proyek ini menggunakan pondasi tiang pancang. Pondasi tiang pancang dipilih karena saat proses pemancangan yang dilakukan di daerah padat penduduk tidak menimbulkan getaran dan suara bising. Pemasangan tiang pancang ini dilakukan dengan memasukkan tiang pancang kedalam penjeit tian, kemudia ditekan/ didorong dengan *hydraulic hammer*.

#### C. Pekerjaan Pilecap dan Sloof

Pekerjaan sloof dan *pile cap* diawali dengan pemotongan tiang pancang (pemancangan telah dilakukan hingga kedalaman tertentu sesuai dengan

perencanaan). Selanjutnya, dimulai pemasangan bekisting. Pabrikasi tulangan sloof dan *pile cap* dilakukan secara manual di lokasi. Setelah itu dilakukan pengecoran.

### 3.4.2. Struktur Atas

Pekerjaan struktur atas pada pembangunan gedung meliputi pekerjaan balok, kolom, pelat, dan tangga. Untuk kolom, balok, dan tangga dilakukan dengan metode konvensional, sedangkan untuk pelat menggunakan metode *precast half slab*. Adapun pekerjaan untuk membuat struktur bagian atas adalah sebagai berikut :

#### A. Pekerjaan Pembesian

Fabrikasi pembesian dilakukan langsung dilapangan atau ditempat. Pekerjaan ini dibagi menjadi dua yakni, pemotongan dan pembengkokkan. Hal ini dilakukan untuk mempercepat proses pengerjaan. Kemudian besi yang telah dipotong dan dibengkokkan diangkut ke tempat pemasangan, untuk pembesian dilantai atas atau lantai yang tinggi dibantu oleh alat berat yaitu *tower crane*.

#### B. Pekerjaan Bekisting

Pekerjaan bekisting dilakukan secara konvensional menggunakan material dari *plywood*, rangka *plywood* dan balok kayu. Penyusunan bekisting disesuaikan dengan rencana kebutuhan. Rangka bekisting harus memenuhi 3 tahapan pelaksanaan yaitu : *stability*, *strength*, dan *serviceability*. Pada pemasangan penahan bekisting balok yang terpenting adalah pemasangan *joint* dibawah *beam side* yang berfungsi mengurangi lendutan, dan pada pemasangan dengan sudut miring adalah untuk menahan tekanan beton. Untuk pemasangan bekisting plat pada bagian bawah akan ditahan oleh *Scaffolding*.

#### C. Pekerjaan Pengecoran

Pada pekerjaan pengecoran gedung ini digunakan beton readymix. Sebelum pengecoran dimulai akan dilakukan uji slump untuk mengetahui mutu beton, untuk memastikan apakah sesuai dengan kriteria yang ada. Bilamana dianggap perlu tambahan untuk beton dapat dipergunakan *concrete admixture*. Penggunaan tersebut harus dengan persetujuan Ahli atau Konsultan Pengawas. Pada penyebarannya

digunakan alat bantu *Concrete Pump*, kemudian digetarkan dengan vibrator untuk membuat beton padat.

## 2.5. Perhitungan Volume

Perhitungan volume digunakan untuk menghitung biaya dan waktu item pekerjaan.

### 2.5.1. Pekerjaan Galian dan Urugan

- Volume galian dihitung dengan rumus :

$$\text{Volume} = P \times L \times T \dots\dots\dots(2.72)$$

Dimana :

P : Panjang galian (m)

L : Lebar galian. (m)

T : Kedalaman Galian (m)

Volume urugan dihitung dengan rumus :

$$\text{Volume} = P \times L \times T \dots\dots\dots(2.73)$$

Dimana :

P : Panjang galian (m)

L : Lebar galian. (m)

T : Kedalaman Galian (m)

### 2.5.2. Pekerjaan bekisting

Pekerjaan bekisting kayu memerlukan waktu yang terdiri dari waktu fabrikasi/ pembuatan, pemasangan dan pembongkaran bekisting. Bekisting dapat dilepas setelah  $\pm$  14 hari, sedangkan scaffolding tetap dalam keadaan terpasang sampai dengan  $\pm$  28 hari. Untuk pekerjaan bekisting yaitu pekerjaan balok dan kolom. Perhitungan yang digunakan dalam menghitung kebutuhan bekisting adalah :

$$\text{Volume} = P \times L \dots\dots\dots(2.74)$$

Dimana :

