

**ANALISA “WHAT IF”
SEBAGAI METODE ANTISIPASI
KETERLAMBATAN DURASI PROYEK PADA
KONSTRUKSI JALAN RAYA
(Studi Kasus)**

Oleh :

Huslia Hamka Sitorus

No. Stb : 94 811 0005



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
M E D A N
2001**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
- Access From (repository.uma.ac.id)10/1/24

**ANALISA “WHAT IF”
SEBAGAI METODE ANTISIPASI
KETERLAMBATAN DURASI PROYEK PADA
KONSTRUKSI JALAN RAYA
(Studi Kasus)**

SKRIPSI

Oleh :

Huslia Hamka Sitorus

No. Stb : 94 811 0005

**Skripsi Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Menyelesaikan Studi Pada Fakultas Teknik
Universitas Medan Area**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
M E D A N**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

2001

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Judul Skripsi : ANALISA “WHAT IF” SEBAGAI METODE ANTISIPASI KETERLAMBATAN DURASI PROYEK PADA KONSTRUKSI JALAN RAYA

Nama Mahasiswa : HUSLIA HAMKA SITORUS
No. Stambuk : 948110005
Jurusan : Teknik Sipil

Menyetujui :
Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

(Ir. IRWAN, MT)

(Ir. NURIL MAHDAR)

Mengetahui :

Ketua Jurusan

Dekan



(Ir. IRWAN, MT)



(Ir. H. YUSRI NASUTION, SH)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Tanggal Lulus :

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)10/1/24

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Dengan menyebut Asma' Mu ya Allah, Ilahi Rabbi, penulis selesaikan skripsi ini. Puji syukur penulis panjatkan kepada-MU atas segala hikmah yang Engkau berikan hingga selesainya skripsi ini. Penulis sangat yakin, sebesar apapun usaha yang penulis lakukan untuk menyelesaikannya kiranya tak akan berarti tanpa izin-Mu.

Penulis menyusun sebuah Tugas Akhir yang berjudul:

“Analisa “What If” Sebagai Metode Antisipasi Keterlambatan Durasi Proyek Pada Konstruksi Jalan Raya”.

Selama proses penyusunan hingga selesainya Tuga Akhir ini. Bimbingan dan bantuan serta dukungan dari berbagai pihak sangat penulis rasakan. Untuk ini izinkanlah penulis ucapkan terimakasih terutama kepada:

1. Ayahanda Zainal Abidin Sitorus dan Ibunda Sumiati serta seluruh keluarga tercinta, yang tak pernah henti memberi dukungan dan pengorbanan baik berupa material yang tak ternilai harganya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Zulkarnain Lubis, Ms. Rektor Universitas Medan Area.
3. Bapak Ir. H. Yusri Nasution, SH Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

4. Bapak Ir. Irwan, MT, Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
5. Bapak Ir. Irwan, MT, Selaku Dosen Pembimbing I, yang telah banyak membantu penulis di dalam penyempurnaan dan penyelesaian skripsi ini.
6. Ibu Ir. Nuril Mahda R, Selaku Dosen Pembimbing II, yang telah bersedia meluangkan waktu dan memberikan bimbingan serta saran-saran yang bermanfaat bagi penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Yang telah membantu di dalam pengerjaan skripsi ini.
8. Bapak Ir. Suwandi dan seluruh staf Kontraktor PT. NINDYA KARYA (Persero), yang telah banyak membantu.
9. Kakanda Trisnawati, pegawai Tata Usaha Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
10. Kakanda Juli Herman, ST, yang telah banyak membantu dalam mengerjakan skripsi ini.
11. Kakanda Ir. Amrul, yang telah membantu penulis didalam mengerjakan skripsi ini.
12. Rekan-rekan Mahasiswa/i Sipil angkatan '94 serta rekan-rekan yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya yang mana telah memberi dukungan dan semangat.
13. Seluruh pihak yang sudah banyak membantu, Saya ucapkan terimakasih atas bantuannya.

Penulismenyadari masih banyak kekurangan di dalam pengerjaan penulisan skripsi ini, untuk itu penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya serta mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan penulisan skripsi ini. Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah diberikan oleh semua pihak dalam membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.

Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca sekalian.

Alhamdulillahirabbil'alamin



Medan,
Penulis

(HUSLIA HAMKA SITORUS)

ABSTRAKSI

Jaringan kerja proyek terdiri dari berbagai jenis aktivitas yang saling berkaitan antara satu dengan yang lainnya. Bila terjadi keterlambatan pada salah satu jenis aktivitas, sering kali akan menyebabkan keterlambatan durasi proyek secara keseluruhan. Salah satu usaha untuk mengantisipasi keterlambatan durasi proyek adalah dengan melakukan percepatan durasi aktivitas pengikut. Metode Jalur Kritis atau Critical Path Methode (CPM) merupakan suatu metode penjadwalan proyek yang sudah dikenal dan sering digunakan sebagai sarana manajemen dalam pelaksanaan proyek.

Penggunaan analisa “*what if*” dalam bentuk grafik bertujuan untuk mendapatkan nilai optimum penambahan jumlah pekerja dan jam kerja, pada pelaksanaan proyek.

Sebuah studi telah dilakukan untuk mengatasi masalah percepatan durasi aktivitas sebagai langkah antisipasi keterlambatan proyek, dengan analisa “*what if*” yang diterapkan pada jadwal CPM. Dengan memakai metode analisa “*what if*” kita dapat mengantisipasi keterlambatan durasi proyek dari 10 % sampai dengan 50 %. Model CPM dianalisa dengan analisa “*what if*” pada setiap aktivitas, analisa data dengan menggunakan program *Microsoft Excel*, hasil analisa ditampilkan dalam bentuk grafik alternatif aktivitas percepatan yang menunjukkan hubungan antara prosentase keterlambatan aktivitas “x” dengan jumlah pekerja dan jam kerja tambahan untuk mengantisipasi keterlambatan durasi proyek.

Penggunaan analisa “*what if*” dalam bentuk grafik akan lebih komunikatif dan bermanfaat bagi pemilik maupun kontraktor, sehingga upaya percepatan dapat dilakukan dengan pemilihan aktivitas yang tepat dan percepatan tersebut menjadi lebih efektif, baik ditinjau dari sisi waktu maupun biaya.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAKSI.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Tujuan dan Manfaat	2
I.3. Permasalahan.....	2
I.4. Batasan Masalah	3
I.5. Metodologi Penelitian	3
BAB II. LANDASAN TEORI	
II.1. Metode Jalur Kritis.....	5
II.1.1. Hitungan Maju.....	10
II.1.2. Hitungan Mundur.....	14
II.1.3. Jalur Kritis dan Float	17
II.2. Keterlambatan Proyek	22
II.3. Percepatan Durasi Aktivitas	25
II.4. Percepatan Sumber Daya Manusia	28
II.5. Produktivitas Tenaga Kerja	32
II.5.1. Faktor-faktor yang Mempengaruhi.....	34
BAB III.PENERAPAN ANALISA “WHAT IF” PADA MODEL CPM	
III.1. Analisa “What If” Pada Model CPM.....	44

III.2. Asumsi dan Batasan	46
III.3. Analisa Percepatan Durasi Aktivitas	48
BAB IV STUDI KASUS PADA PROYEK PEMELIHARAAN JALAN TAPSEL I SAMPAI JEMBATAN MERAH	
IV. 1. Gambaran Umum Tentang Proyek Rehab/ Pemeliharaan	
Jalan Batas Tapasel I Sampai Jembatan Merah	51
IV.2. Perhitungan Algorithm.....	51
IV.3. Membuat Tabel Penambahan Jumlah Pekerja dan Jam Kerja Akibat Keterlambatan Aktivitas.....	64
IV.4. Membuat Grafik Pengaruh Keterlambatan Aktivitas Terhadap Penambahan Jumlah Pekerja dan Jumlah Jam Kerja.	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1. Kesimpulan	69
V.2. Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Langkah-langkah Pembuatan Jadwal Proyek.....	10
2. Model CPM.....	11
3. Suatu Kegiatan dengan dua atau lebih kegiatan-kegiatan terdahulu yang Menggabung.....	13
4. Kegiatan yang memiliki dua atau lebih kegiatan berikutnya (memecah) ..	17
5. Float Bebas.....	20
6. Rata-rata Jumlah Tenaga Kerja.....	30
7. Indikasi menurunnya produktivitas karena kerja lembur.....	39
8. Ukuran besar proyek (jam-orang) versus produktivitas.....	39
9. Kepadatan tenaga kerja versus produktivitas.....	42
10. Model CPM (kasus)	53
11. Diagram Batang untuk percepatan durasi aktivitas	55
12. Grafik pengaruh keterlambatan aktivitas B1 terhadap penambahan jumlah pekerja	76
13. Grafik penambahan jam kerja akibat keterlambatan aktivitas B1	77

DAFTAR TABEL

	Halamn
1. Hasil perhitungan maju untuk mendapatkan EF	14
2. Hasil perhitungan mundur untuk mendapatkan LF.....	16
3. Mengidentifikasi float dari Jalur Kritis.....	19
4. Aktivitas B1 mengalami keterlambatan 10 %.....	56
5. Aktivitas B1 mengalami keterlambatan 20 %.....	57
6. Aktivitas B1 mengalami keterlambatan 30 %.....	58
7. Aktivitas B1 mengalami keterlambatan 40 %.....	59
8. Aktivitas B1 mengalami keterlambatan 50 %.....	60
9. Penambahan Jumlah Pekerja akibat keterlambatan aktivitas B1	74
10. Penambahan Jam Kerja akibat keterlambatan aktivitas B1	74

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Waktu adalah uang, nilai waktu semakin menjadi elemen yang kritis dalam proses pelaksanaan sebuah proyek, dengan tingginya tingkat suku bunga dan laju inflasi yang semakin terasa pada beberapa tahun terakhir ini, keterlambatan proyek menjadi kontribusi utama terhadap terjadinya pembengkakan biaya proyek. Secara umum keterlambatan proyek sering terjadi karena adanya perubahan perencanaan selama proses pelaksanaan, manajerial yang buruk dalam organisasi kontraktor, rencana kerja yang tidak tersusun dengan baik, gambar yang tidak lengkap serta kegagalan kontraktor dalam melaksanakan pekerjaan.

Keterlambatan proyek seringkali menjadi sumber perselisihan antara pemilik dan kontraktor, sehingga keterlambatan proyek akan menjadi sangat mahal nilainya baik ditinjau dari sisi kontraktor maupun pemilik. Kontraktor akan terkena denda (penalty) sesuai dengan kontrak, disamping itu kontraktor juga akan mengalami tambahan biaya *overhead* selama proyek masih berlangsung. Berdasarkan kejadian di atas, bila disinyalir adanya indikasi keterlambatan proyek, karena keterlambatan pada salah satu aktivitas kritis maupun non-kritis, maka seorang manajer proyek yang kompeten biasanya akan mengambil langkah antisipasi yaitu melakukan usaha percepatan aktivitas proyek.

