

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Proyek**

Suatu proyek dengan keterbatasan sumber daya ditargetkan dapat diselesaikan dalam jangka waktu tertentu tanpa mengurangi pencapaian tujuan yang telah disepakati. Proyek tersebut pada dasarnya merupakan serangkaian aktivitas yang dapat berupa pembangunan gedung maupun infrastruktur. Untuk memastikan proyek berjalan optimal, perlu dilakukan upaya meminimalkan penyimpangan terhadap standar pelaksanaan konstruksi yang harus dicapai. Standar tersebut mencakup batasan waktu, biaya, kualitas, serta keselamatan kerja. Keempat hal tersebut menjadi acuan utama yang sering dijadikan tolok ukur dalam Dalam penyelenggaraan proyek, faktor-faktor yang memengaruhi meliputi sumber daya manusia, bahan bangunan, peralatan, metode pelaksanaan, dana, informasi, dan waktu.

Sering kali proyek mengalami peningkatan biaya dan keterlambatan waktu penyelesaian. Namun demikian, kualitas konstruksi tetap dijaga agar tetap sejalan dengan target awal yang telah ditetapkan. Stakeholder yang memiliki keterkaitan dengan jalannya proyek konstruksi meliputi owner, perencana, pelaksana kontraktor, mandor, donatur, pemerintah, pihak pemanfaat gedung dan warga

##### **2.1.1. Manajemen Proyek**

Mulai dari perencanaan awal sampai proyek selesai, seluruh kegiatan manajemen proyek mencakup pelaksanaan, pengendalian, dan koordinasi. Fungsi utama manajemen proyek ialah memastikan pekerjaan dapat terlaksana dengan tepat waktu, sesuai biaya yang ditentukan, serta memenuhi target mutu. Widiyanti dan Lenggogeni (2013) Manajemen proyek diterapkan dengan mengikuti tahapan utama, yaitu initiating, planning, executing, monitoring and controlling, dan ditutup dengan tahap closing sebagai penyelesaian akhir. Dalam pelaksanaan suatu proyek, terdapat kendala-kendala yang saling berkaitan dan memengaruhi jalannya proyek. Kondisi ini sering disebut sebagai segitiga kendala proyek (project constraint), yang terdiri dari biaya, waktu, dan mutu. Dalam menentukan kualitas suatu proyek menuntut adanya

keseimbangan dan harmonisasi antara ketiga kendala utama tersebut.

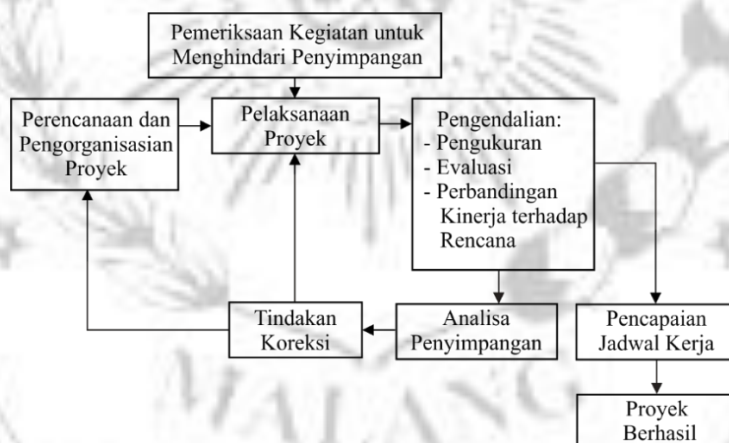
## 2.2. Pengendalian Proyek

Menurut Soeharto (1999:228) Pengendalian berfungsi sebagai upaya untuk membenarkan proyek berjalan selaras dengan sasaran yang telah ditetapkan. Tahapannya meliputi penerapan sistem, perbandingan antara standar dengan pelaksanaan, analisis terhadap penyimpangan, pemanfaatan peluang, serta perancangan sistem informasi. Setelah itu dilakukan tindakan korektif sehingga hasilnya dapat lebih efektif dan efisien, dengan dukungan aset yang digunakan guna menjangkau tujuan proyek.

Untuk mewujudkan kinerja optimal pada setiap tahapan ruang lingkup proyek, prosedur pengendalian perlu diterapkan. Penyusunan perencanaan berfungsi sebagai acuan pelaksanaan pekerjaan, sementara pelaksanaannya didasarkan pada standar proyek yang meliputi aspek anggaran, waktu, serta teknik.

### 2.2.1. Langkah Operasional Pengendalian Proyek

Menurut Dipohusodo (1996) Buku tersebut menyerahkan sketsa mengenai prosedur praktik penganturan proyek, yang dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



**Gambar 2.1** Proses dan Mekanisme Pengendalian Kinerja  
(Sumber : Dipohusodo)

### 2.3. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Penataan (RAB) merupakan jejaj awal yang perlu disiapkan sebelum pelaksanaan proyek konstruksi dimulai. Menurut Siswanto dan Salim(2019), Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan jumlah biaya yang dibutuhkan untuk membayar tenaga kerja maupun pengadaan material dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Di dalam RAB tercantum data volume pekerjaan, nilai satuan, hingga total biaya dari berbagai jenis unsur serta upah pekerja yang diperlukan. RAB menggambarkan *real cost* proyek yang sedang berjalan dan berfungsi sebagai acuan dalam pelaksanaan pekerjaan. Dari nilai *real cost* tersebut kemudian ditetapkan biaya borongan untuk proses pelelangan. Secara keseluruhan, RAB merupakan hasil penjumlahan antara RAP dan keuntungan.

RAP meliputi dari nilai langsung dan nilai tidak langsung. nilai tidak langsung mencakup pengeluaran overhead, seperti administrasi, pengawas, konsultan, bunga, dan biayatak terduga. Sedangkan nilai langsung meliputi upah, material, dan peralatan, yang dihitung berdasarkan durasi normal. Jika durasi proyek dipercepat, maka biaya akan meningkat sehingga lebih tinggi dibandingkan dengan biaya pada durasi normal (Husen, 2009). Untuk mewujudkan tujuan suatu proyek konstruksi, diperlukan adanya kegiatan pengendalian nilai. Setiap daerah memiliki perbedaan anggaran pembangunan, yang dipengaruhi oleh variasi harga satuan material serta upah tenaga kerja (Husen, 2009).

### 2.4. Pengagendaan

Pengagendaan proyek merupakan bagian dari hasil skema yang memberikan informasi mengenai kemajuan proyek, termasuk kinerja unsur, alat, pekerja, dan unsur, serta progres waktu untuk penyelesaian proyek. Selain itu, jadwal juga menyediakan data mengenai jadwal rencana proyek (Husen,2009). Korelasi antar setiap aktivitas dalam proyek dapat tercipta melalui penentuan waktu dimulainya, penundaan, serta penyelesaian masing-masing kegiatan.

Melalui penyusunan jadwal proyek, dapat diketahui kapan suatu kegiatan dimulai, ditunda, maupun diselesaikan sehingga pemanfaatan sumber daya menjadi lebih efisien. Penjadwalan diperlukan agar proyek dapat berlangsung secara efektif dan lancar. Oleh karena itu, pihak pelaksana menyusun jadwal kegiatan (*time schedule*) yang membantu pimpinan proyek dalam mengoordinasikan berbagai elemen pekerjaan, sehingga tercapai efektivitas dan efisiensi kerja yang optimal (Soeharto, 1999). Terdapat beragam metode yang dapat digunakan dalam menyusun dan mengatur jadwal kegiatan yang telah direncanakan, antara lain :

