

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Proyek konstruksi**

Proyek konstruksi adalah suatu rangkaian kegiatan yang saling berkaitan untuk mencapai tujuan tertentu (bangunan /konstruksi) dalam batasan waktu, biaya dan mutu tertentu. Konstruksi gedung adalah bangunan yang digunakan sebagai fasilitas umum, misalnya bangunan institusional, pendidikan, industri ringan (seperti gudang), bangunan komersial, bangunan sosial, dan tempat rekreasi (Widiasanti, 2013). Proyek konstruksi adalah suatu rangkaian kegiatan untuk mencapai suatu tujuan (bangunan atau konstruksi) dengan batasan waktu, biaya, dan mutu tertentu. Pada Proyek konstruksi memerlukan *resources* (sumber daya) yaitu *man* (manusia), *material* (bahan bangunan), *machine* (peralatan), *method* (metode pelaksanaan), *money* (uang), *information* (informasi), dan *time* (waktu) (Kerzner, 1982). Menurut Wulfarm I, (2005) Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Dalam rangkaian tersebut, terdapat suatu proses yang mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan.

##### **2.1.1 Jenis - Jenis Proyek Konstruksi**

Proyek konstruksi dapat dibedakan menjadi dua jenis kelompok bangunan, yaitu:

###### **1. Bangunan gedung**

Contoh kelompok bangunan gedung: rumah, kantor, pabrik, dan lain-lain. Ciri – ciri dari kelompok bangunan gedung adalah:

- a. Proyek konstruksi menghasilkan tempat orang bekerja atau tinggal.
- b. Pekerjaan dilaksanakan pada lokasi yang relatif sempit dan kondisi fondasi umumnya sudah diketahui.
- c. Manajemen dibutuhkan, terutama untuk progres pekerjaan.

###### **2. Bangunan sipil**

Contoh kelompok bangunan sipil: jalan, jembatan, bendungan, dan infrastruktur lainnya.

Ciri – ciri dari kelompok bangunan sipil adalah:

- a. Proyek konstruksi dilaksanakan untuk mengendalikan alam agar berguna bagi kepentingan manusia.
- b. Pekerjaan dilaksanakan pada lokasi yang luas atau panjang dan kondisi fondasi sangat berbeda satu sama lain dalam suatu proyek.
- c. Manajemen dibutuhkan untuk memecahkan permasalahan.

### 2.1.2 Tahap Kegiatan Dalam Proyek Konstruksi

Kegiatan konstruksi adalah kegiatan yang harus melalui proses yang panjang dan didalamnya dijumpai banyak masalah yang harus diselesaikan (Wulfarm I, 2005). Rangkaian kegiatan yaitu dimulai dari lahirnya suatu gagasan yang muncul dari suatu kebutuhan (*need*), pemikiran kemungkinan keterlaksanaannya (*feasibility study*), keputusan untuk membangun dan pembuatan penjelasan (penjabaran) yang lebih rinci tentang rumusan kebutuhan tersebut (*briefing*), penguangan dalam bentuk perencanaan awal (*preliminary design*), pembuatan rancangan yang lebih rinci dan pasti (*design development* dan *detail design*), persiapan administrasi untuk pelaksanaan pembangunan dengan memilih calon pelaksana (*procurement*), kemudian pelaksanaan pembangunan pada lokasi yang telah disediakan (*construction*), serta pemeliharaan dan persiapan penggunaan bangunan tersebut (*maintenance, start-up, dan implementaion*). Kegiatan konstruksi berakhir pada saat bangunan tersebut mulai digunakan.

## 2.2 Metode Konvensional

Metode konvensional dapat didefinisikan sebagai komponen bangunan pra-fabrikasi di tempat elemen struktur. Pada penggunaannya metode konvensional menggunakan *plywood* sebagai bekisting dan *scaffolding* sebagai perancah. Pada pengerjaan metode konvensional yaitu dilakukannya pengecoran ditempat secara langsung pada lokasi struktur. Pada pekerjaan struktur dengan metode konvensional memiliki beberapa tahapan yaitu tahapan pekerjaan pembesian, pekerjaan bekisting, pengecoran beton, dan pekerjaan perawatan (*curing*).

## 2.2.1 Tahapan – Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Metode Konvensional

Tahapan – tahapan pelaksanaan dalam pelaksanaan pekerjaan menggunakan metode konvensional sebagai berikut:

### 2.2.1.1 Pekerjaan Pembesian

Pekerjaan pembesian merupakan pekerjaan perakitan serta pemasangan besi – besi tulangan. Pemotongan besi – besi tulangan dilakukan sesuai dengan ukuran pada gambar detail (*shop drawing*) serta syarat – syarat penulangan yang ditetapkan secara teknis. Pada saat pembengkokan tulangan menggunakan alat khusus yaitu *bar bender*. Pemotongan dan pembengkokan besi – besi tulangan dilakukan pada area pabrikasi sebelum di pasang pada struktur. Urutan perakitan besi – besi tulangan yaitu struktur kolom, balok, dan pelat lantai. Untuk menjaga kestabilan besi – besi tulangan utama dan sengkang, maka tulangan – tulangan tersebut diikat menggunakan kawat bendrat.