P : Panjang Bekisting (m)

L : Lebar/Keliling Bekisting (m)

### 2.5.3. Pekerjaan pembesian

Perhitungan pembesian pada penulangan beton didasarkan berat tulangan dalam kilogram atau dalam ton. Dalam perhitungan volume pembesian perlu ada pertimbangan untuk pekerjaan pembengkokan tulangan, panjang kait, serta pemotongannya. Dalam hal ini digunakan untuk menentukan kebutuhan besi secara efisien. Untuk perhitungan volume tulangan pembesian ditentukan dengan menghitung seluruh panjang besi pada elemen struktur bangunan. Agar mempermudah berjalannya pekerjaan pembesian dalam pelaksanaan proyek terkadang membuat daftar tabel mengenai pembengkokan tulangan, panjang pengait, dan bistat-bistat tulangan yang dibutuhkan. Tujuannya adalah mengefisienkan sisa potongan dari tulangan untuk kebutuhan yang lain, dengan kata lain meminimalisir nilai penyusutan dari bahan material. Berikut ini adalah perhitungan volume pembesian :

$$\text{Volume} = P \times W \dots\dots\dots(2.75)$$

Dimana :

P : Panjang Besi (m)

W : Berat Besi (kg/m)

Tabel 2. 1 Berat Tulangan per m

<b>Diameter Nominal (d)</b>	<b>Luas Penampang Nominal (A)</b>	<b>Berat Nominal per meter</b>
<b>mm</b>	<b>mm<sup>2</sup></b>	<b>Kg/m</b>
6	28	0.222
8	50	0.395
10	79	0.617
12	113	0.888
14	154	1.208
16	201	1.578
19	284	2.226
22	380	2.984
25	491	3.853
28	616	4.834
32	804	6.313
36	1018	7.990
40	1257	9.865
50	1964	15.413

#### 2.5.4. Pekerjaan pengecoran

Pengecoran dilakukan sesuai bentuk bekisting yang telah terpasang. Perhitungan volume pengecoran pada pile cap, balok, kolom dan tangga sesuai dengan dimensi bekisting yang telah terpasang tanpa dikurangi dengan volume pembesian didalamnya adalah sebagai berikut :

$$\text{Volume} = P \times L \times T \dots\dots\dots(2.76)$$

Dimana :



P : Panjang Penampang Beton (m)

L : Lebar Penampang Beton (m)

T : Tinggi Penampang Beton (m)

## 2.6. Perhitungan Durasi

Durasi pada setiap pekerjaan berbeda-beda berdasarkan pelaksanaan yang digunakan karena memiliki produktivitas yang berbeda-beda. Suatu pekerjaan yang diselesaikan menggunakan alat berat akan menghabiskan waktu lebih singkat dibandingkan dengan melakukan pekerjaan secara manual. Pekerjaan durasi dihitung menggunakan beberapa teori yang ada dalam buku *Analisa (cara Modern) Anggaran Biaya* oleh Ir. A. Soedrajat S :

### 2.6.1. Bekisting

Durasi pekerjaan bekisting dibedakan menjadi 3 macam, yaitu : durasi penyetelan, durasi pemasangan, serta durasi membuka dan membersihkan. Perhitungan durasi sebagai berikut :

- Durasi fabrikasi  
 $(\text{Luas bekisting} / 10 \text{ m}^2) \times \text{kapasitas produksi setel}$
- Durasi pemasangan  
 $(\text{Luas bekisting} / 10 \text{ m}^2) \times \text{kapasitas produksi pemasangan}$
- Durasi membuka  
 $(\text{Luas bekisting} / 10 \text{ m}^2) \times \text{kapasitas produksi membuka}$
- Durasi reparasi  
 $(\text{Luas bekisting} / 10 \text{ m}^2) \times \text{kapasitas produksi reparasi}$