Analisa “*what if*” sebagai metode antisipasi keterlambatan durasi proyek merupakan sebuah studi yang bertujuan melengkapi seorang manajer proyek di dalam memonitor proyek untuk menghindari keterlambatan durasi proyek.

Beranjak dari hal inilah penulis mencoba menyusun tugas akhir tentang “Analisa “*What If*” sebagai Metode Antisipasi Keterlambatan Durasi Proyek Pada Konstruksi Jalan Raya”.

1.2. Tujuan dan Manfaat

Penggunaan analisa “*what if*” bertujuan untuk menunjukkan kinerja yang lebih optimum dari penggunaan analisa “*what if*” pada model CPM yaitu untuk mendapatkan penambahan jumlah tenaga kerja dan jam kerja.

Manfaat analisa ini adalah sebagai acuan bagi manajer proyek untuk dapat segera mengambil keputusan yang tepat dan efektif, ketika terjadi ketidaksesuaian jadwal aktual dengan jadwal rencana.

1.3. Permasalahan

Pada suatu proyek sering dijumpai terjadinya keterlambatan di dalam pelaksanaan suatu proyek, penyebab terjadi keterlambatan pada suatu proyek disebabkan oleh beberapa hal yaitu:

1. Adanya perubahan perencanaan selama proyek berlangsung, rencana kerja yang tidak tersusun dengan baik.
2. Terjadinya ketidak sesuaian jadwal aktual dengan jadwal rencana dan

kurangnya jumlah tenaga kerja.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)10/1/24

3. Jauhnya lokasi proyek sehingga material lambat sampai ketempat proyek.
4. Modal kurang dan terjadinya kenaikan harga barang.
5. Dan lain-lain.

1.4. Batasan Masalah

Analisa “*What If*” Sebagai Metode Antisipasi Keterlambatan Durasi Proyek pada Pembuatan jalan, batas Tapsel I sampai Jembatan Merah, Kec. Penyabungan, Kab. Mandailing Natal (Madina) yang diambil batasan masalahnya adalah pada keterlambatan (waktu) yang disebabkan oleh sumber daya manusia (pekerja). Laporan kemajuan pelaksanaan proyek yang akan digunakan untuk pengawasan dan pengambilan keputusan juga akan ditampilkan.

1.5. Metodologi Penelitian

Untuk mencapai tujuan diatas maka dilakukan langkah-langkah dan metode penelitian sebagai berikut :

- a. Menentukan jenis proyek yang akan dianalisa, disini penulis mengambil studi kasus pada proyek Jalan Raya.
- b. Mengambil data yang diperlukan pada proyek yang sudah ditetapkan tersebut berdasarkan jenis pekerjaan, waktu (lamanya) pekerjaan dan sumber daya manusia (pekerja) yang digunakan pada proyek tersebut.
- c. Melakukan wawancara dengan konsultaaan maupun pemilik proyek agar didapatkan suatu gambaran yang lebih jelas, agar di dapat suatu kemajuan proyek dan kendala-kendala yang dihadapi dalam pelaksanaan proyek.

- d. Menganalisa data yang diperoleh dengan menggunakan metode Analisa "*What If*".
- e. Menampilkan hasil yang di dapat dari Metode "*What If*". Laporan tersebut bisa disajikan dalam beberapa sisi, yaitu penjadwalan (waktu) dan sisi penggunaan sumber daya (pekerja) sebagai laporan kemajuan proyek yang akan dipakai unuk pengawasan dan pengambilan keputusan oleh Manajer Proyek.



BAB II

LANDASAN TEORI

II.1. METODE JALUR KRITIS

Pertama-tama yang perlu diketahui dalam mengambil satu keputusan pada waktu perencanaan jaringan kerja ialah unsur mana yang akan memperoleh perhatian utama. Jikalau jaringan kerja itu menitikberatkan kepada Event maka, disebut jaringan kerja berorientasi event (*event oriented network*) dan bila titik berat di letakkan pada aktivitas, maka disebut jaringan kerja berorientasi aktivitas (*activing oriented network*).

Dari segi penyusunan jadwal, jaringan kerja dipandang sebagai suatu langkah penyempurnaan Metode Bagan Balok, karena dapat memberi jawaban atas pertanyaan-pertanyaan yang belum terpecahkan oleh metode tersebut, seperti :

- * Berapa lama perkiraan kurun waktu penyelesaian proyek
- * Kegiatan-kegiatan mana yang bersifat kritis dalam hubungannya dengan penyelesaian proyek
- * Bila terjadi keterlambatan dalam pelaksanaan kegiatan tertentu, bagaimana pengaruhnya terhadap sasaran jadwal penyelesaian proyek secara menyeluruh.

Disamping itu jaringan kerja berguna untuk :

- * Menyusun urutan kegiatan proyek yang memiliki sejumlah besar komponen dengan hubungan ketergantungan yang kompleks
- * Membuat perkiraan jadwal proyek yang paling ekonomis
- * Mengusahakan fluktuasi minimal penggunaan sumber dayanya.

Langkah ini bertujuan mengkaji secara analitis, berapa lama waktu penyelesaian proyek. Dalam hubungan ini, pada 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. Makna jalur kritis penting bagi pelaksana proyek, karena pada jalur ini terletak kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat, akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Kadang-kadang dijumpai lebih dari satu jalur kritis dalam jaringan kerja.

Metode jalur kritis atau Critical Path Method (CPM), pertama kali digunakan di Inggris pada pertengahan tahun 50-an pada suatu proyek pembangkit tenaga listrik, kemudian pada tahun 1956-1958 metode ini dikembangkan dan

disempurnakan oleh Walker dan Kellery dari dua perusahaan Amerika, E.I. du Pont de Nemours. Co, dan Remington Rand. Co.

Metode jalur kritis (CPM) yang banyak digunakan sekarang adalah hasil pengembangan yang dilakukan oleh Fondahl dari Stanford University pada tahun 1961, yaitu Metode jalur kritis (CPM) yang dibantu oleh Program komputer, baik dalam perhitungan, maupun dalam penyusunan urutan pelaksanaan aktivitas proyek. Metode jalur kritis (CPM) merupakan suatu modal grafis yang menunjukkan waktu pelaksanaan suatu sistem operasi proyek. Sebuah jadwal CPM terdiri dari serangkaian aktivitas kritis dan non-kritis yang saling berkaitan antara satu dengan yang lain. Bahwa dari pekerjaan yang non-kritis dapat juga diklasifikasikan lebih lanjut menjadi pekerjaan sub-kritis. Unsur yang memegang peranan dalam klasifikasi ini ialah unsur waktu.

Aktivitas kritis adalah aktivitas yang tidak dapat diganggu gugat waktu pelaksanaannya dan di dalam proses indentifikasi jalur kritis, dikenal beberapa terminologi dan rumus-rumus perhitungan sebagai berikut :

$TE = E ;$

Waktu paling awal peristiwa (*node/event*) dapat terjadi (*Earliest Time of Occurance*) yang berarti waktu paling awal suatu kegiatan yang berasal dari node tersebut dapat dimulai, karena menurut aturan dasar jaringan kerja, suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan terdahulu telah selesai.

TL = L ;

Waktu paling akhir peristiwa boleh terjadi (*Latest Allowable event / Occurance Time*), yang berarti waktu paling lambat yang masih diperbolehkan bagi suatu peristiwa terjadi.

ES ;

Early Start yaitu waktu paling awal dimulainya aktivitas. Bila waktu kegiatan dinyatakan atau berlangsung dalam jam, maka waktu ini adalah jam paling awal kegiatan dimulai.

EF ;

Early Finish yaitu waktu paling awal selesainya aktivitas. Bila hanya ada satu kegiatan terdahulu, maka EF suatu kegiatan terdahulu merupakan ES kegiatan berikutnya.

LS ;

Latest Start yaitu waktu paling lambat aktivitas harus dimulai, waktu paling akhir kegiatan dimulai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan.

LF ;

Latest Finish yaitu waktu paling akhir kegiatan (Aktivitas) harus selesai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan.

D ;

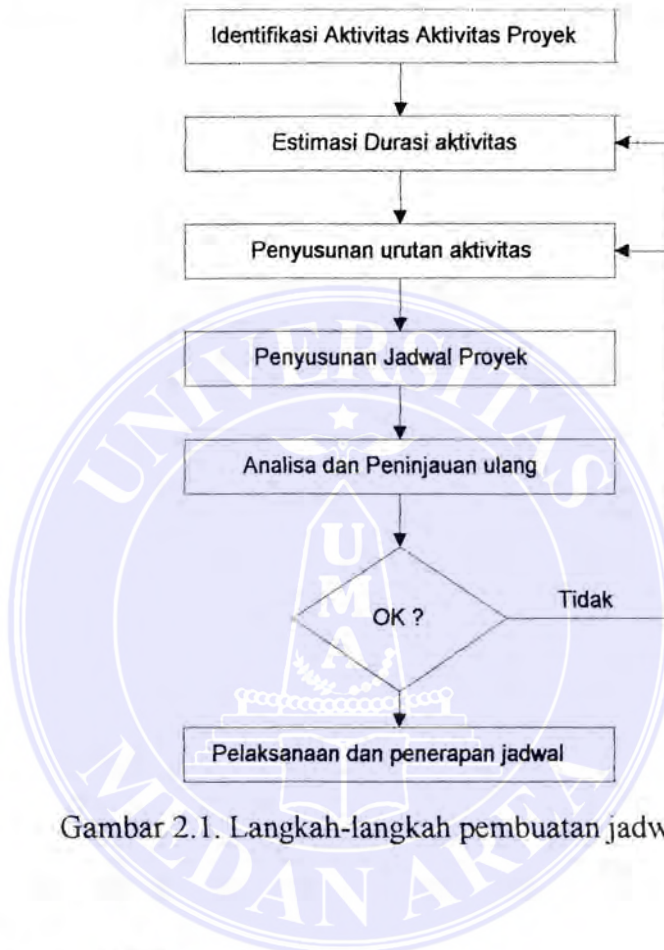
Yaitu kurun waktu suatu kegiatan. Umumnya dengan satuan waktu hari, minggu, bulan, dan lain-lain.

Dan aktivitas non-kritis adalah aktivitas yang memiliki tenggang waktu (Float) yaitu $LS > ES$ dan $LF > EF$ dimana tenggang waktu tersebut sangat berperan dalam usaha percepatan durasi proyek.

Perencanaan jadwal proyek dapat dilakukan dengan baik dan realistis, apabila didalam proses perencanaan jadwal dilakukan secara bertahap dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- * Mengidentifikasi jenis-jenis aktivitas proyek
- * Menentukan durasi masing-masing aktivitas sesuai dengan produktivitas sumber daya yang ada.
- * Menentukan hubungan antar aktivitas dan urutan kerja antara aktivitas yang satu dengan yang lain.
- * Melihat kembali apakah durasi dan urutan aktivitas sudah masuk akal dan bisa dilaksanakan di lapangan.

