

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pendahuluan

Selain mengurus gejala fluktuasi statistis waktu kegiatan dan saling ketergantungan antar kegiatan, dalam penjadwalan proyek ada beberapa anggapan yang harus dirombak seperti: (a) anggapan bahwa untuk melindungi proyek secara keseluruhan adalah dengan cara melindungi setiap kegiatan dalam jaringan proyek, (b) memasukkan terlalu banyak faktor pengaman kepada waktu taksiran karena pertimbangan psikologi dan sifat ketergantungan antar kegiatan, dan (c) para pelaksana ternyata banyak yang memboroskan waktu yang tersedia tanpa adanya keinginan untuk memperbaiki keadaan, misalnya menunda-nunda pekerjaan, penugasan majemuk dan akumulasi keterlambatan.

Penjadwalan proyek haruslah mampu memecahkan masalah yang mendasar yaitu bagaimana menyelesaikan proyek secepat mungkin dengan memperhitungkan ketidakpastian waktu kegiatan. Metode-metode yang ada pada manajemen konstruksi berfungsi sebagai alat bantu yang mengendalikan seluruh proses dalam proyek sehingga akan dicapai hasil yang optimal, dipandang dari segi mutu, biaya dan waktu.

Metode yang digunakan sebagai pengendalian proyek, diantaranya :

1. Metode *Bar Chart* dan *S Curve*.

2. Metode *Network Analysis* (Jaringan Kerja).
 - a. *Critical Path Method* (CPM).
 - b. *Program Evaluation and Review Technique* (PERT).
 - c. *Precedence Diagram Method* (PDM).
3. Metode *Work Breakdown Structure* (WBS) dan *Organization Breakdown Structure* (OBS).
4. Metode Identifikasi Varian.
5. Metode Nilai hasil (*Earned Value*).
6. Analisis Kecenderungan.
7. Metode Tonggak Kemajuan (*Milestone*).
8. Metode Rekayasa Nilai.

3.2 Konsep Dasar Metode Rantai Kritis

Secara alamiah kinerja setiap proyek dibatasi oleh keterbatasan-keterbatasan (*constraints*) yang ada. Untuk menangani masalah yang bersifat konstrain, Proses Pemfokusan Lima Langkah (*Five-Step Focusing Process*) dapat diterapkan secara efektif. Proses pemfokusan lima langkah ini adalah salah satu teknik dari teori konstrain (*Theory of Constraints*) yang diperkenalkan pertama kali oleh **Dr. Eliyahu M. Goldratt** (1984). Teori konstrain adalah pendekatan heuristik yang mengikuti proses berpikir manusia dan secara langsung berupaya meningkatkan kinerja sistem. Proses pemfokusan lima langkah yang diterapkan pada manajemen proyek adalah sebagai berikut :

1. mengidentifikasi sistem pembatas,
2. memutuskan bagaimana mengeksploitasi sistem pembatas,

3. menanggukkan keputusan lainnya untuk mendukung keputusan sebelumnya,
4. meningkatkan sistem pembatas. Istilah *elevate* berarti membuat mungkin untuk mencapai relatif *performance* yang lebih tinggi atas tujuan yang ingin dicapai,
5. bila ketergantungan pada konstrain telah hilang, maka kembali ke langkah pertama.

Berdasarkan langkah-langkah tersebut lahirlah sebuah metode penjadwalan proyek yang diberi nama Metode Rantai Kritis (*Critical Chain Method* atau CCM). Metode ini adalah pengembangan dari teori kostrain yang dikembangkan oleh Eliyahu Goldratt (1997) untuk penjadwalan dan pengelolaan produksi. *Theory Of Constraints* (TOC) difokuskan pada identifikasi dan antisipasi *bottlenecks* (sumber leher botol) untuk meningkatkan produksi secara keseluruhan. Begitu juga dengan CCM yang memperhatikan sumber leher botol ini dalam pelaksanaannya.