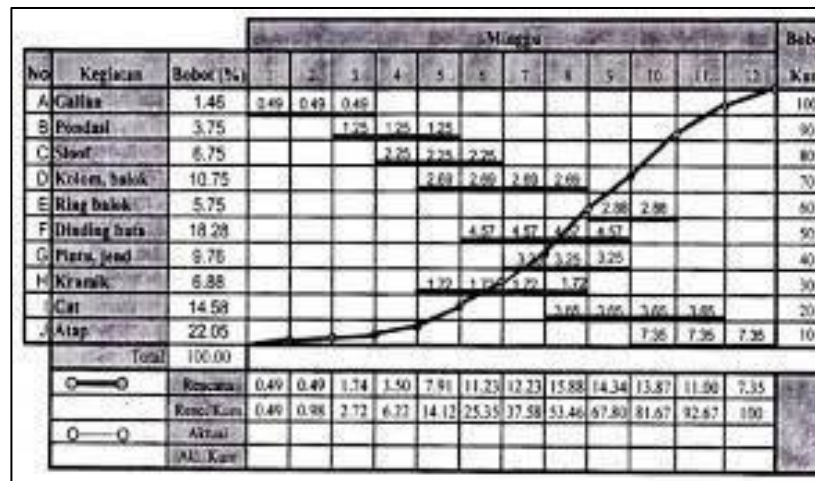
a. Bagan (*Gantt Chart*)

Gantt dan Fredick W. Taylor Salah satu metode yang digunakan adalah *Barchart*. Pada metode ini, informasi ditampilkan dalam bentuk balok, di mana panjang balok menunjukkan durasi dari setiap kegiatan. Penggunaan *Barchart* melibatkan dua sumbu, yaitu sumbu Y yang menggambarkan jenis aktivitas proyek dan sumbu X yang menunjukkan jangka waktu pelaksanaannya (Husen,2011)

b. Kurva S

Setelah dilakukan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) serta analisis harga satuan pekerjaan, tahap berikutnya adalah penyusunan kurva S. Kurva S banyak digunakan dalam proyek sebagai metode perencanaan sekaligus pengendalian biaya yang efektif. Visualisasi kurva S menunjukkan perkembangan pekerjaan secara kumulatif, dengan sumbu vertikal menggambarkan persentase kemajuan dan sumbu horizontal menunjukkan alokasi waktu pelaksanaan bobot (Rani, 2016).

Informasi mengenai perkembangan proyek dapat ditunjukkan melalui kurva S. Adanya keterlambatan jadwal dapat diketahui dengan membandingkan kurva rencana dengan kurva realisasi di lapangan. Berikut ditampilkan ilustrasi kurva S rencana yang dipadukan dengan *Barchart* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Kurva S

(Sumber: Husen,2011)

## c. Jaringan Kerja

Jaringan kerja merupakan hubungan dari seluruh rangkaian kegiatan yang harus diselesaikan untuk mencapai penyelesaian proyek, yang divisualisasikan dalam bentuk diagram alir. Menurut Rani (2016), pelaksanaan proyek, jaringan kerja berguna sebagai salah satu pola yang menyajikan informasi mengenai aktivitas-aktivitas yang saling berkaitan dalam diagram jaringan. Secara umum, jaringan kerja dapat dipahami sebagai representasi dalam bentuk diagram network yang menunjukkan hubungan antar pekerjaan dalam proses perencanaan maupun pengendalian proyek.

Dalam penyusunan jaringan kerja serta penentuan lintasan kritis pada aktivitas proyek konstruksi, dapat digunakan metode tertentu yaitu menggunakan *MicrosoftOffice Project*. Langkah ini dilakukan untuk mengidentifikasi lintasan kritis yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan penambahan biaya akibat mengurangi waktu, langkah awal yang dipakai adalah pengaturan kalender, kemudian dilanjutkan dengan memasukkan durasi serta hubungan (*predecessor*) pada setiap aktivitas (Syafriandi,dkk,2017). Menurut Handoko (2010) dikutip dalam Siswanto & Salim (2019) adabeberapa keuntungan jaringan kerja, yakni sebagai berikut:

- rancangan suatu proyek yang lengkap
- Schedulling* dalam urutan yang efektif dan efisien pada pekerjaan-pekerjaan.

- c) Membagi pekerjaan pekerja dan mengatur penggunaan keuangan yang tersedia.
- d) Penjadwalan lagi yang dilakukan untuk mencegah terlambat serta melewati berbagai kesulitan.
- e) Menetapkan *trade-off* atau pilihan pertukaran antara durasi waktu dan biaya pelaksanaan.
- f) Menentukan kemungkinan proyek dapat diselesaikan.

d. Durasi Tersingkat (*Crash Duration*)

Dalam penyusunan jadwal konstruksi, pembuatan jadwal ideal umumnya tidak dilakukan secara langsung. Tujuan utama penyusunan jadwal adalah menghasilkan perencanaan waktu yang realistis berdasarkan estimasi yang logis. Namun, sering kali durasi proyek telah disesuaikan oleh pemilik tanpa mempertimbangkan jenis pekerjaan maupun tingkat kesulitannya. Akibatnya, penyusun jadwal harus menyesuaikan durasi tiap aktivitas agar sesuai dengan permintaan pemilik, yang bisa berdampak pada jadwal kurang efisien bahkan tidak realistis. Metode yang digunakan untuk mempercepat penyelesaian proyek adalah *crashing*. Teknik ini bertujuan mempersingkat aktivitas yang berpotensi memperlambat penyelesaian proyek. Proses *crashing* dilakukan secara sistematis dengan menganalisis aktivitas pada lintasan kritis, menghitung tambahan biaya yang diperlukan jika metode alternatif digunakan, serta menentukan durasi baru yang lebih singkat. Dengan demikian, *crashing* membantu menemukan cara paling efektif dan murah untuk memangkas waktu pelaksanaan suatu pekerjaan. (Oetomo et al., 2017).

## 2.5. Keterlambatan Proyek

Keterlambatan konstruksi terjadi ketika durasi penyelesaian proyek melebihi waktu yang telah disepakati dan tertuang dalam kontrak. Jika pekerjaan tidak selesai tepat waktu, hal ini menimbulkan masalah terkait produktivitas. Kondisi ini akan menyebabkan peningkatan biaya, baik berupa nilai langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penilai kembali jadwal proyek menjadi penting untuk menentukan perubahan jadwal yang perlu dilakukan agar proyek dapat diselesaikan tepat waktu atau lebih cepat.

Menurut Levis dan Atherley (1996) (Suyatno, 2010), Jika suatu proyek

Apabila suatu pekerjaan disepakati untuk selesai pada waktu tersebut namun tidak dapat dilaksanakan akibat kondisi yang tak sengaja, pekerjaan tersebut dikategorikan sebagai terlambat. Keterlambatan ini berdampak pada rencana awal serta menimbulkan kendala keuangan. Selain memperpanjang durasi proyek, keterlambatan juga dapat menyebabkan pembengkakan anggaran. Dampak bagi penyedia jasa maupun pemilik proyek meliputi hangusnya kesempatan untuk mengalokasikan sumber daya ke proyek lain, meningkatnya nilai langsung seperti upah tenaga kerja dan sewa peralatan, serta menurunnya pendapatan.

### 2.5.1 Penyebab Keterlambatan

(Wisudanto & Indryani, 2012), Unsur yang menyebabkan keterlambatan pelaksanaan proyek yakni:

1. Keterlambatan yang berhak mendapat kompensasi (*Compensable Delay*) Keterlambatan ini merupakan jenis yang harus diberikan kompensasi, biasanya terjadi akibat tindakan atau kesalahan yang dilakukan oleh owner proyek.
2. Kemunduran yang tidak dapat dimaafkan (*Non-Excusable Delay*) Jenis kemunduran ini muncul karena aksi, keteledoran, atau kesalahan kontraktor, sehingga tidak menerima alasan untuk membebaskan tanggung jawabnya.
3. Kemunduran yang dapat dimaafkan (*Excusable Delay*) Kemunduran ini terjadi karena faktor-faktor di luar kendali owner ataupun kontraktor, sehingga dapat dianggap sebagai keadaan yang dapat dimaafkan.

### 2.5.2 Dampak Kemunduran

Menurut Widhiawati (2009) (Wisudanto & Indryani, 2012) Berikut adalah dampak yang timbul akibat keterlambatan dalam pelaksanaan proyek:

1. Pihak Kontraktor  
Semakin panjang waktu pengerjaan, semakin tinggi biaya, termasuk pengeluaran overhead perusahaan yang meningkat seiring waktu.
2. Pihak Konsultan  
Apabila pelaksanaan proyek mengalami keterlambatan, konsultan akan mengalami kerugian waktu dan biaya, serta kehilangan kesempatan untuk menangani proyek lain.

