

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka adalah kumpulan dasar teori yang menunjang pelaksanaan penelitian sehingga penelitian yang dilakukan dapat akurat dan terpercaya. Selain itu, tinjauan pustaka juga dapat digunakan sebagai pedoman dalam penelitian sehingga pelaksanaan penelitian dapat terfokus pada tujuan yang akan dicapai.

2.1 Penelitian Terdahulu

Hasil penelitian terdahulu yang relevan dan berhubungan dengan penelitian ini adalah:

1. Henry dan Ardianto (2010), pada penelitian ini, peneliti menyatakan bahwa proyek yang telah diselesaikan menggunakan metode *Precedence Diagram Method* (PDM) dan metode Burgess selama 38 minggu. Berdasarkan perhitungan jumlah sumber daya pekerja yang ada dan dari grafik histogram kebutuhan sumber daya pekerja sebelum dan setelah dilakukan perataan, terlihat bahwa jumlah puncak sumber daya pekerja sebelum diratakan (awal) sebesar 1.834 orang, dan setelah dilakukan perataan nilainya turun menjadi 1.729 orang, sehingga dapat disimpulkan bahwa jumlah puncak kebutuhan sumber daya pekerja mengalami penurunan sebesar 5,73%.
2. Ardentinus, Hasyim dan Negara (2014), pada penelitian ini, peneliti menyatakan bahwa proyek yang telah diselesaikan menggunakan metode Burgess dengan alat bantu *software Primavera Project Planner* selama 22 minggu berdasarkan perhitungan jumlah sumber daya pekerja yang ada sebelum dan setelah dilakukan *leveling* pada aktivitas non kritis yang direncanakan, pada minggu ke 19 sampai minggu ke 22 terjadi fluktuasi dengan jumlah tukang besi yaitu tertinggi 5 orang dan terendah 1 orang. Setelah dilakukan *leveling* pada aktivitas-aktivitas non kritis, dimana aktivitas-aktivitas non kritis yang bersifat paralel atau saling bertumpukan dalam waktu mulai pelaksanaannya, dilakukan penundaan dengan tujuan agar bersifat seri atau tidak saling bertumpukan dalam waktu mulai pelaksanaannya. Sehingga akan menghasilkan alokasi sumber daya yang baru akibat perubahan waktu mulainya suatu aktivitas non kritis. Dari hasil *leveling* yang dilakukan, didapatkan alokasi sumber daya pada minggu ke 19 sampai dengan minggu ke 22 terjadi pemerataan yaitu jumlah tukang

besi tertinggi berubah menjadi 4 orang dan terendah tetap 1 orang sehingga mengurangi fluktuasi tukang besi dibandingkan sebelum leveling.

- Putra dan Unas (2014), pada penelitian ini, peneliti menyatakan bahwa proyek yang telah diselesaikan menggunakan metode *Full Leveling* dengan alat bantu *software Primavera Project Planner* selama 39 hari berdasarkan perhitungan jumlah sumber daya pekerja yang ada sebelum dan setelah dilakukan perhitungan menggunakan metode *full leveling* dan *software primavera project planner* menghasilkan total durasi pekerjaan selama 39 hari dan penurunan kebutuhan puncak tenaga kerja pada pekerjaan kayu non kritis, karena digantikan pada pekerjaan non kritis lainnya sehingga pembagian pekerja pada setiap aktivitas pekerjaan kayu non kritis menjadi lebih efisien. Dengan itu dapat disimpulkan durasi dan jumlah tenaga kerja setelah leveling lebih efektif dan efisien dalam pengerjaan proyek.

Berdasarkan kedua penelitian terdahulu tersebut, dapat dibandingkan antara penelitian ini dengan kedua penelitian tersebut pada jenis proyek, metode penjadwalan proyek dan juga pengendalian proyek yang digunakan. Secara ringkas dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Perbandingan Peneliti Terdahulu

Peneliti	Metode Penjadwalan		Jenis Proyek		Metode Pemerataan		
	PDM	<i>Primavera Project Planner</i>	Bangunan Gedung	Konstruksi Jalan	Metode <i>Burgess</i>	<i>Resource Leveling</i>	<i>Full Leveling</i>
Henry dan Arianto (2010)	✓	–	–	✓	✓	–	–
Ardentinus, Hasyim, dan Negara (2014)	–	✓	✓	–	✓	–	–
Putra dan Unas (2014)	–	✓	✓	–	–	–	✓
Penelitian ini	✓	–	✓	–	–	✓	–

2.2 Proyek

2.2.1 Definisi Proyek

Soeharto (1997) menyatakan bahwa, kegiatan proyek dapat diartikan sebagai satu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau *deliverable* yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas. Untuk memahami pengertian proyek berikut ini diberikan beberapa pendapat dari para ahli, yang diantaranya sebagai berikut:

1. Menurut Heryanto dan Triwibowo (2009) dalam buku Manajemen Proyek Berbasis Teknologi Informasi, menyatakan bahwa, proyek didefinisikan sebagai suatu usaha sementara yang dilaksanakan untuk menghasilkan suatu produk atau jasa yang unik.
2. Gray dan Larson (2007) menyatakan bahwa, sebuah proyek didefinisikan sebagai usaha yang kompleks, tidak rutin, yang dibatasi oleh waktu, anggaran, sumber daya dan spesifikasi kinerja yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pelanggan.
3. Ervianto (2005) menyatakan bahwa, proyek konstruksi ialah suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek serta proses yang terjadi dalam rangkaian kegiatan tersebut terdapat suatu proses mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan.