Tabel 2. 2 Jam kerja bekisting

Jenis cetakan kayu	Jam kerja tiap luas cetakan 10 m <sup>2</sup>			
	Menyetel	Memasang	Membuka dan membersihkan	Reparasi
1. Pondasi/pangkal jembatan	3 - 7	2 - 4	2 - 4	2 sampai 5 jam untuk segala jenis pekerjaan.
2. Dinding	5 - 9	3 - 5	2 - 5	
3. Lantai	3 - 8	2 - 4	2 - 4	
4. Atap	3 - 9	2 - 5	2 - 4	
5. Tiang	4 - 8	2 - 4	2 - 4	
6. Kepala-kepala tiang	5 - 11	3 - 7	2 - 5	
7. Balok-balok	6 - 10	3 - 4	2 - 5	
8. Tangga-tangga	6 - 12	4 - 8	3 - 5	
9. Sudut-sudut tiang dan balok * berukir	5 - 11	3 - 9	3 - 5	
10. Ambang jendela dan lintel *	5 - 10	3 - 6	3 - 5	

### 2.6.2. Pembesian

Perhitungan jam kerja untuk tulangan dapat dihitung berdasarkan teori yang ada dalam buku *Analisa (cara Modern) Anggaran Biaya* oleh Ir. A. Soedrajat S

- Durasi pemotongan =  $\frac{\text{Jumlah Tulangan}}{\text{Kapasitas Produksi}}$
- Durasi pembengkokan =  $\frac{\text{Jumlah Bengkokan}}{\text{Kapasitas Produksi}}$
- Durasi mengaitkan =  $\frac{\text{Jumlah Kaitan}}{\text{Kapasitas Produksi}}$
- Durasi pemasangan =  $\frac{\text{Jumlah Tulangan}}{\text{Kapasitas Produksi}}$

Karena jam kerja dalam 1 hari adalah 8 jam, maka untuk perhitungan durasi pekerjaan pembesian dalam 1 hari menggunakan rumus :

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Jumlah Durasi (jam)}}{8 \text{ jam} \times \text{jumlah grup}}$$

Berikut ini adalah jam kerja buruh yang diperlukan untuk membuat 100 bengkokan dan kaitan :

Tabel 2. 3 Jam kerja yang dibutuhkan untuk membuat 100 bengkokan dan kaitan

Ukuran besi beton φ	Dengan tangan		Dengan mesin	
	Bengkokan, (jam)	Kait, (jam)	Bengkokan, (jam)	Kait, (jam)
1 - 1/8" (12 mm) ke bawah	2 - 4	3 - 6	0,8 - 1,5	1,2 - 2,5
2 - 5/8" (16 mm), 3/4" (19 mm)	2,5 - 5	4 - 8	1 - 2	1,6 - 3
3 - 1" (25 mm), 1 1/8" (28,5 mm)	3 - 6	5 - 10	1,2 - 2,5	2 - 4
4 - 1 1/4" (31,75 mm), 1 1/2" (38,1 mm)	4 - 7	6 - 12	1,5 - 3	2,5 - 5

Sedangkan keperluan waktu yang dibutuhkan pekerja untuk memasang besi beton per 100 buah berdasarkan panjang tulangan yaitu :

Tabel 2. 4 Jam kerja yang dibutuhkan untuk memasang 100 besi tulangan

Ukuran besi beton $\phi$	Panjang batang tulangan (m)		
	Dibawah 3 m	3 - 6 m	6 - 9 m
1 - 1/4" (12 mm) kebawah	3,5 - 6	5 - 7	6 - 8
2 - 5/8" (16 mm), 3/4" (19 mm)	4,5 - 7	6 - 8,5	7 - 9,5
7/8" (22 mm)			
3 - 1" (25 mm), 1 1/8" (28,5 mm)	5,5 - 8	7 - 10	8,5 - 11,5
4 - 1 1/4" (31,75 mm), 1 1/2" (38,1 mm)	6,5 - 9	8 - 12	10 - 14

### 2.6.3. Pengecoran

Untuk pekerjaan pengecoran pada gedung biasanya menggunakan dua alat berat, dengan *concrete pump* atau dengan *concrete bucket* yang dibantu dengan *tower crane*. Berikut ini merupakan perhitungan durasinya :

