

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Umum**

Dalam perencanaan proyek konstruksi proses penentuan standar dan kriteria mutu yang akan dipakai oleh proyek, serta usaha untuk dapat memenuhinya maka mutu akan besar berpengaruh terhadap biaya proyek terutama seleksi tenaga kerja, material dan peralatan. Faktor biaya merupakan salah satu faktor yang menempati posisi sangat rentan, karena apabila terjadi kesalahan dalam perencanaan, penkontribusiannya dan penggunaannya, maka hasil (keuntungan) yang diperoleh tidak dapat memberikan manfaat yang optimal.

Pada umumnya, pembiayaan yang terjadi dalam penyelenggaraan proyek dimanfaatkan untuk memberikan kepuasan atau imbalan atas jerih payah yang dilakukan oleh manusia. Misalnya : karyawan/pekerja memperoleh gaji/upah, pemilik modal memperoleh keuntungan dan pemerintah mendapatkan pajak sebagai salah satu sumber dalam pembiayaan pembangunan.

#### **2.2 Konsep Biaya**

Biaya merupakan rangkaian langkah untuk perkiraan besarnya sumber daya yang diperlukan oleh proyek. Langkah-langkah tersebut termasuk juga mempertimbangkan beberapa alternative yang mungkin dalam mendapatkan biaya yang paling ekonomis bagi kinerja dan material. Hal ini menyebabkan perencanaan dapat diselesaikan bila telah tersedia perencanaan keperluan sumber daya. (Irika Widiyanti & Lenggogeni, 2013)

Defenisi biaya (Kueper 1971) adalah jumlah semua pengeluaran yang dibutuhkan mulai dari pra studi sampai proyek selesai dibangun. Waktu sebuah proyek selesai dibangun merupakan waktu awal dari umur proyek sesuai dengan perencanaan yang telah dibuat pada waktu detail desain.

Biaya merefleksikan kemampuan organisasi dalam penggunaan sumber daya seminimum mungkin untuk mencapai tujuan yang sudah ditetapkan. Jadi pengertian biaya jika dikaitkan dengan pengertian sebelumnya adalah jumlah semua pengeluaran yang bernilai uang untuk perkiraan besarnya sumber daya yang diperlukan oleh proyek yang bermanfaat di waktu sekarang maupun waktu yang akan datang. Pada prinsipnya biaya proyek diperlukan sepanjang umur proyek yang akan terjadi.

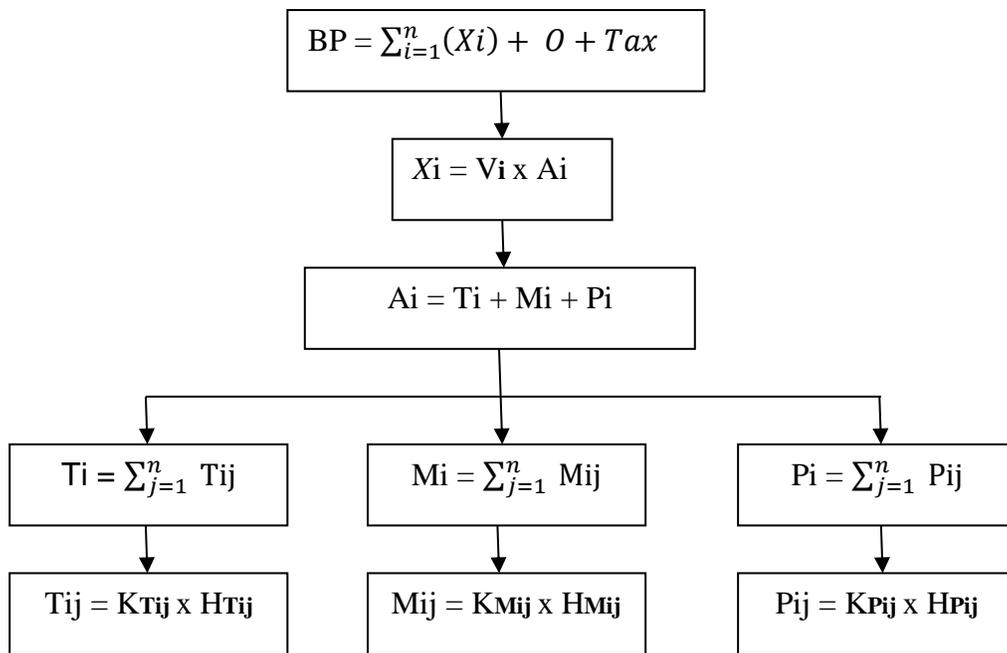
## 2.3 Biaya Proyek

Proyek merupakan suatu pekerjaan atau kegiatan yang dilakukan secara berulang-ulang, karena situasi dan kondisi setiap proyek akan berbeda. Oleh karena itu biaya yang akan dihitung untuk suatu proyek tidak dapat digunakan sepenuhnya untuk proyek lain.

Biaya proyek adalah biaya yang digunakan untuk menyelesaikan seluruh kegiatan proyek yang merupakan penjumlahan dari hasil perkalian antara seluruh volume item pekerjaan dengan harga satuan item pekerjaan. Biaya proyek dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Biaya proyek (BP)} = \sum_{i=1}^n (X_i) + O + Tax \dots\dots\dots(2.1)$$

Prosedur perhitungan biaya proyek dapat dilihat pada gambar 2.1. Diagram biaya proyek menunjukkan bagaimana biaya-biaya yang ada didalam biaya proyek saling berhubungan dan mempengaruhi satu sama lainnya.