2.2.2 Manajemen Proyek

Husen (2008) menyatakan bahwa, manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan untuk menyelesaikan proyek secara teknis. Cara teknis yang terbaik dan dengan sumber daya terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu dan waktu, serta keselamatan kerja. Pengertian manajemen sebenarnya masih banyak, ada juga yang berpendapat mengenai ruang lingkup dari pekerjaan manajemen proyek yang disampaikan oleh Lewis (2000), bahwa ruang lingkup manajemen proyek meliputi perencanaan, penjadwalan dan kontrol dari aktivitas agar sesuai dengan tujuan proyek tersebut.

2.3 Perencanaan Proyek

Husen (2008) menjelaskan bahwa, secara umum definisi perencanaan adalah suatu tahapan dalam manajemen proyek yang mencoba meletakkan dasar tujuan dan sasaran sekaligus menyiapkan segala program teknis dan administratif agar dapat diimplementasikan. Tujuan dari perencanaan adalah melakukan usaha untuk memenuhi

persyaratan spesifikasi proyek yang ditentukan dalam batasan biaya, mutu dan waktu ditambah dengan terjaminnya faktor keselamatan (*safety*).

Hasil dari perencanaan adalah dasar acuan bagi kegiatan selanjutnya seperti pelaksanaan dan pengendalian. Dalam perencanaan harus bisa mengantisipasi situasi dan hal-hal yang tidak pasti, hal ini terjadi karena proses perencanaan merupakan peramalan yang bergantung pada pengetahuan teknis dan subyektivitas perencana. Untuk itu dibutuhkan penyempurnaan dan tindakan koreksi sesuai dengan perkembangan kondisi proyek.

2.3.1 Penyusunan Urutan Aktivitas

Hamiilton (1997) menjelaskan bahwa, penyusunan urutan aktivitas adalah penentuan urutan aktivitas kerja untuk melaksanakan pekerjaan proyek. Urutan aktivitas diperlukan untuk menggambarkan hubungan antar aktivitas yang ada. Tiga hal yang perlu diperhatikan dalam menyusun urutan aktivitas adalah :

1. *Predecessor*, yaitu aktivitas sebelum atau yang mendahului aktivitas yang bersangkutan
2. *Successor/follower*, yaitu semua aktivitas sesudah atau yang terjadi setelah aktivitas yang bersangkutan
3. *Concurrent*, yaitu aktivitas-aktivitas yang dapat terjadi atau berlangsung bersamaan dengan aktivitas yang bersangkutan.

Setelah dilakukan penyusunan terhadap aktivitas-aktivitas tersebut, harus diberikan *activity ID* untuk memudahkan didalam pengamatan terhadap urutan aktivitas-aktivitas tersebut. *Activity ID* dapat dilihat pada Gambar 2.1 yaitu:

ID	Aktivitas Pekerjaan
1	Pekerjaan Persiapan
1.1	Pembersihan Lahan
1.2	Pemasangan <i>Bouwplank</i>
2	Pekerjaan Tanah
2.1	Galian Tanah
2.2	Urugan Tanah Kembali
2.3	Urugan Sirtu
2.4	Buang Sisa Tanah Galian

Gambar 2.1 *Activity ID*

Sumber: Wijaya, Marsiaono, Limanto (2013)

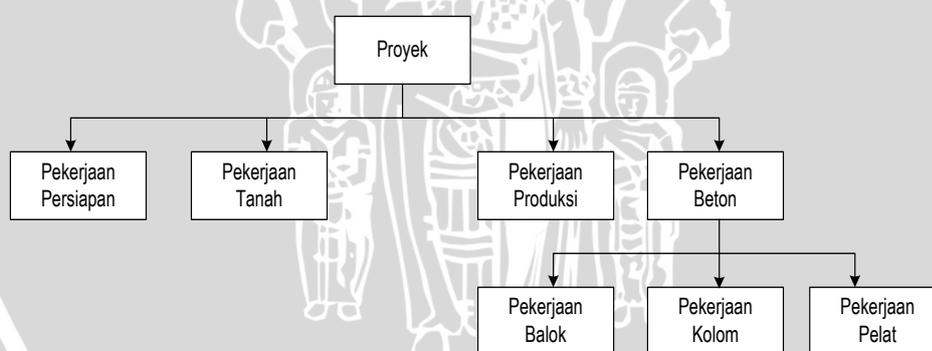
2.3.2 Work Breakdown Structure (WBS)

Husen (2009) menjelaskan bahwa, penyusunan WBS dilakukan dengan cara *top down*, dengan tujuan komponen-komponen kegiatan tetap berorientasi ke tujuan proyek. WBS dapat juga dipakai untuk membagi seluruh *level* proyek menjadi elemen-elemen kerja, menjelaskan proyek dalam satu format struktur *level*, fasilitas, dan mencakup seluruh item pekerjaan hingga selesai, pemecahan *level* sampai pada paket pekerjaan terakhir dengan kegiatan yang jelas dan cukup untuk merencanakan detail fase awal proyek.

Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam menentukan WBS secara umum disusun berdasarkan klasifikasi sebagai berikut:

1. Pembagian berdasarkan area atau lokasi yang berbeda
2. Pembagian kategori yang berbeda untuk tenaga kerja, peralatan dan material
3. Pembagian subdevisi pekerjaan berdasarkan spesifikasi pekerjaan
4. Pembagian pihak, seperti kontraktor utama, subkontraktor dan pemasok.

Klasifikasi diatas dapat membantu menentukan tingkatan WBS untuk memudahkan *monitoring* terhadap pekerjaannya. Pekerjaan yang besar dapat dibagi hingga menjadi paket-paket kerja yang lebih mudah ditentukan jadwal, biaya, serta menentukan penanggung jawab masing-masing elemen pada setiap tingkatan. Contoh *work breakdown structure* dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini:



Gambar 2.2 Contoh *Work Breakdown Structure*
Sumber: Wijaya, Marsiaono, Limanto (2013)

Work breakdown structure dapat juga menggunakan penomoran didalam setiap pekerjaan untuk menunjukkan tingkatan hirarki pekerjaan. Dapat dilihat pada Gambar 2.3 dibawah ini:

Task Name		
1. Pekerjaan Persiapan		
	1.1 Pembersihan Lahan	
	1.2 Pemasangan <i>Bouwplank</i>	
2. Pekerjaan Struktur Bawah		
	2.1 Pekerjaan Tanah	
		2.1.1 Galian Tanah
		2.1.2 Urugan Tanah Kembali
		2.1.3 Urugan Pasir
		2.1.4 Pemasangan Tanah
3. Pekerjaan Struktur Atas		
	3.1 Struktur Lantai 1	
		3.1.1 Sloof
		3.1.2 Plat Lantai
		3.1.3 Kolom Lantai 1
	3.2 Struktur Lantai 2	
		3.2.1 Balok Lantai 2
		3.2.2 Plat Lantai 2
		3.2.3 Kolom Lantai 2
	3.3 Pekerjaan Atap	

Gambar 2.3 Contoh Penomoran dalam *Work Breakdown Structure*

Sumber: Wijaya, Marsiaono, Limanto (2013)

2.4 Penjadwalan Proyek

Husen (2008) menjelaskan bahwa, penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek. Secara umum penjadwalan memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan pedoman terhadap unit pekerjaan/kegiatan mengenai batas-batas waktu untuk mulasi dan akhir dari masing-masing tugas.
2. Memberikan sarana bagi manajemen untuk koordinasi secara sistematis dan realistis dalam penentuan alokasi prioritas terhadap sumber daya dan waktu.
3. Memberikan sarana untuk menilai kemajuan proyek.
4. Menghindari pemakaian sumber daya yang berlebihan, dengan harapan proyek dapat selesai sebelum waktu ditetapkan.
5. Memberikan kepastian waktu pelaksanaan proyek.
6. Merupakan sarana penting dalam pengendalian proyek.

Soeharto (1997) menjelaskan bahwa, dalam penjadwalkan proyek terdapat beberapa metode yang didasarkan atas kebutuhan dan hasil yang ingin dicapai terhadap kinerja penjadwalan. Kinerja waktu akan berimplikasi terhadap kinerja biaya, sekaligus kinerja proyek secara keseluruhan. Oleh karena itu, variabel yang mempengaruhinya juga harus dimonitor, misalnya mutu, keselamatan kerja, ketersediaan peralatan dan material, serta

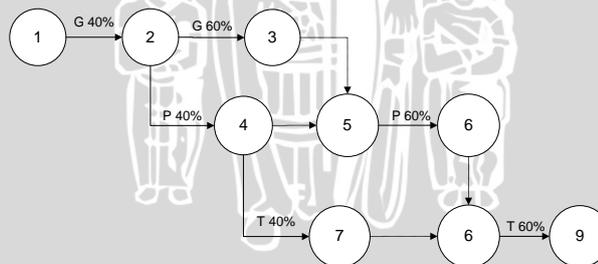
stakeholder proyek yang terlibat. Secara garis besar metode penjadwalan proyek ada 5 yaitu:

1. *Precedence Diagram Method* (PDM)
2. *Critical Path Method* (CPM)
3. *Program Evaluation And Review Technique* (PERT)
4. *Bar Chart* (Diagram Batang)
5. Penjadwalan dengan sistem komputer

2.5 *Precedence Diagram Method* (PDM)

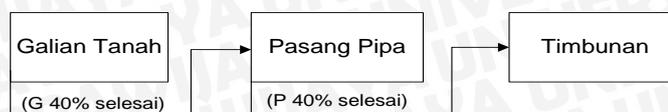
Soeharto (1997) menyatakan bahwa, PDM diciptakan untuk mengakomodasi kebutuhan perhitungan kegiatan-kegiatan *overlapping* yang sulit dilakukan oleh CPM atau PERT. CPM dan PERT mengenal istilah *ladder diagram* yang memang digunakan untuk perhitungan *overlapping*. Namun untuk proyek dengan skala besar serta jumlah kegiatan yang banyak dan rumit, *ladder diagram* akan menjadi sangat tidak efisien. Dalam PDM kegiatan *overlapping* dapat digambarkan dengan mudah.