Dari langkah-langkah tersebut diatas dapat kita lihat pada gambar 2.1 :



Gambar 2.1. Langkah-langkah pembuatan jadwal proyek

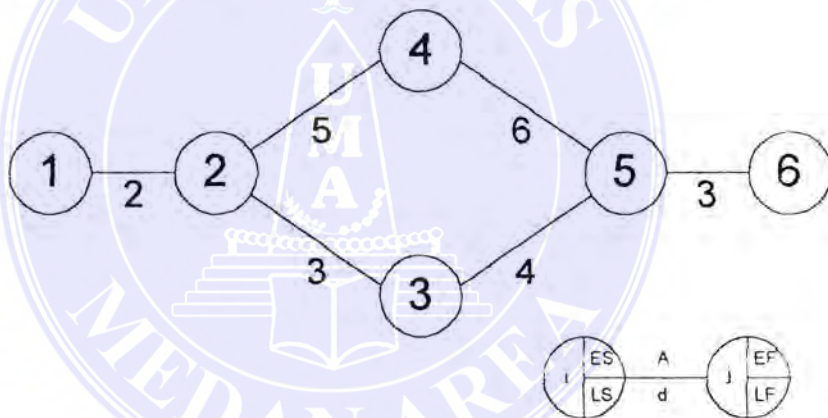
II.1.1. Hitungan Maju

Dalam pekerjaan model metode jalur kritis (CPM) ini, semua pasti mengalami pekerjaan yang kritis atau pekerjaan yang tidak boleh diabaikan. Dalam mengidentifikasi jalur kritis dipakai suatu cara yang disebut dengan hitungan maju (on ward calculation).

Pertama-tama perlu mengingat kembali aturan atau kaidah dalam menyusun jaringan kerja tersebut dapat dilihat, yaitu :

- Untuk menentukan TE = Waktu paling awal peristiwa dari event (kejadian)
- Dilakukan dari awal dengan mengambil harga awal = 0 , dan selanjutnya diurut sampai akhir.
- Bila ada 2 atau lebih waktu kejadian maka yang diambil adalah *Nilai Terbesar*.

Berikut ini adalah contoh model CPM sederhana untuk maksud diatas dengan memakai visualisasi proyek seperti yang terdapat pada gambar 2.2 :



Gambar 2.2 Contoh Model CPM

Dalam kegiatan awal, maka suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan yang mendahuluinya (Predecessor) telah selesai. Pada kegiatan peristiwa I menandai dimulainya proyek. Disini berlaku pengertian bahwa waktu paling awal peristiwa terjadi adalah = 0 atau $E (1) = 0$. Aturan selanjutnya untuk hitungan maju adalah

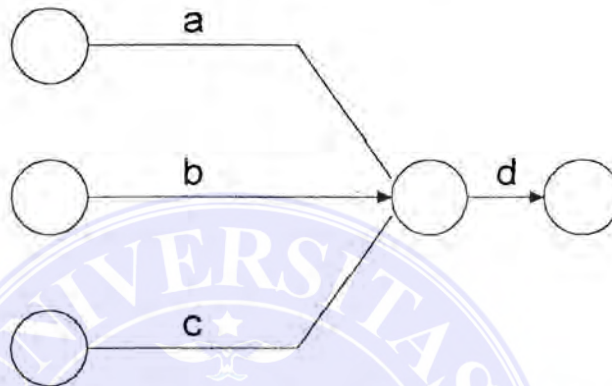
waktu selesai paling awal suatu kegiatan, sama dengan waktu kegiatan yang bersangkutan, misalnya $EF = ES + D$ atau $EF_{(i-j)} = ES_{(i-j)} + D_{(i-j)}$. Jadi untuk kegiatan 1-2 didapat :

$$EF (1-2) = ES (1-2) + D = 0 + 2 = 2.$$

Analog dengan perhitungan diatas maka waktu selsai paling awal kegiatan 2-3 adalah hari ke-2 plus 3, sama dengan hari ke-5. Berikutnya kegiatan 2-4, kegiatan ini dimulai segera setelah kegiatan 1-2 selesai, dengan kata lain waktu mulai paling awal bagi kegiatan 2-4 adalah sama dengan waktu selesai paling awal dari kegiatan 1-2, sehingga waktu selesai paling awal kegiatan 2-4 adalah $EF (2-4) = 2 + 5 = 7$. Dengan pengertian yang sama maka mulainya kegiatan 3-5 ditentukan oleh selesainya kegiatan 2-3, dan waktu selesai paling awal kegiatan 3-5 adalah : $EF (3-5) = 5 - 4 = 9$, sedangkan untuk kegiatan 4 -5 didapat : $EF (4 - 5) = 7 + 6 = 13$.

Kemudian sampai pada kegiatan 5 - 6, dimana sebelumnya didahului oleh 2 kegiatan, yaitu 4-5 dan 3-5. Kaidah dasar jaringan kerja menyatakan bahwa kegiatan 5-6 baru dapat dimulai bila semua kegiatan yang mendahuluinya telah selesai. Pada contoh ini kegiatan 3-5 selesai pada hari ke-9, tetapi kegiatan 4-5 baru selesai pada hari ke-13, sehingga hari ke-13 adalah waktu mulai paling awal (ES) bagi kegiatan 5-6. Atau dapat dinyatakan mulai paling awal (ES) bagi kegiatan 5-6. Atau dapat dinyatakan bahwa untuk node 5 berlaku aturan sebagai berikut, yaitu bila suatu kegiatan

memiliki dua atau lebih kegiatan-kegiatan terdahulu yang menggabung, maka waktu mulai paling awal (ES) kegiatan tersebut adalah sama dengan waktu selesai paling awal (EF) yang terbesar dari kegiatan terdahulu.



Gambar 2.3 Suatu kegiatan dengan dua atau lebih kegiatan-kegiatan terdahulu yang menggabung.

Umpamakan c pada gambar 2.3 memiliki EF terbesar dari kegiatan-kegiatan lain yang mendahului d, maka ES dari d adalah sama dengan EF dari c atau, bila $EF(c) > EF(b) > EF(a)$, maka $ES(d) = EF(c)$. Jadi berdasarkan keterangan diatas, maka waktu selesai paling awal kegiatan 5-6 adalah : $EF(5-6) = EF(4-5) = 3 = 13 + 3 = 16$.

Bila hasil-hasil perhitungan tersebut dicatat dalam suatu format, akan dihasilkan tabulasi seperti pada tabel 1. Oleh karena itu kegiatan 5-6 adalah kegiatan terakhir dari proyek, maka selesainya kegiatan 5-6 berarti juga waktu selesainya proyek, yaitu pada hari ke-16.

Tabel 2.1 Hasil perhitungan maju untuk mendapatkan EF.

Kegiatan			Kurun Waktu (D) (4)	Paling Awal	
i (1)	j (2)	Nama (3)		Mulai (ES) (5)	Selesai (EF) (6)
1	2		2	0	2
2	3		3	2	5
2	4		5	2	7
3	5		4	5	9
4	5		6	7	13
5	6		9	13	16

II. 1.2 Hitungan Mundur

Hitungan mundur atau kebelakang (Back Ward Calculation).

Perhitungan mundur dimaksudkan untuk mengetahui waktu atau tanggal paling akhir kita “masih” dapat memulai dan mengakhiri masing-masing kegiatan, tanpa menunda kurun waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, yang telah dihasilkan dari hitungan maju. Hitungan mundur dimulai dari ujung kanan (hari terakhir penyelesaian proyek) suatu jaringan kerja. Tapi untuk mengetahui cara kerja hitungan Mundur yaitu :

- Dilakukan untuk mendapatkan seluruh TL dari kejadian

- Perhitungan ke belakang dilakukan dari akhir rangkaian dengan mengambil harga TL event terakhir = harga TE event terakhir, selanjutnya diurut ke depan /awal
- Jika terdapat 2 atau lebih kejadian, maka yang diambil adalah nilai *terkecil*.

Untuk mengetahui hal tersebut dapat digunakan contoh di atas pada gambar 2.2 dimana kurun waktu penyelesaian proyek adalah 16 hari. Agar tidak menunda penyelesaian proyek maka hari ke-16 harus merupakan hari / waktu paling akhir dari kegiatan proyek, atau waktu paling akhir peristiwa boleh terjadi, $L(6) = EF(5-6) = 16$ dan $LF(5-6) = L(6)$. Untuk mendapatkan angka waktu mulai paling akhir kegiatan 5-6, maka dipakai aturan jaringan kerja yang menyatakan bahwa :

“Waktu mulai paling akhir suatu kegiatan adalah sama dengan waktu selesai paling akhir, dikurangi kurun waktu berlangsungnya kegiatan yang bersangkutan misalnya $LS = LF - D$.”

Jadi pekerjaan / kegiatan untuk 5-6 dapat dihasilkan yaitu :

$$\begin{aligned} LS(5-6) &= LF(5-6) - D \text{ atau} \\ &= 16 - 3 = 13. \end{aligned}$$

Selanjutnya bila kegiatan 5-6 dimulai pada hari ke-13, maka berarti kedua kegiatan yang mendahuluinya harus diselesaikan pada hari ke-13 juga. Sehingga EF dari kegiatan 4-5 dan 3-5 adalah sama dengan LS dari kegiatan 5-6 yaitu hari ke-13.

Dengan demikian aturan tersebut dapat kita lihat pada keterangan diatas, dan dari hasil berikutnya adalah :

Kegiatan 4-5, maka $LS (4-5) = 13 - 6 = 7$

Kegiatan 3-5, maka $LS (3-5) = 13 - 4 = 9$

Kegiatan 2-4, maka $LS (2-4) = 7 - 5 = 2$

Kegiatan 2-3, maka $LS (2-3) = 9 - 3 = 6$

Kegiatan 1-2, maka $LS (1-2) = 2 - 2 = 0$

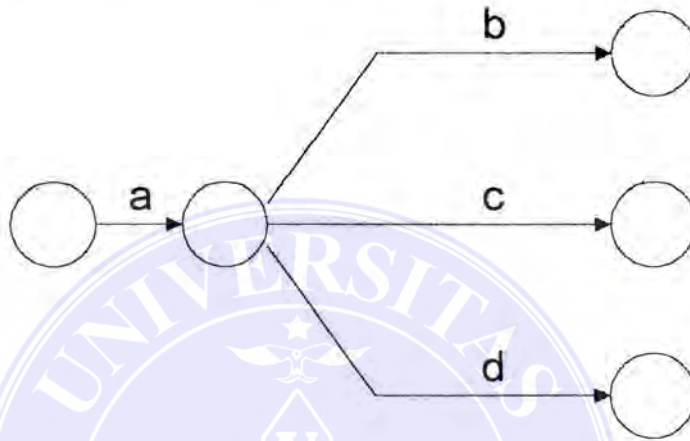
Dari data di atas dapat kita lihat pada tabel 2.

