

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Proyek**

##### **2.1.1 Pengertian proyek**

kegiatan proyek dapat diartikan sebagai suatu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber dana tertentu dan dimaksudkan untuk melaksanakan tugas yang sarannya telah digariskan dengan tegas. Banyak kegiatan dan pihak-pihak yang terlibat di dalam pelaksanaan proyek konstruksi menimbulkan banyak permasalahan yang bersifat kompleks (Soeharto, 1995).

Proyek konstruksi memiliki ciri-ciri pokok proyek antara lain,

- a) Memiliki tujuan yang khusus produk akhir atau hasil kerja akhir,
- b) Jumlah biaya, sasaran jadwal serta kriteria mutu dalam proses mencapai tujuan,
- c) Bersifat sementara, dalam artian umumnya dibatasi oleh selesainya tugas. Titik awal dan akhir ditentukan dengan jelas,
- d) Nonrutin, tidak berulang-ulang. Jenis dan intensitas kegiatan berubah sepanjang proyek berlangsung.

##### **2.1.2 Definisi Manajemen Proyek**

H. Kerzner (dalam Iman Soeharto, 1999 : 27) memaparkan bahwa, “manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Lebih jauh, manajemen proyek menggunakan pendekatan system dan hierarki (arus kegiatan vertical dan horizontal)”

### 2.1.3 Fungsi manajemen proyek

Ervianto (2002 : 3) menuturkan, manajemen pengelolaan setiap proyek rekayasa sipil meliputi 8 (delapan) fungsi dasar manajemen,yaitu:

#### a. Penetapan Tujuan

Diperlihatkan antara alain

- 1) Tepat waktu (*on time*) yaitu waktu atau jadwal yang merupakan salah satu sasaran proyek, keterlambatan akan mengakbitakan kerugian, seperti penambahan biaya, kehilangan kesempatan produk memasuki pasar.
- 2) Tepat anggaran (*on budget*) yaitu biaya yang harus dikeluarkan sesuai dengan anggaran yang telah ditetapkan.
- 3) Tepat spesifikasi (*on specification*) dimana proyek harus sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan menurut Handoko (1999:98)

#### b. Perencanaan

“Perencanaan dapat didefinisikan sebagai peramalan masa yang akan datang dan perumusan kegiatan-kegiatan yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan yang ditetapkan berdasarkan peramalan tersebut. Bentuk perencanaan dapat berupa perencanaan prosedur, perencanaan metode kerja, perencanaan standar pengukuran hasil, perencanaan anggaran biaya, perencanaan program (rencana kegiatan berserta jadwal)”

#### c. Pengorganisasian

“Kegiatan ini bertujuan melakukan pengaturan dan pengelompokan kegiatan konstruksi agar kinerja yang dihasilkan sesuai dengan harapan. Tahap ini menjadi sangat penting karena ketidaktepatan pengaturan dan pengelompokan kegiatan yang terjadi akan berakibat langsung terhadap tujuan proyek” (Ervianto, 2002 : 5)

d. Pengisian staff

“Tahap ini merupakan tahap awal dalam perencanaan personel yang akan ditunjuk sebagai pengelola pelaksanaan proyek. Kesuksesan proyek juga ditentukan oleh kecermatan dan ketepatan dalam memosisikan seseorang sesuai keahliannya. Meski demikian, ketepatan personel pada posisinya semata menjadi kurang berarti tanpa mempertimbangkan ketepatan waktu dan personel untuk menduduki jabatan sesuai keahliannya.

Definisi pengisian staf adalah pengarahan, penempatan, pelatihan, pengembangan tenaga kerja dengan tujuan menghasilkan kondisi tepat personel (*right people*), tepat posisi (*right position*) dan tepat waktu (*right time*)” (Ervianto, 2002 : 6).

e. Pengarahan

“Tahap ini merupakan tindak lanjut dari tahap sebelumnya. Jika tahap penempatan staf telah dilakukan dengan tepat maka tim tersebut harus mendapatkan penjelasan tentang lingkup pekerjaan dan paparan waktu untuk memulai dan menyelesaikan pekerjaan tersebut” (Ervianto, 2002 : 6).

“Tahap pengarahan dapat didefinisikan sebagai kegiatan mobilisasi sumber daya-sumber daya yang dimiliki agar dapat bergerak sebagai kesatuan sesuai rencana yang telah dibuat. Termasuk di dalamnya adalah memberikan motivasi dan melaksanakan koordinasi terhadap seluruh staf” (Ervianto, 2002 : 6).

f. Pengawasan

“Pengawasan dapat didefinisikan sebagai interaksi langsung antara individu-individu dalam organisasi untuk mencapai kinerja dalam tujuan organisasi. Proses ini berlangsung secara kontinu dari waktu ke waktu guna mendapatkan prosedur yang ditetapkan untuk mencapai hasil yang diinginkan” (Ervianto, 2002 : 6).

g. Pengendalian

“Pengendalian adalah proses penetapan atas apa yang telah dicapai, evaluasi kinerja dan langkah perbaikan bila diperlukan. Proses ini dapat dilakukan jika telah ada kegiatan perencanaan sebelumnya karena esensi pengendalian adalah mengendalikan **apa yang seharusnya terjadi** dengan **apa yang telah terjadi**. Variasi kedua kegiatan tersebut mencerminkan potret diri dari proyek tersebut” (Ervianto, 2002 : 7)

#### h. Koordinasi

“Pemantauan prestasi kegiatan dan pengendalian akan digunakan sebagai bahan untuk melakukan langkah perbaikan, baik proyek dalam keadaan terlambat atau lebih cepat. Semua permasalahan dalam proyek harus diselesaikan bersama antara pihak-pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi sehingga diperlukan agenda acara yang mempertemukan semua unsur. Kegiatan ini dinamakan koordinasi” (Ervianto, 2002 : 8).

Setiap fungsi tersebut merupakan tahap yang harus dipenuhi, sehingga tidak mungkin salah satu dari fungsi tersebut ditinggalkan. Pengelolaan proyek akan berhasil baik jika semua fungsi manajemen dijalankan secara efektif. Hal tersebut dapat dicapai dengan menyediakan sumber daya yang dibutuhkan untuk melaksanakan setiap fungsi tersebut dan menyediakan kondisi yang tepat sehingga memungkinkan orang-orang untuk melaksanakan tugasnya masing-masing.

#### **2.1.4 Keterlambatan Pekerjaan**

“Karakteristik proyek konstruksi adalah kompleksitasnya, terutama yang berkaitan dengan waktu pelaksanaan pekerjaan. Hampir selalu terdapat kondisi-kondisi yang memengaruhi waktu pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Dan menjadi tugas konsultan MK untuk memutuskan secara adil apakah keterlambatan yang terjadi merupakan akibat dari kelalaian salah satu pihak yang berkontrak atau akibat netral dari yang lainnya yang berada di luar kendali kedua belah pihak. Penilaian keterlambatan pekerjaan dan klaim perpanjangan waktu merupakan hal yang tidak mudah untuk dilakukan. Dibutuhkan pengalaman dan pengetahuan teknis dalam menilai dan memutuskan sebab-sebab keterlambatan,

dampaknya terhadap durasi waktu pekerjaan dan kepada siapakah risiko atas keterlambatan tersebut dibebankan” (Seng Hansen, 2015 : 113).

Seng Hansen (2015 : 113) menuturkan, berdasarkan sumbernya sebab keterlambatan dibedakan menjadi 3 (tiga), diantaranya:

1. Keterlambatan yang disebabkan oleh kontraktor (*contractor's fault*)
2. Keterlambatan yang disebabkan oleh kelalaian pemilik proyek/konsultan (*employe's/consultant's*);
3. Keterlambatan diluar kendali kedua belah pihak (*neutral delay*)

“Sebab-sebab keterlambatan yang disebabkan oleh kelalaian pemilik proyek/konsultan MK antara lain keterlambatan penyampaian gambar, keterlambatan penyampaian instruksi atau perintah kerja, keterlambatan pemberian akses ke lapangan kepada kontraktor dan keterlambatan lain yang menjadi tanggung jawab pemilik proyek serta konsultan MK” (Seng Hansen, 2015 : 113).

Seng Hansen (2015 : 13) menuturkan, macam-macam keterlambatan yang memberikan kompensasi perpanjangan waktu kepada kontraktor antara lain:

- a. Terjadi perubahan pekerjaan (*variations*) kecuali apabila sebuah penyusunan terhadap waktu penyelesaian telah disetujui dalam kontrak;
- b. Keterlambatan disebabkan oleh hal-hal yang memberikan hak perpanjangan waktu pelaksanaan sebagaimana diatur dalam kontrak;
- c. Kondisi iklim ekstrim;
- d. Kelengkapan sumber daya (manusia dan material) yang sebelumnya tidak diperkirakan yang disebabkan oleh wabah atau kebijakan pemerintah; atau
- e. Keterlambatan apapun yang disebabkan oleh pemilik proyek, personil konsultan MK, atau oleh kontraktor lain yang dibawa oleh pemilik proyek.

“Kontraktor berhak untuk memperoleh perpanjangan waktu pelaksanaan, maka kontraktor harus memberikan pemberitahuan tertulis kepada konsultan MK perihal

klaim kontraktor. Konsultan MK bertugas untuk mengevaluasi klaim tersebut dan memberikan keputusan terkait perpanjangan waktu tersebut.

Kontraktor juga memiliki kewajiban untuk memberitahukan kepada konsultan MK perihal kemungkinan keterlambatan waktu selesainya pekerjaan apabila gambar atau instruksi tertentu belum diberikan kepada kontraktor dalam kurun waktu tertentu. pemberitahuan ini harus dibuat tertulis dan berisi detail gambar atau instruksi yang diperlukan segera, penjelasan mengapa dan kapan gambar atau instruksi itu diperlukan, serta detail akibat dan potensi kerugian apabila gambar atau instruksi tersebut terlambat diberikan” (Seng Hansen, 2015 : 114)

Seng Hansen (2015 : 114) juga menjelaskan, apabila kontraktor mengalami keterlambatan dan/atau kerugian biaya sebagai akibat dari kelalaian konsultan MK dalam memberikan gambar atau instruksi yang diperlukan pada waktunya, maka kontraktor harus memberikan pemberitahuan tertulis lanjutan kepada konsultan MK dan berhak atas klaim:

- a. Perpanjangan waktu (apabila penyelesaian pekerjaan akan terlambat),  
dan;
- b. Pembayaran sebagai ganti rugi biaya kontraktor.

Hal tersebut tidak akan terjadi apabila ternyata kelalaian konsultan MK tersebut ternyata disebabkan oleh kelalaian kontraktor dalam memberikan dokumen yang diperlukan oleh konsultan MK, dengan demikian kontraktor tidak berhak menerima klaim perpanjangan waktu dan ganti rugi biaya (Seng Hansen, 2015 : 115).

## **2.2 Spesifikasi Teknis**

Spesifikasi teknis merupakan uraian ketentuan-ketentuan yang disusun oleh pengguna barang/jasa secara lengkap dan jelas mengenai suatu barang/jasa, metode dan hasil akhir pekerjaan yang diinginkannya. Spesifikasi memberikan informasi serinci mungkin kepada penyedia barang/jasa sehingga dapat memasok barang/jasa sesuai dengan yang dibutuhkan dan diinginkan oleh pengguna barang/jasa.

Menurut Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah (LKPP), yang dimaksud dengan spesifikasi adalah kriteria dari barang/jasa yang dapat memenuhi kebutuhan pengguna barang/jasa yang ketika dimanfaatkan memiliki

nilai tambah. Spesifikasi tersebut tertuang di dalam dokumen kontrak tertulis yang telah disepakati oleh kedua belah pihak.