### 2.2.1.2 Pekerjaan Bekisting

Pabrikasi bekisting pada struktur kolom dilakukan setelah tahap pembesian dilakukan, sementara pada struktur balok dan pelat dilakukan pabrikasi bekisting terlebih dahulu sebelum tahap pembesian. Antara besi dan bekisting diberikan beton *decking* untuk jarak pada selimut beton. Pada tahap bekisting dilakukan pengukuran yang sangat detail oleh tim surveyor agar beton memiliki ukuran dan koordinat yang sesuai dengan perencanaan.

### 2.2.1.3 Pengecoran Beton

Pekerjaan pengecoran beton merupakan tahapan pengisian bekisting dengan campuran *ready mix* dimana mutunya telah direncanakan sebelumnya. Proses pengecoran beton diawali dengan pemesanan *ready mix* ke *batching plant*, kemudian proses pengiriman *ready mix* ke lokasi proyek. Setelah *ready mix* sampai dilakukan *slump test* untuk menguji kekentalan beton demi menjaga mutu beton. Batas penurunan slump test pada beton k-350 adalah 12 cm. Beton yang telah melalui slump test siap untuk digunakan. Beton dituangkan kedalam *concrete bucket* yang telah terpasang pipa tremi dibawahnya untuk distribusi pengecoran struktur baik struktur bawah maupun struktur atas. Pada proses pengecoran dilakukan secara bertahap dengan antara pengecoran dan penggetaran sehingga beton yang

dihasilkan sempurna dan tidak berongga. Pada tahap penggetaran menggunakan *vibrator* khusus untuk beton. Pada struktur atas *concrete bucket* akan diangkat menggunakan *tower crane*.

#### 2.2.1.4 Pekerjaan perawatan (*curing*)

Pekerjaan perawatan / *curing* dilakukan setelah beton siap dilepas dari bekisting. Tahap perawatan beton dilakukan dengan cara menyirami beton dengan air. Proses curing bertujuan untuk menjaga kelembapan atau suhu beton agar tidak terlalu panas dan menghindari keretakan akibat berkurangnya ketersediaan air pada beton secara cepat sehingga beton tidak cepat kehilangan air dan dapat mengering secara perlahan – lahan serta mencapai mutu beton yang diinginkan.

### 2.3 Metode Precast

Berdasarkan SNI - 7833:2012, 2012 beton pracetak merupakan elemen atau komponen beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi bangunan. Metode pracetak (*precast*) merupakan metode konstruksi struktur beton dengan komponen – komponen penyusun yang dicetak terlebih dahulu pada pabrik/tempat khusus (*off – site fabrication*), komponen – komponen tersebut disusun dan disatukan terlebih dahulu (*pre – assembly*) dan selanjutnya di pasang dilokasi (*installation*). Desain komponen struktur pada beton pracetak (*concrete precast*) dan sambungan – sambungan harus mencakupi kondisi pembebanan dan kekangan mulai dari pabrikasi hingga penggunaan pada struktur, termasuk pembongkaran cetakan, penyimpanan, pengangkutan, dan ereksi. Toleransi pada komponen struktur *precast* dan komponen struktur penghubung perlu ditetapkan terlebih dahulu. Elemen – elemen beton pracetak yang ditinjau pada tugas akhir ini yaitu kolom, balok, dan pelat lantai.

#### 2.3.1 Tahapan – Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Metode *Precast*

Perencanaan merupakan hal penting pada pelaksanaan pekerjaan menggunakan metode pracetak/*precast*. Tahapan – tahapan pelaksanaan dalam pelaksanaan pekerjaan menggunakan metode precast sebagai berikut:

##### 2.3.1.1 Tahap Mobilisasi / Transportasi

Tahap mobilisasi / transportasi pada beton pracetak (*precast*) merupakan hal penting karena dapat mempengaruhi struktur dari *precast* tersebut. Ukuran dan

berat *precast* serta efek dinamis yang ditimbulkan oleh kondisi jalan dapat mempengaruhi struktur beton *precast* (PCI 6TH EDITION, 2004). Pada tahap mobilisasi mempersiapkan tempat penumpukan / *stock yard* pada kondisi lapangan.

#### 2.3.1.2 Tahap Erection

Tahap *erection* adalah tahap penyatuan komponen bangunan yang berupa beton pracetak/*precast* yang telah di produksi untuk disatukan menjadi bagian bangunan. Produk *precast* yang akan dipasang pada lokasi struktur harus dilakukan proses pengangkatan dengan menggunakan *tower crane*. Pada tahap ini harus dilakukan perhitungan kapasitas pembebanan pada *tower crane* dan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan. Selain perhitungan pada kapasitas tower crane perencanaan pada pemasangan komponen struktur *precast* yaitu dengan menyatukan bagian lubang yang telah dirancang dengan besi stek (*overlap*) setelah itu dilakukan *grouting* dengan bahan *grouting*.

#### 2.3.1.3 Tahap penyambungan

Tahap penyambungan *precast concrete* dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu sambungan basah dan sambungan kering. Masing-masing keuntungan dan kerugian terhadap proyek. Hal tersebut menyebabkan perlu adanya perhatian penentuan jenis sambungan dari berbagai faktor. Salah satu faktor yang sangat menentukan penentuan sambungan tersebut adalah faktor biaya.