### 3. Pihak Owner

Akibat keterlambatan proyek, pemilik (owner) akan kehilangan potensi pendapatan dari properti yang seharusnya dapat digunakan atau disewakan. Keterlambatan penyelesaian fasilitas milik pemerintah, seperti rumah sakit, dapat berdampak negatif pada pelayanan kesehatan masyarakat dan program yang telah direncanakan. Kerugian ini tidak dapat diganti secara finansial. Begitu pula, jika pemilik adalah pihak non-pemerintah seperti perusahaan yang membangun gedung, toko, atau hotel, pemanfaatan fasilitas akan tertunda sehingga menimbulkan periode tidak produktif yang tidak menghasilkan pendapatan.

## **2.6. Percepat Waktu Penyelesaian Proyek**

Untuk menyelesaikan proyek dalam durasi yang lebih singkat dari jadwal yang telah ditetapkan, diperlukan percepatan pelaksanaan (*crashing*). *Crashing* merupakan kegiatan yang difokuskan pada lintasan kritis proyek, dengan tujuan menguji seluruh aktivitas melalui proses yang disengaja, sistematis, dan berbasis analisis (Erviyanto, 2004).

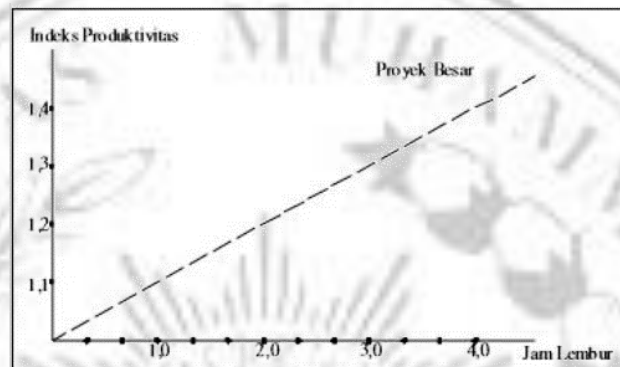
Sebelum melakukan *crashing*, sangat penting untuk mengetahui lintasan kritis suatu proyek melalui bantuan *network planning*. Identifikasi lintasan kritis membantu menentukan aktivitas yang akan dipercepat. Terdapat dua alasan utama dilakukannya percepatan (*crashing*). Pertama, percepatan diperlukan untuk menyelesaikan proyek sesuai target awal akibat keterlambatan. Kedua, percepatan dilakukan untuk memenuhi persyaratan waktu penyelesaian yang telah disepakati dalam kontrak.

### **2.6.1. Melaksanakan Percepatan Durasi**

Dalam proses percepatan proyek, durasi setiap aktivitas dapat dikurangi untuk mengoptimalkan penyelesaian proyek secara keseluruhan sebagai berikut.

### a. Menambahkan Jam lembur

Dengan banyak unsur yang tetap, lembur dapat diterapkan dengan menambah jam tanpa menambah jumlah pekerja. Penambahan jam bertujuan untuk memperlancar selesainya proyek dengan menambahnya produksi harian. Namun, perlu diperhatikan durasi kerja setiap pekerja, karena lembur yang berlebihan dapat menurunkan produktivitas. Nilai penurunan produktivitas akibat penambahan lembur dengan unsur yang sama disajikan pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.3** Grafik indikator menurunnya produktivitas karena lembur  
(Sumber: Soeharto1999)

Berdasarkan grafik, makin banyak jam lembur, makin besar potensi gangguan terhadap produksi. Hal ini disebabkan karena indeks produktivitas berkurang sebesar 0,1 per jam ketika jumlah jam kerja perhari dan banyak hari kerja mingguan bertambah. Rumus berikut ini bisa dimanfaatkan untuk menaksir tingkat produktivitas yang terpengaruh dari penambahan jam lemburan tersebut:

$$\text{Perubahan nilai produktivitas} = 1,4 - 1,3 = 0,1$$

nilai produktivitas sebesar 0,1 untuk perjam.

Lembur 3 jam sebagai berikut:

$$\text{Penurunan (/jam) produktivitas} = 0,1 \times 3 \text{ jam} =$$

$$0,3/\text{jam} \text{ Persentase (\%)} \text{ penurunan} = 0,3 \times 100\% =$$

$$30\%$$

Koefisien pengurangan produktivitas 3 jam:

$$= 100\% - 30\% = 70\% = 0,7$$

**Tabel 2.1** Koefisien menurunnya produktivitas akibat kerjalembur

Jam Kerja Lembur (jam)	Penurunan Indeks Produktivitas	Penurunan Prestasi Kerja (Per jam)	Presentase Penurunan Prestasi Kerja (%)	Koefisien pengurangan produktivitas
A	B	C = A*B	D	E = 100%-D
1	0,1	0,1	10	0,9
2	0,1	0,2	20	0,8
3	0,1	0,3	30	0,7
4	0,1	0,4	40	0,6

Dari tabel 2.1 menunjukkan koefisien penurunan produktivitas akibat lembur , maka bisa diuraikan rumus berikut :

- 1) Menghitung Produktivitas Harian :

$$\frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{durasi pekerjaan}} \dots\dots\dots (1)$$

- 2) Menghitung Produktivitas Jam:

$$\frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{jam}} \dots\dots\dots (2)$$

- 3) Menghitung Produktivitas harian sesudah crash:

$$= (8\text{jam} \times \text{produktivitas perjam}) + (a \times b \times \text{produktivitas per jam}) \dots\dots\dots (3)$$

ket :

*a*  
= jumlah jam lembur

*b* = koefisien penurunan produktifitas

**b. Pelaksanaan Penambahan Pekerja**

Penambahan pekerja dilakukan dengan menambah jumlah pekerja pada suatu aktivitas tanpa memperpanjang jam kerja. Penentuan jumlah pekerja yang optimal bertujuan untuk meningkatkan produktivitas kerja, akan tetapi produktivitas akan turun seiring dengan penambahan yang berlebihan dikarenakan berbagai jenis kondisi, Kesulitan dalam pengawasan dan keterbatasan lahan kerja menyebabkan ruang gerak yang terbatas dalam suatuprojek.

### **c. Penambahan atau Pergantian Alat**

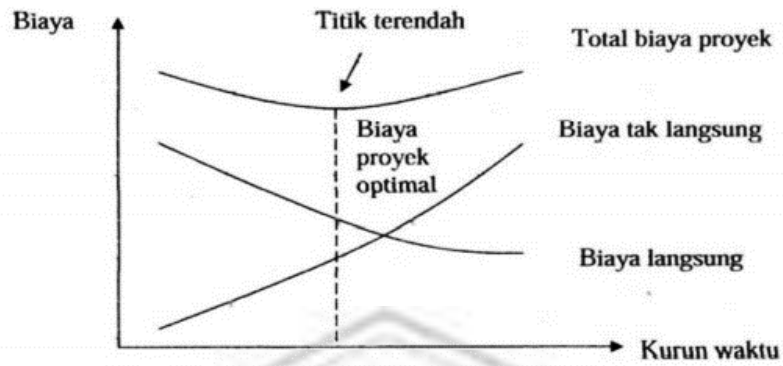
Peningkatan produktivitas dapat dicapai dengan menambah jumlah peralatan. Namun, perlu memperhatikan ketersediaan lahan yang memadai agar peralatan dapat beroperasi dengan optimal. Penambahan alat juga akan meningkatkan biaya langsung terkait mobilisasi dan demobilisasi, serta dapat memengaruhi produktivitas tenaga kerja. Durasi proyek dapat singkat dengan menggunakan peralatan yang memiliki produktivitasnya lebih tinggi.

### **d. Penggunaan Metode Konstruksi yang Efektif**

Tingkat keahlian pelaksana memiliki hubungan yang signifikan dengan sistem kerjaan, metode yang diterapkan, serta ketersediaan sumber daya yang diperlukan. Penggunaan metode konstruksi yang efektif dan murah juga berkontribusi dalam memperpendek durasi penyelesaian aktivitas yang saling berkaitan (Fardila & Nur, 2020).