3.3 Metode Rantai Kritis

Dalam metode ini terdapat dua macam ketergantungan yaitu ketergantungan menurut hubungan kegiatan dan ketergantungan menurut sumber yang terbatas. Keterbatasan waktu suatu proyek dapat dilihat dari lintasan kritisnya sedangkan keterbatasan sumber terletak pada suatu sumber yang paling menentukan kinerja perusahaan.

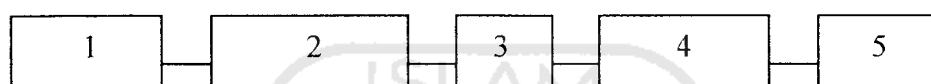
Dalam metode CPM dan PERT tidak diperkenankan untuk memboroskan waktu yang telah dialokasikan pada lintasan kritis, karena setiap penundaan pada lintasan kritis akan membuat proyek terlambat. Metode tradisional yang

menyisipkan waktu yang banyak pada masing-masing kegiatan untuk mencegah keterlambatan juga memboroskan waktu yang berlimpah secara percuma. Dalam hal ini metoda CCM menawarkan suatu pandangan yang baru yaitu dengan melindungi waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan dan waktu pelaksanaan masing-masing kegiatan. Caranya adalah dengan menyisihkan sebagian waktu taksiran kegiatan-kegiatan pada jalur kritis untuk membentuk suatu Penyangga Proyek (*Project Buffer*) yang memadai. Secara praktis waktu taksiran biasanya memakai faktor pengaman 200%, maka proporsi 50-60 % dari panjang lintasan kritis dapat dipakai sebagai penyangga proyek. Sebab secara normal, 30% atau 50% saja dari waktu yang tersedia sudah cukup untuk melakukan setiap kegiatan pada lintasan kritis (Togar M. Simatupang dan Mame S. Sutoko, 1997, hal.50).

Dalam sebuah situs internet www.focusedperformance.com, yang khusus membahas mengenai *Critical Chain Method* (CCM) terdapat pernyataan bahwa tidak ada keharusan untuk menerapkan metode *cutting estimates* atau pemotongan waktu taksiran karena karakteristik penjadwalan CCM adalah adanya dua titik waktu taksiran (*2-point range estimates*) yaitu *safe estimates* dan *small estimates*. *Safe estimates* berisi sejumlah waktu taksiran yang lebih besar daripada *small estimates* yang didalamnya telah terdapat faktor ketidakpastian.

Keterlambatan proyek dapat terjadi akibat tertundanya jalur-jalur yang akan memasuki lintasan kritis. Untuk mencegah terlambatnya proyek karena jalur yang berada pada lintasan yang tidak kritis, maka pada setiap pertemuan antara jalur dengan lintasan kritis harus disisipkan penyangga umpan. (*feeding buffer*).

Total setiap jalur umpan perlu dibagi menjadi dua bagian, misalnya 50% untuk waktu pelaksanaan dan 50% lagi untuk penyangga umpan. Dengan demikian, penyangga umpan akan dapat melindungi lintasan kritis. Jika penundaan pada jalur umpan melebihi penyangga umpan, maka waktu penyelesaian proyek masih tetap dapat dilindungi oleh penyangga proyek.