##### a. Sambungan basah (*in situ concrete joints* (cor setempat))

Metode pelaksanaan pada sambungan basah adalah dengan melakukan pengecoran pada pertemuan dari komponen-komponen tersebut. Sedangkan dalam penyambungan tulangan pelat dengan balok, dapat digunakan *coupler* ataupun secara *overlapping*. Sambungan ini menggunakan tulangan biasa sebagai penyambung / penghubung antar elemen baton, baik antara pracetak maupun pracetak dengan cor setempat. Elemen pracetak yang sudah ditempatkan, akan dicor pada sisi terluar *precast* untuk menyambungkan elemen-elemen *precast* agar tercapai kesatuan monolit.

Sambungan jenis ini dapat diaplikasikan pada komponen-komponen beton *precast*:

- 1) Kolom dengan kolom
  - 2) Kolom dengan balok
  - 3) Pelat dengan balok
- b. Sambungan kering

Sambungan kering merupakan metode sambungan menggunakan baut, pelat baja dan las sebagai alat sambung. Sifat pada model sambungan ini adalah perilaku struktur dapat bersifat monolit setelah komponen-komponen tersebut dihubungkan, karena sangat tergantung pada kemampuan model dan kinerja alat sambungan untuk menjamin hubungan antar komponen.

#### 2.4 Perbandingan Metode Precast Dan Metode Konvensional

Pelaksanaan pekerjaan metode *precast* dan metode konvensional memiliki beberapa item yang dapat dibandingkan. Berikut ini adalah tabel perbandingan sistem pekerjaan metode *precast* dan metode konvensional.

**Tabel 2.1** Perbandingan Sistem Pekerjaan Metode *Precast* Dan Metode Konvensional

<b>Item</b>	<b>Konvensional</b>	<b><i>Precast</i></b>
<b>Desain</b>	Sederhana	Terdapat perbedaan langkah pekerjaan dan bentuk desain karena precast memiliki karakteristik struktur yang berbeda.
<b>Waktu pelaksanaan</b>	Lebih lama.	Lebih cepat karena dapat dilaksanakan secara paralel sehingga menghemat waktu.
<b>Kondisi lahan</b>	Butuh adanya ruang penimbunan untuk material bekisting.	Lebih sedikit material bekisting sehingga lingkungan proyek lebih bersih, tetapi membutuhkan <i>stockyard</i> untuk menyimpan komponen precast.

<b>Item</b>	<b>Konvensional</b>	<b><i>Precast</i></b>
<b>Kualitas</b>	Sangat bergantung dengan banyak faktor, terutama keahlian pekerja dan pengawasan.	Lebih terjamin kualitasnya karena pengecoran dilakukan di area fabrikasi jadi lebih mudah untuk pengontrolannya.

## 2.5 Alat Berat

Peralatan memiliki peran penting dalam proses pelaksanaan pekerjaan, baik untuk metode konvensional dan metode *precast*. Pemilihan alat berat perlu direncanakan dengan baik sesuai dengan kebutuhan. Penggunaan peralatan akan berpengaruh dalam efisiensi yang tentunya berpengaruh besar terhadap biaya pelaksanaan.

### 2.5.1.1 Tower crane

*Tower crane* adalah alat berat yang utama diperlukan di setiap pekerjaan konstruksi. Tugas dari *tower crane* adalah untuk mengangkat dan mengangkut bahan dan atau material yang akan segera dikerjakan pada suatu proyek secara vertikal ke suatu tempat yang tinggi maupun horizontal dengan ruang gerak yang terbatas. Pemasangan *tower crane* harus direncanakan terlebih dahulu menurut pertimbangan yang umum karena *tower crane* akan dipasang ditempat yang tepat selama proyek berlangsung.

Hal-hal umum yang harus dipertimbangkan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Kondisi lapangan yang tidak luas
2. Ketinggian tidak terjangkau oleh alat lain
3. Pergerakan alat yang tidak perlu sehingga dapat diganti oleh *tower crane*

Kapasitas angkatan *tower crane* ditentukan oleh radius *tower crane* yang digunakan. Radius *tower crane* yang digunakan semakin besar maka kapasitas angkatan *tower crane* semakin kecil dan begitupun sebaliknya. *Tower crane* yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah *tower crane* memiliki radius 70 m dan tinggi 40 m dengan kapasitas angkat 2,5 ton.

## 2.6 Volume pekerjaan

Perhitungan volume pekerjaan merupakan perhitungan dan pengukuran pada jumlah item pekerjaan berdasarkan data gambar rencana proyek (*shop drawing*) dan pengamatan langsung di lapangan. Pada perhitungan volume pekerjaan memperhatikan sequence pekerjaan dan sumber daya. Volume pekerjaan dapat diartikan sebagai jumlah kapasitas pekerjaan yang harus diselesaikan dalam setiap pekerjaan.

## 2.7 Analisa Waktu

Analisa waktu pelaksanaan pekerjaan dilakukan untuk menghitung waktu yang dibutuhkan pada masing-masing pelaksanaan metode pekerjaan. *Output* dari Analisa waktu yaitu *schedule* pekerjaan. Analisa waktu dilakukan berdasarkan perhitungan volume pekerjaan, produktivitas pekerjaan dan alat berat yang digunakan.

### 2.7.1 Produktivitas pekerjaan

Produktivitas merupakan faktor mendasar yang mempengaruhi performa kemampuan bersaing dalam industri konstruksi. Produktivitas pekerjaan adalah perbandingan antara hasil kegiatan (*output*) dan masukan (*input*). Produktivitas pekerjaan dapat dijelaskan sebagai perbandingan antara hasil kerja dan jam kerja. Produktivitas didefinisikan sebagai rasio antara *output* dengan *input*, atau rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. Dalam proyek konstruksi rasio produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi, dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, material, dan alat.