Spesifikasi barang/jasa menjadi suatu uraian terperinci yang wajib dipenuhi oleh Penyedia mengenai persyaratan kinerja barang, jasa atau pekerjaan, seperti kualitas, material, metode kerja dan standar kualitas pekerjaan dan lainnya.

### **2.2.1 Tujuan Spesifikasi**

Tujuan utama dibuatnya dokumen spesifikasi teknis suatu barang atau produk adalah agar penyedia barang/jasa melaksanakan pekerjaannya mencapai produk akhir yang memenuhi keinginan dari pemilik pekerjaan (owner).

Selain itu, berikut ini adalah tujuan spesifikasi barang:

- a. Untuk mencapai prinsip pengadaan barang/jasa yang efisien, efektif, transparan, terbuka, bersaing, adil, dan akuntabel.
- b. Mempromosikan penggunaan barang/jasa produksi dalam negeri.
- c. Menghasilkan barang/jasa yang tepat dalam hal waktu, jumlah, mutu, harga, lokasi serta dapat dipertanggungjawabkan.

### **2.2.2 Fungsi Spesifikasi Barang/Jasa**

Dalam pengadaan barang/jasa, spesifikasi berfungsi:

- a. Sebagai media komunikasi antara pengguna (*user*) dan penyedia barang/jasa.
- b. Sebagai pedoman penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) bagi peserta tender pengadaan barang/jasa dalam mengajukan penawaran.
- c. Menjadi pedoman atau acuan bagi penyedia barang/jasa dalam melaksanakan pekerjaan.
- d. Menjadi pedoman bagi pengawas dalam melakukan monitoring penyedia barang/jasa dalam pelaksanaan pekerjaan.

- e. Menjadi pedoman bagi pimpinan proyek yang mewakili pemilik pekerjaan atau sebagai pengguna, dalam mempertanggung jawabkan proyek secara keseluruhan.

### **2.2.3 Manfaat Spesifikasi**

Spesifikasi yang disusun pengguna secara rinci dan jelas dapat memberikan beberapa manfaat, di antaranya adalah sebagai berikut.

- a. Menguji barang/jasa dalam memenuhi kebutuhan dan keinginan pengguna barang/jasa.
- b. Penyedia barang/jasa akan terdorong untuk memberikan solusi lain yang lebih inovatif, yang menawarkan nilai uang atau value of money yang lebih baik kepada pengguna barang/jasa.
- c. Terciptanya kompetisi dalam proses pemilihan penyedia barang/jasa.

### **2.2.4 Jenis-Jenis Spesifikasi**

Sebagai dokumen tender proyek yang menjelaskan persyaratan teknik pekerjaan yang akan ditenderkan, jenis-jenis spesifikasi terdiri dari:

- Spesifikasi produk akhir (End Result Specification / Performance Specification), yaitu jenis spesifikasi dimana yang mempersyaratkan dimensi dan kualitas produk akhir yang harus dicapai, tanpa mempersoalkan metode kerja untuk mencapai hasil akhir tersebut.
- Spesifikasi proses kerja (Process Specification), yaitu jenis spesifikasi yang mengatur semua ketentuan yang harus dilaksanakan oleh penyedia selama proses pelaksanaan pekerjaan sehingga hasil kerja yang diperoleh sesuai dengan yang dibutuhkan.

- Spesifikasi bertahap (Multi Step and Method Specification), yaitu jenis spesifikasi yang mengatur mulai dari langkah pelaksanaan, material, metode kerja hingga hasil kerja yang diharapkan.

### **2.2.5 Kriteria Barang/Jasa yang Termuat di dalam Spesifikasi**

Pengadaan barang/jasa, spesifikasi harus disusun oleh pengguna secara rinci dan jelas. Tujuannya adalah agar penyedia barang/jasa memperoleh informasi yang utuh ketika akan mengikuti tender pengadaan barang/jasa. terdapat beberapa kriteria yang harus diperhatikan oleh pemilik pekerjaan dalam hali ini K/L/PD ketika menyusun spesifikasi, yaitu sebagai berikut:

#### **1. Merek**

Pemilik atau pengguna dapat menyampaikan kebutuhan barang/jasa dengan menyebutkan merek atau nama produk, terutama untuk barang/jasa yang merupakan paten.

#### **2. Kualitas barang/jasa**

Kualitas barang/jasa yaitu tingkat mutu barang/jasa yang dibutuhkan oleh pengguna yang meliputi fungsi, keandalan, kompatibilitas, dan lain sebagainya.

#### **3. Standar industri**

Pengguna atau pemilik proyek memiliki kesempatan untuk membuat spesifikasi atau standar sendiri berdasarkan kebutuhan. Pemilik proyek dapat mengacu pada beberapa standar eksternal seperti standar industri, Standar Nasional Indonesia (SNI), dan Standar Internasional (ISO).

#### **4. Kuantitas, waktu dan lokasi**

Ketika pengguna atau pemilik proyek akan melaksanakan pengadaan barang/jasa tentunya harus mencantumkan kuantitas barang/jasa, yaitu jumlah barang/jasa yang dibutuhkan. Sedangkan waktu dan lokasi adalah kapan waktu pelaksanaannya dan dimana lokasi pekerjaan tersebut akan dilaksanakan atau diserahkan (untuk pengadaan barang).

#### 5. Pelayanan purna jual

Layanan purna jual merupakan jasa yang ditawarkan oleh penyedia dari produsen kepada pengguna atau pemilik pekerjaan setelah transaksi pembayaran dilakukan sebagai jaminan mutu untuk produk barang/jasa yang diberikan.

#### 6. Komposisi

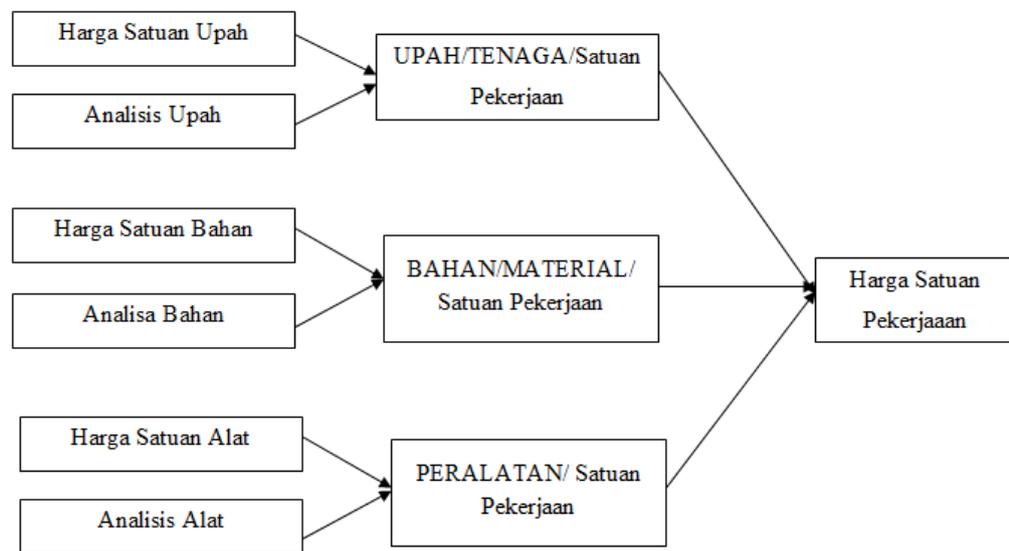
Komposisi merupakan susunan zat dari suatu barang, disertai dengan karakteristik dari masing-masing unsur pembentuknya. Tidak semuanya kriteria di atas harus ada di dalam spesifikasi yang dibuat oleh pengguna atau pemilik pekerjaan. Hal ini tergantung dengan jenis barang/jasa yang akan ditenderkan.

### **2.3 Harga Satuan Pekerjaan**

berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat dipasaran, dikumpulkan dalam suatu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapatkan dilokasi dikumpulkan dan dicatat dalam suatu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah. Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda. Jadi dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu bangunan/proyek, harus berpedoman pada harga bahan dan upah tenaga kerja dipasaran dan lokasi pekerjaan.

Menurut Ashworth (1988), analisis harga satuan pekerjaan merupakan nilai biaya material dan upah tenaga kerja untuk menyelesaikan satu satuan pekerjaan tertentu. Baik BOW maupun SNI masing-masing menetapkan koefisien/indeks pengali untuk material dan upah tenaga kerja per satu satuan pekerjaan. Hal ini menjadi harga material tersebut beragam. Analisa harga satuan bahan merupakan proses perkalian antara indeks bahan dan harga bahan sehingga diperoleh nilai Harga Satuan Bahan.

Skema harga satuan pekerjaan, yang dipengaruhi oleh faktor bahan/material, upah tenaga kerja dan peralatan dapat dirangkum sebagai berikut :



Gambar 2. 1 Skema Harga Satuan Pekerjaan

Dalam skema diatas dijelaskan bahwa untuk mendapatkan harga satuan pekerjaan maka harga satuan bahan, harga satuan tenaga, dan harga satuan alat harus diketahui terlebih dahulu yang kemudian dikalikan dengan koefisien yang telah ditentukan sehingga akan didapatkan perumusan sebagai berikut.

- a. Upah : harga satuan upah  $\times$  koefisien (analisis upah)
- b. Bahan : harga satuan bahan  $\times$  koefisien (analisa bahan)
- c. Alat : harga satuan alat  $\times$  koefisien (analisa alat)

Maka didapat :

$$\text{Harga Satuan Pekerjaan} = \text{Upah} + \text{Bahan} + \text{Peralatan}$$

Besarnya harga satuan pekerjaan tergantung dari besarnya harga satuan bahan, harga satuan upah dan harga satuan alat dimana harga satuan bahan tergantung pada ketelitian dalam perhitungan kebutuhan bahan untuk setiap jenis pekerjaan. Penentuan harga satuan upah tergantung pada tingkat produktivitas dari pekerja dalam menyelesaikan pekerjaan. Harga satuan alat baik sewa ataupun investasi tergantung dari kondisi lapangan, kondisi alat, metode pelaksanaan, jarak angkut dan pemeliharaan jenis alat itu sendiri.

Besarnya harga satuan pekerjaan tergantung dari besarnya harga satuan bahan, harga satuan upah dan harga satuan alat dimana harga satuan bahan tergantung pada ketelitian dalam perhitungan kebutuhan bahan untuk setiap jenis pekerjaan. Penentuan harga satuan upah tergantung pada tingkat produktivitas dari pekerja dalam menyelesaikan pekerjaan. Harga satuan alat baik sewa ataupun investasi tergantung dari kondisi lapangan, kondisi alat, metode pelaksanaan, jarak angkut dan pemeliharaan jenis alat itu sendiri.

### **2.3.1 Analisa Bahan dan Upah**

Yang dimaksud dengan analisa bahan suatu pekerjaan, ialah yang menghitung banyaknya/volume masing-masing bahan, serta besarnya biaya yang dibutuhkan. Sedangkan, yang dimaksud dengan analisa upah suatu pekerjaan ialah, menghitung banyaknya tenaga yang diperlukan, serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut. (Bachtiar,1993).

Prinsip yang mendasar pada metode SNI adalah, daftar koefisien bahan, upah dan alat sudah ditetapkan untuk menganalisa harga atau biaya yang diperlukan dalam membuat harga satu satuan pekerjaan bangunan. Dari ketiga koefisien tersebut akan didapatkan kalkulasi bahan-bahan yang diperlukan, kalkulasi upah yang mengerjakan, serta kalkulasi peralatan yang dibutuhkan. Komposisi perbandingan dan susunan material, upah tenaga dan peralatan pada satu pekerjaan

sudah ditetapkan, yang selanjutnya dikalikan dengan harga material, upah dan peralatan yang berlaku dipasaran.