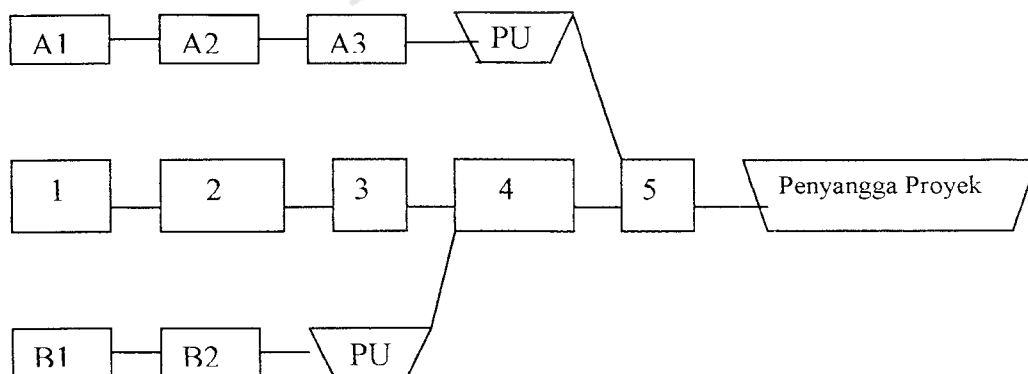


(a) Lintasan kritis



(b) Lintasan kritis dengan penyangga proyek

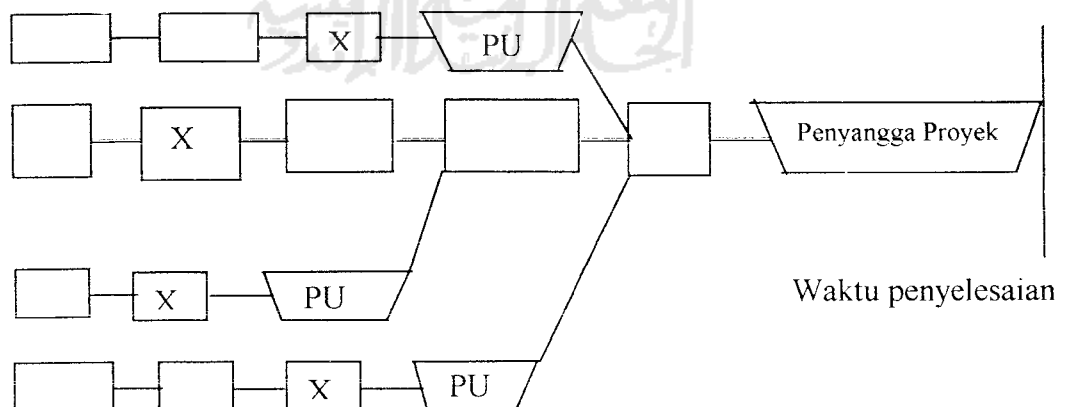
Gambar 3.1 Cara mendapatkan penyangga proyek dari lintasan kritis untuk melindungi proyek secara keseluruhan (Togar M. Simatupang dan Mame S. Sutoko, 1997).



Gambar 3.2. Penyangga umpan untuk melindungi lintasan kritis (Togar M. Simatupang dan Mame S. Sutoko, 1997).

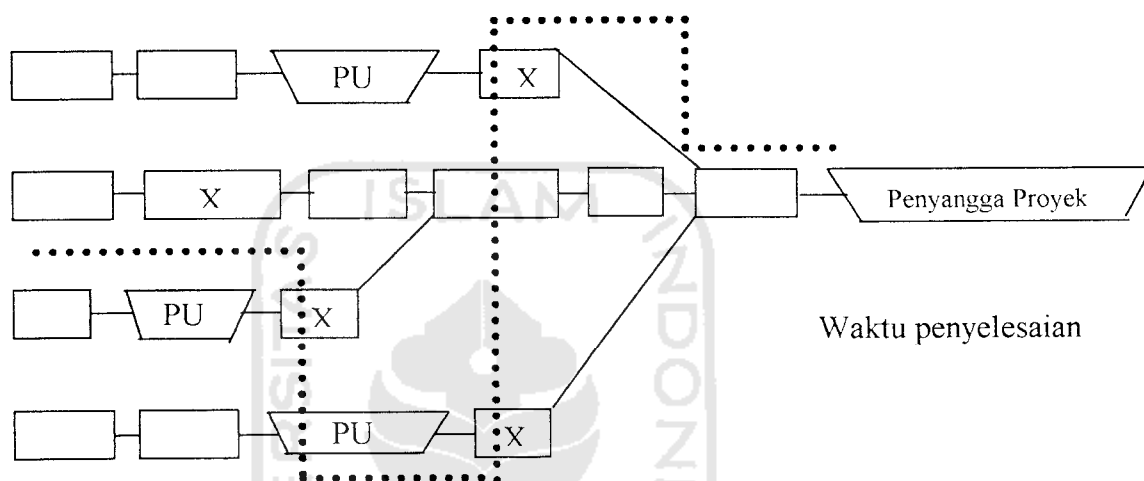
Gambar 3.1 menunjukkan cara mendapatkan penyangga proyek dari lintasan kritis dengan menyisihkan 50% dari waktu masing-masing kegiatan untuk dialokasikan sebagai penyangga proyek. Gambar 3.2 memperlihatkan penempatan penyangga umpan pada lintasan bukan kritis untuk melindungi jalur kegiatan yang akan masuk ke lintasan kritis.