Faktor-faktor lain yang mempengaruhi produktivitas kerja adalah:

1. Pendidikan
2. Kesehatan
3. Lingkungan kerja
4. Cuaca
5. Faktor manajerial
6. Peralatan yang digunakan



### 2.7.1.1 Waktu siklus

Jumlah waktu dalam satu siklus yang dipakai pada operasi individual atau kombinasi dengan peralatan lain tiap satu siklus yang tergantung pada:

1. Lintasan operasi
2. Kecepatan pada berbagai gerakan
3. Tinggi pengangkatan
4. Kehilangan waktu untuk percepatan dan perlambatan
5. Waktu menunggu
6. Waktu yang dihabiskan untuk pindah posisi ke posisi berikutnya

### 2.7.2 Durasi pekerjaan

Durasi merupakan jumlah waktu yang diperkirakan untuk menyelesaikan satu aktivitas (Widiasanti, 2013). Durasi dapat menggunakan satuan waktu menit, jam, hari kerja, hari kalender, minggu, ataupun bulan. Pada pelaksanaan pekerjaan konstruksi menggunakan satuan waktu hari kerja atau hari kalender. Durasi pekerjaan pada proyek konstruksi bergantung pada hal – hal sebagai berikut:

- a. Jumlah pekerjaan;
- b. Jenis pekerjaan;
- c. Jenis dan jumlah sumber daya;
- d. Pekerjaan dalam satu *shift* atau banyak *shift* atau perpanjangan jam kerja (lembur);
- e. Lingkungan pekerjaan;
- f. Metode konstruksi;
- g. Batas waktu proyek;
- h. Siklus pekerjaan konstruksi;
- i. Cuaca dan dampak lapangan;
- j. Kegiatan yang dapat dilaksanakan bersamaan;
- k. Kualitas pengawasan;
- l. Pelatihan dan motivasi kerja;
- m. Tingkat kesulitan pekerjaan.

Durasi pekerjaan dibuat berdasarkan perkiraan yang masuk akal. Jika durasi yang dibuat untuk setiap aktivitas masuk akal dan jalur kritis dibuat dari banyak kegiatan, maka variasi dalam durasi pekerjaan akan memengaruhi aktivitas –

aktivitas tersebut sehingga durasi proyek menjadi lebih akurat. Untuk memastikan durasi yang dibuat masuk akal, maka pembuatan jadwal proyek harus bekerja sama dengan estimator proyek dan pengawas proyek.

### 2.7.3 Penjadwalan Proyek

Rencana Jadwal Manajemen adalah proses menetapkan kebijakan, prosedur, dan dokumentasi untuk perencanaan, pengembangan, pengelolaan, pelaksanaan, dan pengendalian jadwal proyek. Manfaat utama dari proses ini adalah yang memberikan panduan dan arahan tentang bagaimana jadwal proyek akan dikelola di seluruh proyek. Penjadwalan merupakan fase menerjemahkan suatu perencanaan ke dalam suatu diagram dalam bentuk aktivitas sesuai dengan skala waktu yang mana setiap aktivitas harus dilaksanakan agar proyek selesai tepat waktu dengan biaya ekonomis.

Metode penjadwalan proyek yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Precedence Diagram Method* (PDM). *Precedence Diagram Method* menurut Soeharto (1999) merupakan metode jaringan kerja dikenal karena adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat. Jadi jalur kritis atau *critical path* terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai kegiatan terakhir proyek. Pada umumnya dipakai pada proyek konstruksi yang menitik beratkan pada aspek perencanaan dan pengendalian waktu dan biaya. PDM dikenal adanya konstrain. Satu konstrain hanya dapat menghubungkan dua node, karena setiap node memiliki dua ujung yaitu ujung awal atau mulai = (S) dan ujung akhir atau selesai = (F). Maka di sini terdapat empat macam konstrain, yaitu:

1. Konstrain selesai ke mulai – *Finish to Start* (FS): Konstrain FS memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu.
2. Konstrain selesai ke selesai – *Finish to Finish* (FF): memberikan penjelasan hubungan antara selesainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu.

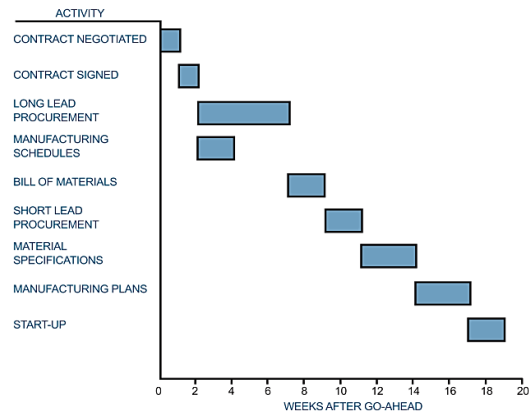
3. Konstrain mulai ke mulai – *Start to Start* (SS): memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan dimulainya kegiatan terdahulu.
4. Konstrain mulai ke selesai – *Start to Finish* (SF): menjelaskan hubungan antara selesainya kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu.