#### a. Menggunakan *concrete pump*

- Waktu operasional =

$$\frac{\text{Volume Pengecoran}}{\text{Kemampuan Produksi}}$$

- Waktu persiapan meliputi pengaturan posisi, pemasangan pipa, pemanasan mesin
- Waktu tambah meliputi waktu pergantian truck mixer serta uji slump
- Sehingga durasi total menggunakan concrete pump adalah

$$\text{waktu operasional} + \text{waktu persiapan} + \text{waktu tambah}$$

#### b. Menggunakan *concrete bucket*

- Menghitung waktu siklu

$$\text{waktu muat} + \text{angkat} + \text{bongkar}$$

+ kembali

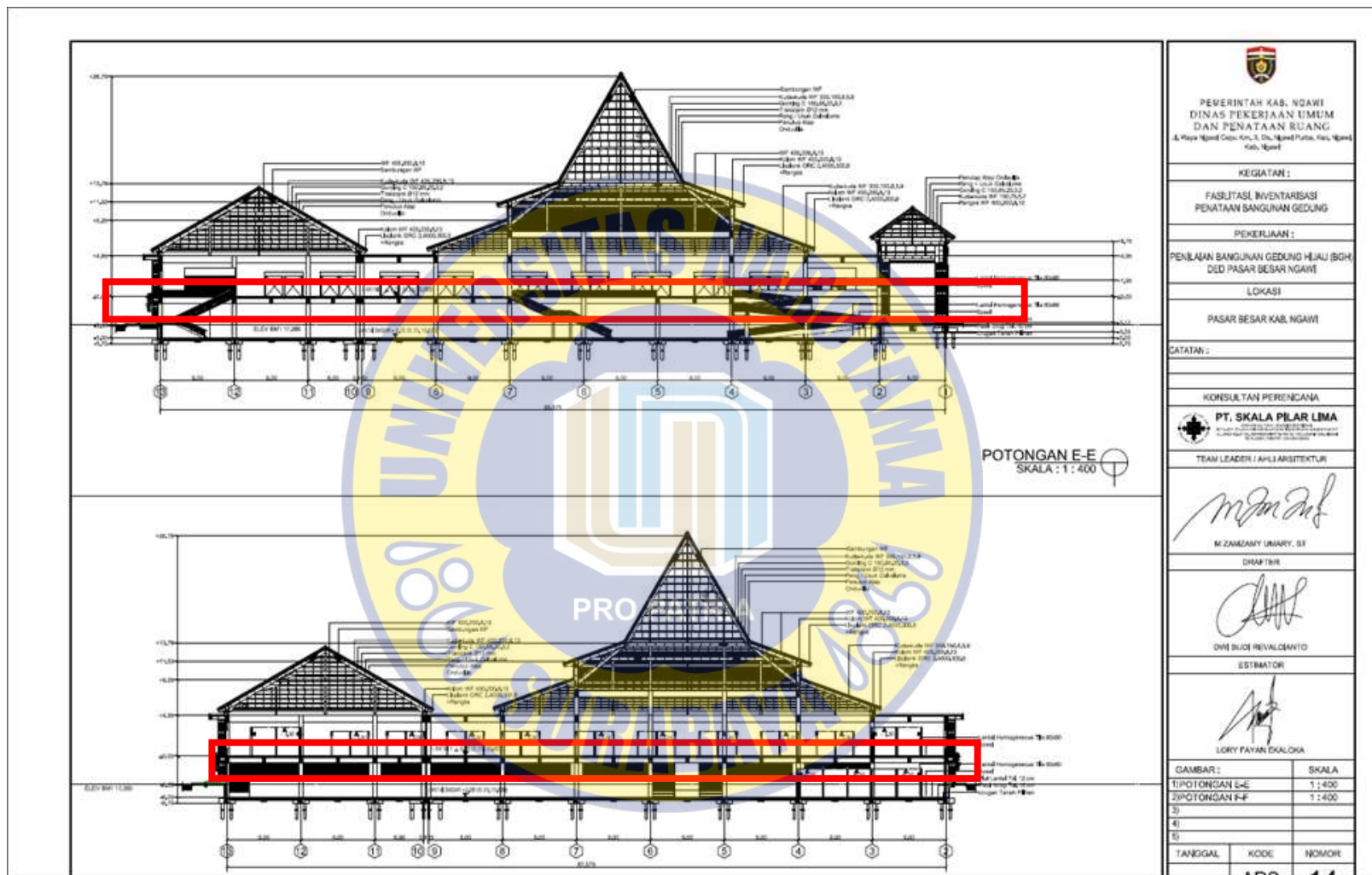
- Produksi per siklus, produksi per siklus TC untuk pekerjaan pengecoran diperoleh dengan asumsi di lapangan yaitu  $0.8 \text{ m}^3$
- Produksi per jam

$$\text{Produksi per siklus} \times \frac{60}{\text{CT}} \times \text{efisiensi}$$