Gambar 2.1 Diagram biaya proyek

### 2.3.1 Biaya Sumber Daya

#### 2.3.1.1 Biaya Tenaga Kerja

Biaya unsur tenaga kerja adalah biaya yang digunakan untuk membayar unsur tenaga kerja yang bersangkutan dalam menyelesaikan satu satuan item pekerjaan dan diperoleh dari hasil

perkalian antara koefisien dan harga satuannya. Unsur-unsur tenaga kerja terdiri dari pekerja, tukang dan mandor. Formula biaya tenaga kerja adalah sebagai berikut :

$$T_i = \sum T_{ij} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$T_{ij} = K_{tk} \times H_s \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

$T_{ij}$  = Biaya unsur tenaga kerja ke-j, pada item pekerjaan ke-i

$K_{tk}$  = Koefisien tenaga kerja

$H_s$  = Harga satuan

### 2.3.1.2 Biaya Material

Biaya unsur material adalah biaya yang digunakan untuk membayar unsur material yang bersangkutan dalam menyelesaikan satu satuan item pekerjaan dan diperoleh dari hasil perkalian antara koefisien dan harga satuannya. Unsur-unsur material antara lain : batu, pasir, aspal, besi beton, kayu, papan dan lain-lain. Formula biaya material adalah sebagai berikut:

$$M_i = \sum M_{ij} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$M_{ij} = K_m \times H_{sm} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

$M_{ij}$  = Biaya unsur material ke-j, pada item pekerjaan ke-i

$K_m$  = Koefisien material

$H_{sm}$  = Harga satuan material

### 2.3.1.3 Biaya Peralatan

Biaya unsur peralatan adalah biaya yang digunakan untuk membayar unsur peralatan yang bersangkutan dalam menyelesaikan satu satuan item pekerjaan dan diperoleh dari hasil perkalian antara koefisien dan harga satuannya. Unsur-unsur peralatan antara lain: dump truck, excavator, loader, roller, concrete vibrator, concrete mixer, water tank dan lain-lain. Formula biaya peralatan adalah sebagai berikut:

$$P_i = \sum P_{ij} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$P_{ij} = K_p \times H_{sp} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

$P_{ij}$  = Biaya unsur peralatan ke-j, pada item pekerjaan ke-i

Kp = Koefisien peralatan  
 Hsp = Harga satuan peralatan

### 2.3.2 Analisa Harga Satuan

Harga adalah besarnya uang yang harus dibayar untuk mendapatkan suatu barang atau jasa, disaat sekarang maupun disaat yang akan datang. Besarnya harga suatu barang sangat ditentukan oleh biaya untuk memproduksi barang tersebut. Hal ini mencerminkan bahwa, biaya juga merupakan harga bagi pembeli. Satuan adalah unit yang dipakai untuk mengukur jumlah barang atau jasa yang digunakan atau dibeli. Satuan inipun akan menentukan harga. Jika satuan yang dikenakan pada suatu barang atau suatu jasa berbeda, maka harganyapun akan berbeda.

Dari pengertian harga dan satuan diatas, maka analisa harga satuan adalah perhitungan tiap-tiap jenis pekerjaan untuk tiap unit satuan dan diperoleh dengan cara menjumlahkan seluruh biaya tenaga kerja, material dan peralatan pada item pekerjaan tertentu. Analisa harga satuan juga sudah termasuk overhead dan profit.

Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung harga satuan suatu item pekerjaan:

$$A_i = T_i + M_i + P_i \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan :

- A<sub>i</sub> = Analisa harga satuan pekerjaan ke-i
- T<sub>i</sub> = Biaya tenaga kerja item pekerjaan ke-i
- M<sub>i</sub> = Biaya material item pekerjaan ke-i
- P<sub>i</sub> = Biaya peralatan item pekerjaan ke-i

### 2.3.3 Biaya Item Pekerjaan

Biaya item pekerjaan adalah biaya yang digunakan untuk menyelesaikan masing-masing item pekerjaan dan diperoleh dari hasil perkalian antara volume dan analisa harga satuan item pekerjaan. Biaya item pekerjaan dilakukan dengan formula sebagai berikut :

$$X_i = V_i \times A_i \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan:

- X<sub>i</sub> = Biaya item pekerjaan ke-i
- V<sub>i</sub> = Volume item pekerjaan ke-i

### 2.3.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Pada dasarnya anggaran biaya merupakan bagian terpenting dalam menyelenggarakan pembangunan suatu proyek konstruksi. Tujuan dari perencanaan biaya proyek adalah untuk mendapatkan perkiraan biaya pelaksanaan suatu pekerjaan dengan menggunakan sumber daya dan metode pelaksanaan yang ada dalam suatu proyek konstruksi. Biaya yang terdapat didalam RAB adalah biaya tenaga kerja, material dan peralatan. Rencana anggaran biaya dapat dihitung dengan :

$$\sum Xi = Vi \times Ai \dots\dots\dots(2.10)$$

### 2.4 Volume Item Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah banyaknya pekerjaan yang harus diselesaikan atau dikerjakan untuk memenuhi fungsi atau sebagian fungsi dari proyek konstruksi. Pada saat perencanaan, volume pekerjaan diukur menurut gambar rencana. Volume yang dihasilkan masih merupakan estimasi. Volume yang sesungguhnya akan dapat dipastikan setelah pekerjaan dilaksanakan.