PDM pada dasarnya menitikberatkan pada persoalan keseimbangan antara biaya dan waktu penyelesaian proyek. PDM menekankan pada hubungan antara pemakaian sejumlah tenaga kerja atau sumber daya untuk mempersingkat waktu pelaksanaan suatu proyek dan kenaikan biaya sebagai akibat penambahan sumber daya tersebut. Dalam PDM, hubungan antara jumlah sumber-sumber daya yang dipergunakan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek juga dianggap diketahui. Penjadwalan pada PDM mempertimbangkan hubungan ketergantungan antar aktivitas dan durasi setiap aktivitas. Bila terjadi kondisi keterbatasan tenaga kerja, maka dilakukan penjadwalan ulang yang meliputi proses alokasi dan perataan sumber daya, dan metode yang digunakan adalah *Resource Scheduling Method* (Suputra, 2011). Terdapat dua cara analisis dalam *Resource Scheduling Method* untuk menentukan aktivitas mana yang akan diprioritaskan untuk dijadwalkan bila terjadi konflik sumber daya, yaitu:

1. Analisis *float time*: aktivitas yang memiliki *float time* paling kecil akan diprioritaskan untuk dijadwalkan.
2. Analisis nilai Pertambahan Durasi Proyek (PDP): aktivitas dengan cara memilih 2 aktivitas yang mengalami konflik untuk dianalisis.

#### 2.7.4 *Gantt chart*

Kerzner (1982) menjelaskan *Gantt chart* atau *bar chart* merupakan jenis tampilan yang paling umum digunakan pada penjadwalan proyek (*schedule*). *Gantt chart* adalah sarana menampilkan kegiatan atau peristiwa sederhana yang diplot terhadap waktu. Pada *gant chart* menunjukkan jumlah pekerjaan yang diperlukan untuk melanjutkan dari satu titik waktu ke titik lain atau peristiwa digambarkan sebagai titik awal atau akhir untuk satu atau beberapa kegiatan. Berikut ini merupakan gambar *gant chart* pada satu jenis kegiatan.



**Gambar 2.1** Gantt Chart Untuk Satu Jenis Kegiatan

Penggunaan *gant chart* biasa digunakan dalam aplikasi *Microsoft Excel* ataupun *Microsoft Project*. Menurut Wulfarm I, 2005 terdapat beberapa proses penyusunan *gant chart* atau bar chart dengan langkah - langkah sebagai berikut:

1. Daftar item kegiatan

Daftar item kegiatan berisikan seluruh jenis kegiatan pekerjaan dalam perencanaan pelaksanaan pekerjaan.

2. Urutan pekerjaan

Urutan pekerjaan adalah daftar item kegiatan pekerjaan disusun berurutan sesuai pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan selanjutnya dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan dilakukan secara bersamaan.

3. Waktu pelaksanaan pekerjaan

Waktu pelaksanaan pekerjaan adalah jangka waktu pelaksanaan pekerjaan dari seluruh kegiatan. Waktu pelaksanaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk setiap item pekerjaan.

Pembuatan jadwal pada proyek menggunakan *gant chart* pada *Microsoft Project* setiap aktivitas terhubung dengan aktivitas lain. Terdapat tiga kemungkinan hubungan logis yang dapat terjadi diantara kegiatan – kegiatan pekerjaan sebagai berikut:

1. Hubungan sebelumnya (*predecessor*)

Hubungan sebelumnya terjadi ketika sebuah aktivitas harus selesai terlebih dahulu sebelum aktivitas berikutnya dapat dimulai. contoh

adalah fondasi biasanya mendahului pekerjaan struktur atas. Jadi, pekerjaan fondasi memiliki hubungan sebelumnya (*predecessor*) dari pekerjaan struktur atas.

2. Hubungan setelahnya (*successor*)

Hubungan setelahnya terjadi setelah selesainya suatu aktivitas. contohnya, pekerjaan arsitek dapat dimulai setelah pekerjaan struktur selesai. Jadi, pekerjaan arsitek memiliki hubungan setelahnya (*successor*) dari pekerjaan struktur.

3. Hubungan tak bergantung (*Independent*)

Hubungan tak tergantung, yaitu hubungan kegiatan yang tidak didahului atau mendahului kegiatan lainnya. Mulai dan selesainya kegiatan atau aktivitas *independent* ini tidak tergantung dengan mulai dan selesainya kegiatan atau aktivitas lain.

## 2.8 Analisa Biaya

Analisa biaya dilakukan untuk memperoleh perkiraan biaya pelaksanaan suatu pekerjaan dengan berdasarkan sumber data yang ada dan metode pelaksanaan tertentu. Sebelum melakukan analisis biaya, kontraktor harus mengetahui spesifikasi yang digunakan dalam perencanaan konstruksi tersebut. Pada perencanaan pengoperasian alat, perlu dipertimbangkan aspek biaya pada penggunaan alat, estimasi waktu, keuntungan dan pertimbangan lainnya. Sedangkan untuk biaya pekerjaan bisa dihitung dengan rencana anggaran biaya (RAB). Perhitungan biaya tersebut kemudian direkapitulasi menjadi rencana anggaran biaya proyek menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Sigma (\text{volume pekerjaan} \times \text{harga satuan pekerjaan})$$

Perencanaan anggaran biaya, terdapat dua komponen yang mempengaruhi besarnya anggaran proyek. Komponen pertama yaitu biaya langsung (*direct cost*) seperti kebutuhan pembayaran gaji, pembelian material, alat yang akan digunakan dan komponen kedua biaya tidak langsung (*indirect cost*) seperti *overhead*, profit dan *tax*.