## 2.7 . Data Proyek

Pengecoran plat yang akan di lakukan pemasangan beton half slab berada pada elevasi +0.05

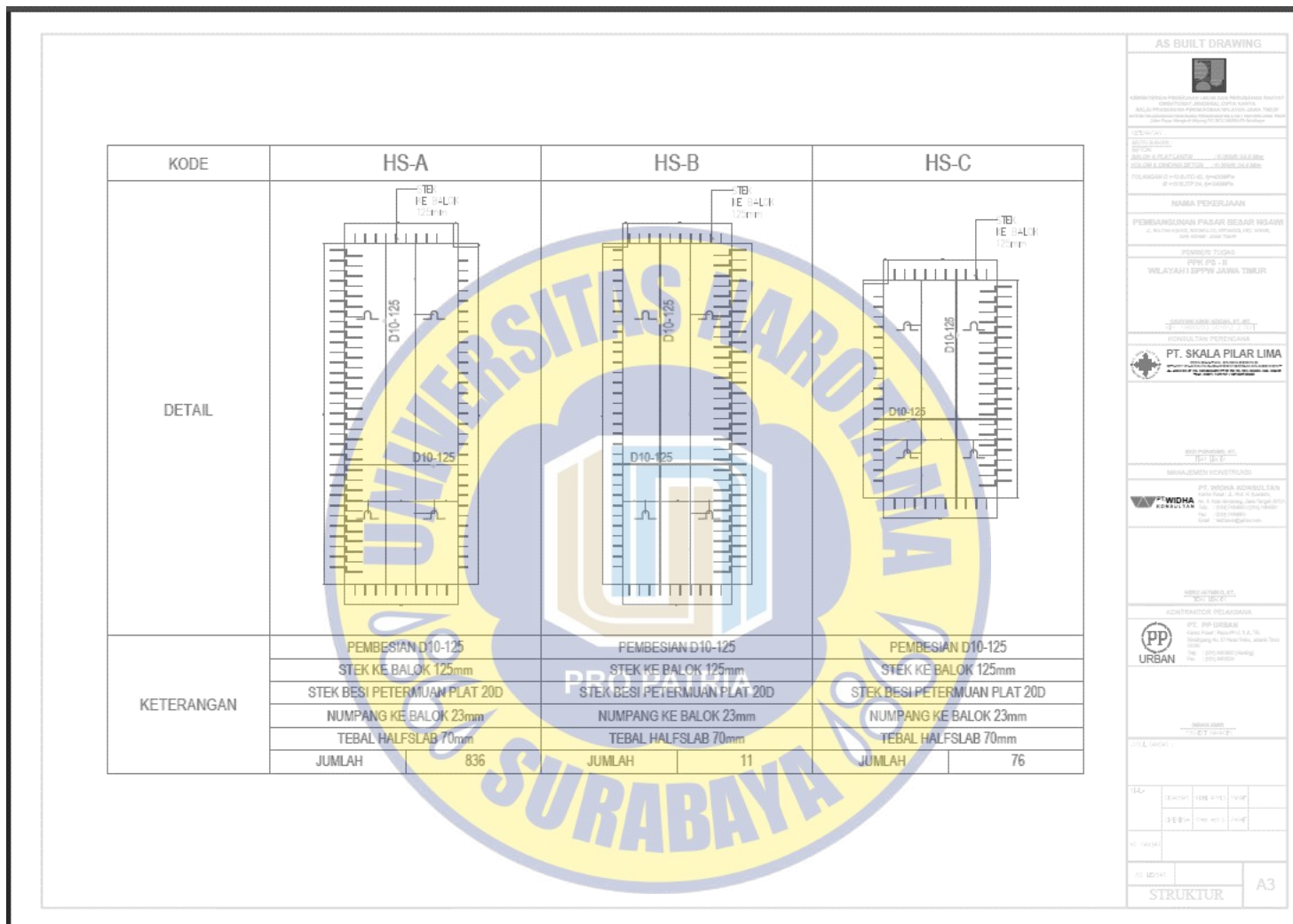




Gambar 2. 3 Gambar Potongan







Gambar 2. 5 Detail Penulangan Half Slab A,B, dan C





## 2.8 Penjadwalan Proyek

Penyusunan penjadwalan proyek menggunakan Network Planning. Metode Network Planning yang digunakan adalah Critical path Method (CPM). Selain itu, pekerjaan penjadwalan pada pembangunan juga menggunakan Barchart dan Kurva S

### 2.8.1. Network Planning

*Network Planning* adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan yang digambar dalam diagram network sehingga dapat diketahui pada area mana pekerjaan yang termasuk kedalam lintasan kritis dan harus diutamakan pelaksanaannya. Data yang diperlukan sebelum menyusun *Network Planning* adalah rincian item pekerjaan, urutan pekerjaan, durasi waktu penyelesaian pekerjaan, biaya pekerjaan, sumber tenaga, dan material yang digunakan.

Metode *Network Planning* ini dapat menjadikan pekerjaan konstruksi menjadi lebih efisien. Ada 2 jenis *Network Planning* yaitu *Activity On Arrow (AOA)* dan *Activity On Node (AON)*. *Critical Path Method (CPM)* merupakan salah satu teknik penjadwalan *Network planning* yang termasuk ke dalam klasifikasi *Activity On Arrow (AOA)*.

CPM adalah metode berdasarkan jaringan yang menggunakan keseimbangan waktu-biaya linear. Setiap kegiatan dapat diselesaikan lebih cepat dari waktu normalnya dengan cara memintas kegiatan untuk sejumlah biaya tertentu. Dengan demikian, jika waktu penyelesaian proyek tidak memuaskan, beberapa kegiatan tertentu dapat dipintas untuk dapat