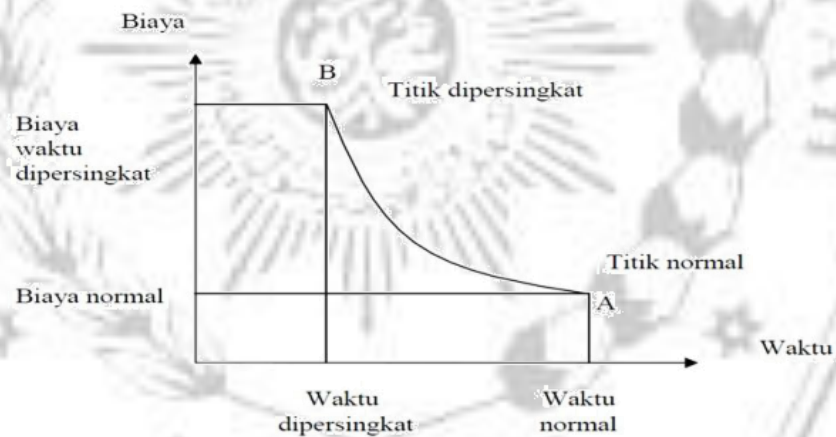
#### **2.6.2. Hubungan Waktu dan Biaya**

Pengurangan periode aktivitas proyek dapat dicapai melalui percepatan pelaksanaan. nilai total proyek terdiri dari penjumlahan nilai langsung dan tidak langsung. Lama pelaksanaan proyek sangat memengaruhi besarnya nilai total. Meskipun tidak dapat dihitung dengan rumus tertentu, waktu dan kemajuan proyek akan memengaruhi kedua jenis nilai tersebut. Secara umum, semakin panjang durasi proyek, semakin tinggi akumulasi nilai tidak langsung yang diperlukan (Soeharto, 1999). Hubungan antara nilai langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total ditampilkan pada Gambar berikut dalam bentuk grafik. Grafik ini menunjukkan bahwa nilai optimal tercapai ketika total nilai proyek berada pada nilai minimum.



**Gambar 2.4** Grafik kaitan nilai total, nilai tak langsung, waktu dan nilai langsung  
(Sumber: Soeharto,1999)

Nilai yang timbul akan lebih tinggi jika digunakan *crash schedule* berbanding dengan biaya pada *normal schedule*. acara yang termasuk lintasan kritis dengan kemiringan (*cost slope*) paling rendah akan diprioritaskan untuk percepatan pelaksanaannya.



**Gambar 2.5** Grafik kaitan waktu sampai biaya normal dan dipersingkat untuk suatu kegiatan

(Sumber: Soeharto,1999)

Gambar di atas menggambarkan hubungan antara waktu dan biaya. Titik A menunjukkan kondisi normal, sedangkan titik B menunjukkan kondisi percepatan. Kurva waktu-biaya merupakan garis yang menghubungkan kedua titik tersebut. Menurut Soeharto (1999),

seandainya dengan melihat bentuk kurva waktu dengan biaya suatu aktivitas, kemiringan (*slope*) dapat dihitung, sehingga memungkinkan perhitungan biaya yang diperlukan untuk memperpendek durasi aktivitas dalam 1 hari. tambahan biaya langsung (*direct cost*) untuk mempersingkat suatu aktivitas persatuan waktu disebut *cost slope*. Perumusan *cost slope* ditunjukkan sebagai berikut (Husen, 2017) :

$$\text{cost slope} = \frac{\text{Crash cost} - \text{Normal cost}}{\text{Normal time} - \text{crash time}} \dots\dots\dots (4)$$

Dalam suatu alur kerja, setiap aktivitas memiliki dua penilaian waktu yang menunjukkan durasinya, baik pada kondisi normal maupun saat dilakukan percepatan (Priyo dan Paridi, 2018) yaitu:

- a. *Durasi Normal*  
periode yang butuh untuk menyelesaikan suatu kegiatan dalam proyek menggunakan sumber daya normal, tanpa penambahan biaya tambahan.
- b. *Crash Duration*  
Periode yang butuh untuk menyelesaikan suatu proyek ketika dilakukan percepatan, sehingga durasinya lebih singkat dibandingkan durasi normal.
- c. *Normal Cost*  
Pada durasi normal, proyek memerlukan biaya tertentu untuk penyelesaiannya. Nilai ini diperkirakan selama tahap perencanaan dan penjadwalan, sekaligus digunakan untuk menentukan durasi normal.
- d. *Crash Cost*  
Dengan durasi percepatan tertentu dan penggunaan nilai yang sesuai selama melaksanakan aktivitas, pekerjaan dapat diselesaikan lebih cepat. Biaya normal proyek lebih rendah dibandingkan biaya *crash*, yang cenderung lebih tinggi. Oleh sebab itu, pengurangan waktu di bawah durasi normal akan menghasilkan biaya *crash*.

Untuk meningkatkan produktivitas kerja, proyek dapat dipercepat, yang berdampak pada peningkatnya biaya langsung (*direct cost*).

## 2.7. Analisis Pergantian Biaya dan Waktu (TCTO)

Percepatan durasi proyek dilakukan berdasarkan alasan tertentu. Penyebab percepatan dapat muncul dari faktor tak terduga, seperti kondisi cuaca, kesalahan perencanaan awal, kerusakan mesin, atau kegagalan konstruksi. Meskipun percepatan akan menimbulkan peningkatan biaya dibandingkan rencana awal, upaya tetap dilakukan untuk meminimalkan tambahan biaya. Aktivitas pada lintasan kritis merupakan fokus utama dalam percepatan, karena pengurangan waktu pada kegiatan non-kritis tidak memengaruhi durasi total proyek. Pada lintasan kritis, aktivitas dengan *cost slope* rendah diprioritaskan untuk percepatan. Langkah-langkah rinci dalam mempersingkat durasi proyek dijelaskan lebih lanjut sebagai berikut:

- a. Menghitung durasi penyelesaian proyek sekaligus menetapkan nilai normal untuk disetiap aktivitas.
- b. Menentukan durasi *crash* untuk setiap pekerjaan.
- c. Menentukan durasi *crash* untuk setiap pekerjaan.
- d. Memilih *cost slope* untuk setiap elemen pekerjaan.
- e. Memperpendek durasi aktivitas, diawali dari pekerjaan kritis yang memiliki *cost slope* terkecil.
- f. Melakukan pemangkasan durasi lebih lanjut pada aktivitas dengan kombinasi *cost slope* terendah, apabila terbentuk jalur kritis baru pada kalkulasi percepatan proyek.
- g. Menekan waktu aktivitas pada lintasan kritis mencapai kondisi jenuh.
- h. Menampilkan hubungan biaya dan waktu dalam bentuk grafik, di mana sumbu horizontal menunjukkan waktu proyek dan sumbu vertikal menunjukkan biaya.
- i. Menampilkan hubungan biaya dan waktu dalam bentuk grafik, di mana sumbu horizontal menunjukkan durasi proyek dan poros vertikal menunjukkan nilai.
- j. pencarian total nilai selama waktu yang diinginkan dapat menjumlahkan nilai langsung dan nilai tak langsung.
- k. Pemeriksaan untuk tercapai waktu optimal dalam kurun waktu penyelesaian proyek dengan nilai terendah yang ada pada grafik biayatotal (Soeharto, 1999).

waktu proyek dipercepat, maka nilai yang diperlukan untuk menyelesaikannya akan meningkat (Sulistyo dan Fikri, 2021). Dalam pelaksanaan percepatan suatu pekerjaan, optimalisasi dapat dicapai melalui pengurangan durasi kegiatan sebagai berikut:

1) Pertambahan Jam lembur (Kerja Lembur)

Dengan jumlah unsur yang tetap, lembur dapat dilaksanakan dengan menambah jam tanpa menambah jumlah pekerja. Penambahan jam bertujuan untuk meningkatkan hasil harian dan mempercepat penyelesaian proyek. Namun, durasi kerja per individu harus diperhatikan, karena kelelahan dapat menurunkan produktivitas pekerjaan.

2) Dilakukan Penambahan Tenaga Kerja

Pertambahan pekerja berarti menambahkan jumlah pekerja pada suatu usaha tanpa menambah jam. Tujuan dari penambahan ini adalah meningkatkan produktivitas pekerjaan. Namun, produktivitas dapat menurun jika penambahan tenaga kerja berlebihan, disebabkan berbagai kendala seperti kesulitan pengawasan dan keterbatasan lahan kerja sehingga ruang gerak menjadi sempit.