### 2.8.1 Analisa Harga Satuan

Harga satuan pekerjaan adalah jumlah harga bahan dan harga upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat dari harga pasaran

yang terkumpul dalam suatu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Harga upah tenaga kerja didapat dari peraturan harga upah berdasarkan daerah (kota/kabupaten). Harga satuan pada setiap daerah berbeda-beda, maka dalam penyusunan anggaran biaya suatu perencanaan proyek konstruksi harus meninjau dari harga satuan pekerja dan harga satuan bahan yang berlaku pada daerah proyek dilaksanakan.

#### 2.8.1.1 Analisis harga satuan pekerjaan beton metode konvensional

Perhitungan analisa harga satuan pekerjaan beton dengan metode konvensional pada pekerjaan struktur menggunakan analisa harga satuan pekerjaan SNI DT 0008:2007, 2007 (Badan Standardisasi Nasional, 2007). Menurut SNI DT 0008:2007, 2007 harga satuan pekerjaan dihitung berdasarkan analisis harga satuan bahan dan upah. Perhitungan harga satuan pekerjaan konstruksi merupakan suatu cara perhitungan harga satuan pekerjaan konstruksi, yang dijabarkan dalam perkalian indeks bahan bangunan dan upah kerja dengan harga bahan bangunan dan standar pengupahan pekerja untuk menyelesaikan persatuan pekerjaan konstruksi. Menurut SNI DT 0008:2007 pekerjaan beton metode konvensional memiliki beberapa persyaratan sebagai berikut:

##### 1. Persyaratan umum

Persyaratan umum dalam perhitungan harga satuan:

- a. Perhitungan harga satuan pekerjaan berlaku untuk seluruh wilayah Indonesia, berdasarkan harga bahan dan upah kerja sesuai dengan kondisi setempat;
- b. Spesifikasi dan cara pengerjaan setiap jenis pekerjaan disesuaikan dengan standar spesifikasi teknis pekerjaan yang telah dibakukan.

##### 2. Persyaratan teknis

Persyaratan teknis dalam perhitungan harga satuan pekerjaan:

- a. Pelaksanaan perhitungan satuan pekerjaan harus didasarkan pada gambar teknis dan rencana kerja serta syarat-syarat (RKS);
- b. Perhitungan indeks bahan telah ditambahkan toleransi sebesar 5%-20%, dimana di dalamnya termasuk angka susut,

yang besarnya tergantung dari jenis bahan dan komposisi adukan;

- c. Jam kerja efektif untuk tenaga kerja diperhitungkan 5 jam per-hari.

#### 2.8.1.2 Analisis harga satuan pekerjaan beton metode pracetak (*precast*)

Perhitungan analisa harga satuan pekerjaan beton dengan metode pracetak pada pekerjaan struktur menggunakan analisa harga satuan pekerjaan SNI 7832:2017 (Badan Standardisasi Nasional, 2017). Perhitungan harga satuan pekerjaan konstruksi merupakan suatu cara perhitungan harga satuan pekerjaan konstruksi, yang dijabarkan dalam perkalian indeks bahan bangunan dan upah kerja dengan harga bahan bangunan dan standar pengupahan pekerja untuk menyelesaikan persatuan pekerjaan konstruksi. Menurut SNI 7832:2017 pekerjaan beton metode pracetak (*precast*) memiliki beberapa persyaratan sebagai berikut:

##### 1. Persyaratan umum

Persyaratan umum dalam perhitungan harga satuan:

- a. Perhitungan harga satuan pekerjaan berlaku untuk seluruh Indonesia, berdasarkan harga bahan dan upah kerja sesuai dengan kondisi setempat;
- b. Spesifikasi dan cara pengerjaan setiap jenis pekerjaan disesuaikan dengan standar spesifikasi teknis pekerjaan yang telah dibakukan.

##### 2. Persyaratan teknis

Persyaratan teknis dalam perhitungan harga satuan pekerjaan:

- a. Pelaksanaan perhitungan satuan pekerjaan harus didasarkan kepada gambar teknis dan rencana kerja dan syarat-syarat (RKS);
- b. Perhitungan indeks bahan telah ditambahkan toleransi sebesar (5 s.d. 20) %, yang didalamnya termasuk angka susut, yang besarnya bergantung pada jenis bahan dan komposisi adukan;
- c. Digunakan pada pekerjaan ereksi sampai dengan 24 lantai;
- d. cetakan (bekisting) menggunakan kayu dan phenol film;

- e. untuk analisis biaya beton yang tercantum di dalam SNI 7394:2008, analisis biayanya dapat disesuaikan dengan kondisi material setempat;
- f. Untuk analisis biaya beton yang tidak tercantum di dalam SNI 7394:2008, harus mengacu pada hasil rancangan campuran beton;
- g. Tenaga kerja harus mempunyai sertifikasi keterampilan di bidang pracetak;
- h. Tenaga pelaksana pada Pasal 1 e. yang dimiliki oleh perusahaan pemegang lisensi pracetak;
- i. Jam kerja efektif untuk para pekerja diperhitungkan 5 jam per-hari.