Sebagai contoh Gambar 2.4 menunjukkan sebuah proyek jaringan kerja CPM yang terdiri dari kegiatan menggali tanah (Mt), meletakkan pipa (Mp), dan menimbun kembali (Mk). Diusahakan untuk mempersingkat waktu proyek dengan melakukan *overlapping* pekerjaan, yaitu dengan cara suatu pekerjaan dimulai setelah kegiatan pendahulunya berjalan 40%.



Gambar 2.4 Proyek pemasangan pipa metode cpm *ladder diagram*
 Sumber: Soeharto (1997)

Dapat dilihat pada Gambar 2.4, jaringan kerja metode CPM dan Gambar 2.5 metode PDM. Terlihat jelas perbedaan dari kedua metode ini. CPM dengan *dummy* dan *ladder diagram*-nya akan terlihat lebih rumit dan tidak praktis dibandingkan dengan metode PDM.



Gambar 2.5 Proyek pemasangan pipa metode PDM
 Sumber: Soeharto (1997)

Soeharto (1997) menjelaskan bahwa, PDM merupakan konsep *network planning* yang berbentuk *activity on node* (AON) dimana tanda panah menyatakan keterkaitan antara kegiatan. Kegiatan-kegiatan tersebut ditulis dalam bentuk *node* yang berbentuk kotak segi empat, sedangkan anak panahnya hanya sebagai petunjuk kegiatan-kegiatan yang bersangkutan. Dengan demikian *dummy* tidak diperlukan.

Ruang dalam *node* dibagi menjadi kompartemen-kompartemen berisi keterangan spesifik dari kegiatan dan peristiwa yang bersangkutan dan dinamakan atribut. Pengaturan denah (*layout*) kompartemen dan macam serta jumlah atribut yang hendak dicantumkan diantaranya adalah kurun waktu kegiatan (d), identitas kegiatan (nomor dan nama) serta waktu mulai dan selesainya kegiatan (ES, LS, EF dan LF).

Terkadang didalam kotak *node* dibuat kolom kecil sebagai tempat mencantumkan tanda persen (%) penyelesaian pekerjaan. Kolom ini akan membantu mempermudah mengamati dan memonitor kemajuan pelaksanaan kegiatan. Contoh bentuk *node* pada PDM dapat dilihat pada Gambar 2.6.

Nomor Urut				Nomor dan Nama Kegiatan	
ES	Nama Kegiatan	Kurun Waktu	EF	Tgl. Mulai ES/LS	Kurun Waktu (D)
LS	(Tanggal)	(Tanggal)	LF	Tgl. Selesai EF/LF	Float total (F)
Progress Penyelesaian (%)					

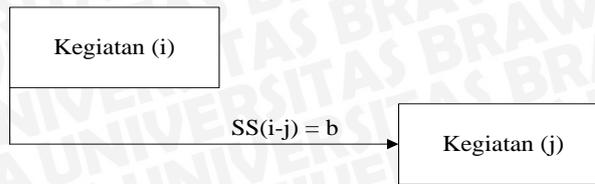
Gambar 2.6 Denah yang lazim pada *node* PDM
Sumber: Soeharto (1997)

2.5.1 Konstrain, *Lead*, dan *Lag*

Soeharto (1997) menyatakan abahwa, PDM tidak terbatas pada aturan dasar jaringan kerja CPM (Kegiatan boleh mulai setelah kegiatan yang mendahuluinya selesai), maka hubungan antar kegiatan berkembang menjadi beberapa kemungkinan berupa konstrain. Konstrain menunjukkan hubungan antar kegiatan dengan satu garis dari node terdahulu ke *node* berikutnya. Pada setiap *node* memiliki dua ujung, yaitu ujung awal atau mulai (S) dan ujung akhir atau selesai (F), maka ada empat macam konstrain, yaitu awal ke awal (SS), awal ke akhir (SF), akhir ke akhir (FF), dan akhir ke awal (FS). Pada garis konstrain dibubuhkan penjelasan mengenai waktu mendahului (*lead*) atau terlambat tertunda (*lag*).

1. Konstrain *start to start* (SS)

Konstrain ini memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan mulai kegiatan terdahulu atau SS (i-j)= b berarti kegiatan (j) mulai setelah b hari kegiatan yang terdahulu (i) mulai. b disebut juga *lead time*. Contoh bentuk Konstrain *start to start* dapat dilihat pada Gambar 2.7.

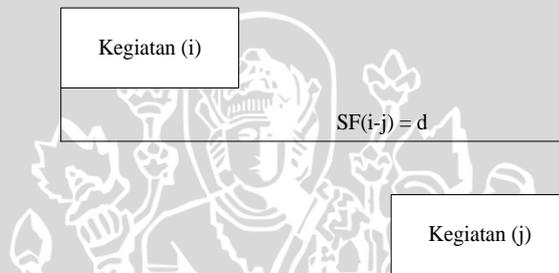


Gambar 2.7 Denah SS pada Node PDM

Sumber: Soeharto (1997)

2. Konstrain *Start to Finish* (SF)

Konstrain ini memberikan penjelasan hubungan antara selesainya suatu kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Dituliskan dengan SF (i-j)=d yang berarti kegiatan (j) selesai setelah d hari kegiatan yang (i) terdahulu mulai. d disebut juga *lead time*. Contoh Konstrain *start to finish* dapat dilihat pada Gambar 2.8.