3) Peralihan atau Pertambahan Peralatan

Produktivitas dapat ditingkatkan dengan penambahan peralatan. Namun, harus diperhatikan stok lahan agar peralatan dapat ditempatkan secara optimal. Penambahan peralatan juga meningkatkan biaya langsung terkait mobilitas dan demobilitas, serta memengaruhi produktivitas tenaga kerja. Durasi proyek dapat ditekan dengan mengganti peralatan dengan yang memiliki produktivitas lebih besar.

4) Pemilihan SDA yang Berkualitas

Penyelesaian aktivitas dapat dipercepat dengan mempekerjakan tenaga kerja yang memiliki kualitas tinggi dan produktivitas baik. Hal ini menunjukkan pentingnya pemilihan sda yang berkualitas.

5) Penmakaian Metode Konstruksi yang Efektif

Pelaksanaan metode konstruksi sangat terkait dengan sistem kerja dan tingkat keahlian pelaksana. Keterampilan pekerja memiliki korelasi yang kuat dengan efektivitas sistem kerja, metode konstruksi yang diterapkan, serta ketersediaan sumber daya. Metode konstruksi yang efisien dapat membantu mempersingkat durasi penyelesaian aktivitas yang saling terkait (Fardila & Nur, 2S020)

Dalam menyusun jadwal proyek konstruksi, diperlukan estimasi waktu yang wajar dan realistis. Percepatan durasi proyek dapat dilakukan melalui analisis *Time-Cost Trade-Off* (TCTC). Aktivitas yang memengaruhi penyelesaian proyek akan dikurangi durasinya. TCTC melibatkan pengujian setiap aktivitas pekerjaan dengan fokus pada kegiatan tertentu. Menekan waktu dimulai dari pekerjaan lintasan kritis yang memiliki *cost slope* terkecil dan dilanjutkan hingga aktivitas pada lintasan kritis mencapai kondisi jenuh (Ervianto, 2004)

## **2.8. Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

Tahap yang harus dilakukan sebelum memulai proyek konstruksi adalah membuat (RAB). Menurut Siswanto dan Salim(2019), (RAB) adalah estimasi total nilai yang diperlukan untuk gaji tenaga kerja dan bahan dalam suatu proyek konstruksi. RAB memuat informasi mengenai volume pekerjaan, harga satuan, serta total biaya banyak jenis umsur dan gaji yang dibutuhkan selama pelaksanaan proyek. Dokumen ini mencerminkan *realcost* proyek dan berfungsi sebagai acuan dalam pelaksanaan pekerjaan. Dari *realcost* ini kemudian ditentukan semua nilai langsung untuk proses pelelangan. Secara umum, RAB merupakan gabungan dari (RAP) beserta kemudahan yang ditambahkan.

nilai langsung (*directcost*) dan nilai tidak langsung (*indirectcost*) termasuk dalam komponen (RAP). nilai tidak langsung mencakup pengeluaran yang bersifat wajib tetapi tidak terkait langsung dengan konstruksi, seperti nilai overhead, pengawasan, administrasi, konsultan, bunga, dan Nilai tak terduga. Sementara itu, biaya langsung meliputi upah tenaga kerja, material, dan alat. Pada biaya langsung, perhitungan biasanya menggunakan durasi normal; pengurangan waktu pelaksanaan akan menimbulkan tambahan biaya pada setiap kegiatan proyek. Dengan demikian, biaya untuk durasi yang dipersingkat (*imposed duration*) akan lebih tinggi dibandingkan biaya pada waktu normal (Husen, 2009). Untuk mencapai target proyek konstruksi, pengendalian biaya menjadi hal yang penting. Besarnya anggaran setiap proyek juga bervariasi antar daerah, tergantung pada perbedaan nilai satuan bahan dan upah pekerja (Husen, 2009).

## **2.9. Penjadwalan**

Penjadwalan proyek merupakan salah satu hasil dari proses perencanaan yang berfungsi untuk memantau kemajuan proyek, mencakup kinerja material, peralatan, tenaga kerja, serta pemanfaatan sumber daya, sekaligus memproyeksikan waktu penyelesaian proyek. Selain itu, penjadwalan juga memberikan informasi mengenai jadwal rencana yang harus diikuti selama pelaksanaan proyek (Husen, 2009). Korelasi antar kegiatan dalam suatu proyek dapat tercipta dengan menetapkan jadwal setiap aktivitas akan dimulai, ditunda, atau diselesaikan.

Dengan diterapkannya jadwal proyek, dapat diketahui kapan setiap kegiatan dimulai, ditunda, atau diselesaikan, sehingga pemanfaatan sumber daya menjadi lebih efisien. Penjadwalan kegiatan dalam proyek bertujuan agar pelaksanaan berjalan lancar secara efektif dan efisien. Oleh karena itu, pihak pelaksana menyusun jadwal kegiatan (*timeschedule*), yang memudahkan pimpinan proyek dalam mengkoordinasikan berbagai elemen pekerjaan, sehingga tercapai efisiensi dan efektivitas kerja yang optimal (Soeharto, 1999).

Terdapat berbagai metode untuk mengatur jadwal kegiatan yang sudah di rencanakan, antara lain :

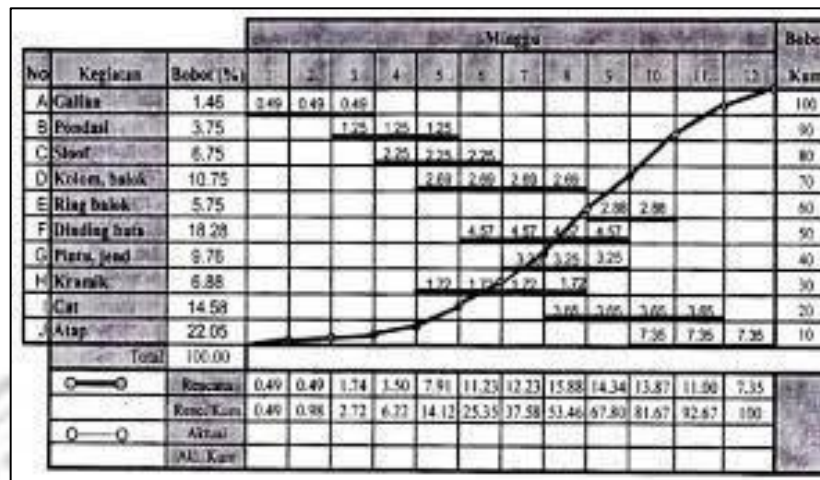
a. Bagan (*Gantt Chart*)

Gantt dan Fredick W. Taylor menemukan metode yang disebut Barchart. Metode ini menyajikan informasi proyek secara visual menggunakan balok, dengan panjang balok yang mencerminkan durasi masing-masing kegiatan. Dalam grafik tersebut, sumbu Y menunjukkan jenis aktivitas, sedangkan sumbu X merepresentasikan waktu pelaksanaan, sehingga memudahkan pemantauan jadwal dan pengelolaan sumber daya (Husen,2011)

b. Kurva S

Setelah melakukan perhitungan (RAB) dan analisis nilai satuan tenaga kerja, langkah berikutnya adalah pembuatan kurvaS. KurvaS sering digunakan dalam proyek sebagai metode untuk merencanakan dan mengendalikan biaya secara efektif. Kurva ini menyajikan visualisasi kemajuan pekerjaan secara kumulatif, dengan sumbu vertikal menunjukkan persentase bobot pekerjaan dan sumbu horizontal menunjukkan waktu pelaksanaan proyek (Rani,2016).

Informasi mengenai kemajuan proyek diperoleh melalui kurvaS yang diterapkan pada proyek. Keterlambatan jadwal dapat diidentifikasi dengan membandingkan kurvarealisasi di lapangan dengan kurvarencana. Sebagai ilustrasi, penggambaran kurvaS rencana dapat dikombinasikan dengan Barchart, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.2.