menyelesaikan proyek dengan waktu yang lebih sedikit. CPM sendiri memiliki kelebihan dapat memberikan tampilan grafis dari alur kegiatan sebuah proyek, lalu juga data memprediksi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah proyek. Selain itu juga dapat menunjukkan alur kegiatan mana saja yang penting untuk diperhatikan dalam menjaga jadwal penyelesaian proyek.

Menurut Handoko (2000:404), dalam proses identifikasi jalur kritis ada beberapa istilah atau pengertian yang digunakan dalam CPM yaitu :

- a. Earliest Start Time (ES)

Waktu paling awal (tercepat) suatu kegiatan dapat dimulai, dengan memerhatikan waktu kegiatan yang diharapkan dan persyaratan urutan pengerjaan.

b. Lates Start Time (LS)

Waktu paling lambat untuk dapat memulai suatu kegiatan tanpa penundaan keseluruhan proyek.

c. Earliest Finish Time (EF)

Waktu paling awal kegiatan dapat diselesaikan, atau sama dengan  $ES + \text{waktu kegiatan yang diharapkan}$ .

d. Lates Finish Time (LF)

Waktu paling lambat untuk dapat menyelesaikan suatu kegiatan tanpa penundaan penyelesaian proyek secara keseluruhan, atau sama dengan  $LS + \text{waktu kegiatan yang diharapkan}$ .

Adapun bentuk CPM tampak pada gambar berikut :



Gambar. 2. 9. Bentuk CPM

Keterangan :

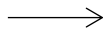


Simbol Peristiwa/kejadian/event

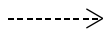
- Menunjukkan titik waktu mulainya/selesainya suatu kegiatan dan tidak mempunyai jangka waktu.

Simbol Kegiatan (*activity*)

- Kegiatan membutuhkan jangka waktu (*durasi*) dan sumber daya.



Simbol kegiatan semu (*dummy*)



- Kegiatan berdurasi nol, tidak membutuhkan sumber daya.