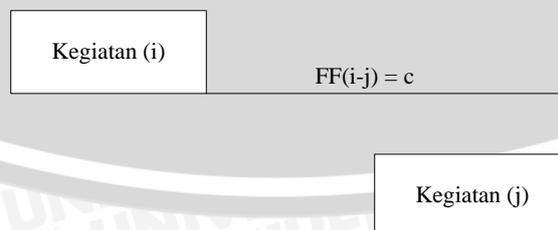


Gambar 2.8 Denah SF pada Node PDM

Sumber: Soeharto (1997)

3. Konstarin *finish to finish* (FF)

Konstrain ini memberikan penjelasan hubungan atara selesainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Atau FF (i-j)=c yang berarti kegiatan (j) mulai setelah c hari kegiatan yang terdahulu (i) selesai. c disebut *lag time*. Contoh bentuk Konstrain *finish to finish* dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Denah FF pada Node PDM

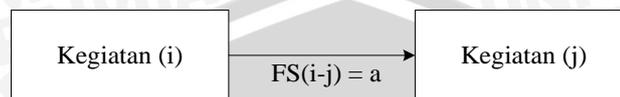
Sumber: Soeharto (1997)



4. Konstrai *finish to start* (FS)

Konstrai ini memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Dirumuskan sebagai FS (i-j)=a yang berarti kegiatan (j) mulai a hari, setelah kegiatan yang mendahuluinya (i) selesai. a disebut juga *lag time*.

Contoh bentuk Konstrai *finish to start* dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Denah FS pada *node* PDM

Sumber: Soeharto (1997)

2.5.2 Hitungan Maju

Husen (2009) menyatakan bahwa, hitungan maju dimulai dari awal proyek ke akhir proyek dari kiri ke kanan. Pada perhitungan ini, berlaku aturan-aturan sebagai berikut:

1. Notasi (i) bagi kegiatan yang ditinjau terdahulu dan notasi (j) bagi kegiatan yang sedang ditinjau.
2. Waktu awal dianggap nol.
3. Hitungan maju bertujuan untuk menentukan nilai *Early Start* (ES), *Early Finish* (EF) dan kurun waktu penyelesaian proyek.
4. Jika terdapat lebih dari satu kegiatan yang bergabung, diambil angka ES terbesar.
5. Angka ES suatu kegiatan dipilih dari angka terbesar diantara empat konstrain yang ada.

$Es(j) =$ (pilih angka terbesar dari):

$Es(i) + SS(i-j)$ atau

$Es(i) + SF(i-j) - D(j)$ atau

$EF(i) + FS(i-j)$ atau

$EF(i) + FF(i-j) - D(j)$ (2.1)

6. Angka EF suatu kegiatan sama dengan angka ES kegiatan tersebut ditambah dengan durasi kegiatan tersebut.

$Ef(j) = ES(j) + D(j)$ (2.2)

2.5.3 Hitungan Mundur

Husen (2009) menyatakan bahwa, hitungan mundur dimulai dari akhir proyek berjalan awal proyek, dari kanan ke kiri. Pada perhitungan ini, berlaku aturan-aturan sebagai berikut:

1. Notasi (i) bagi kegiatan yang sedang ditinjau dan notasi (j) bagi kegiatan yang ditinjau terdahulu.
2. Hitungan mundur bertujuan untuk menentukan nilai LS (*latest start*), LF (*latest finish*) dan kurun waktu *float*
3. Jika terdapat lebih dari satu kegiatan yang bergabung, diambil angka LS terkecil.
4. Angka LF suatu kegiatan dipilih dari angka terkecil diantara empat konstrain yang ada.

$LF(i) =$ (pilih angka terkecil dari):

$LS(j) = SS(i-j) + D(j)$ atau

$LS(j) - SF(i-j)$ atau

$LF(j) - FS(i-j) + D(i)$ atau

$EF(j) + FF(i-j)$ (2.3)

5. Angka LS suatu kegiatan sama dengan angka LF kegiatan tersebut dikurangi dengan durasi kegiatan tersebut.

$LS(i) = LF(i) - D(i)$ (2.4)

2.5.4 Jalur dan Kegiatan Kritis

Erviato (2005) menyatakan bahwa, jalur dan kegiatan kritis pada PDM mempunyai sifat sama seperti CPM atau AOA, sehingga proses identifikasi dan perhitungannya sama dengan pada CPM. Ciri-ciri kegiatan kritis yaitu:

1. Waktu mulai paling awal dan akhir harus sama ($ES=LS$)
2. Waktu selesai paling awal dan akhir harus sama ($EF=LF$)
3. Kurun waktu kegiatan adalah sama dengan perbedaan waktu selesai paling akhir dengan waktu mulai paling awal ($LF-ES=D$)
4. Bila hanya sebagian dari kegiatan bersifat kritis, maka kegiatan tersebut secara utuh dianggap kritis.