**Gambar 2.6** Kurva S

(Sumber: Husen,2011)

c. Jaringan Kerja

Jaringan kerja merupakan representasi hubungan antar seluruh kegiatan yang harus diselesaikan untuk melengkapi suatu proyek, biasanya divisualisasikan dalam bentuk diagram alir yang menggambarkan urutan aktivitas. Menurut Rani (2016), pelaksanaan proyek, *NetworkPlanning* digunakan sebagai salah satu model yang menghasilkan informasi mengenai aktivitas-aktivitas yang saling terkait dalam diagram jaringan kerja. Dengan demikian, *Network Planning* dapat dipahami sebagai representasi diagram jaringan yang menunjukkan hubungan antar setiap pekerjaan dalam perencanaan dan pengendalian proyek.

Dalam pembuatan *NetworkPlanning* dan penentuan lintasan kritis pada aktivitas proyek konstruksi, perangkat lunak Microsoft Project dapat digunakan. Untuk mengetahui lintasan kritis yang nantinya digunakan dalam perhitungan penambahan biaya akibat percepatan (*cost slope*), langkah pertama adalah mengatur kalender proyek, kemudian memasukkan durasi dan predecessor untuk setiap aktivitas (Syafriandi,dkk,2017). Menurut Handoko (2010)

dikutip dalam Siswanto & Salim(2019) Beberapa manfaat *NetworkPlanning* antara lain:

- a) Menyusun perencanaan proyek secara menyeluruh
- b) Menjadwalkan kegiatan pekerjaan secara efektif dan efisien.
- c) Melakukan penjadwalan ulang untuk mencegah keterlambatan dan mengatasi hambatan.
- d) Membagi tugas dan alokasi dana serta tenaga kerja yang tersedia.
- e) Menentukan *tradeoff* atau pertukaran yang mungkin antara waktu dan biaya.
- f) Menilai peluang penyelesaian proyek sesuai target yang ditentukan.

d. *Crash Duration*

Dalam penyusunan jadwal konstruksi, jadwal idealnya biasanya tak langsung terbentuk. Salah satu tujuan pembuatan jadwal adalah menghasilkan rencana yang real berdasarkan perkiraan yang masuk akal. Sering kali durasi proyek ditentukan oleh ownerproyek tanpa mempertimbangkan jenis pekerjaan atau tingkat kesulitannya. Akibatnya, penjadwal harus menyesuaikan durasi setiap pekerjaan untuk memenuhi permintaan pemilik, yang dapat membuat jadwal menjadi kurang efisien dan kadang tidak realistis. Proses *crashing* digunakan untuk mempercepat pekerjaan yang dapat memperlambat penyelesaian proyek. Dengan menguji semua aktivitas yang tidak berada di jalur kritis, dapat dipastikan semuanya berjalan sesuai rencana. *Crashing* merupakan proses yang disengaja, sistematis, dan analitis, bertujuan memastikan semua aktivitas proyek berfungsi dengan baik. Proses ini melibatkan perhitungan biaya tambahan dan waktu yang diperlukan untuk melakukan aktivitas dengan cara baru, sehingga dapat menemukan metode paling optimal dan murah untuk memangkas durasi suatu pekerjaan. (Oetomo et al.,2017).

## 2.10. Keterlambatan Proyek

Keterlambatan dalam konstruksi terjadi ketika durasi yang butuh untuk menyelesaikan proyek melebihi jadwal yang telah ditetapkan dalam kontrak. Jika pekerjaan tidak selesai sesuai waktu yang direncanakan, hal ini menunjukkan adanya masalah pada produktivitas. Kondisi ini berpotensi meningkatkan biaya, baik nilai langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, evaluasi ulang terhadap jadwal proyek diperlukan untuk menentukan perubahan yang harus dilakukan agar proyek dapat diselesaikan tepat waktu atau lebih cepat.

Menurut Levis dan Atherley(1996)(Suyatno, 2010), Jika suatu proyek tidak dapat selesai sesuai jadwal yang telah ditentukan karena kondisi yang tak terduga, pekerjaan tersebut dikategorikan sebagai terlambat. Keterlambatan ini akan memengaruhi perencanaan awal dan menimbulkan tantangan finansial. Proyek yang tertunda biasanya membutuhkan waktu lebih lama dan menimbulkan biaya tambahan. Dampak keterlambatan bagi kontraktor maupun pemilik proyek meliputi terbatasnya kemungkinan untuk memindahkan unsur ke proyek lainnya, meningkatnya nilai langsung seperti upah tenaga kerja dan sewa peralatan, serta potensi penurunan pendapatan.

### 2.10.1 Penyebab Keterlambatan

Menurut Kraiem dan Dickman(1987)(Wisudanto & Indryani, 2012), Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya keterlambatan dalam pelaksanaan proyek antara lain:

1. terlambatan yang berhak mendapatkan kompensasi (Compensable Delay), yaitu jenis keterlambatan yang menuntut penggantian, misalnya akibat tindakan atau kesalahan yang dilakukan oleh pihak pemilik proyek.
2. terlambatan yang tidak bisa dibenarkan (Non-Excusable Delay), yaitu keterlambatan yang terjadi akibat tindakan, kelalaian, atau kesalahan dari pihak kontraktor,

3. terlambatan yang dapat dimaafkan (Excusable Delay), yaitu keterlambatan yang terjadi karena faktor-faktor di luar kendali baik pemilik proyek maupun kontraktor.

### **2.10.2 Dampak Keterlambatan**

Menurut Widhiawati (2009) (Wisudanto & Indryani, 2012) Beberapa dampak yang timbul akibat keterlambatan dalam pelaksanaan proyek antara lain:

1. Pihak Kontraktor

Semakin lama durasi penyelesaian suatu pekerjaan, semakin besar pula nilai yang harus keluar. Selain itu, pengeluaran overhead yang mencakup seluruh biaya operasional perusahaan juga akan meningkat seiring bertambahnya waktu pelaksanaan proyek.

2. Pihak Konsultan

Apabila pelaksanaan proyek mengalami keterlambatan, konsultan akan menghadapi kehilangan waktu dan biaya, serta berkurangnya kesempatan untuk menangani proyek lain.

3. Pihak Owner

Keterlambatan proyek menyebabkan pemilik properti kehilangan potensi pendapatan dari penggunaan atau penyewaan aset. Fasilitas publik, seperti rumah sakit, yang tidak selesai tepat waktu akan berdampak negatif pada layanan kesehatan dan program yang direncanakan. Kerugian ini bersifat tidak dapat diganti secara finansial. Untuk fasilitas milik sektor swasta, seperti gedung perkantoran, toko, atau hotel, keterlambatan akan menunda jadwal operasional sehingga terjadi periode tidak produktif yang tidak menghasilkan pendapatan.

## 2.11. Mempercepat Waktu Penyelesaian Proyek

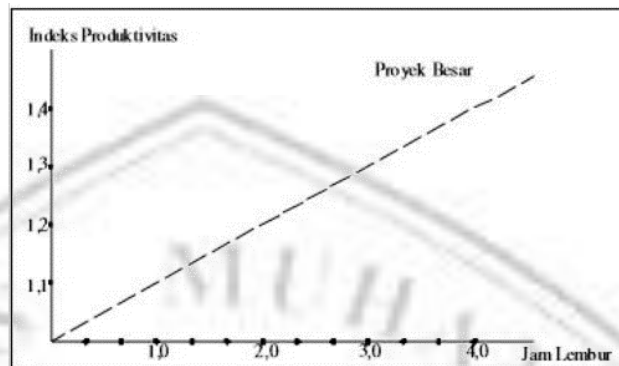
Untuk menyelesaikan proyek lebih cepat dari jadwal yang telah ditetapkan, diperlukan percepatan durasi proyek atau yang dikenal dengan **crashing**. Crashing merupakan upaya mempercepat kerja yang berada pada lintasankritis dengan fokus pada evaluasi seluruh aktivitas proyek melalui proses yang sengaja, sistematis, dan bersifat analitis (Ervianto, 2004). Sebelum melakukan crashing, penting untuk mengidentifikasi lintasankritis proyek dengan bantuan *network planning*. Mengetahui lintasan kritis akan memudahkan penentuan kegiatan-kegiatan yang perlu dipercepat durasinya. Terdapat dua alasan utama dilakukannya crashing. Pertama, percepatan dilakukan untuk menyelesaikan proyek secepat mungkin guna mencapai target awal yang tertunda. Kedua, percepatan diperlukan agar proyek selesai dalam waktu singkat penyesesuai dengan ketentuan yang telah disepakati dalam kontrakdi awal.