Dari data kegiatan tersebut di atas, menghasilkan produk sebuah analisa yang dikukuhkan sebagai Standar Nasional Indonesia (SNI) pada tahun 1991- 1992, dan pada tahun 2001 hingga sekarang, SNI ini disempurnakan dan diperluas sasaran analisa biayanya.

### **2.3.2 *Direct Cost* Atau Biaya Langsung**

Biaya Langsung adalah seluruh biaya yang berkaitan langsung dengan fisik proyek, yaitu meliputi seluruh biaya dari kegiatan yang dilakukan diproyek (dari persiapan hingga penyelesaian) dan biaya mendatangkan seluruh sumber daya yang diperlukan oleh proyek tersebut. Biaya langsung dapat dihitung dengan mengalikan volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan. Biaya langsung ini juga biasa disebut dengan biaya tidak tetap (*variable cost*), karena sifat biaya ini tiap bulannya jumlahnya tidak tetap, tetapi berubah-ubah sesuai dengan kemajuan pekerjaan.

Biaya langsung merupakan biaya untuk komponen fisik atau komponen permanen proyek, yang termasuk biaya langsung menurut Malik (2012) adalah :

#### **1. Biaya Material**

Bahan material adalah banyaknya bahan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan bagian pekerjaan dalam satu kesatuan pekerjaan, sedangkan biaya material adalah jumlah biaya yang diperlukan untuk pembelian bahan material dilokasi pekerjaan yang ditentukan oleh harga setempat yang mencakup biaya pengangkutan, biaya menaikkan dan menurunkan material, pengepakan, penyimpanan sementara untuk memeriksa kualitas serta asuransi. Hal-hal yang berkaitan dengan biaya material terdiri dari :

- a. Harga material, material yang digunakan dalam suatu proyek bangunan terdiri atas beberapa jenis sesuai dengan fungsi dan karakteristiknya, sehingga harganya akan berlainan.
- b. Pengelolaan material, pengelolaan yang dimaksudkan disini adalah perlakuan tertentu agar material tersebut siap saat dibutuhkan, seperti penyiraman terhadap kapur dan perendaman batu bata, termasuk penyimpanan atau pergudangan atau alokasi material sebelum digunakan. Pengelolaan material ini dapat dilakukan dengan tenaga manusia atau dengan menggunakan peralatan.
- c. Pengangkutan material, pengangkutan dengan menggunakan tenaga manusia biasanya kurang cepat, tetapi hal ini efektif dilakukan bila keadaan tidak memungkinkan penggunaan alat berat.

## 2. Biaya Tenaga Kerja

Secara umum harga pasaran tenaga kerja dipengaruhi oleh dua hal utama, yaitu indeks biaya hidup dan tingkat kehidupan. Dalam perhitungan biaya tenaga kerja, ada dua faktor utama yang perlu diperhatikan. Yang pertama adalah uang atau harga yang berkaitan dengan upah perhari atau perjam, tunjangan tambahan, asuransi, pajak dan premi upah. Faktor kedua adalah produktivitas yaitu banyaknya pekerjaan yang dapat dilaksanakan oleh seorang pekerja maupun regu kerja dalam suatu periode waktu yang sudah ditentukan (perhari atau

perjam). Besar upah tenaga kerja tergantung beberapa faktor yaitu tenaga kerja, waktu kerja, lokasi pekerjaan, persaingan tenaga kerja, kepadatan penduduk, tenaga kerja pinjaman dan pendatang.

### 3. Biaya peralatan

Peralatan untuk suatu proyek konstruksi meliputi berbagai jenis alat ringan dan alat berat/mesin. Peralatan ini ada yang dipakai sekali dan ada pula yang dapat dipakai untuk proyek berikutnya. Biaya yang dibutuhkan untuk alat berat jauh lebih besar dibandingkan dengan alat ringan. Dalam proyek skala besar biaya ini sangat menentukan pada saat penyusunan harga satuan suatu sistem pekerjaan, sehingga perkiraan biaya alat perlu diteliti agar mendekati kenyataan.

#### **2.3.3 *Indirect Cost* atau Biaya Tidak Langsung**

Menurut Sastroatmadja (1984), biaya tidak langsung atau *indirect cost* adalah biaya yang dikeluarkan tetapi tidak berkaitan langsung dengan pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Biaya tidak langsung dibagi atas dua macam kelompok biaya yaitu :

##### 1. Keuntungan Perusahaan

Keuntungan dinyatakan dengan presentase dari jumlah biaya berjumlah sekitar 8-15 % tergantung dari keinginan pemborong untuk mendapatkan proyek itu, prosentase ini juga tergantung dari besarnya resiko pekerjaan, kesulitan-kesulitan yang akan timbul yang tidak tampak, dan dari pembayaran dari pemberian pekerjaan.

## 2. Biaya *Overhead*

Biaya *overhead* dibagi dalam dua macam kelompok biaya, yaitu:

- a. Biaya *Overhead* Umum, merupakan pengeluaran perusahaan yang pembukuannya biasanya tidak langsung dimasukkan kedalam pembelanjaan suatu proyek. Beberapa pengeluaran perusahaan yang tidak termasuk dalam biaya ini antara lain :
  1. Gaji karyawan
  2. Pengeluaran perusahaan seperti sewa kantor, peralatan
  3. kantor, alat tulis menulis, air, listrik, telepon
  4. Biaya asuransi dan pajak
  5. Biaya notaris
  6. Perjalanan dan akomodasi
- b. Biaya *Overhead* Proyek, biaya yang dapat dibebankan kepada proyek tetapi tidak dapat dibebankan kepada biaya bahan-bahan, upah buruh, atau biaya alat, seperti :
  1. Asuransi
  2. Telepon yang dipasang diproyek
  3. Pengukuran (survey)
  4. Surat-surat ijin
  5. Honorarium : arsitek dan insinyur
  6. Sebagian dari gaji pengawas proyek

#### 2.3.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan perkiraan atau estimasi biaya sebelum bangunan / proyek konstruksi dilaksanakan. Diperlukan baik oleh *owner* maupun kontraktor sebagai pelaksana pembangunan. RAB yang biasa juga disebut biaya konstruksi dipakai sebagai acuan dan pegangan sementara dalam pelaksanaan. Karena biaya konstruksi sebenarnya (*actual cost*) baru dapat disusun setelah selesai pelaksanaan proyek. Data-data dan perhitungan awal yang menjadi dasar penentuan RAB diantaranya Biaya Eskavasi dengan tenaga manusia dalam.

Macam-macam syarat dan kondisi, Biaya Kepemilikan dan Biaya Operasi Alat untuk semua alat yang digunakan, Daftar Harga Bahan-Bahan Bangunan di tempat lokasi pekerjaan, dan Harga Standar Beton dan Tulangan Beton.

Dasar perhitungan perkiraan biaya pekerjaan atau RAB didasarkan pada kombinasi-kombinasi perhitungan biaya-biaya sebagai berikut :

- a. Biaya utama / *prime cost*
- b. Biaya tambahan / Mark Upl yang harus dikeluarkan oleh kontraktor Pelaksana dalam melaksanakan pekerjaan yang bersangkutan.
- c. Biaya persiapan / *cost for establishment*.
- d. Biaya untuk pajak-pajak / *service tax*, biaya ini berubah-ubah menurut peraturan yang berlaku untuk semua pajak-pajak yang dikenakan pada pekerjaan.

Biaya Utama (*Prime Cost*) pada dasarnya adalah biaya kepemilikan dan operasi (*Owning and Operating Cost*) untuk suatu alat. Untuk perhitungan secara lengkap dapat digunakan blanko format untuk perhitungan biaya kepemilikan, operasi dan

pemeliharaan suatu alat (*O & O Cost*). Pada biaya utama haruslah ditambahkan biaya tambahan untuk kegiatan-kegiatan tambahan yang dilaksanakan untuk pekerjaan yang bersangkutan, diantaranya adalah :

1. Biaya survey.
2. Biaya pengetesan.
3. Biaya supervisi.
4. Biaya -overhead.
5. Biaya kepengurusan pekerjaan.
6. Biaya import yang belum masuk pada harga bahan atau alat sampai di tempat.
7. Biaya, karena adanya penyusutan-penyusutan.
8. Biaya eskalasi.
9. Keuntungan pemborong / pelaksana.

Biaya-Biaya tambahan di atas sangat bervariasi untuk tiap-tiap pekerjaan, maka biasanya dalam pelaksanaan pekerjaan, apabila sulit ditentukan secara pasti maka diperkirakan bahwa biaya-biaya 1 s/d 7 berkisar antara 10 – 15% sedangkan biaya eskalasi  $\pm 3\%$ . Keuntungan pelaksanaan biasanya diambil 10% dari jumlah biaya utama. biaya persiapan dimasukkan biaya-biaya yang digunakan untuk kegiatan-kegiatan di bawah ini :

1. Pengadaan fasilitas kendaraan.
2. Pembuatan/sewa perumahan beserta fasilitasnya di lokasi pekerjaan.
3. Pembuatan bangunan-bangunan untuk kantor dan gudang di lokasi pekerjaan.

- Pemasangan instalasi listrik untuk kantor, gudang, perumahan dan lokasi pekerjaan.
- Pemasangan sarana komunikasi (telepon, radio, walky – talky dan sebagainya).
- Mobilisasi karyawan dan pekerja-pekerja.
- Asuransi-asuransi barang-barang, kendaraan dan sebagainya.

Biaya tambahan, begitu pula biaya persiapan ini bervariasi antara 5 – 10%, tergantung dari macam/jenis dan besarnya pekerjaan serta lokasi pekerjaan. Volume atau berapa besarnya tiap-tiap item pekerjaan (Bill of Quantities) dengan sendirinya diperoleh dari perhitungan-perhitungan rencana dan gambar-gambar, setelah diadakan survey dan design yang matang sebelumnya.

Volume pekerjaan dihitung dari masing-masing item pekerjaan. Item pekerjaan yang diperhitungkan dari pelaksanaan fondasi sumuran diantaranya, mobilisasi dan demobilisasi, pengadaan casing beton, penggalian lubang sumuran, pemasangan / penurunan casing, pengisian sumuran, dan pekerjaan poer. Item pekerjaan yang diperhitungkan dari pelaksanaan fondasi tiang pancang diantaranya mobilisasi dan demobilisasi, pengadaan tiang pancang, pemancangan, dan pekerjaan pile cap.

Item pekerjaan yang diperhitungkan dari pelaksanaan fondasi bore pile diantaranya mobilisasi dan demobilisasi, pengeboran tanah, pembesian, pemasangan pipa casing, pemasangan tulangan, pengecoran, dan pekerjaan pile cap. Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat.

Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. Biaya (anggaran) adalah jumlah dari masing-masing hasil perkiraan volume dengan harga satuan pekerjaan yang bersangkutan. Secara umum dapat disimpulkan sebagai berikut :

$$\text{RAB} = \text{S (Volume)} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan}$$

Perencanaan sumber daya merupakan proses untuk menentukan sumber daya dalam bentuk fisik (manusia, peralatan, dan material) dan kuantitasnya yang diperlukan untuk melaksanakan aktivitas proyek. Proses ini sangat berkaitan erat.

Kebutuhan bahan dan tenaga kerja pada pelaksanaan fondasi sumuran, sebagai contoh dijelaskan dalam SNI-2836-2008. Tata cara perhitungan harga satuan untuk pekerjaan tanah pada fondasi sumuran dan bore pile mengacu pada SNI-2835-2008. Tata cara perhitungan harga satuan untuk pekerjaan beton mengacu pada SNI-7394-2008.