Demikian halnya kalau terjadi keterbatasan sumber. Untuk mengatasi penundaan sumber kritis ini, maka perlu dilindungi oleh waktu penyangga sumber. Besarnya waktu penyangga sumber ini bisa saja 40-60% dari waktu sebelum sumber tersebut diperlukan oleh kegiatan pada lintasan kritis. Karena penjadwalan sumber kritis dapat mengubah lintasan kritis, maka lintasan kritis semula bukan lagi lintasan yang terpanjang menurut waktu tetapi sudah digantikan oleh rantai yang terpanjang yang mencakup konstrain waktu dan konstrain sumber.



Gambar 3.3 Peta Gantt yang menunjukkan lintasan kritis sebagai lintasan terpanjang menurut waktu (Togar M.Simatupang dan Mame S.Sutoko, 1997).

Bila pada CPM lintasan yang terpanjang adalah yang menjadi lintasan kritis, maka pada CCM rangkaian yang terpanjang ketergantungan antar kegiatan dan sumber inilah yang disebut dengan rantai kritis.



Gambar 3.4 Peta Gantt yang menunjukkan rantai kritis sebagai rantai terpanjang menurut waktu dan sumber (Togar M.Simatupang dan Mame S.Sutoko, 1997).

Gambar 3.3 dan 3.4 menunjukkan perubahan dari lintasan kritis menjadi rantai kritis. Dapat dilihat bahwa jaringan dengan rantai kritis ini sungguh sangat berbeda bila dibandingkan dengan jaringan semula yang memuat lintasan kritis. Andaikan kegiatan bertanda X adalah kegiatan yang memerlukan sumber X yang sama dan sumber tersebut hanya ada satu. Bila lintasan kritis dari CPM/PERT tetap dipaksakan untuk dipakai, maka proyek akan mundur sama banyaknya dengan lamanya kegiatan-kegiatan x menunggu sampai sumber kritis siap dipakai. Disini diperlukan pengaturan kegiatan-kegiatan yang memerlukan sumber kritis yang sama.

Langkah-langkah yang dikemukakan oleh Dr. Goldratt (1997) untuk mengidentifikasi dan mengelola jadwal rantai kritis adalah sebagai berikut :

1. mengurangi taksiran waktu kegiatan menjadi 50 % dari waktu taksiran normal,
2. menghilangkan ketergantungan sumber,
3. meletakkan penyangga proyek di akhir jaringan untuk mengakumulasikan waktu keamanan (*safety time*),
4. melindungi rantai kritis dari ketidaktersediaan sumber dengan penyangga sumber,
5. menentukan dan meletakkan penyangga umpan pada setiap jalur yang akan masuk ke rantai kritis,
6. waktu kegiatan tanpa *predecessor* dilakukan selambat mungkin untuk mencegah penugasan majemuk,
7. meyakinkan sumber daya pekerja untuk menyelesaikan tiap-tiap kegiatan secepat mungkin,
8. menyediakan kebutuhan sumber daya berdasarkan penilaian lapangan,
9. menggunakan manajemen *buffer* untuk mengontrol laju pemakaian penyangga.

3.4 CCM terhadap *Body of Knowledge*

Berkaitan dengan manajemen proyek seperti yang tercantum dalam *A Guide to The Project Management Body of Knowledge* yang dikeluarkan oleh *Project Management Institute* pada tahun 1996, memuat penjelasan mengenai interaksi dari berbagai proses yang berbeda dalam pelaksanaan sebuah proyek serta

keterkaitan diantara berbagai bidang keahlian terhadap proyek tersebut. Berdasarkan identifikasi dari proses manajemen proyek yang termaktub dalam *PMBOK Guide*, Manajemen proyek berdasarkan rantai kritis saling berhubungan dengan proses-proses dibawah ini.