Jika volume pekerjaan ini diselesaikan, maka elemen bangunan tersebut dapat berfungsi. Satuan yang digunakan sebagai dasar pengukuran umumnya adalah m, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>, kg, zak, liter, lump sum (LS). Penggunaan satuan pengukuran tersebut adalah sebagai berikut :

1. Segi empat  
L = panjang x lebar
2. Bujur sangkar  
L = sisi x sisi
3. Segitiga  
L = ½ x alas x tinggi
4. Trapezium  
L = ½ x (panjang atas + panjang bawah ) x tinggi
5. Lingkaran  
L = π x jari-jari lingkaran

Dalam pengukuran volume terdapat satuan sebagai lambang yang menyatakan besaran yang diukur, cara pengukuran dan ciri dari objek yang diukur. Suatu angka pengukuran tanpa disertai oleh satuan pengukuran, tidak mempunyai makna sama sekali, melainkan hanya sebuah

bilangan. Satuan umum yang digunakan dalam volume pekerjaan konstruksi dapat dilihat pada table 2.1.

Table 2.1 Satuan pengukuran

No	Pengukuran	Satuan	Lambang
1	Panjang	Meter	M
2	Luas	Meter-persegi	M <sup>2</sup>
3	Isi padat	Meter-kubik	M <sup>3</sup>
4	Isi cair	Liter	Ltr
5	Berat	Kilogram, Ton	Kg, Ton
6	Waktu	Jam, Hari	Jam, Hari

## 2.5 Harga Satuan

Harga satuan adalah besarnya uang yang harus dibayar untuk mendapatkan suatu barang atau jasa, disaat sekarang maupun disaat yang akan datang. Besarnya harga suatu barang sangat ditentukan oleh biaya untuk memproduksi barang tersebut. Hal ini mencerminkan bahwa, biaya adalah juga harga bagi pembeli. Makin langka suatu barang, maka harganya semakin tinggi. Satuan adalah unit yang dipakai untuk mengukur jumlah barang atau jasa yang digunakan atau dibeli. Satuan ini pun akan menentukan harga. Jika satuan yang dikenakan barang atau jasa berbeda maka harganya pun juga akan berbeda.

Dari pengertian harga dan satuan diatas, maka harga satuan adalah besarnya uang yang harus dibayar untuk mendapatkan suatu barang atau jasa. Kadang-kadang untuk memperoleh harga satuan digunakan suatu angka konversi untuk menyetarakan harga dari suatu barang atau jasa yang sama, tetapi satuan berbeda.

## 2.6 Koefisien Item Pekerjaan

Koefisien merupakan istilah bagi banyaknya sumber daya yang digunakan untuk menyelesaikan satu satuan item pekerjaan. Agar terukur maka koefisien tersebut harus mempunyai satuan. Satuan koefisien dan peralatan adalah satuan waktu, dalam hal ini adalah hari atau jam. Untuk menghitung koefisien tenaga kerja dan peralatan, harus diketahui produksinya. Sedangkan koefisien bermacam-macam, sesuai dengan pengadaannya dan keberadaannya dilapangan.

Sumber daya yang biasa digunakan dalam pelaksanaan proyek adalah manusia, peralatan, material, uang dan waktu. Pengelolaan yang baik dari lima sumber daya ini akan mendukung lancarnya proses pekerjaan sesuai dengan rencana. Berapa banyak yang dibutuhkan, kapan didistribusikan, bagaimana pengendalian terhadap sumber daya ini, akan menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Melalui target produksi akan diketahui berapa banyak sumber daya akan dibutuhkan. Dengan kata lain sumber daya sangat dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu item pekerjaan. Jika sumber daya yang digunakan melebihi apa yang direncanakan maka pihak pelaksana akan mengalami kerugian jika sumber daya yang sudah direncanakan tidak terpenuhi, baik jumlah maupun distribusinya, maka target produksi tidak akan tercapai dan pekerjaan akan mengalami keterlambatan.

### **2.6.1 Koefisien Tenaga Kerja**

Koefisien tenaga kerja adalah jumlah penggunaan waktu untuk menyelesaikan satu satuan item pekerjaan. Untuk menyelesaikan satu satuan item pekerjaan ini dibutuhkan sekelompok tenaga kerja yang terdiri dari beberapa kualifikasi tenaga kerja misalnya mandor, pekerja, tukang dan kepala tukang. Kadang-kadang diperlukan beberapa kelompok tenaga kerja agar target volume dapat tercapai. Jumlah tenaga kerja yang akan digunakan pada satu item pekerjaan tergantung pada target volume yang ingin diselesaikan dalam satu satuan waktu. Dalam analisa-analisa hasil produksi kelompok tenaga kerja telah dihitung oleh seseorang estimator yang berpengalaman dengan berpatokan pada hasil produksi kelompok tenaga kerja yang akan melaksanakan pekerjaan.

Besar kecilnya koefisien tenaga kerja sangat tergantung pada:

1. Produksi tenaga kerja

Produksi tenaga kerja adalah kemampuan dari tenaga kerja untuk menghasilkan atau menyelesaikan suatu pekerjaan dalam satu satuan tertentu.

2. Jumlah dan keterampilan tenaga kerja

Bila tenaga kerja yang tersedia cukup memadai dan memiliki keterampilan yang bervariasi maka tenaga kerja tersebut ditempatkan pada item pekerjaan yang sesuai dengan keterampilan.

3. Kondisi lokasi pekerjaan

Jika lokasi pekerjaan berada pada tempat yang beresiko tinggi misalnya pekerjaan atap maka produksi tenaga kerja menjadi rendah karena pekerja harus berhati-hati.

4. Jam kerja efektif

Jam kerja efektif adalah jam yang benar-benar dipakai oleh tenaga kerja untuk melakukan pekerjaan. Jika jam kerja efektifnya banyak maka produksinya akan meningkat.