#### **2.3.4.1 Jenis - Jenis Anggaran Biaya**

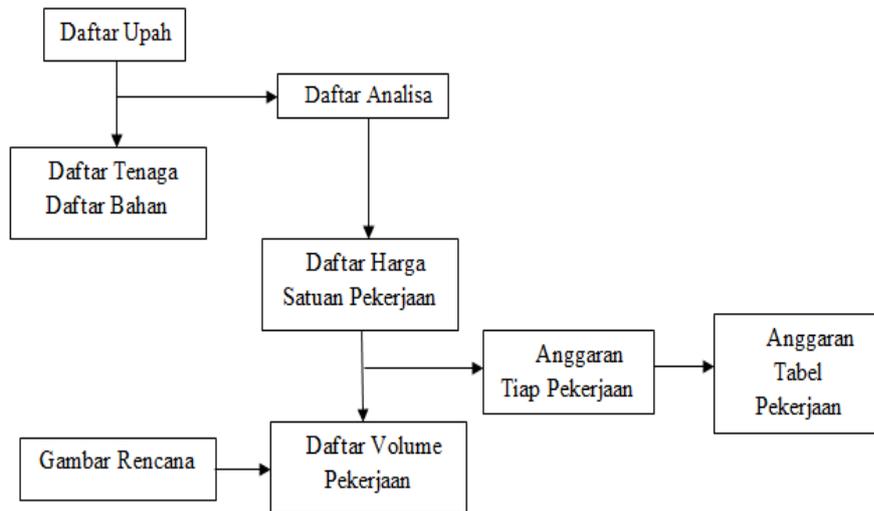
Rencana anggaran biaya dihitung berdasarkan pada gambar rencana dan spesifikasi bangunan. Membuat anggaran biaya berarti memperkirakan harga dari suatu bahan bangunan atau benda yang akan dibuat dengan cermat dan teliti. Menurut Sastroatmadja (1984) dalam bukunya yang berjudul Analisis Anggaran Pelaksanaan, bahwa rencana anggaran biaya dibagi menjadi dua yaitu rencana anggaran terperinci dan rencana anggaran biaya kasar.

##### **1. Rencana anggaran biaya Kasar**

Merupakan rencana anggaran biaya sementara dimana pekerjaan dihitung tiap ukuran luas. Pengalaman kerja sangat mempengaruhi

penafsiran biaya secara kasar, hasil dari penafsiran ini apabila di bandingkan dengan rencana anggaran yang dihitung secara teliti didapat sedikit selisih.

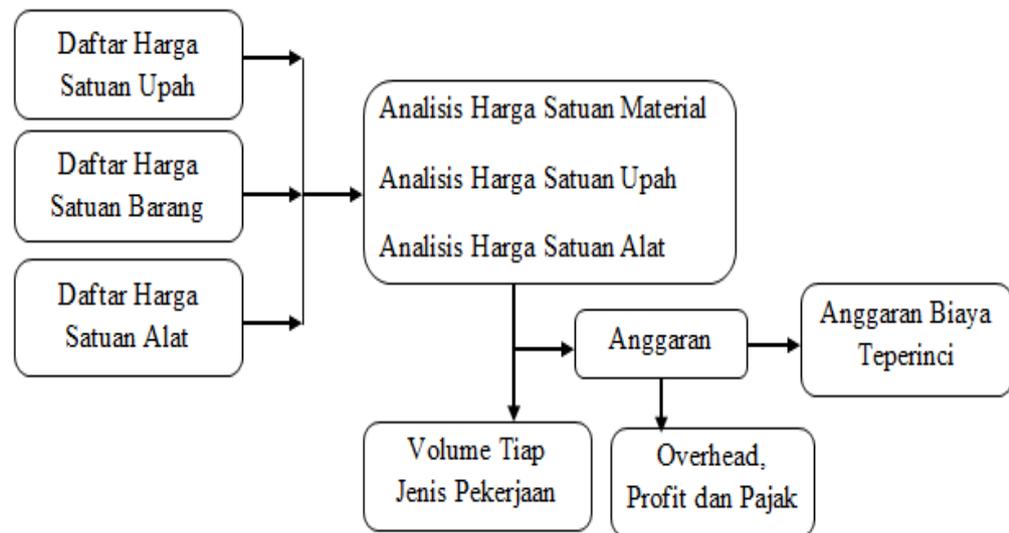
Berikut ini skema anggaran biaya kasar dapat dilihat pada



Gambar 2. 2 Skema Anggaran Kasar

## 2. Rencana Anggaran Terperinci

Langkah pertama menghitung harga satuan pekerjaan, dimana semua harga satuan dan volume tiap jenis pekerjaan dihitung. Yang kedua adalah dengan harga seluruhnya dimana dihitung dari volume dari bahan yang di pakai dan juga buruh yang dipekerjakan, kemudian dikalikan dengan harga serta jumlah seluruhnya. Adapun Skema anggaran biaya terperinci dapat dilihat pada Gambar 2. 3



Gambar 2. 3 Skema Anggaran Biaya Terperinci

menyusun rencana anggaran terperinci di perlukan sekali gambargambaran daftar-daftar berikut :

1. Bastek (rencana pekerjaan) dan gambar-gambar bastek,
2. Daftar Upah
3. Daftar harga bahan material,
4. Daftar analisis (buku analisa)
5. Daftar jumlah tiap pekerjaan,
6. Daftar susunan rencana biaya

#### 2.3.4 Data yang diperlukan dalam Pembuatan Rencana Anggaran Biaya

Sebelum pembuatan rencana anggaran biaya terdapat suatu tahapan yang sangat penting yaitu tahaan persiapan, yang didalamnya terdapat antara lain :

1. Tersedianya gambar rencana ( termasuk gambar detail )
  - a. Memudahkan perhitungan volume pekerjaan
  - b. Menentukan metode kerja dan tingkat kesulitan pekerjaan
2. RKS ( Rencana Kerja dan Syarat-syarat )

- a. Menentukan spesifikasi material
- b. Menentukan metode kerja
3. Daftar bahan / material atau alat
  - a. Mengetahui harga
  - b. Melihat fluktuasi harga dan ketersediaan di pasar
  - c. Mengetahui jaringan material dan alat yang dibutuhkan
4. Daftar upah dan tenaga kerja
  - a. Daftar Produktifitas
  - b. Tingkat gaji dan kompensasi
5. Daftar volume pekerjaan
6. Kondisi lapangan
7. Peraturan pemerintah daerah yang berkaitan dengan proyek yang dibangun.

### **2.3.5 Metode SNI ( Standar Nasional Indonesia )**

Badan Standardisasi Nasional merupakan Lembaga pemerintah non-kementerian Indonesia dengan tugas pokok mengembangkan dan membinakegiatan standardisasi di negara Indonesia. Dalam melaksanakan tugasnya Badan Standardisasi Nasional berpedoman pada Peraturan Pemerintah No. 102 Tahun 2000 tentang Standardisasi Nasional. Badan ini menetapkan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang digunakan sebagai standar teknis di Indonesia. SNI Tahun 2008, harga satuan pekerjaan terdiri dari 3 (tiga) komponen yaitu :

- a. Analisis Harga Satuan Bahan/Material

Analisa bahan suatu pekerjaan, ialah yang menghitung banyaknya/volume masing-masing bahan, serta besarnya biaya yang

dibutuhkan untuk menyelesaikan per-satuan pekerjaan konstruksi. Analisis harga satuan bahan/material mengandung 2 unsur yaitu :

1. Harga satuan bahan, merupakan harga satuan bahan/material bangunan yang berlaku dipasar pada saat anggaran biaya bangunan tersebut disusun
2. Indeks bahan yaitu indeks yang menunjukkan kebutuhan bahan/material bangunan untuk setiap satuan jenis pekerjaan.

Analisis harga satuan bahan = (indeks  $\times$  harga satuan bahan)

b. Analisis Harga Satuan Upah Tenaga

Yang dimaksud dengan analisa harga satuan upah tenaga ialah, menghitung banyaknya tenaga serta besarnya biaya yang dibutuhkan, untuk menyelesaikan per-satuan pekerjaan konstruksi. Analisis harga satuan upah tenaga mengandung 2 (dua) unsur yaitu :

1. Harga satuan upah tenaga, merupakan upah yang diberikan kepada tenaga kerja konstruksi perharinya atas jasa tenaga yang dilakukan dengan keterampilan.
2. Indeks upah tenaga, yaitu indeks yang menunjukkan kebutuhan tenaga kerja untuk tiap-tiap posisi dalam 1 (satu) kelompoknya.

Analisis harga satuan upah tenaga : (indeks  $\times$  harga satuan upah tenaga)

c. Analisis Harga Satuan Sewa Alat

analisis harga satuan sewa alat adalah menghitung banyaknya alat yang digunakan serta besarnya biaya sewa alat, untuk menyelesaikan per-

satuan pekerjaan konstruksi. Analisis harga satuan sewa alat mengandung 2 (dua) unsur, yaitu :

1. Harga satuan sewa alat, merupakan harga satuan sewa alat yang berlaku di pasar pada saat anggaran biaya bangunan tersebut disusun.
2. Indeks alat, yaitu menunjukkan kebutuhan alat untuk setiap satuan jenis alat pekerjaan

Analisis harga satuan sewa alat = ( indeks  $\times$  harga satuan sewa alat )

Catatan : Alat yang dipergunakan pada pekerjaan gedung berupa alat bantu, dimana alat bantu tersebut dibawa oleh tukang sesuai dengan keahlian masing-masing, contohnya palu, cangkul, meteran dan lain-lain.

## **2.4 Produktifitas**

### **2.4.1 Pengertian Produktifitas**

Pengertian dari produktivitas sangatlah berbeda dengan produksi. Orang sering menghubungkan pengertian antara produktivitas dengan produksi, hal ini disebabkan karena produksi nyata dan langsung terukur. Produksi merupakan aktivitas untuk menghasilkan barang dan jasa, sedangkan produktivitas berkaitan erat dengan penggunaan sumber daya untuk menghasilkan barang dan jasa. Jika produksi hanya memandang dari sisi output, maka produktivitas memandang dari dua sisi sekaligus, yaitu sisi input dan sisi output. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa produktivitas berkaitan dengan efisiensi penggunaan input dalam memproduksi output secara efektif. Produktivitas sebenarnya juga menyangkut

aspek yang luas, seperti modal, biaya, tenaga kerja, alat dan teknologi. Beberapa pengertian produktivitas dapat diuraikan sebagai berikut Yamit (2007) :

1. Menurut *Organization For Economic and Development* (OECD), menyatakan bahwa pada dasarnya produktivitas adalah output dibagi dengan elemen produksi yang dimanfaatkan.
2. Menurut *International Labour Organization* (ILO), pada dasarnya produktivitas adalah perbandingan antara elemen-elemen produksi dengan yang dihasilkan. Elemen-elemen tersebut berupa tanah, tenaga kerja, modal dan organisasi.
3. Menurut *European Productivity Agency* (EPA), produktivitas adalah tingkat efektivitas pemanfaatan setiap elemen produktivitas.
4. Menurut formulasi dari *National Productivity Board*, Singapura, pada dasarnya produktivitas adalah sikap mental yang mempunyai semangat untuk bekerja keras dan ingin memiliki kebiasaan untuk melakukan peningkatan perbaikan.
5. Sesuai dengan laporan Dewan Produktivitas Nasional (DPN), produktivitas mengandung pengertian sikap mental yang selalu mempunyai pandangan bahwa kualitas kehidupan hari ini harus lebih baik dari kemarin dan hari esok lebih baik dari hari ini.