Tabel 2.2 Hasil perhitungan mundur untuk mendapatkan LF.

Kegiatan			Kurun Waktu (D) (4)	Paling Awal		Paling Akhir	
I (1)	j (2)	Nama (3)		Mulai (ES) (5)	Selesai (EF) (6)	Mulai (LS) (7)	Selesai (LF) (8)
1	2		2	0	2	0	2
2	3		3	2	5	6	9
2	4		5	2	7	2	7
3	5		4	5	9	9	13
4	5		6	7	13	7	13
5	6		3	13	26	13	16

Dengan meninjau peristiwa atau model-model, di mana terdapat kegiatan yang “memecah” menjadi dua (atau lebih), maka berlaku aturan sebagai berikut, “Bila suatu kegiatan memiliki (memecah menjadi) 2 atau lebih kegiatan-kegiatan

berikutnya (*successor*), maka waktu selesai paling akhir (LF) kegiatan tersebut adalah sama dengan waktu mulai paling akhir (LS) kegiatan berikutnya yang terkecil.” Ini dapat kita lihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Kegiatan yang memiliki dua atau lebih kegiatan berikutnya (memecah).

Bila $LS(b) < LS(c) < LS(d)$ maka $LF(a) = LS(b)$. Untuk contoh diatas, maka $LF(1-2) = LS(2-4) = 2$.

II.1.3 Jalur Kritis Dan Float

Dalam pekerjaan dengan menggunakan Model Jalur Kritis (CPM) peranan float sangat penting pada setiap aktivitas-aktivitas. Float adalah tenggang waktu atau waktu ekstra pada setiap waktu non-kritis didalam model CPM. Jadi keberadaan float dalam jadwal CPM merupakan komoditi yang bernilai dan bersifat dinamis yang bermanfaat bagi kontraktor maupun pemilik didalam pengaturan aktivitas non-kritis,

terutama dalam hal alokasi sumber daya proyek dalam konteks percepatan durasi aktivitas.

Waktu tenggang (float) didalam jadwal CPM mempunyai beberapa hal dalam float yaitu :

- a. Total Float
- b. Free Float
- c. Interferen Float
- d. Independent Float

A. Total Float

Adalah jumlah waktu dari suatu kegiatan yang dapat ditunda tanpa menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Total float (TF) digunakan untuk menempatkan prioritas suatu kegiatan.

Pada perencanaan dan penyusunan jadwal proyek, arti penting dari float total (TF) adalah menunjukkan jumlah waktu yang diperkenankan suatu kegiatan boleh ditunda, tanpa mempengaruhi jadwal penyelesaian proyek secara keseluruhan. Jumlah waktu tersebut sama dengan waktu yang didapat bila semua kegiatan terdahulu dimulai seawal mungkin, sedangkan semua kegiatan berikutnya dimulai selambat mungkin. Float total ini dimiliki bersama oleh semua kegiatan yang ada pada jalur yang bersangkutan. Hal ini berarti bila salah satu kegiatan telah memakainya,

maka float total yang tersedia untuk kegiatan-kegiatan lain yang berada pada jalur tersebut sama dengan float total semula dikurangi bagian yang telah terjadi.

Dari pembahasan sebelumnya telah diketahui maka didalam mencari float total suatu kegiatan sama dengan waktu selesai paling akhir, dikurangi waktu selesai paling awal atau waktu mulai paling akhir dan dikurangi waktu mulai paling awal dari kegiatan tersebut, ini semua dapat kita lihat dari keterangan dibawah ini :

$$TF = LF - EF = LS - ES.$$

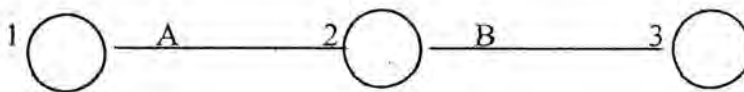
Dapat dinyatakan juga sebagai berikut, float total sama dengan waktu paling akhir terjadinya node berikutnya $L (j)$, dikurangi waktu paling awal terjadinya node terdahulu $D (i - j)$. Untuk mengetahui penjelasan diatas dapat kita lihat kolom 9 dari tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan float bagi contoh proyek yang bersangkutan.

Tabel 2.3 mengidentifikasi float dari jalur kritis.

Kegiatan			Kurun Waktu (D)	Paling Awal		Paling Akhir		Total Float (TF)
i	j	Nama		Mulai (ES)	Selesai (EF)	Mulai (LS)	Selesai (LF)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	2		2	0	2	0	2	0
2	3		3	2	5	6	9	4
2	4		5	2	7	2	7	0
3	5		4	5	9	9	13	4
4	5		6	7	13	7	13	0
5	6		3	13	16	13	16	0

B. Float Bebas atau Free Float (FF).

Float Bebas (FF) untuk menunjukkan kegiatan yang bisa diperlambat tanpa mengetahui Early Start (ES) kegiatan sesudahnya. Seperti telah tersinggung pada awal bahwa untuk memanfaatkan float total (TF), maka kegiatan terdahulu dimulai seawal mungkin (ES) sebaliknya kegiatan berikutnya harus memulai selambat mungkin (= LS). Berbeda dengan hal diatas maka salah satu syarat adanya float bebas (FF) adalah bilamana semua kegiatan pada jalur yang bersangkutan mungkin seawal mungkin. Besarnya float bebas (FF) suatu kegiatan adalah sama dengan sejumlah waktu dimana penyelesaian kegiatan tersebut dapat diundur tanpa mempengaruhi waktu mulai paling awal dari kegiatan berikutnya ataupun semua peristiwa yang lain pada jaringan kerja. Dengan kata lain float bebas (FF) dimiliki oleh salah satu kegiatan tertentu sedangkan float total (TF) dimiliki oleh kegiatan-kegiatan yang berada pada jalur yang bersangkutan. Untuk mengetahui cara mencari float bebas (FF) dari suatu kegiatan adalah sama dengan waktu mulai paling awal (EF) kegiatan yang dimaksud. Jadi bila rangkaian terdiri dari kegiatan-kegiatan A (1-2) dan B (2-3) dengan node 1, 2 dan 3 maka kegiatan A mempunyai float bebas (FF) sebesar :



$$FF (1 - 2) = ES (2 - 3) - EF (1 - 2)$$

Gambar 2.5 Float bebas (FF).

C. Float Interferen.

Float interferen sama dengan float total (TTF) dikurangi float bebas (FF)
atau $IF = FT - FF$.

Dari keterangan diatas dapat kita simpulkan bahwa arti dari float interferen adalah bila suatu kegiatan menggunakan sebagai dari IF sehingga kegiatan dari non-kritis berikutnya pada jalur tersebut perlu dijadwalkan lagi (digeser) meskipun tidak sampai mempengaruhi penyelesaian proyek secara keseluruhan.

D. Independen Float (IF).

Independen float (IF) untuk menunjukkan kegiatan yang bisa diperlambat tanpa mempengaruhi total Float (TF) aktifitas sebelumnya dan sesudahnya.

Float independen (IF) memberikan indentifikasi suatu kegiatan tertentu dalam jaringan kerja yang meskipun kegiatan tersebut terlambat tidak berpengaruh terhadap float total (TF) dari kegiatan yang mendahului ataupun kegiatan berikutnya. Bettersby memberi alasan float Independent , yaitu semua predecessors selesai selambat mungkin dan successor mulai seawal mungkin dan bila selisih waktu (interfal) tersebut melebihi kurun waktu kegiatan yang dimaksudkan maka selisih ini disebut float independen. Atau dapat dilihat dari rumusan yang tertera dibawah ini:

“ Float Independen (Fld) = ES kegiatan berikutnya dikurangi LF kegiatan terdahulu dikurangi kurun waktu kegiatan yang dimaksud.”

II.2. KETERLAMBATAN PROYEK

Pada setiap pelaksanaan proyek selalu ada peraturan dari beberapa pekerjaan yang saling mempengaruhi dalam hal pelaksanaan proyek sering didapat hal-hal yang tidak diduga, mengakibatkan pelaksanaan proyek tidak dapat dilanjutkan. Keterlambatan proyek dapat disebabkan oleh pihak kontraktor, pihak pemilik atau disebabkan oleh keadaan alam dan lingkungan diluar kemampuan manusia atau disebut dengan *force majeure*.

Standard dokumen kontrak yang diterbitkan oleh AIA (*American Institute of Architects*) telah membedakan keterlambatan proyek menjadi 3 (tiga) kelompok yaitu:

1. *Excusable/compensable*

Adalah keterlambatan proyek yang beralasan dan dapat dikompensasi.

2. *Excusable/non-compensable*

Adalah keterlambatan yang beralasan tetapi tidak dapat dikompensasi.

3. *Non-Excusable*

Adalah keterlambatan yang tidak beralasan.

Dari kasus tersebut diatas dapat juga diperjelas dibawah ini yaitu:

1. Excusable/compensable

Kasus keterlambatan proyek yang beralasan dan dapat dikompensasi adalah keterlambatan yang disebabkan oleh pihak pemilik dalam kaitannya karena tidak dapat menyediakan jalan tempuh ke proyek, perubahan gambar rencana, perubahan lingkup pekerjaan kontraktor, keterlambatan dalam menyetujui gambar kerja, jadwal dan material, kurangnya koordinasi dan supervisi lapangan, pembayaran tertunda, campur tangan pemilik yang bukan wewenangnya.

Dalam kasus ini kontraktor berhak atas despensasi waktu dan biaya ekstra.

2. Excusable/non-compensable

Kasus keterlambatan proyek yang beralasan tetapi tidak dapat dikompensasi adalah keterlambatan yang di luar kemampuan, baik pihak kontraktor maupun dari pihak pemilik, keterlambatan ini disebabkan oleh cuaca buruk, kebakaran, banjir, pemogokan buruh, peperangan, perusakan oleh pihak lain, larangan kerja, wabah penyakit, inflasi/eskalasi harga dan lain sebagainya.

Kasus ini biasanya disebut dengan *force majeure*.

2. Non-Excusable

Kasus keterlambatan proyek yang tidak beralasan adalah keterlambatan yang disebabkan karena kegagalan kontraktor memenuhi tanggung jawabnya dalam pelaksanaan proyek, dari keterangan tersebut dapat dilihat dari kekurangan

dalam menyediakan Sumber Daya proyek ini juga mencakup beberapa hal, antara lain yaitu:

- Manusia
- Alat
- Material
- Subkontraktor
- Uang (modal)
- Kegagalan koordinasi lapangan
- Kegagalan perencanaan jadwal
- Produktifitas yang rendah
- Dan sebagainya

Dalam kasus ini kontraktor akan terkena denda (penalty) sesuai dengan kontrak.