### 2.11.1 Melaksanakan Percepatan Durasi

Dalam pelaksanaan percepatan proyek, setiap aktivitas dapat dioptimalkan dengan mempercepat durasinya melalui langkah-langkah berikut:

#### a. Menambahkan Jam Lembur

Dengan jumlah sumber daya yang tetap, pekerjaan lembur dapat diterapkan dengan menambah jam kerja tanpa menambah tenaga kerja. Penambahan jam kerja bertujuan untuk meningkatkan output harian sehingga proyek dapat diselesaikan lebih cepat. Namun, perlu diperhatikan lama kerja setiap pekerja, karena kelelahan berlebihan dapat menurunkan produktivitas. Dengan mempertahankan jumlah unsur yang sama, peningkatan kerja lembur dapat menimbulkan penurunan produktivitas, yang diilustrasikan pada Gambar2.8.



**Gambar 2.7** Grafik tanda penurunan produktivitas karena kerja lembur(Sumber: Soeharto,1999)

Berdasarkan grafik, semakin banyak jam lembur yang dilakukan, semakin besar kemungkinan produktivitas terganggu. Hal ini disebabkan karena setiap jam lembur menurunkan indek produktivitas sebesar 0.1, terutama jika jumlah jam kerja per hari dan jumlah hari kerja per minggu meningkat. Rumus berikut dapat digunakan untuk memperkirakan tingkat produktivitas akibat penambahan jam lemburan:

$$\text{Selisih indeks produktivitas} = 1,4 - 1,3 = 0,1$$

Di mana nilai indeks produktivitas sebesar 0,1 perjam.

Lembur tiga jam dihitung sebagai berikut:

$$\text{Penurunan (/jam) produktivitas} = 0,1 \times 3 \text{ jam} = 0,3/\text{jam}$$

$$\text{Persentase (\%) penurunan} = 0,3 \times 100\% = 30\%$$

Koefisien pengurangan produktivitas 3 jam:

$$= 100\% - 30\% = 70\% = 0,7$$

**Tabel 2.2** Koefisien pengurangan produktivitas akibat kerjalembur

Jam Kerja Lembur (jam)	Penurunan Indeks Produktivitas	Penurunan Prestasi Kerja (Per jam)	Presentase Penurunan Prestasi Kerja (%)	Koefisien pengurangan produktivitas
A	B	C = A*B	D	E = 100%-D
1	0,1	0,1	10	0,9
2	0,1	0,2	20	0,8
3	0,1	0,3	30	0,7
4	0,1	0,4	40	0,6

Dari tabel 2.1 menunjukkan koefisien penurunan produktivitas akibat lembur , maka dapat diuraikan rumus berikut :

- 1) Menghitung Produktivitas Harian :

$$\frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{durasi pekerjaan}} \dots \dots \dots (1)$$

- 2) Menghitung Produktivitas Jam:

$$\frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{jam}} \dots \dots \dots (2)$$

- 3) Menghitung Produktivitas harian setelah crash:

$$= (8\text{jam} \times \text{produktivitas perjam}) \\ + (a \times b \times \text{produktifitas per jam}) \dots \dots \dots (3)$$

ket :

$a$  = jumlah jam lembur

$b$  = koefisien penurunan produktifitas

b. **Pertambahan Tenaga Kerja**

Penambahan tenaga kerja berarti menambah jumlah pekerja untuk suatu kegiatan tanpa menambah jam kerja. Tujuan dari penambahan ini adalah untuk meningkatkan produktivitas pekerjaan hingga mencapai

tingkat yang optimal. Namun, jika jumlah tenaga kerja ditambahkan secara berlebihan, produktivitas justru dapat turun. penyebabnya oleh beberapa faktor, seperti kesulitan dalam pengawasan dan terbatasnya ruang kerja sehingga mengurangi kelancaran pelaksanaan proyek.

c. **Pertambahan atau Pergantian Alat**

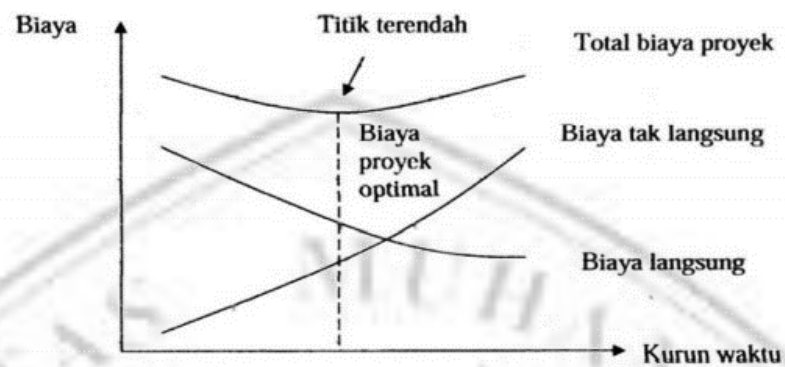
Produktivitas dapat ditingkatkan dengan menambah peralatan. Namun, perlu diperhatikan ketersediaan ruang yang memadai agar alat-alat dapat ditempatkan dengan tepat. Penambahan peralatan juga akan meningkatkan nilai langsung terkait alat, serta memengaruhi produktivitas pekerja. Durasi proyek dapat dipercepat dengan menggunakan peralatan yang memiliki produktivitas lebih tinggi.

d. **Pemakaian Metode Konstruksi yang Efektif**

Tingkat keahlian pelaksana memiliki hubungan yang erat dengan sistem kerja, metode konstruksi yang digunakan, serta ketersediaan sumber daya yang diperlukan. Penggunaan metode konstruksi yang efektif dan murah juga dapat membantu mempercepat penyelesaian aktivitas yang saling terkait (Fardila & Nur, 2020).

### **2.11.2 Kaitan Biaya dan Waktu**

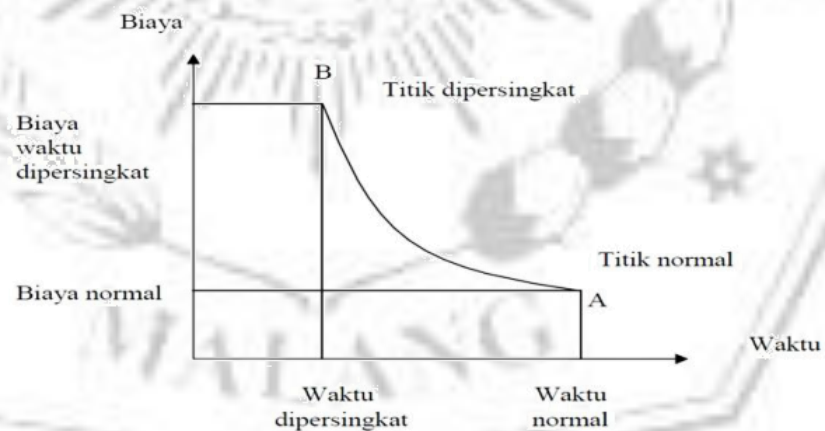
Percepatan proyek dapat mengurangi durasi setiap aktivitas. Nilai total proyek yaitu dari penjumlahan nilai langsung dan tidak langsung. Lama waktu pelaksanaannya proyek sangat pengaruh besar nilai total. Meskipun tidak dapat dihitung dengan rumus tertentu, perubahan durasi dan kemajuan proyek akan berdampak pada ke2 jenis nilai tersebut. Secara umum, semakin lama waktu proyek, semakin tinggi akumulasi biaya tidak langsung yang diperlukan (Soeharto, 1999). Hubungan antara biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total ditampilkan pada grafik berikut. Grafik tersebut menunjukkan bahwa biaya optimal tercapai ketika total biaya proyek berada pada nilai paling rendah.