Dari berbagai pengertian produktivitas di atas, secara umum produktivitas mengandung pengertian perbandingan antara hasil yang dicapai (output) dengan keseluruhan sumber daya yang digunakan (input).

$$\text{Indeks Produktivitas} = \frac{\text{jumlah jam orang yang sesungguhnya digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan tertentu}}{\text{jumlah jam orang yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan indentik pada kondisi standar}}$$

Dari rumus produktivitas diatas dapat dibuat suatu wujud peningkatan produktivitas yaitu :

1. Produktivitas dikatakan naik apabila input turun, outputnya tetap
2. Produktivitas dikatakan naik apabila input turun, outputnya naik
3. Produktivitas dikatakan naik apabila input tetap, outputnya naik
4. Produktivitas dikatakan naik apabila input naik, outputnya naik tetapi jumlah kenaikan output lebih besar daripada kenaikan input
5. Produktivitas dikatakan naik apabila input turun, outputnya turun tetapi jumlah penurunan output lebih kecil daripada turunnya input

Produktivitas didefinisikan sebagai ratio antara output dengan input, atau ratio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. Dalam proyek konstruksi ratio produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi, dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, material dan alat. Sukses dan tidaknya proyek konstruksi tergantung dari efektifitas penggunaan sumber daya (Wulfram, 2004).

#### **2.4.2 Hubungan Produktifitas Efisiensi dan Efektivitas**

Efektivitas berorientasi pada hasil dan keluaran (*output*) yang lebih baik dan efisiensi berorientasi kepada *input* dan sering digunakan secara bersamaan. Beberapa definisi efektivitas dan efisiensi:

1. Efektivitas adalah derajat pencapaian *output* dari sistem produksi.
2. Efisiensi adalah ukuran yang menunjuk sejauh mana sumber-sumber daya

digunakan dalam proses produksi untuk menghasilkan *output*.

efektivitas berorientasi pada hasil atau keluaran (*output*) yang lebih baik, dan efisiensi berorientasi pada masukan (*input*) yang lebih sedikit, maka produktivitas berorientasi pada keduanya. Jika efektivitas membandingkan hasil yang dicapai, dan efisiensi membandingkan sumber daya yang digunakan, maka produktivitas membandingkan hasil yang dicapai dengan sumber daya yang digunakan.

## **2.5 Bar Chart**

*Bar Chart* adalah sekumpulan kegiatan yang ditempatkan dalam kolom vertikal, sementara waktu ditempatkan dalam baris horizontal. Waktu mulai dan selesai setiap kegiatan beserta durasinya ditunjukkan dengan menempatkan balok horizontal di bagian sebelah kanan dari setiap kegiatan. Perkiraan waktu mulai dan selesai dapat ditentukan dari skala waktu horizontal pada bagian atas bagan. Panjang dari balok menunjukkan durasi dari aktivitas dan biasanya aktivitas-aktivitas tersebut disusun berdasarkan kronologi pekerjaannya (Callahan, 1992).

Penggunaan *Bar Chart* bertujuan untuk mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan suatu kegiatan, terdiri dari waktu mulai, waktu selesai dan pada saat pelaporan. Pada kolom *Bar Chart* tersusun urutan kegiatan, sedangkan baris menunjukkan periode waktu yang dapat berupa hari, minggu, ataupun bulan.

*Bar Chart* ini dibuat pertama kali oleh Henry L. Gantt pada masa perang dunia I, sehingga sering disebut Ganttchart. Ganttchart atau *Bar Chart* digunakan secara luas sebagai teknik penjadwalan dalam konstruksi. Hal ini dikarenakan *Bar Chart* memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- a. Mudah dalam pembuatan dan persiapannya.
- b. Memiliki bentuk yang sederhana dan mudah dimengerti.

Karena pembuatan dan penampilan informasinya sederhana dan hanya menyampaikan dimensi waktu dari masing-masing kegiatan, maka bar chart lebih tepat menjadi alat komunikasi untuk menggambarkan kemajuan pelaksanaan proyek. Bar chart tidak menginformasikan ketergantungan antar kegiatan dan tidak mengindikasikan kegiatan mana saja yang berada dalam lintasan kritisnya.

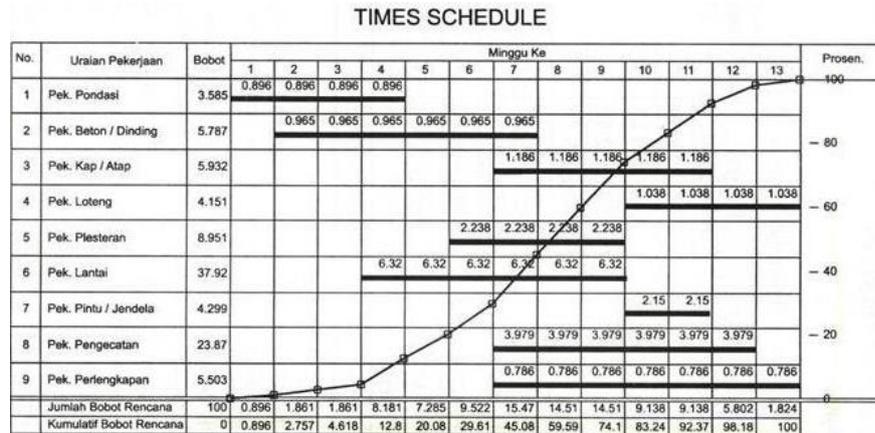
Pada umumnya, *bar chart* digambarkan sekaligus dengan kurva “S”. Kurva “S” dibuat untuk mengetahui rencana prestasi pekerjaan per satuan waktu dan saat dimulainya pekerjaan sampai selesai, yang digambarkan dengan persen (%) kumulatif biaya terhadap satuan waktu pekerjaan. Penyajian informasi bagan balok terbatas, misalnya hubungan antar kegiatan tidak jelas dan lintasan kritis kegiatan proyek tidak dapat diketahui. Karena urutan kegiatan kurang terperinci, maka bila terjadi keterlambatan proyek, prioritas kegiatan yang akan dikoreksi menjadi sulit untuk dilakukan.

Dalam pembuatan teknik penjadwalan menggunakan metode *Bar Chart* perlu diperhatikan :

- a. Bobot pekerjaan (%) didapat dari harga pekerjaan dibagi harga total proyek dikali 100%.
- b. Bobot pekerjaan harian didapat dari Bobot (%) dibagi durasi pekerjaan.
- c. Durasi pekerjaan didapat dari :

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerja}}$$

- d. Harga pekerjaan biasa didapat dari rencana anggaran biaya (RAB)



Gambar 2. 4 Metode *Bar Chart*  
Sumber : Haris Pradipta (2010)

## 2.6 Network Diagram

*Network Diagram* merupakan teknik yang digunakan untuk memperlihatkan tampilan mengenai hubungan logis antara aktivitas-aktivitas proyek atau urutan antara aktivitas-aktivitas proyek. Disamping itu *network diagram* adalah logika model yang menggambarkan hubungan antara masing-masing kegiatan serta menjelaskan arus operasi sejak awal hingga selesainya kegiatan-kegiatan proyek.

*Network diagram* mempunyai dua peranan, yakni pertama sebagai alat perencanaan proyek dan kedua sebagai ilustrasi secara grafik dari kegiatan-kegiatan suatu proyek.

Hubungan suatu kegiatan dengan kegiatan yang terjadi sebelumnya disebut dengan kejadian (*event*). Yang dimaksud dengan kejadian adalah pekerjaan awal atau akhir suatu kegiatan (*activity*), sedangkan kegiatan merupakan pekerjaan yang memerlukan waktu.

Menurut Wulfram I. Ervianto (2005), terdapat dua format utama dalam pembuatan *network diagram* yakni :

- a. *Arrow Diagram Method* (ADM)
- b. *Precedence Diagram Method* (PDM)

### **2.6.1 Jalur Kritis**

Pada setiap metode jaringan kerja dikenal adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Jadi, jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek (Soeharto, 1997).

Jalur kritis penting artinya bagi para pelaksana proyek karena pada jalur ini terletak kegiatan-kegiatan yang pelaksanaannya harus tepat waktu. Jika terjadi keterlambatan, maka akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan.

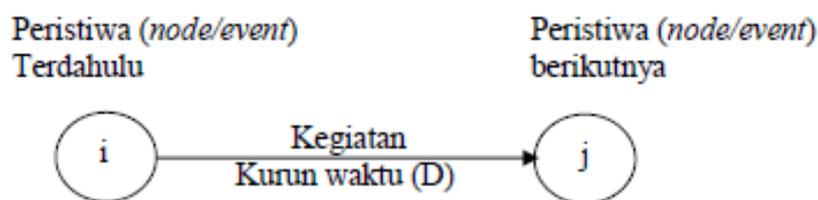
Sebelum menentukan jalur kritis dalam metode penjadwalan jaringan kerja, haruslah diketahui terlebih dahulu cara perhitungan durasi proyek yang terbagi dalam *forward pass* dan *backward pass*. Ada beberapa istilah yang berhubungan dengan perhitungan durasi pada metode penjadwalan jaringan kerja, yakni:

- a. *Earliest Start* (ES) : waktu paling awal suatu kegiatan dapat dimulai setelah semua kegiatan sebelumnya selesai dikerjakan.
- b. *Earliest Finish* (EF) : waktu paling awal suatu kegiatan dapat diselesaikan.
- c. *Latest Start* (LS) : waktu terakhir suatu kegiatan dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

d. *Latest Finish* (LF) : waktu toleransi terakhir suatu kegiatan harus dapat selesai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian kegiatan berikutnya dan keseluruhan proyek.

### 2.6.2 *Arrow Diagram Method* (ADM)

*Arrow Diagram Method* (ADM) atau Metode diagram anak panah terdiri dari anak panah dan lingkaran. Kegiatan digambarkan sebagai anak panah yang menghubungkan dua lingkaran yang menggambarkan kejadian/peristiwa (*event*). Oleh sebab itu metode ini juga biasa disebut dengan *Activity On Arrow* (AOA). Untuk lebih jelasnya, penggambaran hubungan kejadian dan kegiatan ini dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini. Ekor anak panah merupakan awal kegiatan dan ujungnya merupakan akhir kegiatan. Nama dan kurun waktu kegiatan berturut-turut ditulis di atas dan di bawah anak panah. Kejadian di awal dari anak panah disebut node “i”, sedangkan kejadian di akhir anak panah disebut “j”.



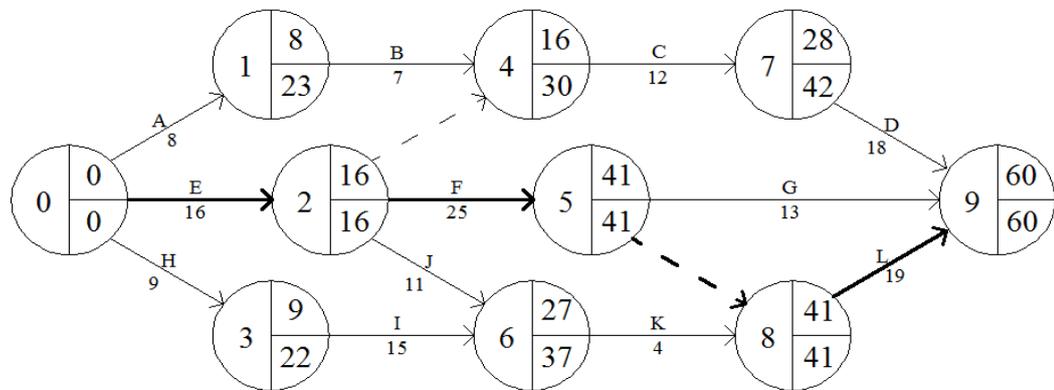
Gambar 2. 5 Hubungan kejadian dan kegiatan pada *Arrow Diagram Method*  
Sumber : Imam Soeharto (1997)

Total waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek akan tergantung pada waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan komponen pekerjaan dari proyek tersebut. Oleh karena itu, akurasi perkiraan kurun waktu penyelesaian masing-masing komponen mempunyai pengaruh langsung terhadap perkiraan penyelesaian proyek secara keseluruhan. Dalam memperkirakan atau menentukan

kurun waktu suatu kegiatan atau pekerjaan dapat menggunakan *Arrow Diagram Method*.