Koefisien tenaga kerja dapat dihitung dengan rumus:

$$Ktk = 1 / Q \times JTk \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan:

Ktk = Koefisien tenaga kerja (jam, hari)

Tk = Tenaga kerja

Q = Produksi (m<sup>3</sup>/jam, m<sup>3</sup>/hari)

**2.6.2 Koefisien Material**

Koefisien material adalah banyaknya material untuk menyelesaikan satu satuan item pekerjaan. Dalam menentukan koefisien material, maka perlu membedakan material menurut asalnya. Ada dua kelompok material menurut asalnya, yaitu material yang berasal dari alam (material lokal) dan material dari produksi pabrik (material non-lokal). Material yang berasal dari alam(material lokal), misalnya: pasir, batu, sirtu. Sifat fisis dan dimensi material ini berbeda-beda walaupun berasal dari lokasi yang sama. Hal ini sangat mempengaruhi koefisien material yang akan dihitung. Material non-lokal misalnya: kayu, semen, besi, tripleks, seng, aspal. Sifat fisis dan dimensi material non lokal ini relatif sama, karena telah diolah dipabrik dengan standar tertentu yang bersifat internasional maupun nasional.

Untuk menghitung koefisien material maka perlu menghitung:

1. Sifat-sifat material (kembang atau susut, faktor yang hilang)
2. Berat isi
3. Persyaratan material baik mutu maupun kondisinya, misalnya perbandingan campuran, mutu beton dan lain-lain.

Untuk menghitung besarnya koefisien material digunakan rumus sebagai berikut:

$$Km = Kr + Fa \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan:

- Km = Koefisien material
- Kr = Kebutuhan rill per-satuan item pekerjaan
- Fa = Faktor yang hilang

**2.6.3 Koefisien Peralatan**

Koefisien peralatan adalah jumlah penggunaan waktu kerja peralatan untuk menyelesaikan satu satuan item pekerjaan. Kadang-kadang untuk menyelesaikan satu satuan item pekerjaan ini diperlukan beberapa jenis alat. Tiap-tiap alat mempunyai kemampuan produksi sendiri-sendiri, sehingga produksi alat yang paling kecil yang akan menentukan produksi kelompok secara keseluruhan. Hal ini akan menyebabkan beberapa alat akan menganggur karena menunggu alat berproduksi rendah bekerja. Idealnya waktu tunggu ini harus diperhitungkan dalam koefisien alat, sehingga dapat menyebabkan koefisien alat-alat yang bekerja secara bersama-sama adalah sama, tetapi hal ini akan menyebabkan biaya pekerjaan semakin tinggi. Untuk menghindari biaya pelaksanaan yang lebih tinggi, maka biasanya alat yang mempunyai produksi yang lebih tinggi dipindahkan ke posisi lain yang dapat dijangkau sehingga koefisien yang diperhitungkan menjadi kecil. Satuan yang digunakan untuk mengukur koefisien alat adalah waktu, yang biasanya dalam jam.

Koefisien peralatan merupakan suatu nilai kelebihan dari produksi alat perjam. Jika terjadi penyimpangan produksi alat, maka terjadi pula penyimpangan terhadap koefisien alat. Produksi alat ditentukan oleh waktu siklus dan faktor koreksi. Kedua hal ini sangat bergantung pada kecermatan dalam menghadapi kondisi lapangan. Asumsi mengenai kecepatan dan waktu tetap sangat mempengaruhi waktu siklus. Manajemen pelaksanaan proyek sangat mempengaruhi tinggi rendahnya produksi peralatan.

Untuk menghitung koefisien peralatan, maka perlu menghitung produksi alat per-satuan waktu. Persamaan yang digunakan untuk menghitung koefisien peralatan adalah:

$$Kp = 1/Q \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan:

- Kp = Koefisien peralatan
- Q = Produksi alat (m3/jam, m2/jam)

**2.7 Waktu Penyelesaian Item Pekerjaan**

Waktu merupakan salah satu sumber daya yang mendukung cepat atau lambatnya proyek karena kesalahan dalam pengelolaan waktu akan berdampak banyak terhadap pengelolaan dan penggunaan sumber daya lain. Jika waktu yang ada tidak terbatas maka waktu bukan merupakan sebuah sumber daya karena tidak perlu dikelola. Pada kenyataan seluruh proyek selalu memasukan unsur waktu sebagai salah satu kriteria keberhasilan proyek. Oleh sebab itu, dapat dikatakan dalam pelaksanaan proyek waktu mempunyai batasan(terbatas), sehingga waktu merupakan sumber daya yang dapat dikelola. Pada dasarnya dalam kegiatan pelaksanaan sebenarnya waktulah yang menjadi titik awal semua rangkaian manajemen. Berdasarkan waktu, maka disusunlah perencanaan untuk pengelolaan sumber daya yang lain dalam tiap kegiatan.

Waktu penyelesaian tiap-tiap item pekerjaan sangat ditentukan oleh kemampuan produksi dari tenaga kerja atau alat dan volume pekerjaan. Dalam penyelenggaraan proyek, komitmen yang dibuat untuk menyusun jadwal terutama tentang produksi harus ditepati, jika tidak maka waktu penyelesaian akan tertunda yang mengakibatkan semakin membengkaknya biaya proyek. Hasil produksi harian harus selalu dievaluasi karena hal ini akan membantu untuk mengurangi penyimpangan waktu yang mungkin akan terjadi. Oleh karena itu, pihak manajemen proyek harus bisa mengelolah waktu dengan baik dan seefektif mungkin, karena dampak akhir dari semua keterlambatan penyelesaian suatu item pekerjaan adalah keterlambatan penyelesaian dari keseluruhan proyek yang bersangkutan dan akan berujung pada semakin meningkatnya biaya proyek.