Sedangkan jalur kritis ditentukan dengan cara menghubungkan kegiatan-kegiatan kritis atau mencari jalur dengan durasi terpanjang. Soeharto (1997) menjelaskan bahwa, untuk mengidentifikasi jalur kritis layaknya CPM, PDM juga mengenal 2 macam perhitungan, yaitu hitungan maju, dan hitungan mundur. Masing-masing perhitungan

memiliki aturan dasar yang mengatur perhitungan waktu mulai dan selesai untuk masing-masing kegiatan.

2.6 Penyebab Keterlambatan Proyek

Levis and Atherley (1996) menyatakan bahwa, beberapa penyebab yang memungkinkan terjadinya keterlambatan dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu:

1. *Excusable non Compensable delays*, penyebab keterlambatan yang paling sering mempengaruhi waktu pelaksanaan proyek pada keterlambatan tipe ini, yaitu:
 - a. *Act of god*
 - b. *Forse majeure*
 - c. Cuaca
2. *Excusable compensable delays*, keterlambatan ini disebabkan oleh *owner, client*, kontraktor berhak atas perpanjangan waktu dan *claim* atas keterlambatan tersebut. Penyebab keterlambatan yang termasuk dalam *compensable* dan *excusable delay* adalah:
 - a. Terlambatnya penyerahan secara total lokasi (*site*) proyek.
 - b. Terlambatnya pembayaran kepada pihak kontraktor.
 - c. Kesalahan pada gambar dan spesifikasi.
 - d. Terlambatnya pendetailan pekerjaan.
3. *Non-excusable delays*, keterlambatan ini merupakan tanggung jawab dari kontraktor, karena kontraktor memperpanjang waktu pelaksanaan pekerjaan. Sehingga melewati tanggal penyelesaian yang telah disepakati, yang sebenarnya penyebab keterlambatan dapat diramalkan dan dihindari oleh kontraktor. Dengan demikian pihak *owner client* dapat meminta *monetary damages* untuk keterlambatan tersebut. Adapun penyebabnya antara lain:
 - a. Kesalahan mengkoordinasikan pekerjaan, bahan serta peralatan.
 - b. Kesalahan dalam keuangan pengelolaan proyek.
 - c. Kesalahan dalam penyerahan shop drawing/gambar kerja.
 - d. Kesalahan dalam mempekerjakan personil yang tidak cakap.

2.7 Akibat Keterlambatan Proyek

Levis and Atherley (1996) menyatakan bahwa, keterlambatan akan berdampak pada perencanaan semula serta pada masalah keuangan. Keterlambatan dalam suatu proyek

konstruksi akan memperpanjang durasi proyek atau meningkatkan biaya maupun keduanya.

Adapun dampak keterlambatan pada owner adalah hilangnya *potencial income* dari fasilitas yang dibangun tidak sesuai waktu yang ditetapkan, sedangkan pada kontraktor adalah hilangnya kesempatan untuk menempatkan sumber dayanya ke proyek lain, meningkatnya biaya tidak langsung (*indirect cost*) karena bertambahnya pengeluaran untuk gaji karyawan, sewa peralatan serta mengurangi keuntungan. Obrein (1976) menjelaskan bahwa, dampak keterlambatan menimbulkan kerugian terhadap:

1. Bagi pemilik, keterlambatan menyebabkan kehilangan penghasilan dari bangunan yang seharusnya sudah bisa digunakan atau disewakan.
2. Bagi kontraktor, keterlambatan penyelesaian proyek berarti naiknya *overhead* karena bertambah panjang waktu pelaksanaan, sehingga merugikan akibat kemungkinan naiknya harga karena inflasi dan naiknya upah buruh, juga akan tertahannya modal kontraktor yang kemungkinan besar dapat dipakai untuk proyek lain.
3. Bagi konsultan, keterlambatan akan mengalami kerugian waktu, karena dengan adanya keterlambatan tersebut konsultan yang bersangkutan akan terhambat dalam mengagendakan proyek lainnya.

2.8 Mengatasi Keterlambatan Proyek

Dipohusodo (1996) menyatakan bahwa, selama proses konstruksi selalu saja muncul gejala kelangkaan periodik atas material-material yang diperlakukan, berupa material dasar atau barang jadi baik yang lokal maupun *import*. Cara penanganannya sangat bervariasi tergantung pada kondisi proyek, sejak yang ditangani langsung oleh staf khusus dalam organisasi sampai bentuk pembagian porsi tanggung jawab diantara pemberi tugas, kontraktor dan sub-kontraktor, sehingga penawaran material suatu proyek dapat datang dari sub-kontraktor, pemasok atau agen, importer, produsen atau industri, yang kesemuanya mengacu pada dokumen perencanaan dan spesifikasi teknis yang telah ditetapkan. Cara mengendalikan keterlambatan adalah:

1. Mengerahkan sumber daya tambahan
2. Melepas rintangan-rintangan, ataupun upaya-upaya lain untuk menjamin agar pekerjaan meningkat dan membawa kembali ke garis rencana.
3. Jika tidak mungkin tetap pada garis rencana semula mungkin diperlukan revisi jadwal, yang untuk selanjutnya dipakai sebagai dasar penilaian kemajuan pekerjaan pada saat berikutnya.