Dari keterangan-keterangan di atas bahwa di dalam pelaksanaan proyek atau memulai proyek diperlukan mengantisipasi setiap item pekerjaan. Dari kasus nomor 2 (dua) yaitu kasus keterlambatan yang beralasan, tetapi tidak dapat dikompensasi karena keterlambatan proyek tersebut diluar kemampuan manusia.

Mengenai kasus 1 (satu) dan 2 (dua), keterlambatan proyek tersebut dapat diantisipasi sebelum pelaksanaan proyek berlangsung dan bagaimana juga cara menanggulangi keterlambatan proyek lagi berlangsung, dengan keterlambatan ini dapat kita antisipasi setiap item pekerjaan di dalam jadwal CPM.

II.3. PERCEPATAN DURASI AKTIVITAS

Dari pokok permasalahan yang telah didapat, baik dari beberapa pokok permasalahan di atas maka seseorang harus cepat mengambil antisipasi untuk menanggulangnya. Dengan cara penanggulangnya yaitu dengan cara memonitor dari masing-masing aktivitas ke dalam model jalur kritis (CPM), apabila keterlambatan sering terjadi pada setiap aktivitas maka harus dilakukan percepatan durasi pada aktivitas berikutnya.

Pada setiap proyek selalu ada peraturan dari beberapa pekerjaan yang saling mempengaruhi dan harus jelas dalam jadwal proyek, juga harus diketahui sumber daya yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek. Jadi sebenarnya di dalam penyusunan jadwal semestinya sudah dicari keseimbangan antara sumber daya (*resources*) yang tersedia dengan yang seharusnya diperlukan. Persoalan selanjutnya yang dihadapi ialah penyusunan dan perencanaan penggunaan sumber daya yang paling ekonomis sehingga penyelesaian proyek sesuai dengan jadwal. Adakalanya suatu pekerjaan tidak dapat dimulai tepat pada TE = waktu paling awal peristiwa dapat terjadi, karena terbatasnya sumber daya (*resources*). Mungkin hal ini dapat mempengaruhi pekerjaan-pekerjaan berikutnya sehingga pelaksanaan proyek tidak sesuai dengan jadwal.

Dalam hal seperti ini jalan lain yang dapat di tempuh, antara lain:

1. Diadakan lembur
2. Diborongkan kepada pihak lain
3. Menyewa alat
4. Penyelesaian proyek diundur
5. Menambah jumlah pekerja

Dengan penjelasan di atas percepatan durasi aktivitas dapat dilakukan dengan meningkatkan produktivitas pekerja pada aktivitas yang bersangkutan, langkah percepatan durasi hanya dapat dilakukan pada 2 (dua) variabel saja, yaitu jumlah pekerja dan jam kerja, sedangkan total jam-orang tidak dapat digunakan sebagai variabel, karena bersifat konstan untuk setiap aktivitas.

Berdasarkan pada 2 (dua) variabel tersebut diatas, beberapa kemungkinan percepatan yang dapat dilakukan adalah:

1. Dengan menambah jam kerja dengan jumlah pekerja tetap
2. Dengan menambah jumlah pekerja pada jam kerja normal
3. Dengan membuat kelompok kerja baru yang bekerja diluar jam kerja dengan shift kerja pada malam/hari libur.

Percepatan durasi dalam setiap aktivitas sangat perlu diperhatikan, karena percepatan durasi proyek tidak jauh dari jadwal dan sumber daya, sumber daya ini dapat terbagi menjadi beberapa hal yaitu:

1. Modal

Jika sejumlah uang tunai kebutuhan suatu proyek dapat tersedia setelah proyek dimulai. Dengan adanya modal maka proyek dapat terlaksana.

2. Tenaga Kerja

Jumlah tenaga kerja yang betul-betul dipergunakan untuk setiap saat tidak selalu sama.

3. Perlengkapan/ alat-alat

Perlengkapan/alat-alat ini didapat dari menyewa ataupun milik pribadi (kontraktor) dan peralatan ini mempunyai resiko yang sangat berat.

4. Materials (bahan-bahan)

Dalam menyediakan bahan diharapkan tidak jauh dari tempat pelaksanaan proyek (mudah dicapai), akan tetapi sebelum pelaksanaannya barang harus telah tersedia.

5. Ruang Gerak dan Lain-lain

Dari uraian-uraian tersebut diatas dapat dilihat beberapa alokasi sumber daya merupakan suatu hal yang sangat penting, karena didalam kenyataannya sumber daya yang tersedia biasanya terbatas jumlahnya dan juga biaya dipergunakan dalam pengadaan sumber daya juga harus dipakai seefisien mungkin.

Meskipun sumber daya untuk suatu proyek dapat bermacam-macam, tetapi terutama yang akan dibahas disini adalah mengenai alokasi tenaga kerja, yang tentu saja tidak melibatkan jenis sumber daya yang lain.

II.4. PERENCANAAN SUMBER DAYA MANUSIA

Untuk menyelenggarakan proyek, salah satu sumber daya yang menjadi faktor penentu keberhasilannya adalah tenaga kerja. Seperti telah disebutkan dimuka bahwa jenis dan intensitas kegiatan proyek berubah cepat sepanjang siklusnya, sehingga penyediaan jumlah tenaga, jenis keterampilan dan keahlian harus mengikuti tuntunan perubahan kegiatan yang sedang berlangsung. Bertolak dari kenyataan tersebut, maka suatu perencanaan tenaga kerja proyek yang menyeluruh dan terinci harus meliputi perkiraan jenis dan kapan keperluan tenaga kerja, seperti tenaga ahli dari berbagai disiplin ilmu pada tahap design engineering dan pembelian, Supervisor dan pekerjaan lapangan untuk pabrikasi dan konstruksi. Dengan mengetahui perkiraan angka dan jadwal kebutuhannya, maka dapat dimulai kegiatan pengumpulan informasi perihal sumber penyediaan baik kuantitas maupun kualitas keadaan yang sering dialami adalah keterbatasan jumlah penawaran dibanding permintaan di wilayah yang bersangkutan pada saat diperlukan. Bila hal ini terjadi, maka bagaimanapun baiknya rencana diatas kertas, dalam implementasinya akan menghadapi kesulitan. Sama halnya dengan sumber daya manusia, adalah

perencanaan untuk peralatan dan material proyek, terutama bagi long delivery items, atau yang langkah tersedia dipasaran.

Didalam membahas perencanaan sumber daya manusia atau tenaga kerja. Diawali dengan memperkirakan jumlah tenaga kerja yang diperlukan, yaitu dengan mengkonversikan lingkup proyek dari jumlah orang menjadi jumlah tenaga kerja. Untuk ini diperlukan parameter penting yaitu produktivitas tenaga kerja, disajikan pula berbagai faktor dan batasan yang mempengaruhi produktivitas. Dilanjutkan dengan membahas beberapa metode memperkirakan keperluan tenaga kerja pada berbagai tahap kemajuan proyek, dan diakhiri dengan menganalisa distribusi tenaga yang tipikal untuk proyek E-MK.

Proyek E-MK yaitu :

- **Proyek Engineering - Konstruksi.**

Komponen kegiatan utama jenis proyek ini terdiri dari pengkajian kelayakan, desain engineering, pengadaan, dan konstruksi. Proyek macam ini, misalnya pembangunan gedung, jembatan, pelabuhan, jalan raya, fasilitas industri dan lain-lain.

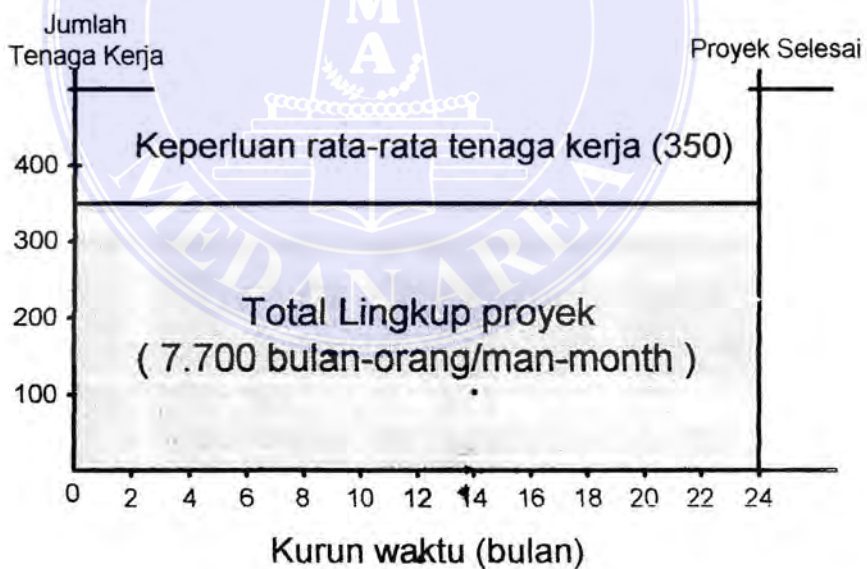
- **Proyek Engineering - Manufaktur.**

Proyek ini menghasilkan produk baru, atau dengan kata lain proyek manufaktur merupakan proses untuk menghasilkan produk baru. Kegiatan utama desain engineering, pengembangan produk (Product development), pengadaan

manufaktur, perakitan, uji coba fungsi dan operasi produk yang dihasilkan bila kegiatan manufaktur dilakukan berulang-ulang, rutin, dan menghasilkan produk yang sama dengan terdahulu, maka kegiatan ini tidak lagi diklasifikasikan sebagai proyek.

Jumlah Tenaga Kerja

Secara teoritis, keperluan rata-rata jumlah tenaga kerja dapat dihitung dari total lingkup kerja proyek yang dinyatakan dalam jam-orang (man-hour) atau bulan-orang (man-month) dibagi dengan kurun waktu pelaksanaan. Perhitungan ini akan menghasilkan garis lurus seperti terlihat pada Gambar 2.6.



Gambar. 2.6. Rata-Rata Jumlah Tenaga Kerja.

Garis vertikal menunjukkan jumlah tenaga kerja, dan garis horizontal menunjukkan kurun waktu pelaksanaan, dan garis horizontal menunjukkan kurun waktu pelaksanaan. Jadi misalnya total lingkup proyek sebesar 7.700 bulan-orang dan kurun waktu penyelesaian proyek selama 22 bulan, maka rata-rata keperluan tenaga kerja yang dibutuhkan dalam proyek yaitu :

$$\frac{7750}{22} = 350 \text{ orang}$$

Hitungan sederhana di atas tertentu tidak sesuai dengan kenyataan yang sesungguhnya, karena akan timbul pemborosan dengan mendatangkan sekaligus 350 tenaga kerja pada awal proyek, mengingat pada saat itu belum cukup pekerjaan tersedia untuk mereka. Pekerjaan konstruksi menunggu material hasil kegiatan pembelian, sedangkan pembelian baru bisa mulai bila paket yang disiapkan oleh ahli *design engineering* telah selesai. Lagi pula hasil guna tenaga kerja umumnya berbeda-beda. Oleh karena itu, untuk merencanakan tenaga kerja proyek yang realistis perlu diperhatikan bermacam-macam faktor, diantaranya yang terpenting adalah seperti berikut ini :

1. Produktivitas tenaga kerja.
2. Tenaga kerja periode puncak (Peak).
3. Jumlah tenaga kerja kantor pusat.
4. Perkiraan jumlah tenaga kerja konstruksi di lapangan

5. meratakan jumlah tenaga kerja guna mencegah gejolak (*Fluctuation*) yang tajam.