Waktu penyelesaian item pekerjaan adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh volume suatu item pekerjaan. Waktu penyelesaian merupakan hasil perbandingan antara volume pekerjaan dengan produksi. Waktu penyelesaian dapat dihitung dengan persamaan:

$$W_p = V / Q \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan:

- Wp = Waktu penyelesaian
- V = Volume item pekerjaan
- Q = Produksi (m<sup>3</sup>/jam, m<sup>3</sup>/hari)

## 2.8 Jumlah Tenaga Kerja

Jumlah tenaga kerja didapat dengan hasil perbandingan antara kuantitas (koefisien) tenaga kerja dalam analisa harga satuan item pekerjaan dengan kuantitas (koefisien) mandor tiap item pekerjaan. Jumlah tenaga kerja suatu item pekerjaan didapat dengan persamaan :

$$Jtk = Ktk / Km \dots\dots\dots(2.15)$$

**2.9 Produksi**

Produksi adalah kegiatan untuk menghasilkan barang atau jasa dari bahan-bahan atau sumber produksi. Produksi sangat berkaitan erat dengan tanggung jawab dan memberikan dampak yang besar pada kegiatan proyek.

Dalam perencanaan kegiatan proyek konstruksi, rencana yang telah diaplikasikan perlu dikendalikan agar tidak menyimpang dari pekerjaan semula. Pengendalian biaya dalam proyek dilakukan dalam pengendalian produksi selain harga satuan, sehingga hasil produksi yang diharapkan bisa terwujud saat pelaksanaan. Besarnya produksi dapat ditentukan oleh:

1. Banyaknya jumlah tenaga kerja dan peralatan yang digunakan
2. Ketersediaan material di lokasi proyek
3. Waktu yang digunakan atau disediakan untuk menyelesaikan suatu item pekerjaan.

Satuan waktu untuk menentukan produksi umumnya jam atau hari

**2.9.1 Produksi Tenaga Kerja**

Produksi tenaga kerja adalah banyaknya pekerjaan yang diselesaikan oleh seorang atau sekelompok tenaga kerja dalam satu satuan waktu tertentu. Untuk menentukan besarnya produksi tenaga kerja didasarkan pada pengalaman estimator karena tidak ada formula khusus untuk menentukan produksi tenaga kerja. Jika estimasi produksi tenaga kerja terlalu rendah menyebabkan biaya pelaksanaan item pekerjaan menjadi lebih tinggi. Hal yang perlu diketahui untuk menentukan produksi tenaga kerja adalah jumlah tenaga kerja dan kualifikasinya.

Rumus produksi tenaga kerja adalah;

$$Qtk = 1 / Ktk \times Jtk \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan:

- Qtk = Produksi tenaga kerja
- Ktk = Koefisien tenaga kerja
- Jtk = Jumlah tenaga kerja

### 2.9.2 Produksi Peralatan

Produksi alat adalah banyaknya pekerjaan yang dikerjakan alat dalam satu satuan waktu tertentu. Formula umum untuk menentukan produksi alat adalah:

$$Q = q \times (60/ws) \times e \dots\dots\dots(2.17)$$

Dalam melaksanakan proyek dikenal produksi dalam keadaan lepas(loose) dan dalam keadaan padat(compacted). Pada saat alat angkut truck memindahkan material, maka volume produksi yang terjadi adalah dalam keadaan lepas. Pada saat pengukuran untuk pembayaran pekerjaan, maka volume produksi yang dihitung adalah dalam keadaan padat. Dengan melihat kondisi diatas (padat dan lepas) maka formula (2.14) merupakan produksi dalam keadaan lepas, sedangkan formula dalam keadaan padat adalah:

$$Q_{pd} = Q_l \times f \dots\dots\dots(2.18)$$

$$= q \times (60/ws) \times e \times f$$

Keterangan:

- $Q_{pd}$  = produksi padat (m<sup>3</sup>/jam, m<sup>3</sup>/hari)
- $Q_l$  = produksi lepas (m<sup>3</sup>/jam, m<sup>3</sup>/hari)
- $q$  = kapasitas alat (m<sup>3</sup>, ton)
- $ws$  = waktu siklus
- $e$  = efisiensi
- $f$  = faktor kondisi material yang biasanya lebih kecil dari 1

Pada kontrak proyek-proyek yang memiliki analisa harga satuan pekerjaan, maka estimasi produksi alat dapat didasarkan pada koefisien alat yang ada dalam analisa harga satuan untuk pekerjaan tersebut. Produksi yang tercermin dari koefisien ini adalah produksi dalam keadaan padat.

$$Q_p = 1 / K_p \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan:

$K_p$  = Koefisien peralatan

Formula yang didasarkan dibangun dengan pengertian sebagai berikut:

1. produksi alat adalah banyaknya pekerjaan yang dapat diselesaikan alat dalam satu satuan waktu tertentu

2. koefisien alat adalah lamanya waktu yang dibutuhkan oleh alat untuk menyelesaikan satu satuan item pekerjaan.

Kedua pengertian tersebut sama-sama membicarakan soal banyaknya pekerjaan dan waktu yang dibutuhkan, sehingga jika diperhatikan kedua pengertian tersebut saling berkebalikan. Jika produksi menanyakan berapa banyak pekerjaan yang dapat diselesaikan dalam satu satuan waktu, maka koefisien menanyakan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu satuan item pekerjaan.