*Earliest Event Time (EET)*

EET

- Peristiwa paling awal atau waktu tercepat dari *event*
- $EET = (EET + d)_{\max}$

LET

*Latest Event Time (LET)*

- Peristiwa paling akhir atau waktu paling lambat dari *event*
- $LET = (LET + d)_{\min}$

### 2.8.2. Barchart

Barchart adalah sekumpulan aktivitas yang ditempatkan dalam kolom vertikal, sementara waktu ditempatkan dalam baris horizontal. Waktu mulai dan selesai setiap kegiatan beserta durasinya ditunjukkan dengan menempatkan balok horizontal dibagian sebelah kanan dari setiap aktivitas. Perkiraan waktu mulai dan selesai dapat ditentukan dari sekala waktu horizontal pada bagian atas bagan. Panjang dari balok menunjukan

durasi dari aktivitas dan biasanya aktivitas aktivitas tersebut disusun berdasarkan kronologi kerjanya (Callahan, 1992).

Barchart ini pertamakali dibuat oleh Henry L. Gant pada masa perang dunia satu, sehingga sering juga disebut sebagai Ganttchart. Barchart atau Ganttchart digunakan secara luas sebagai teknik penjadwalan dalam konstruksi. Hal ini karena barchart memiliki ciri – ciri sebagai berikut

1. Mudah dalam pembuatan dan persiapanya
2. Memiliki bentuk yang mudah dimengerti
3. Bila digabung dengan metode lain, seperti Kurva dapat dipakai lebih jauh sebagai pengendalian biaya.

Penggunaan Barchart bertujuan untuk mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan suatu kegiatan, terdiri dari waktu mulai, waktu selesai dan pada saat pelaporan. (Manajemen Konstruksi, Ir. Irika Wideasanti, M. T. & Lenggogeni, M. T.)

### **2.8.3. Kurvas S**

Kurva S adalah hasil dari plot Barchart bertujuan untuk mempermudah melihat kegiatan – kegiatan yang masuk dalam suatu jangka waktu pengamatan progress pelaksanaan proyek (Callahan, 1992). Kurva S dapat menunjukkan kemampuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai presentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi Kurva S memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkan terhadap jadwal rencana (Husen, 2011).

Dari definisi diatas dapat diambil kesimpulan bahwa kegunaan dari Kurva S sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis kemajuan atau progress suatu proyek secara keseluruhan
2. Untuk mengetahui pengeluaran dan kebutuhan biaya pelaksanaan proyek



3. Untuk mengontrol penyimpangan yang terjadi pada proyek dengan membandingkan Kurva S rencana dengan Kurva S actual (Iman Soeharto, 1998) (Manajemen Konstruksi, Ir. Irika Wideasanti, M. T. & Lenggogeni, M. T.)

## 2.9 Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3 Konstruksi)

Menurut Mathis dan Jackson seorang ahli K3, pengertian K3 adalah kegiatan yang menjamin terciptanya kondisi kerja yang aman, terhindar dari gangguan fisik dan mental melalui pembinaan dan pelatihan, pengarahan dan kontrol terhadap pelaksanaan tugas dari karyawan dan pemberian bantuan sesuai dengan aturan yang berlaku, baik dari Lembaga pemerintahan maupun perusahaan dimana mereka bekerja.

Risiko K3 konstruksi adalah ukuran kemungkinan kerugian terhadap keselamatan umum, harta benda, jiwa manusia dan lingkungan yang dapat timbul dari sumber bahaya tertentu yang terjadi pada pekerjaan konstruksi.

Dalam sebuah konstruksi, pelaksanaan K3 ini sangat penting dan harus dilakukan dengan benar oleh semua pekerja proyek. Hal hal yang wajib dilakukan untuk menunjang keberhasilan K3 konstruksi yaitu :

- Pekerja menggunakan APD lengkap untuk menghindari terjadinya kecelakaan kerja
- Pendaftaran asuransi kerja setiap karyawan yang bekerja
- Menyusun *safety plan*
- Selalu melakukan pengawasan keselamatan
- Pengarahan tentang K3 pada pekerja
- Menyediakan alat alat penunjang keselamatan seperti alat pemadam kebakaran
- Selalu mengecek kondisi dari alat alat K3 secara rutin
- Memasang pengingat tentang pentingnya penggunaan APD