#### 2.8.2 Komponen Biaya Langsung (*Direct Cost*)

*Direct Cost* adalah kegiatan secara fisik dan dapat dilacak ke aktivitas tersebut secara ekonomi. Biaya langsung tidak dihitung jika kegiatan tidak dilakukan. Menurut Gloud (1997) biaya langsung adalah semua biaya yang berhubungan langsung dengan proses konstruksi, yang mencakup seluruh biaya kegiatan yang dilakukan dalam proyek dan biaya untuk membawa semua sumber daya yang dibutuhkan oleh proyek. Pembebanan *direct cost* ke *cost object* disebut *tracing*. Komponen biaya langsung terdiri dari:

##### 1. Biaya bahan / material

Biaya bahan merupakan harga bahan atau material yang digunakan untuk proses pelaksanaan konstruksi, yang sudah memasukkan biaya angkutan, biaya *loading* dan *unloading*. Biaya pengepakan, penyimpanan sementara di gudang, pemeriksaan kualitas dan asuransi merupakan bagian dari biaya bahan / material.

##### 2. Upah tenaga kerja

Upah tenaga kerja adalah biaya yang dibayarkan kepada pekerja atau buruh dalam menyelesaikan suatu jenis pekerjaan sesuai dengan keterampilan dan keahliannya.

##### 3. Biaya peralatan



Biaya peralatan adalah biaya yang diperlukan untuk kegiatan sewa, pengangkutan, pemasangan alat, memindahkan, membongkar dan biaya operasi, juga dapat dimasukkan upan dan operator mesin dan pembantunya.

### 2.8.3 Komponen Biaya Tak Langsung (*Indirect Cost*)

*Indirect Cost* adalah biaya selain biaya langsung dari kegiatan konstruksi, mereka tidak dapat dilacak secara fisik dan dihitung bahkan jika aktivitas tidak dilakukan. Biaya tidak langsung (*indirect cost*) juga dikenal sebagai *overhead*. Pembebanan *indirect cost* ke *cost object* disebut *allocation*. Biaya tidak langsung terdiri dari:

#### 1. *Overhead* umum

*Overhead* umum adalah biaya yang dibutuhkan dalam menjalankan bisnis konstruksi yang tidak dapat dilacak secara ekonomis untuk proyek – proyeknya. *Overhead* umum biasanya tidak dapat segera dimasukkan ke suatu jenis pekerjaan dalam proyek itu, misalnya sewa kantor, peralatan kantor dan alat tulis menulis, air, listrik, telepon, asuransi, pajak, bunga uang, biaya-biaya notaris, biaya perjalanan dan pembelian berbagai macam barang-barang kecil.

#### 2. *Overhead* proyek

*Overhead* proyek adalah semua biaya yang dapat dilacak secara ekonomis untuk suatu proyek tetapi hal itu tidak dapat terjadi apabila proyek tersebut tidak dilakukan. *Overhead* proyek merupakan biaya yang dapat dibebankan kepada proyek tetapi tidak dapat dibebankan kepada biaya bahan - bahan, upah tenaga kerja atau biaya alat-alat seperti misalnya asuransi, telepon yang dipasang di proyek, pembelian tambahan dokumen kontrak pekerjaan, pengukuran (survei), surat-surat ijin dan lain sebagainya. Jumlah *overhead* berkisar antara 12% sampai 30%.

#### 3. Profit

Profit Merupakan keuntungan yang didapat oleh pelaksana kegiatan proyek (kontraktor) sebagai nilai imbal jasa dalam proses pengadaan

proyek yang sudah dikerjakan. Secara umum keuntungan yang di set oleh kontraktor dalam penawaran berkisar antara 10% sampai 12%.

#### 4. Pajak

Pajak merupakan komponen berbagai macam pajak seperti PPN, PPh dan lainnya atas hasil operasi perusahaan

### 2.9 Analisa Perbandingan

Analisa perbandingan dilakukan antara metode pekerjaan konvensional dengan metode pekerjaan *precast*. Perbandingan metode ini dimaksud untuk membandingkan aspek teknis dan aspek ekonomis antara kedua metode pekerjaan. Pertimbangan pemilihan metode dapat dipilih dari besarnya keuntungan yang diperoleh dari satu metode pekerjaan. Berikut tabel perbandingan sistem konvensional dengan sistem precast menurut Ir. Wulfram I. Ervianto, MT:

**Tabel 2.2** Perbandingan Sistem Konvensional Dengan Sistem Precast Menurut Ir. Wulfram I. Ervianto, MT.

Deskripsi	Konvensional	Precast
<b>Perencanaan</b>		
Desain	Lebih sederhana	Memerlukan pemikiran yang lebih luas, menyangkut sistem produksi, transportasi, <i>erection</i> , dan <i>connection</i> .
<b>Bentuk Dan Ruang</b>		
Bentuk Bangunan	Efisiensi untuk bentuk bangunan yang tidak teratur	Efisiensi untuk bentuk bangunan yang teratur atau <i>typical</i>
Volume Dan Sifat Pekerjaan	Kecil, tidak berulang	Lebih besar dari titik impas, berulang ( <i>repetitif</i> )
<b>Pelaksanaan</b>		
Waktu	Lebih lama	Lebih cepat $\pm 25\%$ karena pekerjaan dapat