Dalam pembuatan teknik penjadwalan menggunakan *Arrow Diagram Method* tersebut perlu diperhatikan :

- Dalam penggambaran, *network diagram* harus jelas dan mudah dibaca.
- Harus dimulai dari *event* atau kejadian dan diakhiri pada kejadian yang lain.
- Kegiatan disimbolkan dengan anak panah yang digambar dengan garis lurus.
- Dihindari terjadinya perpotongan antar anak panah.
- Di antara dua kejadian, hanya boleh ada astu anak panah.
- Penggunaan kegiatan semu (*dummy*) ditunjukkan dengan garis putus-putus dan jumlahnya seperlunya saja.
- Penulisan hubungan antar kejadian dan kegiatan seperti gambar 2.3.



Gambar 2. 6 *Network* pada metode *Arrow Diagram Method*  
 Sumber : Wulfram I. Ervianto (2005)

### 2.6.3 *Precedence Diagram Method (PDM)*

*Precedence Diagram Method (PDM)* adalah jaringan kerja yang termasuk klasifikasi *Activity On Node (AON)*, karena pada metode ini kegiatan dituliskan di

dalam node yang berbentuk segi empat, sedangkan anak panah hanya sebagai petunjuk hubungan ketergantungan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan (Soeharto,1997)

Kelebihan *Precedence Diagram Method* dibanding dengan *Arrow Diagram Method* adalah :

- a. Tidak memerlukan kegiatan fiktif atau *dummy* sehingga pembuatan jaringan menjadi lebih sederhana.
- b. Hubungan *overlapping* yang berbeda dapat dibuat tanpa menambah jumlah kegiatan.

Kegiatan dalam *Precedence Diagram Method* diwakili oleh sebuah lambang yang mudah diidentifikasi, seperti pada gambar 2.7.

ES	JENIS KEGIATAN	EF
LS		LF
NO. KEG.		DURASI

Gambar 2. 7 Lambang kegiatan pada *Precedence Diagram Method* (PDM)  
Sumber : Wulfram I. Ervianto (2005)

PDM memberikan cara yang lebih mudah untuk menjelaskan hubungan logis antarkegiatan konstruksi yang kompleks, khususnya jika terjadi kegiatan-kegiatan yang terjadi bersamaan. Hubungan antarkegiatan dalam metode ini ditunjukkan oleh garis penghubung, yang dapat dimulai dari kegiatan kiri ke kanan atau kegiatan atas ke bawah. Hal yang utama dalam pembuatan PDM adalah bahwa PDM lebih cepat dalam persiapan pembuatannya sehingga tidak membutuhkan banyak waktu dalam mempersiapkan jadwal PDM. Selain itu, PDM juga menghapus kebutuhan

akan kegiatan *dummy* dan detail tambahan untuk menunjukkan *overlap* antarkegiatan (Callahan, 1992).

Pada PDM juga 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 (Soeharto,1997), yaitu:

a. Konstrain selesai ke mulai – Finish to Start (FS)

Konstrain ini memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Dirumuskan sebagai FS (i-j) = a yang berarti kegiatan (j) mulai a hari setelah kegiatan yang mendahuluinya (i) selesai.

b. Konstrain mulai ke mulai – Start to Start (SS)

Memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Atau SS (i-j) = b yang berarti suatu kegiatan (j) mulai setelah b hari kegiatan terdahulu (i) mulai. Konstrain semacam ini terjadi bila sebelum kegiatan terdahulu selesai 100 % maka kegiatan (j) boleh mulai setelah bagian tertentu dari kegiatan (i) selesai. Besar angka b tidak boleh melebihi angka waktu kegiatan terdahulu. Karena per definisi b adalah sebagian kurun waktu kegiatan terdahulu. Jadi disini terjadi kegiatan tumpang tindih,

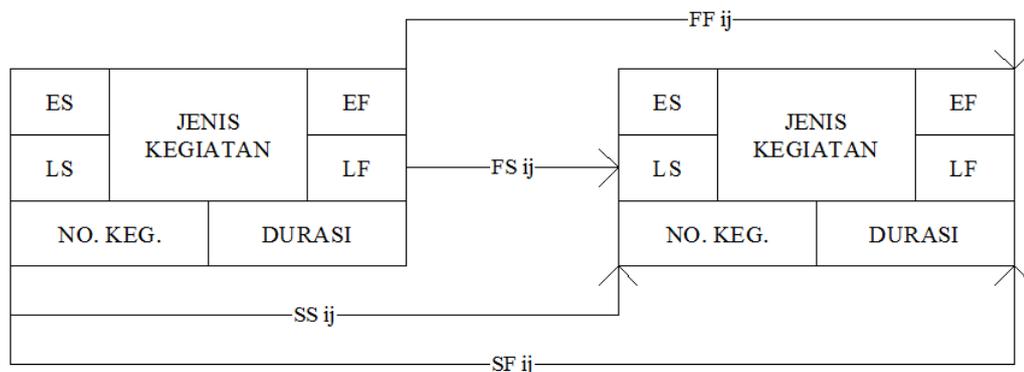
c. Konstrain selesai ke selesai – Finish to Finish (FF).

Memberikan penjelasan hubungan antara selesainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Atau FF (i-j) = c yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah c hari kegiatan terdahulu (i) selesai. Konstrain semacam ini mencegah selesainya suatu kegiatan mencapai 100% sebelum kegiatan yang

terdahulu telah sekian ( $=c$ ) hari selesai. Angka  $c$  tidak boleh melebihi angka kurun waktu kegiatan yang bersangkutan ( $j$ ).

d. Konstrain mulai ke selesai – Start to Finish (SF)

Menjelaskan hubungan antara selesainya kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Dituliskan dengan  $SF (i-j) = d$ , yang berarti suatu kegiatan ( $j$ ) selesai setelah  $d$  hari kegiatan ( $i$ ) terdahulu mulai. Jadi dalam hal ini sebagian dari porsi kegiatan terdahulu harus selesai sebelum bagian akhir kegiatan yang dimaksud boleh diselesaikan.



Gambar 2. 8 Hubungan antarkegiatan pada metode *Precedence Diagram Method* (PDM)

Sumber : Wulfram I. Ervianto (2005)

Adapun untuk menentukan kegiatan yang bersifat kritis dan lintasan kritis dapat dilakukan melalui perhitungan maju (Forward Analysis) dan perhitungan mundur (Backward Analysis) sebagai berikut (Ervianto, 2005)

- Perhitungan maju dilakukan untuk mendapatkan Earliest Start (ES) dan Earliest Finish (EF), jika lebih dari satu anak panah yang masuk dalam kegiatan maka diambil yang terbesar. Kegiatan I adalah kegiatan predecessor, sedangkan

kegiatan J adalah kegiatan yang dianalisis. Besarnya  $ES_j$  dan  $EF_j$  adalah sebagai berikut :

$$ES_j = ES_i + SS_{ij} \text{ atau } ES_j = EF_i + FS_{ij}$$

$$EF_j = ES_i + SF_{ij} \text{ atau } EF_j = EF_i + FF_{ij} \text{ atau } ES_j + D_j$$

Jika tidak ada  $FS_{ij}$  atau  $SS_{ij}$  dan kegiatan non-splitable maka  $ES_j = EF_j - D_j$ .

- Perhitungan mundur dilakukan untuk mendapatkan Latest Start (LS) dan Latest Finish (LF), jika lebih dari satu anak panah yang keluar dari kegiatan maka diambil yang terkecil. Kegiatan J adalah kegiatan successor, sedangkan kegiatan I adalah kegiatan yang dianalisis. Besarnya  $LS_i$  dan  $LF_i$  adalah sebagai berikut :

$$LS_i = LS_j - SS_{ij} \text{ atau } LS_i = LF_j - SF_{ij} \text{ atau } LF_i - D_i$$

$$LF_i = LF_j - FF_{ij} \text{ atau } LF_i = LS_j - FS_{ij}$$

Jika tidak ada  $FF_{ij}$  atau  $FS_{ij}$  dan kegiatan non-splitable maka  $LF_i = LS_i + D_i$ .

- Adapun lintasan kritis ditandai oleh beberapa keadaan sebagai berikut :

$$ES = LS \text{ atau } EF = LF \text{ atau } LF - ES = \text{Durasi kegiatan}$$

## **2.7 Program Evaluation and Review Technique (PERT)**

### **2.7.1 Pengertian PERT**

PERT merupakan singkatan dari *Program Evaluation and Review Technique* atau teknik menilai dan meninjau kembali suatu program. Teknik ini dikembangkan oleh Navy Special Projects Office (Biro Proyek-proyek Khusus Angkatan Laut Amerika Serikat) dalam kerjasama dengan Booz, Allen and Hamilton, suatu perusahaan konsultasi manajemen.

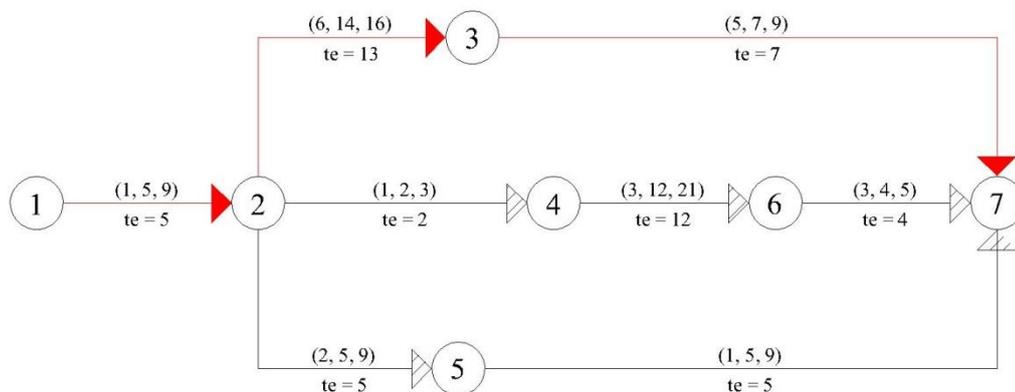
Richard I. Levin (1966 hal : 11) mengemukakan bahwa, teknik PERT adalah suatu metode yang bertujuan untuk sebanyak mungkin mengurangi penundaan maupun gangguan dan konflik produksi; mengkoordinasikan dan mensinkronisasikan berbagai bagian sebagai suatu keseluruhan pekerjaan; dan mempercepat selesainya proyek. Teknik ini memungkinkan dihasilkannya suatu pekerjaan yang terkendali dan teratur. PERT merupakan metode untuk menentukan jadwal dan anggaran dari sumber-sumber, sehingga suatu pekerjaan yang sudah ditentukan lebih dahulu dapat diselesaikan tepat pada waktunya. PERT merupakan suatu fasilitas komunikasi, dalam hal ini PERT dapat melaporkan kepada manajer perkembangan yang terjadi, baik yang bersifat menguntungkan maupun tidak. Dan PERT dapat menjaga agar para manajer dapat mengetahui dan mendapat keterangan ini secara teratur. Lebih dari semua, PERT merupakan suatu pendekatan yang baik sekali untuk mencapai penyelesaian proyek tepat pada waktunya.

### **2.7.2 Konsep Dasar PERT**

Konsep dasar setiap jaringan PERT adalah hubungan antara kegiatan dan kejadian. Dimana kejadian adalah suatu keadaan yang terjadi pada saat tertentu, tetapi keadaan itu sendiri tidak membutuhkan waktu atau sumber. Sedangkan kegiatan adalah pekerjaan yang membutuhkan waktu dan sumber untuk menyelesaikan suatu kejadian. Istilah jaringan menunjukkan bahwa jika beberapa kejadian dan kegiatan digabungkan dan kemudian hasilnya digambarkan dalam sebuah diagram, maka diagram tersebut akan berbentuk jaringan. Tentu saja ada kemungkinan terdapatnya beberapa cabang, hal ini tergantung pada rumitnya proyek yang digambarkan.