### 2.9.3 Produksi Minimum

Produksi minimum adalah produksi yang terkecil diantara produksi tenaga kerja dan alat yang bekerja secara bersama-sama dalam suatu item pekerjaan.

Pada pelaksanaan konstruksi baik tenaga kerja, maupun alat tidak bekerja secara individu, namun mereka bekerja secara kelompok untuk menyelesaikan satu satuan item pekerjaan tersebut secara bersama-sama, sehingga produksi minimumlah yang sangat dimungkinkan terjadi. Produksi minimum digunakan sebagai patokan untuk mengerjakan satu satuan volume item pekerjaan tertentu. Bekerja bersama-sama adalah bahwa didalam waktu yang sama mereka menghasilkan pekerjaan dengan jumlah atau produksi yang sama. Namun sesungguhnya, produksi masing-masing secara individu berbeda. Hal ini mengindikasikan bahwa harus memilih produksi diantara alat dan tenaga kerja yang berbeda.

Dalam perhitungan jadwal pelaksanaan selanjutnya digunakan produksi minimum antara tenaga kerja dan alat yang bekerja bersama-sama, selain produksi alat angkut(truk). Perhitungan jadwal pelaksanaan menggunakan produksi minimum karena produksi minimum merupakan produksi yang paling mungkin dilakukan bersama-sama oleh alat dan tenaga kerja. Tidak ada formula khusus yang digunakan untuk menentukan produksi minimum. Jadi, produksi minimum diperoleh dari nilai terkecil antara produksi alat dan tenaga kerja. Jika alat angkut juga merupakan suatu kendala dalam pelaksanaan pekerjaan maka kondisi ini tidak berlaku.

Jika produksi yang dihitung dalam satuan jam, maka untuk mengetahui produksi harian maka dapat menghitung dengan rumus :

$$Q_m = Q(\text{jam}) \times \text{jam kerja efektif} \dots\dots\dots (2.20)$$

## 2.10 Waktu Penyelesaian dan Biaya Proyek Akibat Produksi Minimum

### 2.10.1 Waktu Penyelesaian dan Koefisien Akibat Produksi Minimum

Waktu penyelesaian pekerjaan item pekerjaan dihitung berdasarkan perbandingan antara volume item pekerjaan dengan produksi tenaga kerja dan produksi alat yang bekerja bersama-sama. Produksi tenaga kerja dan peralatan keduanya berbeda maka dipilih tenaga kerja atau alat yang memiliki produksi terkecil atau minimum.

Hubungan antara waktu penyelesaian dan koefisien item pekerjaan dengan produksi minimum saling berkaitan. Semakin besar produksi yang dihasilkan maka koefisien semakin kecil, waktu penyelesaian semakin singkat. Begitu juga sebaliknya jika produksi semakin kecil maka koefisien semakin besar, waktu penyelesaian semakin lama. Waktu penyelesaian item pekerjaan dapat dihitung dengan rumus:

$$W_p = V / Q_m \dots\dots\dots (2.21)$$

Keterangan:

$W_p$  = Waktu penyelesaian

$V$  = Volume item pekerjaan

$Q_m$  = Produksi minimum

Koefisien tenaga kerja dihitung dengan cara satu dibagikan dengan produksi minimum dikalikan dengan jumlah tenaga kerja sedangkan untuk menghitung koefisien peralatan satu dibagikan dengan produksi minimum.

Koefisien tenaga kerja akibat produksi minimum di dapat dengan:

$$K_{tk} = 1 / Q_m \times J_{tk} \dots\dots\dots (2.22)$$

Koefisien peralatan akibat produksi minimum di dapat dengan:

$$K_p = 1 / Q_m \dots\dots\dots (2.23)$$

Keterangan:

$K_{tk}$  = Koefisien tenaga kerja

$T_k$  = Tenaga kerja

$K_p$  = Koefisien peralatan

$Q_m$  = Produksi minimum

### **2.10.2 Analisa Harga Satuan akibat Produksi Minimum**

Berdasarkan perubahan koefisien akibat produksi minimum maka analisa harga satuan dihitung menurut koefisien akibat produksi minimum. Sebelum menghitung Analisa harga satuan, terlebih dahulu menghitung biaya masing-masing sumber daya.

Biaya tenaga kerja diperoleh dari harga satuan dikalikan dengan perubahan koefisien tenaga kerja akibat produksi minimum (Persamaan 2.3) dan penjumlahan dari masing-masing unsur tenaga kerja (Persamaan 2.2). Biaya material diperoleh dengan harga satuan material dikalikan dengan koefisien material (Persamaan 2.5) dan penjumlahan material dari masing-masing unsur material (Persamaan 2.4). Biaya peralatan diperoleh dengan harga satuan peralatan dikalikan dengan koefisien peralatan akibat produksi minimum (Persamaan 2.7) dan penjumlahan peralatan dari setiap unsur masing-masing peralatan (Persamaan 2.6).

Dari hasil koefisien yang berubah, maka analisa harga satuan untuk suatu item pekerjaan pun akan berubah. Analisa harga satuan akibat produksi minimum diperoleh dengan penjumlahan masing-masing unsur sumber daya (Persamaan 2.8). Jika perubahan koefisien terjadi pada alat maka yang berubah adalah biaya peralatan pada item pekerjaan ke-i ( $P_i$ ) sedangkan jika perubahan koefisien terjadi pada tenaga kerja maka biaya tenaga kerja pada item pekerjaan ke-i ( $T_i$ ) yang akan mengalami perubahan.