Dalam hal ini, menarik untuk diikuti hasil kajian G.J. Ritz, J.A. Bent, dan A.E. Kerridge yang telah mengadakan pendekatan empiris terhadap keperluan tenaga kerja, berdasarkan data hasil pengalaman membangun proyek-proyek yang dilaksanakan oleh berbagai kontraktor Internasional. Beberapa grafik dan data hasil kajian tersebut akan melengkapi uraian berikut ini.

II.5. Produktivitas Tenaga Kerja.

Secara umum produktivitas adalah merupakan tingkat produksi yaitu *output* dibagi *input*. Dibidang konstruksi *output* adalah hasil kerja berupa kuantitas atau volume pekerjaan (misalnya meter kubik beton, meter persegi dinding bata dan sebagainya), sedangkan *input* adalah merupakan jumlah sumber daya (misalnya ; manusia, peralatan dan material) yang menghasilkan unit volume pekerjaan. Kelancaran dan ketepatan jadwal pelaksanaan proyek sangat bergantung pada produktivitas kerja masing-masing jenis pekerjaan yang terlibat di dalamnya, sehingga tingkat keahlian dari pekerjaan menjadi salah satu faktor yang berpengaruh terhadap produktivitas.

Dalam pelaksanaan suatu proyek menginginkan pelaksanaannya cepat dan ekonomis, dengan inilah produktivitas tenaga kerja ditingkatkan dan berhubungan

dengan durasi aktivitas⁰. Hubungan antara durasi aktivitas dan produktivitas kerja, dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan sebagai berikut :

$$d = \frac{\sum m h}{n \times h} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

d = Durasi Aktivitas (hari)

$\sum mh$ = Total jam orang (Man Hour) untuk menyelesaikan suatu aktivitas (Jam-Orang)

n = jumlah pekerja rencana untuk menyelesaikan suatu aktivitas (orang)

h = banyaknya jam kerja dalam suatu hari (jam/hari)

Mengingat bahwa pada umumnya proyek berlangsung dengan kondisi yang berbeda-beda, maka dalam merencanakan tenaga kerja hendaknya dilengkapi dengan analisa produktivitas dan indikasi variabel yang mempengaruhi. Variabel atau faktor ini misalnya disebabkan oleh lokasi geografis, iklim, keterampilan, pengalaman ataupun oleh peraturan-peraturan yang berlaku. Variabel di atas banyak yang intangibles yang sulit untuk menyatakan dalam nilai numerik. Dihitung secara matematis boleh dikatakan tidak mungkin, meskipun demikian, perlu adanya pegangan atau tolak ukur untuk memperkirakan produktivitas tenaga kerja bagi proyek yang hendak ditangani, yaitu untuk mengukur hasil guna atau efisiensi kerja, misalnya dengan membandingkan terhadap suatu norma yang dipakai sebagai patokan. Pegangan di atas sangat penting sekali bagi organisasi seperti kontraktor

nasional atau Internasional yang akan melaksanakan pekerjaan pembangunan fisik dilokasi atau di Negeri yang masih asing baginya. Karena dalam rangka mengajukan Tender, produktivitas tenaga kerja akan besar pengaruhnya terhadap total biaya proyek, minimal pada aspek jumlah tenaga kerja dan fasilitas yang diperlukan. Salah satu pendekatan untuk mencoba mengukur hasil guna tenaga kerja adalah dengan memakai parameter indeks produktivitas. Dari definisi indeks produktivitas dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Indeks Produktivitas} = \frac{\text{Jumlah jam orang yang sesungguhnya digunakan Untuk menyelesaikan pekerjaan tertentu.}}{\text{Jumlah Jam orang yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan identik pada kondisi standar}}$$

Adapun yang dipakai sebagai kondisi standart adalah kondisi rata-rata di Gulf Cost USA (1962-1963) dan diberi angka = 1,0. Hal ini berarti bila indeks produktivitas di tempat lain lebih besar dari 1,0 maka tenaga kerja yang bersangkutan produktivitasnya kurang dibanding standart. Sebaliknya bila lebih kecil dari 1,0 produktivitasnya lebih tinggi dari standar.

II.5.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi

Variabel-variabel yang pengaruhi produktivitasnya tenaga kerja lapangan dapat dikelompokkan menjadi:

1. Kondisi fisik lapangan dan sarana bantu ;

2. Supervisi, perencanaan dan koordinasi ;
3. Komposisi kelompok kerja ;
4. Kerja lembur ;
5. Ukuran besar proyek ;
6. Kurva pengalaman (learning curve) ;
7. Pekerja langsung versus subkontraktor ; dan
8. Kepadatan tenaga kerja.

Penjelasan lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Kondisi fisik lapangan dan sarana bantu.

Kondisi fisik geografis lokasi proyek, tempat penampungan tenaga kerja yang terawat serta sarana bantu yang berupa peralatan konstruksi yang amat berpengaruh terhadap produktifitas tenaga kerja, kondisi fisik ini berupa:

- Iklim, Musim atau Keadaan Cuaca

Misalnya adanya temperatur udara panas dan dingin serta hujan dan salju.

Didaerah tropis dengan kelembaban (*humidity*) udara yang tinggi, dapat mempercepat rasa lelah tenaga kerja. Sebaliknya di daerah dingin, bila musim salju, tiba produktivitas tenaga kerja lapangan akan menurun.

- Keadaan Fisik Lapangan

Kondisi fisik lapangan kerja seperti rawa-rawa, padang pasir atau tanah berbatu keras, besar pengaruhnya terhadap produktivitas. Hal yang sama

akan dialami ditempat kerja dengan keadaan khusus, seperti dekat unit yang sedang beroperasi.

Hal ini dapat terjadi pada proyek perluasan instalasi yang telah ada, yang seringkali dibatasi oleh bermacam-macam peraturan keselamatan dan terbatasnya ruang gerak, baik untuk pekerja maupun peralatannya.

- Sarana Bantu

Kurangnya kelengkapan sarana bantu seperti peralatan konstruksi (construction aquipment dan tools), akan menaikkan jam-orang untuk menyelesaikan suatu pekerjaan.

Sebagai contoh sarana bantu penyiapan adalah truk, grader, scraper, compactor dan lain-lain. Sarana bantu harus selalu diusahakan siap pakai dengan jadwal pemeliharaan yang tepat.

2. Kepenyeliaan, Perencanaan dan Koordinasi

Yang dimaksud dengan penyelia di sini adalah segala sesuatu yang berhubungan langsung dengan tugas pengelolaan para tenaga kerja, memimpin para pekerja dalam pelaksanaan tugas, termasuk menjabarkan perencanaan dan pengendalian dan menjadi langkah-langkah pelaksanaan jangka pendek, serta mengkoordinasikan dengan rekan atau penyelia lain yang terkait.

Tugas menjabarkan perencanaan ini memerlukan pengetahuan yang mendalam mengenai lingkup pekerjaan yang menjadi tanggung jawabnya dan derajat

keterampilan tenaga kerja yang akan melaksanakannya. Penyelia yang baik secara aktif akan ikut berpartisipasi dengan memberikan pendapat dan pengalaman dalam melaksanakan dasar-dasar perencanaan pekerjaan lapangan yang disusun oleh bidang engineering, karena demikian akan menghasilkan perencanaan yang realistis.

Keharusan memiliki kecekatan memimpin “anak buah” bagi penyelia, bukanlah suatu hal yang perlu dipersoalkan lagi. Melihat lingkup tugas dan tanggung jawabnya terhadap pengaturan pekerjaan dan penggunaan tenaga kerja yang demikian, maka kualitas penyelia besar pengaruhnya terhadap produktivitas secara menyeluruh.

3. Komposisi Kelompok Kerja

Pada kegiatan konstruksi, seorang penyelia lapangan memimpin satu kelompok kerja yang terdiri dari bermacam-macam pekerjaan lapangan (*laber craft*), seperti tukang batu, tukang besi, tukang pipa, tukang kayu, pembantu (*helper*) dan lain-lain. Komposisi kelompok kerja berpengaruh terhadap produktivitas tenaga kerja secara keseluruhan.

Yang dimaksud dengan komposisi kelompok kerja adalah:

- Perbandingan jam-orang penyelia dan pekerja yang dipimpinnya
- Perbandingan jam-orang untuk disiplin, disiplin kerja dalam kelompok kerja.

Perbandingan jam-orang penyelia terhadap total jam-orang kelompok kerja yang dipimpinnya, menunjukkan indikasi besarnya rentang kendali (*span of control*) yang dimiliki.

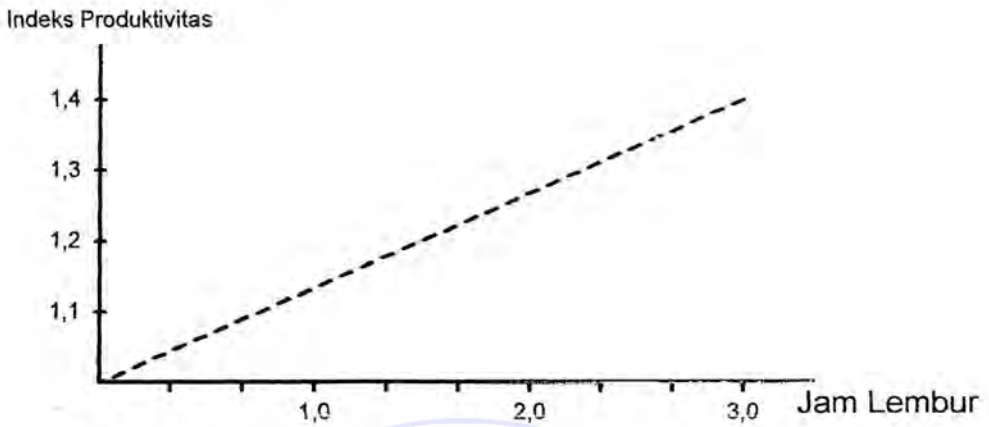
Untuk proyek pembangunan industri yang tidak terlalu kompleks dan berukuran sedang keatas, perbandingan yang menghasilkan efisiensi kerja optimal dalam praktek, berkisar antara 1 : 10 - 15. Jam-orang yang berlebihan akan menaikkan biaya, sedangkan bila kurang akan menurunkan produktivitas.