Selanjutnya yang menjadi acuan dalam penggunaan metode PERT adalah waktu. Jelas waktu merupakan dasar variabel yang sangat penting dalam sistem perencanaan dan pengendalian PERT. Dalam PERT, waktu menjadi dasar ukuran mengenai waktu yang diperlukan oleh suatu proyek untuk menentukan berapa lama suatu proyek terlambat atau lebih cepat dari rencana semula pada titik tertentu, serta untuk mengetahui jalur terpanjang atau jalur kritis yang terdapat dalam suatu jaringan. Jalur kritis merupakan jalur dimana terdapat kegiatan-kegiatan yang paling banyak memakan waktu, mulai dari permulaan hingga akhir jaringan.

Berbeda dengan metode CPM, metode PERT menggunakan tiga angka estimasi, yaitu  $t_o$  (*optimistic estimates*),  $t_p$  (*pesimistic estimates*) dan  $t_m$  (*most likely estimates*). Tujuan menggunakan tiga angka estimasi adalah untuk memberikan rentang yang lebih lebar dalam melakukan perkiraan waktu kegiatan dibanding satu angka deterministik. Setelah menentukan estimasi angka-angka  $t_o$ ,  $t_p$ , dan  $t_m$  maka tindak selanjutnya adalah merumuskan hubungan ketiga angka tersebut menjadi satu angka, yang disebut  $t_e$  atau kurun waktu yang diharapkan (*expected time*). Nilai  $t_e$  adalah angka rata-rata jika kegiatan tersebut dikerjakan berulang-ulang dalam jumlah yang besar.



Gambar 2. 9 *Network* pada Metode PERT  
Sumber : Imam Soeharto (1997)

Gambar 2.9 menjelaskan contoh diagram anak panah dengan metode PERT, dimana kegiatannya terdapat pada anak panah disertai dengan angka-angka estimasi dan durasi yang diharapkan atau *te*. Dalam mengidentifikasi jalur kritis menggunakan konsep *te* (*expected time*) dan angka-angka waktu paling awal kejadian terjadi (TE) dan waktu paling akhir kejadian terjadi (TL).

Secara garis besar metode PERT dan CPM memiliki kesamaan dalam pengelolaan jaringannya. Perbedaannya terdapat pada penentuan durasi kegiatan dan durasi jalur kritis. Garis besar Metode PERT adalah sebagai berikut :

- a. Penentuan aktivitas beserta durasinya, PERT menggunakan tiga asumsi durasi aktivitas, yakni *t<sub>o</sub>* (*optimistic time*), *t<sub>p</sub>* (*pessimistic time*), dan *t<sub>m</sub>* (*most likely time*).
- b. Korelasi waktu dengan *normal distribution*, serta menentukan *expected time* (*te*), standar deviasi (*d*), dan varian (*v*).
- c. *Expected time* (*te*) ditentukan sebagai durasi kegiatan, kemudian dicari jalur kritisnya.

### 2.7.3 Teori Probabilitas

Hingga saat ini PERT dipergunakan untuk memperkirakan lamanya waktu yang dibutuhkan oleh suatu proyek agar dapat selesai tepat pada waktu yang direncanakan atau untuk memecahkan persoalan-persoalan lain yang sejenis. Akan tetapi didalam memperkirakan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk setiap pekerjaan disadari akan adanya ketidakpastian, terutama pada pekerjaan-pekerjaan

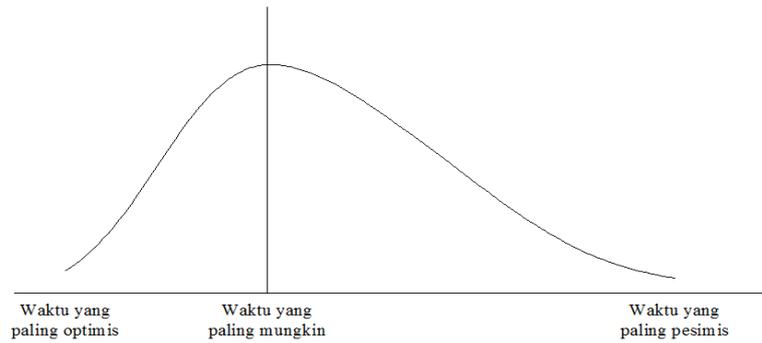
yang belum pernah dikerjakan. Karena pada metode PERT didasarkan pada perkiraan-perkiraan waktu yang sudah mengandung ketidakpastian, dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa semua nilai waktu yang terdapat dalam suatu jaringan PERT juga mengandung unsur ketidakpastian (Levin, 1966).

Untuk menanggulangi faktor ketidakpastian ini, maka para pengembang PERT menciptakan beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengetahui tingkat kepastian yang bisa didapatkan. Metode-metode yang dipergunakan untuk menghadapi ketidakpastian ini meliputi pengetahuan mengenai statistik, khususnya mengenai mengenai teori probabilitas.

a. Distribusi beta

Dalam metode PERT digunakan pendekatan yang menganggap bahwa kurun waktu kegiatan tergantung pada banyak faktor dan variasi, sehingga digunakanlah tiga angka estimasi dengan tujuan untuk memberikan rentang yang lebih lebar dalam melakukan estimasi kurun waktu kegiatan dibanding satu angka deterministik.

Dari kurva distribusi beta dapat dijelaskan arti dari  $t_o$ ,  $t_p$ , dan  $t_m$ . Kurun waktu yang menghasilkan puncak kurva adalah  $t_m$ , yaitu kurun waktu yang paling banyak terjadi atau juga disebut *most likely time*. Adapun angka  $t_o$  dan  $t_p$  yang menandai batas lebar rentang waktu kegiatan. Kurva distribusi beta pada umumnya berbentuk asimetris seperti diperlihatkan pada gambar 2.7.



Gambar 2. 10 Bentuk kurva asimetris pada distribusi beta  
 Sumber : Richard I. Levin (1966)

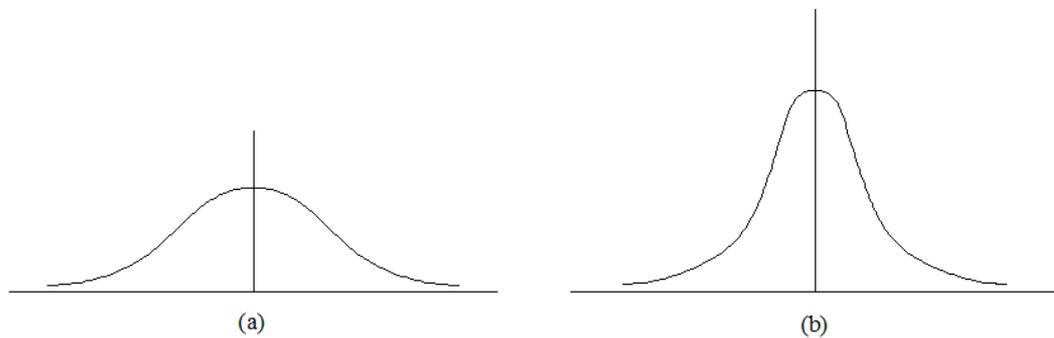
Setelah menentukan estimasi angka-angka  $t_o$ ,  $t_m$ , dan  $t_p$ , maka tindak selanjutnya adalah merumuskan hubungan ketiga angka tersebut menjadi satu angka, yang disebut  $t_e$  atau kurun waktu yang diharapkan. Angka  $t_e$  adalah angka rata-rata jika kegiatan tersebut dikerjakan berulang-ulang dalam jumlah besar.

Selanjutnya dalam menentukan  $t_e$  dipakai asumsi bahwa kemungkinan terjadinya peristiwa optimistik ( $t_o$ ) dan pesimistik ( $t_p$ ) adalah sama, sedangkan jumlah kemungkinan terjadinya peristiwa paling mungkin ( $t_m$ ) adalah 4 kali lebih besar dari kedua peristiwa sebelumnya. Sehingga bila ditulis dengan rumus adalah sebagai berikut :

$$t_e = \frac{(t_o + 4t_m + t_p)}{6}$$

b. Distribusi normal

Distribusi normal atau biasa disebut pula dengan distribusi Gauss memiliki kurva yang menyerupai lonceng. Distribusi normal disini memiliki arti ialah dalam kebanyakan kelompok data historis, hanya ada sedikit nilai yang kecil sekali dan hanya ada sedikit nilai yang besar, sedangkan kebanyakan nilai lain cenderung untuk berkumpul di sekitar jumlah rata-ratanya seperti pada gambar 2.8.



Gambar 2. 11 Variasi bentuk kurva pada distribusi normal

(a) Nilai-nilai menyebar jauh dari rata-ratanya. (b) Nilai-nilai mengelompok dekat rata-ratanya

Sumber : Richard I. Levin (1966)

Gambar 3. 1 Dalam ilmu statistik terdapat suatu ukuran yang dipergunakan untuk mengukur kecenderungan memencarnya data di sekitar rata-ratanya. Ukuran ini dinamakan standar deviasi. Deviasi standar dihitung melalui lima langkah sebagai berikut:

- 1) Setiap nilai dalam data dikurangi dengan rata-ratanya.
- 2) Hasil pengurangan yang diperoleh dari langkah 1 dikuadratkan.
- 3) Jumlahkan seluruh hasil pengurangan yang telah dikuadratkan.
- 4) Bagilah jumlah seluruh hasil pengurangan yang telah dikuadratkan tadi dengan jumlah data yang ada.
- 5) Tariklah akar pangkat dua dari hasil bagi yang diperoleh dari langkah 4.

Pada distribusi normal luas dibawah kurva dari ekstrim kiri ke berbagai titik diberikan dalam tabel distribusi normal. Tabel kurva normal dibaca dengan nilai  $Z=(x-\mu)/\sigma$  dan memberikan luas kumulatif. Dimana  $\mu$  dan  $\sigma$  adalah konstanta sedangkan  $x$  adalah perubah, tetapi tabel harus dibaca dari simpangan  $x$  terhadap  $\mu$  diukur dengan satuan  $\sigma$ . Luas dibawah kurva normal antara titik  $x=a$  dan  $x=b$ , dengan  $a < b$ , memberikan peluang mengubah  $x$  punya nilai antara  $a$  dan  $b$ .

Pada metode PERT, variabel  $x$  merupakan waktu penyelesaian suatu kejadian yang dikehendaki ( $T_x$ ), sementara variabel  $\mu$  adalah waktu tercepat atau paling awal

suatu kejadian terjadi (TE) serta  $\sigma$  adalah deviasi dari suatu kejadian (D). Sehingga untuk menghitung persentase probabilitas terselesainya suatu kejadian berdasarkan luas kurva distribusi normal dapat ditulis dengan rumus:

$$Z = \frac{(Tx - TE)}{D}$$

#### 2.7.4 Komponen PERT

Komponen-komponen dalam pembuatan PERT adalah :

a. Kegiatan (*activity*)

Suatu pekerjaan/tugas dimana penyelesaiannya memerlukan periode waktu, biaya, serta fasilitas tertentu. Kegiatan ini diberi simbol tanda panah.

b. Kejadian (*event*)

Menandai permulaan dan akhir suatu kegiatan. Kejadian diberi simbol lingkaran (nodes) dan nomor, dimana nomor dimulai dari nomor kecil bagi peristiwa yang mendahuluinya.

Hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan network PERT:

- 1) Sebelum suatu kegiatan dimulai, semua kegiatan yang mendahului harus sudah selesai dikerjakan.
- 2) Anak panah menunjukkan urutan dalam mengerjakan pekerjaan.
- 3) Nodes diberi nomor supaya tidak terjadi penomoran nodes yang sama.
- 4) Dua buah kejadian hanya bisa dihubungkan oleh satu kegiatan (anak panah).
- 5) *Network* hanya dimulai dari suatu kejadian awal yang sebelumnya tidak ada pekerjaan yang mendahului dan *network* diakhiri oleh satu kejadian saja.

c. Waktu Kegiatan (*activity time*)

Waktu kegiatan adalah kegiatan yang akan dilaksanakan dan berapa lama waktu penyelesaiannya. Ada tiga estimasi waktu yang digunakan dalam penyelesaian suatu kegiatan:

1) Waktu optimistis ( $t_o$ )

Adalah perkiraan waktu yang menggambarkan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu proyek, jika segala sesuatunya berjalan dengan lancar.

2) Waktu pesimistis ( $t_p$ )

Adalah perkiraan waktu yang menggambarkan waktu yang akan kita butuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan, jika terjadi hambatan lebih dari semestinya.

3) *Most Likely Estimate* ( $t_m$ )

Adalah waktu yang paling mungkin atau paling sering akan dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan tertentu, jika pekerjaan ini dilakukan berulang-ulang dalam kondisi yang sama.

d. Taksiran Waktu Penyelesaian Kegiatan

Ketiga estimasi waktu kemudian digunakan untuk mendapatkan waktu kegiatan yang diharapkan (*expected time*) dengan rumus:

$$t_e = \frac{(t_o + 4t_m + t_p)}{6}$$

Untuk perhitungan standar deviasi dari setiap kegiatan diperlukan untuk menghitung varian dari kegiatan, menggunakan rumus :

$$d = \frac{(tp - to)}{6}$$

Varian kegiatan merupakan kuadrat dari standar deviasi, perhitungan dapat dilakukan dengan rumus :

$$v = d^2$$

Varian kejadian merupakan jumlah dari varian kegiatan yang mendahului kejadian, formula yang digunakan sebagai berikut :

$$V = \sum vcp$$

vcp = task varian dari kegiatan kritis yang mendahului kejadian

Selanjutnya dilakukan perhitungan dari deviasi kejadian, yaitu untuk menghitung probabilitas kejadian nyata terhadap suatu angka tertentu. Formula yang digunakan sebagai berikut :

$$D = \sqrt{V}$$

e. Penjadwalan proyek

Dalam metode PERT, untuk mengidentifikasi jadwal proyek perlu dilakukan perhitungan waktu paling awal kejadian terjadi (TE) dan waktu paling akhir peristiwa terjadi (TL). Adapun istilah-istilah dalam proses identifikasi yaitu:

- 1) *Earliest Start (ES)* : *early start* atau mulai terdahulu adalah waktu paling awal dimana suatu kegiatan sudah dapat dimulai, dengan asumsi semua kegiatan pendahulu atau semua kegiatan yang mengawalinya sudah selesai dikerjakan.
- 2) *Earliest Finish (EF)* : *early finish* atau selesai terdahulu adalah waktu selesai paling awal suatu kegiatan.

- 3) *Latest Start (LS)* : *latest start* atau mulai terakhir adalah waktu terakhir suatu kegiatan dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek. *Latest start* menunjukkan waktu toleransi terakhir dimana suatu kegiatan harus mulai dilakukan.
- 4) *Latest Finish (LF)* : *Latest Finish* atau selesai terakhir adalah waktu toleransi terakhir suatu kegiatan harus dapat selesai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian kegiatan berikutnya dan keseluruhan proyek.

Dalam menentukan jadwal proyek dapat menggunakan proses *two-pass* yang terdiri dari *forward pass* dan *backward pass*. ES dan EF ditentukan selama *forward pass*, sedangkan LS dan LF ditentukan selama *backward pass*.

a) *Forward Pass*

*Forward pass* digunakan untuk mengidentifikasi waktu-waktu untuk memulai suatu kegiatan. Sebelum suatu kegiatan dapat dimulai, semua kegiatan yang mendahuluinya (*predecessor*) harus diselesaikan. Jika suatu kegiatan hanya memiliki satu *predecessor*, maka EF-nya sama dengan ES ditambah durasi waktu kegiatan yang bersangkutan.

$$EF(i-j) = ES(i-j) + te(i-j) \text{ atau } TE(j) = TE(i) + te(i-j)$$

Jika suatu kegiatan memiliki dua atau lebih *predecessor*, maka ES kegiatan tersebut adalah nilai terbesar dari semua EF *predecessornya* atau TE kejadian tersebut sama dengan nilai maksimum TE kejadian pendahulu langsungnya.

b) *Backward Pass*

*Backward Pass* digunakan untuk menentukan waktu paling akhir yang masih dapat digunakan untuk memulai dan mengakhiri masing-masing kegiatan tanpa

menunda kurun waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, yang telah dihasilkan dari perhitungan *forward pass*. Untuk setiap kegiatan, pertama-tama harus menentukan nilai LF-nya, diikuti dengan nilai LS. Jika suatu kegiatan hanya memiliki satu kegiatan yang mengikutinya (*successor*), maka LS-nya sama dengan LF dikurangi durasi waktu berlangsungnya kegiatan yang bersangkutan.

$$LS(i-j) = LF(i-j) - te(i-j) \text{ atau } TL(i) = TL(j) - te(i-j)$$

Jika suatu kegiatan memiliki lebih dari satu *successor*, maka LF kegiatan tersebut adalah nilai terendah dari seluruh nilai LS *successornya* atau TL kejadian tersebut sama dengan nilai minimum TL dari kegiatan-kegiatan yang secara langsung mengikutinya.

#### f. Jalur Kritis

Waktu penyelesaian rangkaian kegiatan-kegiatan di dalam sebuah proyek akan memberikan gambaran mengenai waktu penyelesaian proyek tersebut. Namun, karena sebuah proyek terdiri atas rangkaian kegiatan-kegiatan yang saling berhubungan, maka penentuan waktu penyelesaian sebuah proyek ditentukan oleh jalur kritis (*critical path*), yaitu jalur penyelesaian rangkaian kegiatan terpanjang. Waktu penyelesaian jalur ini akan menandai waktu penyelesaian proyek. Oleh karena itu, istilah jalur kritis juga mengisyaratkan bahwa perubahan waktu penyelesaian kegiatan-kegiatan pada jalur kritis akan mempengaruhi waktu penyelesaian proyek.

Pada *network* proyek, dapat ditemukan *float/slack* yaitu sisa waktu atau waktu mundur kegiatan, sama dengan LS-ES atau LF-EF. *Float/slack* memberikan sejumlah kelonggaran waktu dan elastisitas pada sebuah jaringan kerja. *Slack time* akan selalu muncul pada rangkaian kegiatan yang bukan merupakan jalur kritis, dan tidak akan pernah muncul pada jalur kritis.

## 2.8 Rangka Atap Baja

Rangka atap baja konvensional adalah sebuah manivestasi dari kegunaan baja berat yang diaplikasikan pada bentang kuda-kuda lebih dari 10 meter dan jarak antar kuda-kuda lebih dari 3 meter. Baja konvensional identik dengan berat dan ukurannya yang besar.

Baja adalah logam paduan, logam besi sebagai unsur dasar dengan beberapa elemen lainnya, termasuk karbon (*Nugroho, 2014*). Kandungan unsur karbon dalam baja berkisar antara 0.2% hingga 2.1% berat sesuai grade-nya. Elemen berikut ini selalu ada dalam baja: karbon, mangan, fosfor, sulfur, silikon, dan sebagian kecil oksigen, nitrogen dan aluminium. Selain itu, ada elemen lain yang ditambahkan untuk membedakan karakteristik antara beberapa jenis baja diantaranya: mangan, nikel, krom, molybdenum, boron, titanium, vanadium dan niobium. Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, berbagai jenis kualitas baja bisa didapatkan. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (*crystal lattice*) atom besi. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya (*tensile strength*), namun di sisi lain membuatnya menjadi getas (*brittle*) serta menurunkan keuletannya (*ductility*).

### 2.8.1 Profil Baja Konvensional

Ada beberapa bentuk profil baja konvensional yang umum digunakan, antara lain L ( siku ), 2L ( double siku ), C ( canal ), 2C ( double canal ), I beam, H beam.

#### 1. Baja Profil H *Beam*

Baja profil H beam sesuai dengan namanya mempunyai bentuk seperti huruf “H” dengan dimensi ukuran lebar dan kuping sama. Baja profil ini digunakan sebagai bahan konstruksi rangka gedung, jembatan, pembuatan

kapal dan lain-lain. Fungsinya sebagai pasangan dari baja profil WF yang bisa dijadikan kolom atau tiang pada struktur rangka bangunan gedung.

#### 2. Baja Profil Siku

Baja profil siku biasa digunakan untuk member pada truss, bracing, balok, dan struktur ringan lainnya.

#### 3. Baja Profil I

Baja Profil I biasa digunakan untuk balok, kolom, tiang pancang, top dan bottom chord member pada rangka kuda-kuda, kantilever kanopi, dan lain-lain.

#### 4. Baja Profil *Double Siku*

Baja profil double siku biasanya digunakan untuk struktur rangka kuda-kuda suatu bangunan. Selain itu juga sering digunakan sebagai balok.

#### 5. Baja Profil *Canal C*

Baja Profil Canal C biasa digunakan untuk gording, member pada truss, dan rangka komponen arsitektural.

#### 6. Baja Profil *Double Canal C*

Baja Profil Double Canal C biasa digunakan untuk member pada truss.

### **2.8.2 *Self Drilling Screw (SDS) Baja Konvensional***

Alur pekerjaan atap dimulai dari desain atap, di dalamnya terdapat penentuan bentuk atap, kemiringan dan material yang akan digunakan. Setelah itu proses pemotongan dan perakitan, yang disusul dengan pemasangan di atas ring balk.

Pada proses perakitan ada hal yang sangat penting dan vital peranannya bagi struktur secara keseluruhan yaitu screw atau baut. Untuk rangka atap baja konvensional screw yang sering digunakan adalah berdiameter 19 mm. Screw ini sangat vital peranannya, kesalahan dalam memilih dan memasang screw akan berakibat fatal bagi rangka atap, misalnya pertemuan titik simpul yang bergeser atau lebih buruk lagi adalah terputusnya sambungan sehingga terjadi kegagalan struktur karena pemasangan screw yang tidak benar.

Screw yang baik adalah screw yang mampu menahan beban yang bekerja sehingga tidak terjadi deformasi ataupun kegagalan struktur lainnya. Jenis screw yang dipasang di kuda-kuda biasanya terdiri dari dua jenis yaitu untuk kuda-kuda dan untuk reng / *roof batten*. Kedua jenis screw ini sama-sama penting karena memiliki spesifikasi yang berbeda sesuai peruntukannya.

### **2.8.3 Angkur**

Salah satu elemen penting yang menentukan kuda-kuda berdiri kokoh atau tidak adalah pelat kaki (*foot plate*) yang dipasang di atas ring balk, pelat kaki ini harus terpasang dengan baik. Untuk mengikat ke ring balk dibutuhkan *anchor bolt*, sama halnya dengan screw, anchor bolt ini harus mampu secara teknis menopang beban yang bekerja di atasnya. Anchor bolt atau angkur sangatlah penting dikarenakan fungsinya yang mengikat dan menyatukan rangka kuda-kuda dengan ring balk sehingga kuda-kuda dapat berdiri dengan kokoh.

Anchor bolt didesain sedemikian rupa sehingga ketika masuk ke lubang ring balk setelah dilubangi dengan bor beton selain menancap, sirip dalam anchor bolt akan melebar sehingga setelah ditancapkan akan sulit untuk dicabut kembali sehingga memungkinkan kuda-kuda berdiri kokoh di atas ring balk.