1. *Initiating Processes.*

Ketika *PMBOK Guide* berbicara sedikit tentang manajemen multi proyek, CCM justru diarahkan kepada penanganan proyek-proyek bersifat multi dimensional tidak hanya terbatas pada bidang konstruksi saja. Sesuai dengan arahan *PMBOK Guide*, CCM juga berusaha memilah-milah proyek dengan menginisiasi pencapaian tujuan-tujuan proyek, menilai proyek yang dikarakteristikkan dalam sebuah sistem yang bercirikan keterbatasan sumber serta bersiap-siap terhadap proyek tersebut.

2. *Planning Processes.*

Dalam metode rantai kritis, identifikasi rantai kritis serta pemberian penyangga-penyangga merupakan inti dari proses-proses perencanaan. Selain penaksiran biaya proyek dan biaya khusus dalam hal ini biaya penyangga, identifikasi dan pengelolaan resiko merupakan bagian yang melekat pada sebuah penjadwalan rantai kritis setidaknya pada masa perencanaan melalui ketepatan penentuan penyangga.

3. *Executing processes.*

Salah satu inti dari proses-proses pada kategori ini adalah jaminan mutu (*quality assurance*). Pendekatan rantai kritis memberikan kebutuhan proyek dengan meniadakan beban jatuh tempo pada tiap kegiatan, mengizinkan

kegiatan untuk melakukan hal yang dianggap perlu dengan tidak terfokus pada masalah jatuh tempo. Pelaksanaan yang efektif juga dapat ditingkatkan dengan adanya fokus perhatian yang penuh terhadap kegiatan-kegiatan pada rantai kritis.

4. *Controlling Processes.*

Mengontrol jadwal, laporan pelaksanaan dan pengawasan resiko yang didukung oleh manajemen penyangga. Perubahan-perubahan pada jadwal dapat diukur melalui seberapa besar beban terhadap penyangga. Pengawasan terhadap resiko terbantu dengan adanya manajemen penyangga yang memberikan kontribusinya untuk memfokuskan pada persoalan-persoalan serius pada saat muncul.

5. *Closing processes.*

Terdiri dari proses-proses administratif yang berkaitan dengan penutupan proyek dan penutupan kontrak.

Aplikasi metode penjadwalan sebagai sebuah alat bantu (*tools*) yang berperan secara holistik terhadap penyelesaian proyek dari awal hingga akhir proyek. Kemunculan metode rantai kritis menjadi salah satu upaya bagi manajer proyek untuk memenuhi kriteria-kriteria yang telah ditentukan dalam PMBOK *Guide* karena penerapannya tidak hanya berkaitan dengan hal menjadwalkan sebuah proyek saja tetapi lebih jauh dari itu memberi peran menyeluruh terhadap bidang-bidang keahlian dalam manajemen proyek.

Keberhasilan sebuah metode penjadwalan tergantung pada seberapa mampu seorang manajer proyek menginfiltrasikan metode tersebut terhadap bidang-

bidang keahlian dari manajemen proyek sehingga dengan manajemen proyek secara holistik dapat memaksimalkan pencapaian tujuan proyek yang telah ditentukan. Beberapa pengetahuan pokok manajemen proyek yang wajib diketahui dan dikuasai oleh seorang manajer proyek adalah seperti tercantum di bawah ini.

1. Manajemen Integrasi Proyek, dimaksudkan untuk menjamin semua elemen proyek dapat dikoordinasikan dengan baik.
2. Manajemen Lingkup Proyek, yang bertujuan untuk memastikan telah semua item pekerjaan tercantum, dan hanya pekerjaan yang ditentukan dalam kontrak dituntut keberhasilannya dalam penyelesaian proyek.
3. Manajemen Waktu Proyek, bertujuan untuk menjamin ketepatan waktu dalam menyelesaikan proyek.
4. Manajemen Biaya Proyek, dimaksudkan untuk menjamin penyelesaian proyek dengan anggaran biaya yang memungkinkan.
5. Manajemen Kualitas Proyek, bertujuan untuk menjamin tercapainya kualitas proyek seperti yang ditetapkan.
6. Manajemen Sumber Daya Manusia Proyek, bermanfaat untuk menjamin penggunaan sumber daya manusia benar-benar dibutuhkan di dalam proyek.
7. Manajemen Resiko Proyek, adalah mengidentifikasi dan menganalisis resiko yang dihadapi dalam semua proses proyek, agar dapat dipergunakan untuk menghadapi resiko yang terjadi dalam proyek.
8. Manajemen Pengadaan Proyek, dimaksudkan untuk mencapai tujuan proyek dengan baik. Diperlukan kecakapan bagaimana memanfaatkan layanan yang