2.9 Penjadwalan Sumber Daya

Husen (2009) menjelaskan bahwa, penjadwalan sumber daya seperti tenaga kerja, peralatan, material dan modal atau biaya dapat merupakan bagian dari *master schedule* atau dapat juga sebagai bagian terpisah darinya sebagai *subschedul*.

Untuk proyek yang cukup kompleks, pemilihan *schedule* sumber daya dari *master schedule*, dengan rincinya dilakukan pada *subschedule* adalah langkah terbaik untuk memudahkan *monitoring*. Tujuan penjadwalan sumber daya adalah memastikan jumlah atau jenis sumber daya dapat diketahui sejak awal dan tersedia bila dibutuhkan. Tetapi bila ketersediaan sumber daya terbatas, maka biasanya durasi proyek menjadi lebih lambat dari yang direncanakan.

Sebaliknya, dengan menambah jumlah sumber daya, maka durasi proyek dapat dipercepat. Bila ketersediaan sumber daya masih cukup tetapi distribusinya selama berlangsung proyek berfluktuasi, maka hal ini akan mengurangi tingkat efektivitas dan efisiensi penggunaan sumber daya. Bila jumlah sumber daya yang dimiliki terbatas dan ketersediaannya tidak mencukupi, sedangkan durasinya adalah batasan kurun waktu proyek, maka penjadwalan dapat dilakukan dengan perataan sumber daya (*Resource Leveling*).

2.10 Penjadwalan Dengan Sumber Daya Terbatas

Husen (2009) menjelaskan bahwa, sumber daya yang terbatas adalah salah satu alasan mengapa penjadwalan diperlukan. Penjadwalan dimaksudkan supaya pelaksanaan proyek tetap dapat berlangsung. Caranya dengan mengoptimalkan penggunaan sumber daya yang terbatas sehingga diusahakan juga durasi proyek tidak menjadi terlalu terlambat.

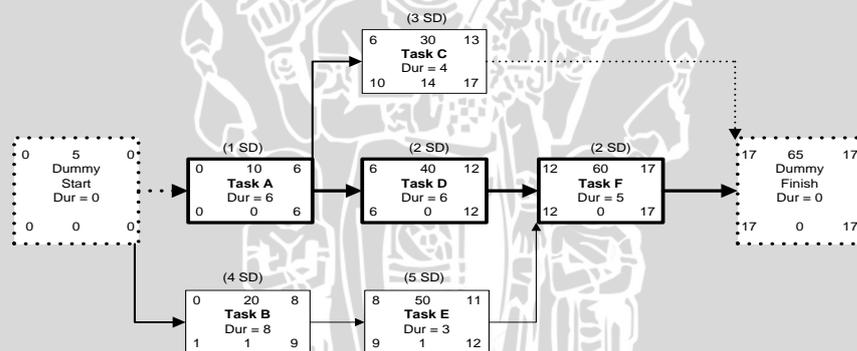
Sumber daya yang terbatas karena ketersediaannya yang memang langka dapat masalah besar bagi pelaksana proyek, karena hal ini akan mempengaruhi durasi proyek. Makin sedikit jumlah ketersediaan sumber daya, maka durasi proyek semakin lama karena banyak kegiatan yang tidak dapat dilakukan akibatnya adalah adanya sanksi dari pemilik proyek yang berupa denda atau pemutusan hubungan kerja sepihak karena keterlambatan waktu penyelesaian proyek.

Terdapat dua batasan yang harus diperhatikan dalam penjadwalan proyek, karena batasan tersebut berpengaruh terhadap waktu kerja dari suatu kegiatan. Dua batasan tersebut adalah:

1. Batasan hubungan kegiatan, batasan yang diakibatkan oleh hubungan kegiatan pada beberapa kegiatan.

2. Batasan sumber daya, batasan yang diakibatkan oleh ketidaktersediaan sumber daya. Husen (2009) menjelaskan bahwa, ada empat aturan yang dapat diterapkan pada penjadwalan proyek dengan hubungan alokasi sumber daya yang terbatas, yaitu:
 1. Memprioritaskan kegiatan yang mempunyai batasan kegiatan-kegiatan dengan sumber daya maksimum, lalu dilakukan penjadwalan terhadap kegiatan tersebut berbasis kontinyu.
 2. Memprioritaskan pada kegiatan kritis atau mendekati kritis dengan total float paling rendah, lalu dilakukan penjadwalan terhadap kegiatan tersebut dengan cara basis kontinyu.
 3. Memprioritaskan pada kegiatan mempunyai durasi paling pendek, lalu dilakukan penjadwalan terhadap kegiatan tersebut dengan cara basis kontinyu.
 4. Setelah salah satu dari 3 aturan diatas terpenuhi, dilakukan pada kegiatan dengan prioritas rendah dengan berbasis terputus, kemudian dilakukan interupsi oleh kegiatan yang lebih tinggi prioritasnya.

Agar lebih jelas, diberikan contoh penjadwalan sumber daya dengan kondisi batasan hubungan keterkaitan dan batasan kondisi sumber daya yang dilihat pada Gambar 2.11.