<b>Deskripsi</b>	<b>Konvensional</b>	<b>Precast</b>
		dilaksanakan secara paralel
Biaya	Lebih murah jika bentuk bangunan tidak teratur, volume kecil dan tidak repetitif	Lebih murah jika bentuk bangunan teratur (maksimum 6 tipe komponen) volume pekerjaan $\geq 200 \text{ m}^3$
Teknologi	Teknologi sederhana	Keahlian khusus
Tenaga Kerja	Lebih banyak	Lebih sedikit ( $\geq 10\%$ ) karena sebagian pekerjaan dilaksanakan di pabrik
Koordinasi Pelaksanaan	Lebih kompleks karena jumlah item pekerjaan lebih banyak	Lebih sederhana, sebagian pekerjaan dilakukan di pabrik dengan pengendalian mutu yang konsisten. Proses pengendalian mutu sudah dilakukan di pabrik
Sarana Kerja	Jumlah dan komposisi lebih banyak	Jumlah dan komposisi lebih sedikit
Kondisi Lapangan	Memerlukan ruang kerja lebih luas untuk bekerja dan penumpukan material	Relatif lebih kecil karena produksi dilakukan di satu area
Kondisi Cuaca	Pengaruh cuaca terhadap pelaksanaan di lapangan besar	Relatif lebih kecil karena produksi komponen di satu area
<b>Hasil Pekerjaan</b>		

<b>Deskripsi</b>	<b>Konvensional</b>	<b>Precast</b>
Ketetapan Dimensi	Hasil kerja sangat dipengaruhi oleh <i>skill</i> pekerja	Sistem dan metode produksi dibuat sedemikian rupa sehingga ketetapan dimensi tidak bergantung <i>skill</i> pekerja
Mutu	Tergantung pekerja dan pengawas	Sudah terjamin
<i>Finishing</i>	Sangat bervariasi (tergantung <i>skill</i> pekerja), memerlukan penyempurnaan, risiko biaya terduga tinggi	Variasi lebih sedikit, risiko biaya tak terduga relatif mudah dikendalikan

Analisa perbandingan yaitu perhitungan secara analisis mengenai efisiensi biaya dan waktu proyek. Dengan persentase efisiensi waktu dan biaya adalah sebagai berikut:

$$Efisiensi Waktu Proyek = \frac{waktu\ standart - waktu\ percepatan}{waktu\ standart} \times 100\%$$

$$Efisiensi Biaya Proyek = \frac{biaya\ standart - biaya\ percepatan}{biaya\ standart} \times 100\%$$

## 2.10 Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi

Pekerjaan konstruksi merupakan keseluruhan atau sebagian kegiatan yang meliputi pembangunan, pengoperasian, pemeliharaan, pembongkaran, dan pembangunan kembali suatu bangunan. Sistem manajemen konstruksi diperlukan untuk mewujudkan tertib penyelenggaraan jasa konstruksi yang sesuai dengan standar keamanan, keselamatan, kesehatan, keberlanjutan, dan memenuhi aspek pembinaan serta pengawasan keselamatan konstruksi secara nasional. Jasa konstruksi adalah layanan jasa konsultasi konstruksi dan/atau pekerjaan konstruksi. Sistem manajemen keselamatan konstruksi (SMKK) merupakan bagian dari sistem yang menjamin terwujudnya keselamatan konstruksi.

Penyedia jasa yang harus menerapkan SMKK merupakan penyedia yang memberikan layanan :

1. Konsultasi manajemen penyelenggaraan konstruksi;
2. Konsultasi konstruksi pengawasan;
3. Pekerjaan konstruksi;
4. Pekerjaan konstruksi terintegrasi.

Penerapan SMKK terdiri atas beberapa dokumen yaitu:

1. Rancangan Konseptual SMKK;
2. RKK;
3. RMPK;
4. Program Mutu;
5. RKPPL; dan
6. RMLLP.

#### 2.10.1 Rencana Keselamatan Kerja (RKK)

Perencanaan rencana keselamatan kerja (RKK) pada proyek merupakan upaya yang dilakukan untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman, sehat, dan bebas dari pencemaran lingkungan. Dalam Peraturan Menteri PUPR No. 10 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi. Merencanakan sistem RKK bertujuan untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja pada studi kasus Proyek Pembangunan Infrastruktur Fasilitas Laboratorium Teknologi Tepat Guna (TTG) Subang.

#### 2.10.2 Rencana Mutu Pekerjaan Konstruksi (RMPK)

Rencana mutu pekerjaan konstruksi (RMPK) merupakan dokumen yang berisikan metode pekerjaan, rencana inspeksi dan pengajuan, serta pengendalian sub penyedia jasa dan pemasok. Penyusunan dokumen Rencana mutu pekerjaan konstruksi (RMPK) diatur dalam Peraturan Menteri PUPR No. 10 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK). Rencana mutu pekerjaan konstruksi (RMPK) terdiri dari beberapa dokumen, diantaranya :

1. struktur organisasi Penyedia Jasa beserta hubungan kerja antara Pengguna Jasa dan Sub penyedia Jasa;
2. jadwal pelaksanaan pekerjaan;

3. gambar dan spesifikasi teknis;
4. tahapan pekerjaan;
5. rencana metode pelaksanaan kerja (*work method statement*) terdiri atas komponen metode kerja, tenaga kerja konstruksi, material, alat, dan aspek Keselamatan Konstruksi;
6. rencana pemeriksaan dan pengujian;
7. pengendalian Sub penyedia Jasa, meliputi kriteria persyaratan pemilihan Sub penyedia Jasa yang dilakukan oleh Penyedia Jasa pelaksana konstruksi sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh Pengguna Jasa; dan
8. pengendalian pemasok meliputi jenis pekerjaan yang dipasok, jumlah pemasok, kriteria, dan prosedur pemilihan.