ditunjukkan dari supplier untuk ditempatkan dalam suatu pengorganisasian proyek.

3.5 Pendekatan Analitik *Algoritma Zijm*

Metode rantai kritis tidak secara khusus mengeluarkan suatu cara untuk mengukur penyangga (*buffer*) yang dibutuhkan. Walaupun demikian, berbagai pendekatan analitik dapat digunakan untuk keperluan tersebut. Penelitian ini menggunakan perhitungan *Algoritma Zijm* untuk menentukan jumlah penyangga yang dibutuhkan berdasarkan beban kerja. *Algoritma Zijm* adalah sebuah teori algoritma yang dikemukakan oleh **Prof. dr. W.H.M. Zijm, UT** (1994) yang merupakan pengembangan dari sistem antrian dalam industri manufaktur.

Langkah-langkah yang diterapkan dalam perhitungan *Algoritma Zijm* ini adalah seperti dibawah ini.

1. Identifikasi laju umur proyek.

$$\text{Rumus : } \lambda = \frac{1}{Q} \quad \dots(1)$$

keterangan : λ = laju umur proyek

$$Q = \text{umur proyek (hari)}$$

2. Identifikasi waktu setiap kegiatan.

$$\text{Rumus: } P = \text{durasi kegiatan (hari)} \quad \dots(2)$$

3. Identifikasi rata-rata beban kerja di setiap daerah.

$$\text{Rumus: } \rho_j = \sum \lambda_j P_j \quad \dots(3)$$

keterangan : ρ_j = rata-rata beban kerja di setiap daerah j

4. Identifikasi ekspektasi rata-rata waktu tenggang setiap pekerjaan.

$$\text{Rumus: } E[W_j] = \frac{\sum \lambda_j (P_j^2)}{2 \cdot (1 - \rho_j)} \quad \dots(4)$$

keterangan : $E[W_j]$ = ekspektasi rata-rata waktu tenggang setiap pekerjaan

5. Identifikasi ekspektasi rata-rata waktu setiap pekerjaan.

$$\text{Rumus: } E[T_j] = E[W_j] + P_j \quad \dots(5)$$

keterangan : $E[T_j]$ = ekspektasi rata-rata waktu setiap pekerjaan

3.6 Beban Kerja

Beban kerja adalah salah satu perhitungan yang dihasilkan oleh *Algoritma Zijm* dalam menentukan waktu tenggang dari kegiatan untuk membentuk sebuah penyangga. Beban kerja menjadi ciri khas dari perhitungan *Algoritma Zijm* karena mengidentifikasi kepadatan kerja sekelompok kegiatan pada daerah beban kerja. Daerah beban kerja tersebut diperoleh dengan cara membagi satu atau beberapa kegiatan dari suatu jaringan kerja (*network diagram*) ke dalam suatu kelompok kegiatan.

3.7 Manajemen Penyangga (*Buffer Management*)

Dalam metode rantai kritis ini, pengukuran kemajuan proyek dilakukan dengan cara persentase rantai kritis yang telah diselesaikan dan membandingkannya dengan persentase yang seharusnya dapat diselesaikan

menurut jadwal. Pemantauan kemajuan rantai kritis berguna untuk mengulur atau memperketat pelaksanaan kegiatan-kegiatan pada rantai kritis. Bila salah satu kegiatan pada rantai kritis dapat diselesaikan lebih cepat, maka penyangga proyek perlu ditambah sebanyak lamanya waktu penghematan tersebut. Sebaliknya jika ada kegiatan yang terlambat, penyangga proyek perlu dikurangi.