Disamping itu, perbandingan jam-orang masing-masing disiplin dalam kelompok juga mempengaruhi produktivitas.

4. Kerja Lembur

Acap kali kerja lembur atau jam kerja yang panjang lebih dari 40 jam per minggu tidak dapat dihindari, misalnya untuk mengajar sasaran jadwal, meskipun hal ini akan menurunkan efisiensi kerja. Memperkirakan waktu penyelesaian proyek, dengan mempertimbangkan kerja lembur, perlu diperhatikan kemungkinan kenaikan total jam-orang.

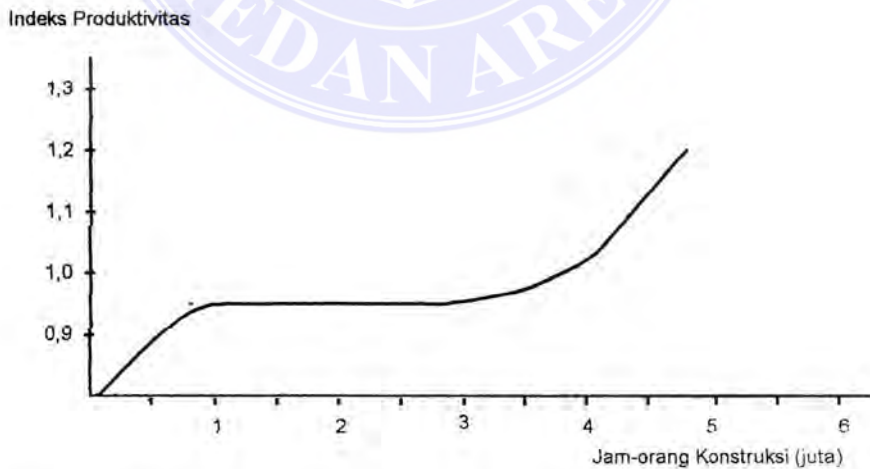
Grafik pada Gambar 2.7 menunjukkan indikasi penurunan produktivitas, bila jumlah jam per hari dan per minggu bertambah. Kerja lembur diadakan gunanya untuk mempercepat pengerjaan yang telah mendadak, yang tidak boleh ditunda lagi pekerjaannya, akan tetapi sangat berpengaruh kepada para pekerja karena dapat menurunkan efisiensi kerja.



Gambar 2.7 Indikasi menurunnya produktivitas karena kerja lembur.

5. Ukuran Besar Proyek

Penelitian menunjukkan bahwa besar proyek (dinyatakan dalam jam-orang) juga mempengaruhi produktivitas tenaga kerja lapangan, dalam arti mungkin besar ukuran proyek produktivitas menurun seperti terlihat pada Gambar 2.8. Diambil angka dasar 1,0 juta jam-orang konstruksi.



Gambar 2.8 Ukuran besar proyek (jam-orang) versus produktivitas.

6. Pekerjaan Langsung Versus Subkontrak

Dikenal dua cara bagi kontraktor utama dalam melaksanakan pekerjaan lapangan, yaitu dengan merekrut langsung tenaga kerja dan memberikan kepenyelian (*directhire*) atau menyerahkan paket kerja tertentu kepada subkontraktor. Dari segi produktivitas umumnya subkontrktor lebih tinggi 5-10 % dibanding pekerja langsung. Hal ini disebabkan tenaga kerja subkontraktor telah terbiasa dalam pekerjaan yang relatif terbatas lingkup dan jenisnya, di tambah lagi prosedur dan kerja sama telah dikuasai dan terjalin lama antara para pekerja maupun dengan penyelia. Meskipun produktivitas lebih tinggi dan jadwal penyelesaian pekerjaan potensial dapat lebih singkat, tetapi dari segi biaya belum tentu lebih rendah dibanding memakai pekerja langsung, karena adanya biaya overhead dari perusahaan subkontraktor.

7. Kurva Pengalaman

Bila seseorang atau sekelompok orang yang terorganisir melakukan pekerjaan yang identik berulang-ulang, maka dapat diharapkan akan terjadi suatu pengurangan jam per tenaga kerja atau biaya untuk menyelesaikan pekerja berikutnya, dibanding dengan yang terdahulu bagi setiap unitnya, dengan kata lain produktivitasnya naik. Misalnya pekerjaan pembuatan pondasi persatuan unit ke sepuluh akan memakan waktu atau biaya kurang dibanding pembuatan unit pertama. Konsep ini yang dikenal dengan istilah “kurva pengalaman” atau *learning curve* didasarkan atas asumsi bahwa seseorang atau sekelompok orang yang mengerjakan pekerjaan yang relatif

sama dan berulang-ulang, akan diperoleh pengalaman dan peningkatan keterampilan, sehingga waktu atau biaya penyelesaian pekerjaan per unitnya berkurang.

8. Kepadatan Tenaga Kerja

Didalam batas pagar lokasi yang nantinya akan dibangun instalasi proyek, yang juga disebut *Battery Limits*, ada korelasi antara jumlah tenaga kerja konstruksi, luas area tempat kerja, dan produktivitas. Korelasi ini dinyatakan sebagai kepadatan tenaga kerja (*labor density*), yaitu jumlah luas tempat kerja bagi setiap tenaga kerja.

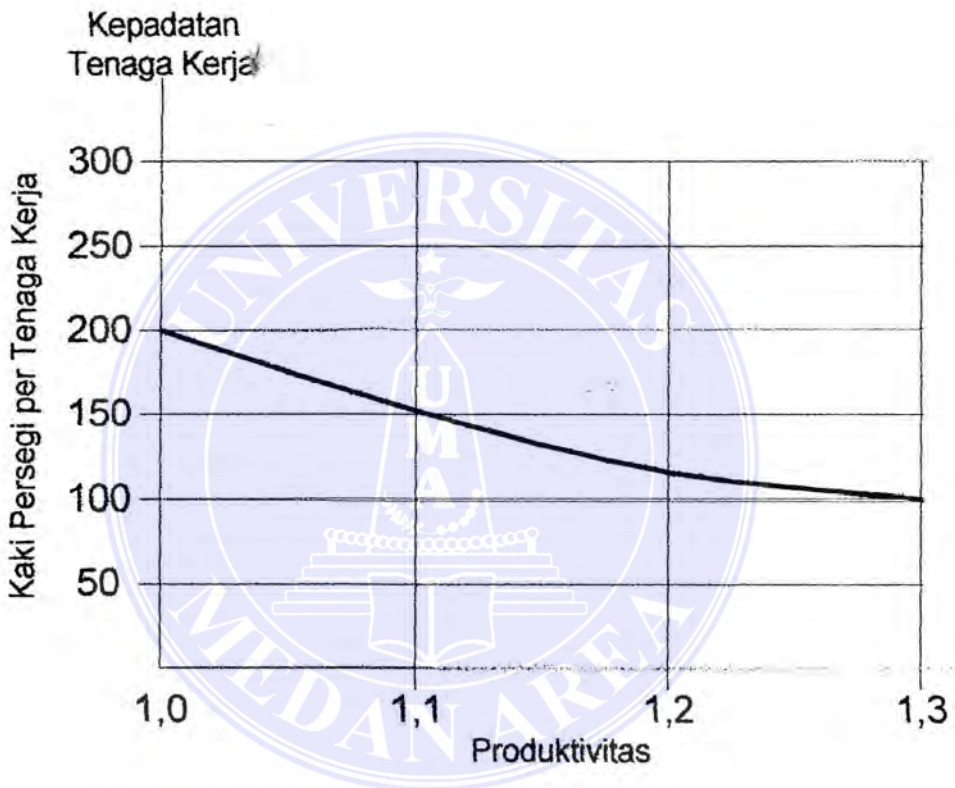
Jika kepadatan ini melewati tingkat jenuh, maka produktivitas tenaga kerja menunjukkan tanda-tanda menurun.

Hal ini disebabkan karena dalam lokasi proyek tempat sejumlah buruh kerja, selalu ada kesibukan manusia gerakan peralatan serta kebisingan yang menyertai.

Semakin tinggi jumlah pekerja per area atau mungkin turun luas area perpekerja, maka semakin “sibuk” kegiatan per area, akhirnya mencapai titik dimana kelancaran pekerjaan terganggu dan mengakibatkan penurunan produktivitas, titik ini disebut titik jauh. Dalam perencanaan tenaga kerja, perlu adanya perhatian terhadap titik jenuh tersebut agar tidak sampai terjadi ketika ingin mengenal jadwal penyelesaian.

Oleh karena itu, direncanakan alokasi tenaga kerja sebanyak mungkin sehingga melampaui titik jenuh. Pengalaman beberapa kontraktor dan Konsultan

Internasional seperti Behtel, Fluor, Kellog dan MRDC untuk tenaga kerja konstruksi disajikan dengan grafik pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Kepadatan tenaga kerja versus produktivitas.

Grafik tersebut memperlihatkan bila jumlah tenaga kerja bertambah, maka produktivitas pertenaga kerja menurun.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk proyek-proyek berukuran sedang ke atas di USA, jumlah 250-300 kaki persegi pertenaga kerja menghasilkan produktivitas tertinggi (1,0).

Angka kepadatan tenaga kerja dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti berikut ini:

- Kompleksitas teknis (technical complexity) instalasi. Makin kompleks instalasi yang hendak dibangun, makin banyak material dan peralatan perkaki persegi. Sehingga mengakibatkan makin batasnya gerak para pekerja.
- Jenis kontrak; pada kontrak harga tidak tetap, umumnya pemilik dan kontraktor utama tidak banyak berbeda pendapat mengenai angka kepadatan tenaga kerja. Namun pada kontrak Lump-Sum, sering kali kontraktor utama menginginkan angka yang lebih rendah, dalam rangka mengoptimalkan produktivitas tenaga kerja.

BAB III

PENERAPAN ANALISA “WHAT IF” PADA MODEL CPM

III.1 ANALISA “WHAT IF” PADA MODEL CPM

Analisa “what if” banyak digunakan pada studi ekonomis yang merupakan tindak lanjut dari pada evaluasi ekonomis, untuk menguji sensitivitas parameter suatu perencanaan terhadap keadaan yang akan datang, dimana dengan adanya perubahan parameter akan mempengaruhi hasil proposal yang telah direncanakan. Hasil analisa dari pengujian parameter disajikan dalam bentuk grafik sensitivitas yang menunjukkan pengaruh dari pada perubahan parameter (biasanya dalam bentuk prosentasi) terhadap hasil akhir dari pada proposal studi ekonomis. Penampilan grafik ini agar dapat digunakan dan dapat dimengerti.

Analisa “what if” merupakan metode sensitivitas yang sering dilakukan di balik proses pengambilan keputusan, karena adanya ketidak pastian dan keraguan di dalam dunia kenyataan. Oleh sebab itu di dalam membuat keputusan seseorang yang berpengalaman sering kali tidak hanya berpacu kepada rencana tunggal saja, biasanya mereka akan mempertimbangkan adanya kemungkinan-kemungkinan yang akan menyebabkan ketidak sesuaian dengan apa yang telah direncanakan.