### **2.10.3 Biaya Item Pekerjaan Akibat Produksi Minimum**

Biaya item pekerjaan akibat produksi minimum diperoleh berdasarkan analisa harga satuan akibat produksi minimum. Biaya yang termasuk dalam item pekerjaan tersebut adalah biaya tenaga kerja, biaya material dan biaya peralatan. Biaya item pekerjaan dihitung dengan mengalikan volume item pekerjaan dengan analisa harga satuan pekerjaan (Persamaan 2.9).

### **2.10.4 Biaya Proyek Akibat Produksi Minimum**

Biaya proyek adalah biaya yang digunakan untuk menyelesaikan seluruh kegiatan proyek yang merupakan penjumlahan dari hasil perkalian antara seluruh volume item pekerjaan dengan harga satuan item pekerjaan (Persamaan 2.1). Biaya proyek akibat produksi minimum diperoleh berdasarkan biaya item pekerjaan akibat produksi minimum.

## 2.11 Penambahan Sumber Daya Untuk Mendekatkan Produksi Kelompok Tenaga Kerja dan Peralatan

Tenaga kerja dan alat memiliki produksi yang berbeda-beda dan produksi yang digunakan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan adalah produksi yang terkecil. Produksi yang terkecil atau minimum sering terjadi pada sumber daya tenaga kerja. Ini menyebabkan terjadinya alat tidak bekerja secara optimal, dalam hal ini alat menganggur. Begitupun sebaliknya jika produksi alat lebih kecil maka tenaga kerja tidak bekerja secara optimal atau dengan kata lain tenaga kerja banyak yang menganggur.

Untuk itu dengan memilih produksi yang lebih besar antara alat dan tenaga kerja kemudian menambahkan jumlah sumberdaya yang memiliki produksi yang lebih kecil agar produksi antara alat dan tenaga kerja menjadi lebih seimbang. Jika produksi tenaga kerja terlalu rendah maka harus ditambahkan agar bisa sama atau mendekati produksi peralatan. Sebaliknya jika produksi peralatan terlalu rendah maka harus ditambahkan jumlah alat agar bisa mendekati produksi tenaga kerja. Dengan demikian baik tenaga kerja maupun peralatan tidak lagi menganggur lama dan bisa bekerja lebih optimal.

Penambahan kelompok tenaga kerja maupun alat disesuaikan dengan produksi yang terbesar diantara kelompok tenaga kerja maupun peralatan.

Penambahan tenaga kerja maupun peralatan disesuaikan dengan produksi yang terbesar atau koefisien terkecil diantara kelompok tenaga kerja maupun kelompok peralatan. Untuk itu jumlah tenaga kerja atau peralatan yang baru didapatkan dengan cara koefisien unsure tenaga kerja dan unsure peralatan dibagikan dengan koefisien terkecil atau produksi terbesar diantara kelompok tenaga kerja dan kelompok peralatan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung jumlah tenaga kerja dan peralatan baru adalah :

$$J_{tkb} = k_{tk} / k_t \dots\dots\dots(2.24)$$

Sementara untuk jumlah peralatan baru adalah :

$$J_{pb} = k_p / k_t \dots\dots\dots(2.25)$$

Keterangan :

$J_{tkb}$  = jumlah tenaga kerja baru

$J_{pb}$  = jumlah peralatan baru

$K_t$  = koefisien terkecil diantara kelompok tenaga kerja dan peralatan

Setelah ditambahkan jumlah tenaga kerja atau alat maka terdapat produksi yang baru. Bila penambahan pada kelompok tenaga kerja maka produksi tenaga kerja baru diperoleh dengan:

$$Q_{tkb} = 1/K_{tk} \times J_{tkb} \dots\dots\dots(2.26)$$

Sedangkan jika penambahan pada jumlah alat maka diperoleh persamaan:

$$Q_{pb} = 1/K_p \times J_{pb} \dots\dots\dots(2.27)$$

Keterangan :

$Q_{tkb}$  = produksi tenaga kerja bar

$J_{tkb}$  = jumlah tenaga kerja baru

$Q_{pb}$  = produksi peralatan baru

$J_{pb}$  = jumlah peralatan baru

## **2.12 Waktu Penyelesaian dan Biaya Proyek Baru Akibat Penambahan Sumber Daya(Tenaga Kerja dan Alat)**

### **2.12.1 Produksi Minimum Baru**

Produksi minimum baru adalah produksi yang terkecil diantara produksi tenaga kerja baru dan produksi peralatan baru. Setelah ditambahkan jumlah tenaga kerja atau alat maka produksinya pun bertambah. Hal ini memperoleh produksi minimum baru dengan kembali memilih produksi yang terkecil antara produksi kelompok tenaga kerja dan produksi peralatan.

### **2.12.2 Waktu Penyelesaian dan Koefisien Baru**

Setelah didapatkan produksi minimum yang baru maka waktu penyelesaian dan koefisien juga mengalami perubahan. Waktu penyelesaian baru diperoleh dengan :

$$W_{pb} = V / Q_{mb} \dots\dots\dots(2.28)$$

Keterangan :

$W_{pb}$  = Waktu penyelesaian baru

Karena terjadi perubahan pada produksi minimum maka koefisien pada tenaga kerja dan peralatan juga mengalami perubahan.