Selain itu, pemantauan penyangga proyek, umpan dan sumber perlu dilakukan untuk melindungi rantai kritis, sebab masalah dapat diantisipasi dengan cepat berdasarkan data laju pemakaian waktu penyangga. Prioritas perbaikan dapat diputuskan dengan cepat, misalnya kegiatan bermasalah yang berada pada rantai kritis sudah seharusnya mendapatkan prioritas pertama.

Beberapa cara untuk mengukur laju pemakaian penyangga, antara lain :

1. persentase keterlambatan yaitu jumlah hari yang telah digunakan pada penyangga yang bersangkutan,

$$\% \text{ terlambat} = \frac{\text{jumlah hari pemakaian}}{\text{jumlah hari penyangga umpan/proyek}} \times 100\%$$

2. akumulasi keterlambatan dan jumlah waktu yang tersisa pada penyangga

3.8 Primavera Project Planner (P3)

Primavera Project Planner adalah suatu perangkat lunak berbasis *Windows* yang dikembangkan oleh *Primavera System Inc.* mulai tahun 1996 untuk perencanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek. Dalam hal penjadwalan, program ini menggabungkan tiga metode penjadwalan yang terdiri dari *Gantt Chart*, PERT dan PDM.

Langkah-langkah penjadwalan dengan program *Primavera Project Planner* (P3) adalah sebagai berikut ini.

1. Pengumpulan data.

Setelah data proyek diperoleh kemudian masuk ke program Primavera dan menampilkan informasi mengenai proyek, lalu pilih *File – New*, pada *Project Overview* diisikan data untuk *project name*, *project title*, *company name*, *workdays* dan *project start*.

2. Pembuatan kalender kerja.

Pada kalender kerja diisikan ketentuan kerja seperti dibawah ini.

- a. Hari kerja : Senin s/d Sabtu
- b. Jam kerja : 8 jam/hari
- c. Hari libur : hari Minggu dan hari libur nasional

3. Pengisian daftar urutan kegiatan.

Kegiatan diisikan pada kolom *Activity Description* pada tampilan *Bar Chart*.

4. Pengisian durasi dari masing-masing kegiatan.

Durasi kegiatan diisikan pada kolom *Original Duration* pada tampilan *Bar Chart*.

5. Pengisian hubungan ketergantungan antar kegiatan.

Primavera mengenal empat macam hubungan ketergantungan (konstrain) yaitu SS, FS, FF, SF. Cara mengisi hubungan ketergantungan antar kegiatan adalah sebagai berikut ini.

- a. Klik ikon *View – Activity Form*.

- b. Pilih tombol *Predecessor* atau *Successor* untuk mengisi kegiatan yang mendahului atau kegiatan sesudahnya.

6. *Schedule data.*

Setelah data-data awal proyek dimasukkan kemudian dilakukan *schedule* dengan mengklik *Tools – Schedule* atau menekan tombol F9.

4.1 Uraian

Bei
setiap al
suatu ja
penelitia
Telah di
antar ke
menjadi
preseder
Path Me
hanya te
yang re
dengan
hubung
begitu,
keterlan
jaringan
satu per

7. Memasukkan WBS *Codes (Work Breakdown Structure Codes).*

Dilakukan dengan mengklik *Data – WBS* pada *menu bar* untuk menentukan hierarki aktivitas proyek dengan mengelompokkan proyek berdasar data proyek.

8. Penetapan kode WBS pada aktivitas.

Dengan mengoperasikan *Activity – Form* lalu menekan tombol WBS dan memilih kode WBS yang sesuai untuk tiap-tiap kegiatan.

9. *Organize data WBS.*

Menekan tombol *Organize* pada menu *Format* dan memilih *Work breakdown* setelah *dialogue box* muncul.

10. Membentuk jaringan kerja.

Dilakukan dengan menekan ikon *View PERT* pada *Toolbar* untuk memperoleh jaringan kerja dengan memperlihatkan ES, EF, LS, LF dan *float*.