Proyek konstruksi yang bersifat sangat fleksibel dan kompleks merupakan suatu pekerjaan yang beresiko sangat tinggi, di karenakan pelaksanaannya di luar dan tergantung pada banyak pihak yang terlibat, sehingga Analisa “What if” dirasakan sangat perlu diterapkan pada perencanaan Model Metode Jalur Kritis atau Critical Path Method (CPM). Analisa “What if” pada Model Metode Jalur Kritis (CPM) menanyakan “Bagaiman bila terjadi keterlambatan pada salah satu aktivitas?”, di sini akan terlihat peranan float pada aktivitas-aktivitas non-kritis, kemudian langkah percepatan durasi dilakukan pada aktivitas-aktivitas pengikut agar durasi proyek tidak terlambat dan berlangsung dengan efektif. Percepatan durasi aktivitas-aktivitas dilakukan dengan menambah jam kerja dan jumlah pekerja per hari.

Pada penjadwalan CPM seharusnya disepakati sebagai suatu hal yang sangat penting dalam pelaksanaan proyek, namun di dalam pelaksanaan sering kali tidak dapat dihindari terjadinya hal-hal yang tidak pasti, sehingga akan terjadi penyimpangan terhadap rencana jadwal semula, akibatnya rencana jadwal proyek tidak dapat terlaksana dengan baik dan proyek tidak dapat diselesaikan sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan atau jadwal semula. Untuk mengatasi masalah tersebut, seharusnya dapat dilakukan usaha monitor jadwal proyek secara kontinyu, yaitu dengan dilakukan penyesuain-penyesuain jadwal aktivitas di lapangan.

Dengan adanya masalah-masalah tersebut penulis menerapkan Analisa “What If” pada Model Metode Jalur Kritis (CPM), untuk melakukan setiap aktivitas-aktivitas pada CPM dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyusun jadwal proyek dengan Model CPM yang akan digunakan sebagai model penelitian, dengan mempergunakan program Microsoft Project, kemudian Model CPM dianalisa dengan Analisa “What If” pada setiap aktivitas.
2. Membuat diagram alir dan menganalisa data sesuai dengan bagan alir dengan menggunakan program Microsoft Excel, kemudian hasil analisa tersebut ditampilkan ke dalam bentuk grafik alternatif aktivitas percepatan yang menunjukkan hubungan antara prosentase keterlambatan aktivitas “x” dengan jumlah pekerja dan jam kerja tambahan untuk mengatasi keterlambatan durasi proyek.

III.2 ASUMSI DAN BATASAN

Pada pelaksanaan proyek, setiap aktivitas sangat perlu diperhatikan agar tidak terjadi keterlambatan pelaksanaan proyek. Jumlah pekerja dan barang sangat diperlukan di setiap aktivitas pekerjaan. Apabila pelaksanaan proyek mengalami keterlambatan pada suatu item pekerjaan, maka kontraktor harus mengadakan percepatan durasi proyek .

Pada pelaksanaan proyek, terdapat langkah-langkah item pekerjaan dan mempunyai Asumsi dan Batasan, sebagai berikut:

1. Jadwal Metode Jalur Kritis (CPM) yang tersedia benar/ ideal dan dapat dilaksanakan (realistis) berdasarkan Sumber Daya yang dimiliki (pekerja, material, dan peralatan).
2. Durasi keterlambatan yang terjadi pada suatu aktivitas hanya diperhitungkan sampai batas 50 % durasi semula. Untuk keterlambatan lebih dari 50 %, dapat dilakukan perhitungan dengan cara yang sama.
3. Percepatan durasi yang dilakukan pada suatu aktivitas hanya mungkin untuk dilakukan maksimum sebesar 50 % durasi semula aktivitas tersebut.
4. Percepatan durasi hanya dilakukan pada suatu aktivitas pengikut saja dengan tujuan membuat suatu perbandingan antara masing-masing alternatif percepatan aktivitas yang ada.
5. Penambahan jam kerja maksimum dalam satu hari kerja adalah empat jam, sehingga dalam satu hari kerja, pekerja bekerja maksimum 12 jam.
6. Jumlah pekerja maksimum untuk menyelesaikan tiap aktivitas adalah 15 pekerja per aktivitas untuk luas dan besar proyek dalam studi penelitian ini.
7. Semua jenis aktivitas diasumsikan dapat dikerjakan pada siang dan malam hari.

8. Semua peralatan dan material yang dibutuhkan diasumsikan tersedia cukup.

III.3 ANALISA PERCEPATAN DURASI AKTIVITAS

Teori didalam Percepatan Durasi Aktivitas telah diterangkan pada Bab II.3, untuk itu dilakukan dengan langkah-langkah dalam melakukan penelitian, ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Memasukkan data aktivitas dari Model CPM yang meliputi jenis aktivitas durasi, tenggang waktu, rencana jumlah pekerja pada setiap aktivitas, jam kerja per hari, volume pekerjaan yang dinyatakan dalam satuan jam-orang, urutan dan ketergantungan antara aktivitas yang dinyatakan sebagai successor.
2. Putaran pertama aktivitas "x" mengalami keterlambatan sebesar 10 % durasinya.
3. Memeriksa apakah keterlambatan yang terjadi pada aktivitas tersebut akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan.
4. Mengidentifikasi aktivitas pengikut yang akan dipercepat agar total durasi proyek tetap sesuai dengan jadwal.

5. Mempercepat pada salah satu aktivitas pengikut dan memeriksa kemungkinan aktivitas pengikut dapat dilakukan percepatan, dengan batasan:

- Durasi percepatan lebih besar dari pada nilai float aktivitas pengikut.
- Durasi percepatan aktivitas pengikut tidak lebih dari 2 (dua) kali durasi rencananya.

6. Melakukan percepatan pada aktivitas pengikut yang memenuhi batasan diatas, dengan cara:

- Menambah jumlah pekerja pada aktivitas pengikut dengan Rumus:

$$\Delta n = n' - n = \frac{\sum \text{manhour}}{d' \times H} - n \dots\dots\dots(2)$$

Memeriksa jumlah pekerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan aktivitas percepatan dengan batasan jumlah pekerja maksimum sebanyak 15 orang.

- Menambah jam kerja pada aktivitas pengikut dengan rumus:

$$\Delta H = H' - H = \frac{\sum \text{manhour}}{d' \times n} - H \dots\dots\dots(3)$$

dimana:

Δn = jumlah pekerja tambahan

n' = jumlah pekerja untuk percepatan aktivitas

n = jumlah pekerja rencana

Σ_{manhour} = jumlah jam-orang untuk menyelesaikan aktivitas

d' = durasi percepatan

ΔH = jam kerja normal (8 jam per hari)

H = jam kerja tambahan

H' = jam kerja untuk percepatan aktivitas

Memeriksa jam kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan aktivitas percepatan dengan batasan jam kerja optimum/ maksimum dalam satu hari kerja sebanyak 12 jam.

7. Kembali pada langkah (5) dan (6) untuk percepatan pada aktivitas pengikut berikutnya, sampai semua aktivitas pengikut selesai diperiksa.
8. Kembali pada langkah (1) sampai dengan (7) untuk keterlambatan pada aktivitas "x" sebesar 20 %, 30 %, 40 %, dan 50 %.
9. Hasil akhir dan seluruh analisa tersebut diatas, kemudian digambarkan ke dalam bentuk grafik yang menunjukkan hubungan antara persentase keterlambatan satu aktivitas (sumbu x) dengan menambah jumlah pekerja atau jam kerja yang dibutuhkan (sumbu y) pada aktivitas-aktivitas berikutnya.
10. Kembali pada langkah (1) sampai dengan (9) untuk semua aktivitas yang terdapat pada sistem penjadwalan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

1. Peranan dari masing-masing parameter dapat dinyatakan melalui analisa “*What If*” dalam bentuk grafik dapat menunjukkan nilai optimum penambahan jumlah tenaga kerja dan jam kerja pada pelaksanaan proyek dan dapat menunjukkan kinerja yang lebih komunikatif dan akan bermanfaat bagi pemilik maupun kontraktor.
2. Dari contoh penjadwalan CPM pada kasus Proyek Rehab / Pemeliharaan Jalan Batas Tapsel I – Jembatan Merah Kec. Penyabungan dapat disimpulkan bahwa aktivitas pengikut (successor) yang dapat dipercepat adalah aktivitas yang memiliki aktivitas kritis.
3. Percepatan dapat dilakukan dengan cara penambahan jumlah pekerja dan jam kerja dan dapat dilihat pada grafik penambahan pada setiap aktivitas.

V.2. Saran

1. Karena yang dibahas pada metode “*What If*” kali ini hanya jumlah pekerja dan jam kerja, maka diharapkan pada pembahasan selanjutnya dapat dilakukan pada aspek peralatan kerja.
2. Dari analisa “*what if*” diharapkan bagi pemilik dan kontraktor agar dapat mengambil langkah-langkah sebelum pelaksanaan proyek.

3. Disarankan bagi para profesi manajemen konstruksi maupun kontraktor untuk dapat meningkatkan pengetahuannya di bidang Komputer khususnya aplikasi *Microsoft Project* dan *Microsoft Excel* sehingga dapat menggunakan metode “*What If*” dengan baik.



DAFTAR PUSTAKA

1. Proboyo, Budiman "Keterlambatan Waktu Pelaksanaan Proyek Klasifikasi Dan Peringkat Dari Penyebab-Penyebabnya". Dimensi Teknik Sipil, Vol. 1, No.1. Maret 1999, pp 49-58.
2. Antil James M. And Woodhead, Ronald W. "Critical Path Methods in Contruction Practice". John Wiley and Sons Inc, New York. 1970.
3. Soeharto, Iman "Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional". Penerbit Erlangga, Jakarta. 1995.
4. Adi Kusrianto, "Belajar Sendiri Microsoft Project 4.0/4.1". PT. Alex Media Komputindo, Jakarta. 1996.
5. Donald S. Barrie, Boyd C. Paulson, Jr. "Manajemen Kontruksi Profesional", Erlangga, Jakarta. 1987.
6. Ibrahim Lubis H. Drs, "Pengendalian dan Pengawasan Proyek Dalam Manajemen", Ghalia Indonesia, Jakarta. 1984.
7. Koolma C.J.M Van De Schoot A. "Manajemen Proyek", UI PRESS, Jakarta. 1988.
8. Mukomoko, J.A, Ir, "Dasar Penyusunan Anggaran Biaya Bangunan", CV. Gaya Media Pratama, Jakarta, 1986.
9. Sukanto Reksohadiprojo, Dr, "Manajemen Proyek", BPFE - Yogyakarta, 1983.
10. Tarsis Tarmudji, Drs, "Mengenal Manajemen Proyek", Liberty Yogyakarta, 1993.