**Gambar 2.8** Grafik kaitan biaya total, biaya tidak langsung, biaya langsung dan waktu

(Sumber: Soeharto, 1999)

Nilai yang timbul lebih tinggi saat menggunakan *crash schedule* dibanding dengan *normal schedule*. Kegiatan yang termasuk dalam lintasan kritis dengan kemiringan biaya terendah akan diprioritaskan untuk dipercepat pelaksanaannya.



**Gambar 2.9** Grafik kaitan waktu dengan biaya normal dan dipersingkat untuk suatu kegiatan

(Sumber: Soeharto, 1999)

Gambar diatas menggambarkan berhubungan antara waktu dengabiaya. Titik A menunjukkan kondisi normal, sedangkan titik B menunjukkan kondisi percepatan. Kurva waktu-biaya merupakan sesuatu yang menghubungkan kedua titik tersebut. Menurut Soeharto (1999), Jika bentukkurva waktu denganbiaya suatu aktivitas diketahui, kemiringan (slope) kurva dapat dihitung untuk memperkirakan biaya yang diperlukan untuk memperpendek durasi 1hari. Pertambahan biaya langsung (directcost) untuk percepat suatu pekerjaan per satuan waktu disebut *costslope*. Rumus perhitungan *costslope* adalah sebagai berikut (Husen, 2017) :

$$cost\ slope = - \frac{Crash\ cost - Normal\ cost}{Normal\ time - crzsh\ time} \dots \dots \dots (4)$$

Dalam suatu jaringankerja, setiap aktivitas memiliki 2nilai waktu yang menunjukkan durasinya sebelum dan sesudah dilakukan percepatan (Priyo dan Paridi, 2018) yaitu:

- a. *Durasi Normal*  
periode yang dibutuhkan untuk menyelesaikansuatu kegiatan dalam proyek menggunakan unsur yang tersedia secara normal, tanpa penambahan nilai ekstra.
- b. *Crash Duration*  
periode yang dibutuhkan untuk menyelesaikansuatu proyek ketika dilakukan percepatan, sehingga durasinya lebih pendek dibandingkan periode normal.
- c. *Normal Cost*  
Pada durasi normal proyek, terdapat biaya yang dikeluarkan untuk penyelesaian kegiatan. Biaya ini diperkirakan selama proses perencanaan dan penjadwalan, sekaligus digunakan untuk menentukan durasi normal proyek.

d. *CrashCost*

durasi percepatan proyek, biaya yang digunakan untuk pelaksanaan aktivitas mendorong pekerjaan agar selesai lebih cepat. Biaya pada kondisi normal lebih rendah dibandingkan biaya crash, yang cenderung lebih tinggi. Dengan demikian, waktu lebih singkat dari durasi normal terjadi akibat penerapan crash cost.

Untuk meningkatkan produktivitas kerja, proyek dapat dipercepat sehingga durasinya lebih singkat, yang berakibat pada meningkatnya nilai langsung (directcost).

## 2.12. Analisis Peralihan Waktu dan Biaya (TCTO)

Percepatan waktu proyek biasanya didasarkan pada beberapa alasan, termasuk faktor-faktor tak disengaja seperti cuaca, kekeliruan perancangan awal, kerusakan mesin, atau kandasnya konstruksi. Meskipun percepatan proyek menyebabkan peningkatan biaya dibandingkan rencana awal, upaya tetap dilakukan untuk meminimalkan tambahan biaya tersebut. Aktivitas yang ada pada lintasan kritis menjadi fokus percepatan, karena menekan waktu pada kegiatan yang bukan lintasan kritis tidak akan mempengaruhi durasi total proyek. Dalam lintasan kritis, aktivitas dengan **cost slope** rendah diprioritaskan untuk dipercepat. Langkah-langkah untuk memotong waktu selesainya proyek akan dijelaskan lebih rinci sebagai berikut:

- 1) Menentukan durasi penyelesaian proyek sekaligus menghitung nilai normal untuk setiap pekerjaan.
- 2) Dilakukan menghitung durasi percepatan (crash duration) pada masing-masing aktivitas pekerjaan.
- 3) Menghitung biaya percepatan (crashcost) untuk setiap pekerjaan.

- 4) Menentukan costslope untuk setiap unsur pekerjaan.
- 5) Memperpendek waktu kegiatan dengan memulai dari aktivitas kritis yang memiliki costslope terkecil.
- 6) Memangkas durasi lebih lanjut pada aktivitas yang memiliki kombinasi cost slope terkecil, terutama jika terbentuk jalurkritis baru dalam hitungan percepatan proyek.
- 7) Melakukan penekanan durasi secara bertahap hingga semua aktivitas pada lintasan kritis mencapai kapasitas maksimum.
- 8) Menyajikan hasil dalam bentukgrafik hubungan nilai dan waktu, dengan poros horizontal menunjukkan waktu proyek dan poros vertikal menunjukkan nilai proyek.
- 9) Menggambarkan pada grafikhasil hitungan nilai langsung dan tidaklangsung proyek.
- 10) Untuk memperoleh total biaya dalam jangka waktu tertentu, jumlahkan biaya langsung dan tidak langsung.
- 11) Memeriksa grafik total biaya untuk memastikan tercapainya durasi proyek yang optimal dengan biaya terendah (Soeharto, 1999).

Jika proyek diselesaikan dengan percepatan durasi, biaya yang diperlukan untuk proyek tersebut akan meningkat (Sulistyo dan Fikri, 2021). Dalam pelaksanaan percepatan proyek, setiap aktivitas dapat dioptimalkan dengan mempercepat durasinya melalui langkah-langkah berikut:

a. Tambahan Jam Lemburan

Dengan jumlah unsur yang tetap, lemburan bisa dilakukan dengan menambah jam tanpa menambah jumlah sda. Pertambahan jam bertujuan untuk meningkatkan hasil harian agar proyek dapat diselesaikan lebih cepat. Namun, lama kerja setiap pekerja perlu diperhatikan, karena kelelahan yang berlebihan dapat menurunkan produktivitas.

b. Dilakukan Tambahan pekerja

Penambahan pekerja berarti menambahkan jumlah sda untuk suatu kegiatan tanpa memperpanjang jam. Tujuan dari penambahan ini adalah untuk meningkatkan produktivitas hingga mencapai tingkat optimal. Namun, jika jumlah tenaga kerja ditambah secara berlebihan, produktivitas justru dapat menurun akibat berbagai faktor, seperti kesulitan pengawasan dan terbatasnya ruang kerja yang mengurangi kelancaran pelaksanaan proyek.

c. Peralihan atau Tambah Peralatan

Produktivitas dapat ditingkatkan dengan menambah peralatan. Namun, ketersediaan ruang yang memadai perlu diperhatikan agar alat-alat dapat ditempatkan dengan tepat. Penambahan peralatan juga akan meningkatkan biaya langsung terkait mobilitas dan demobilitas, serta memengaruhi produktivitas tenaga kerja. Durasi proyek dapat dipercepat dengan menggunakan peralatan yang memiliki produktivitas lebih tinggi.

d. Penetapan SDA yang mutu

Aktivitas dapat diselesaikan lebih lancar dengan menugaskan sda yang memiliki mutu dan produktivitas bagus. Hal ini menekankan pentingnya pemilihan sumber daya manusia yang berkualitas.

e. Peenetapan Metode Konstruksi yang Efektif

Metode konstruksi sangat terkait dengan tatanan kerja serta tingkat keahlian pelaksana. Tingkat kecakapan pekerja memiliki korelasi kuat dengan metode konstruksi yang digunakan dan ketersediaan unsur yang diperlukan. Penggunaan metode konstruksi yang efektif dan efisien juga dapat mempercepat selesainya pekerjaan yang saling terkait (Fardila & Nur, 2020).

Dalam menyusun jadwal proyek konstruksi, sangat penting menggunakan estimasi waktu yang realistis dan wajar. Percepatan durasi proyek dapat dilakukan melalui analisis (TCTO). Aktivitas yang memengaruhi penyelesaian proyek akan dikurangi durasinya. TCT merupakan metode untuk menguji setiap aktivitas proyek dengan fokus pada kegiatan tertentu. Penegasan waktu diawali pada aktivitas kritis yang memegang **cost slope** terkecil, dan proses ini dilanjutkan secara bertahap hingga semua aktivitas pada lintasan kritis mencapai kapasitas maksimum (Ervianto, 2004).