Koefisien tenaga kerja baru didapat dengan :

$$K_{tkb} = 1 / Q_{mb} \times J_{tkb} \dots\dots\dots(2.29)$$

Koefisien alat baru didapat dengan :

$$K_{pb} = 1 / Q_{mb} \times J_{pb} \dots\dots\dots(2.30)$$

Keterangan :

Ktkb = Koefisien tenaga kerja baru

Kpb = Koefisien peralatan baru

P = Peralatan

### 2.12.3 Analisa Harga Satuan Baru

Analisa harga satuan baru mengikuti koefisien yang baru, maka perlu dilakukan perhitungan analisa harga satuan berdasarkan koefisien baru. Proses perhitungan dilakukan dengan cara koefisien baru dikalikan dengan harga satuan. Maka untuk menghitung analisa harga satuan baru dengan rumus :

$$Aib = Tib + Mi + Pib \dots\dots\dots(2.31)$$

$$Tib = \sum Tij \dots\dots\dots(2.32)$$

$$Tij = Ktkb \times Hs \dots\dots\dots(2.33)$$

$$Pib = \sum Pij \dots\dots\dots(2.34)$$

$$Pij = Kpb \times Hsp \dots\dots\dots(2.35)$$

Keterangan :

Aib = Analisa harga satuan baru

Tib = Biaya tenaga kerja pada item pekerjaan baru ke-i

Pib = Biaya peralatan pada item pekerjaan baru ke-i

### 2.12.4 Biaya Item Pekerjaan Baru

Berdasarkan analisa harga satuan baru maka dapat dihitung biaya item pekerjaan baru dengan cara analisa harga satuan baru dikalikan dengan volume item pekerjaan.

Biaya item pekerjaan baru dihitung dengan rumus :

$$Xib = Vi \times Aib \dots\dots\dots(2.36)$$

Keterangan :

Xib = Biaya item pekerjaan baru

### 2.12.5 Biaya Proyek Baru

Berdasarkan biaya item pekerjaan baru maka dapat dihitung biaya proyek baru dengan menjumlahkan biaya item pekerjaan dari setiap item pekerjaan baru

Biaya proyek baru dihitung dengan rumus :

$$\text{Biaya proyek baru (BPb)} = \sum_{i=1}^n (X_{ib}) + O + Tax \dots\dots\dots(2.37)$$

**2.13 Penyediaan Sumber Daya (Tenaga Kerja, Material dan Alat)**

Dalam mengerjakan setiap item pekerjaan diperlukan pengalaman seorang estimator dalam menyediakan tenaga kerja, material dan alat yang tepat guna. Jika penyediaan tenaga kerja terlalu banyak dapat menyebabkan banyak tenaga kerja yang bekerja tidak optimal atau bisa dikatakan menganggur. Begitu juga sebaliknya jika penyediaan tenaga kerja terlalu sedikit dapat menyebabkan pekerjaan pada item pekerjaan yang dikerjakan menjadi terlambat sehingga target penyelesaian proyek tidak tercapai. Penyediaan pada alat juga demikian.

Sementara untuk penyediaan material dalam mengerjakan setiap item pekerjaan diperlukan penyediaan material sesuai standar kualitas yang tepat dan perhitungan yang matang dari seorang estimator agar pekerjaan yang tercapai mendapatkan spesifikasi yang tepat guna. Jika salah dalam menyediakan material akan menyebabkan material banyak yang terbuang atau bisa saja kurang yang mengakibatkan pengeluaran biaya yang cukup banyak lagi apabila proyek yang bersangkutan jauh dari tempat penjualan material tersebut. Hal ini juga akan menyebabkan keterlambatan waktu penyelesaian. Jika dipaksakan dengan material yang ada bisa saja membuat item pekerjaan tersebut memiliki mutu yang rendah.

**2.13.1 Penyediaan Tenaga Kerja**

Penyediaan tenaga kerja untuk setiap item pekerjaan adalah hasil perbandingan antara koefisien tenaga kerja baru dibagi koefisien terkecil diantara koefisien alat dan tenaga kerja. Adapun persamaan yang digunakan adalah :

$$PTk = K_{Tkb} / K_t \dots\dots\dots(2.38)$$

Keterangan:

- PTk = penyediaan tenaga kerja
- K<sub>tkb</sub> = Koefisien tenaga kerja baru
- K<sub>t</sub> = Koefisien terkecil diantara alat dan tenaga kerja

**2.13.2 Penyediaan Material**

Penyediaan material untuk setiap item pekerjaan adalah hasil perkalian antara koefisien material dalam analisa harga satuan item pekerjaan dengan volume item pekerjaan yang bersangkutan. Formula yang dipakai untuk menghitung penyediaan material adalah sebagai berikut:

$$P_m = K_m \times V \dots\dots\dots(2.39)$$

Dimana:

$P_m$  = Penyediaan material

$K_m$  = Koefisien material

$V$  = Volume item pekerjaan

Sedangkan untuk menghitung penyediaan total material merupakan hasil penjumlahan dari penyediaan material tiap item pekerjaan. Formula yang digunakan untuk menghitung penyediaan total material adalah sebagai berikut:

$$P_{Mtj} = \sum_{i=1}^n P_m \dots\dots\dots(2.40)$$

Keterangan:

$P_{Mtj}$  = Penyediaan total masing-masing unsur material

### 2.13.3 Penyediaan Peralatan

Penyediaan peralatan untuk setiap item pekerjaan adalah hasil perbandingan antara koefisien peralatan baru dengan koefisien terkecil antara koefisien tenaga kerja dan koefisien peralatan. Adapun persamaan yang dipakai adalah :

$$P_p = k_{pb} / k_t \dots\dots\dots(2.41)$$

Keterangan:

$P_p$  = Penyediaan masing-masing unsure peralatan

$K_{Pb}$  = koefisien peratan baru

$K_t$  = koefisien terkecil diantara tenaga kerja dan peralatan