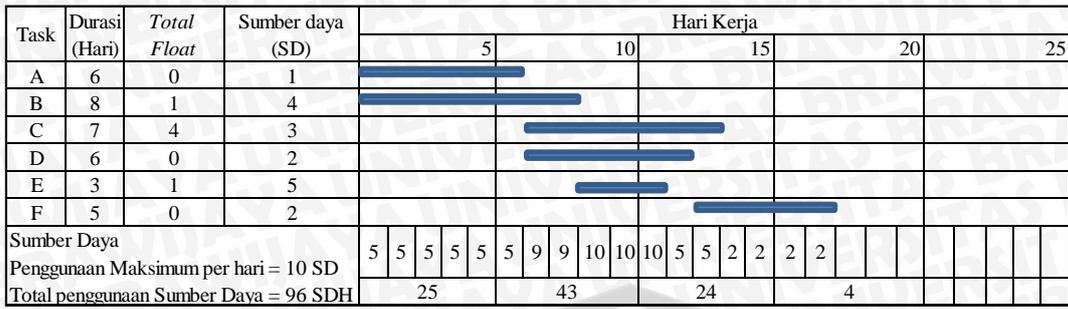


Gambar 2.11 PDM dengan tingkat kebutuhan sumber daya yang cukup

Sumber: Husen (2010)

Pada Gambar 2.11 menunjukkan bahwa kebutuhan sumber daya pada kegiatan *task A*, jumlah sumber dayanya adalah 1 sumber daya (SD), sedangkan *task B*, jumlah sumber daya 4 SD, dan seterusnya untuk *task C, D, E, F*, sedangkan untuk penggunaan sumber daya dibatasi maksimum 7 SD.

Durasi normal dengan ketersediaan sumber daya yang cukup adalah 17 hari, dengan total *float* = 0 dan kegiatan kritis A-D-F. Sebagai contoh penggunaan sumber daya dalam keadaan normal, dapat dilihat pada Gambar 2.12.

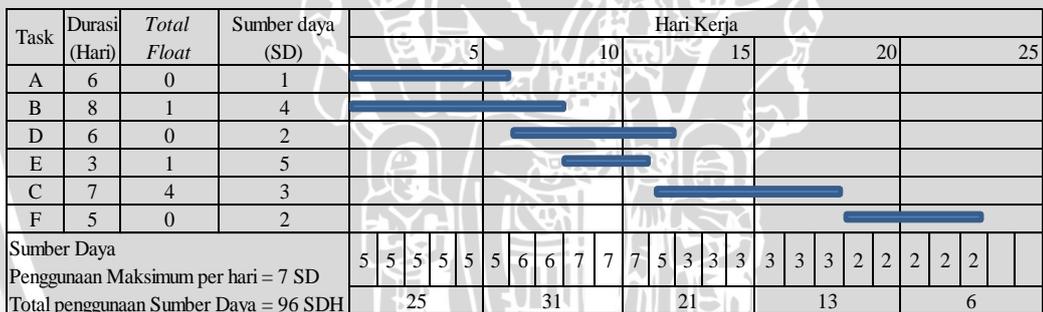


Gambar 2.12 Diagram batang dengan sumber daya cukup

Sumber: Husen (2010)

Pada Gambar 2.12 menunjukkan bahwa pemakaian sumber daya dalam keadaan normal dimana batasan-batasan pada proyek diabaikan atau boleh dikatakan kebutuhannya dapat dipenuhi sesuai dengan masing-masing kegiatan. Penggunaan sumber daya dalam keadaan diatas adalah maksimum perharinya adalah 10 SD dengan jumlah total 96 sumber daya hari (SDH). Sedangkan maksimum perminggunya bila 1 minggu dengan 5 hari kerja adalah 43 SDH serta durasi proyek 17 hari.

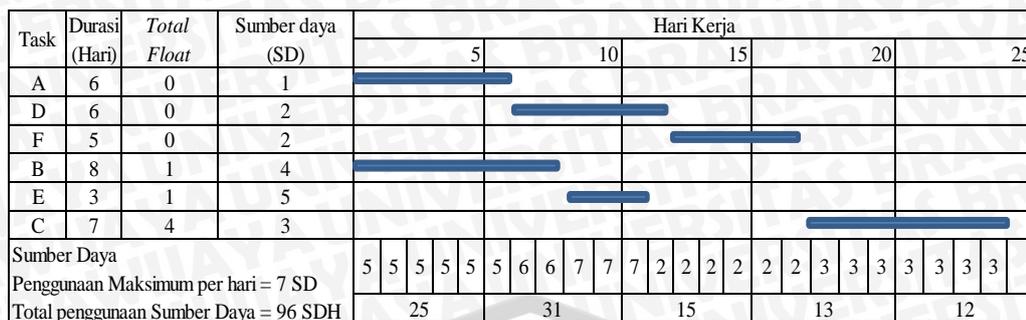
Kemudian keadaan diatas direvisi lagi karena adanya keterbatasan sumber daya dimana pada proyek tersebut maksimum penggunaannya adalah 7 SD, maka mengharuskan penjadwalan ulang dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Diagram batang dengan sumber daya terbatas, prioritas pada batasan sumber daya maksimum

Sumber: Husen (2010)

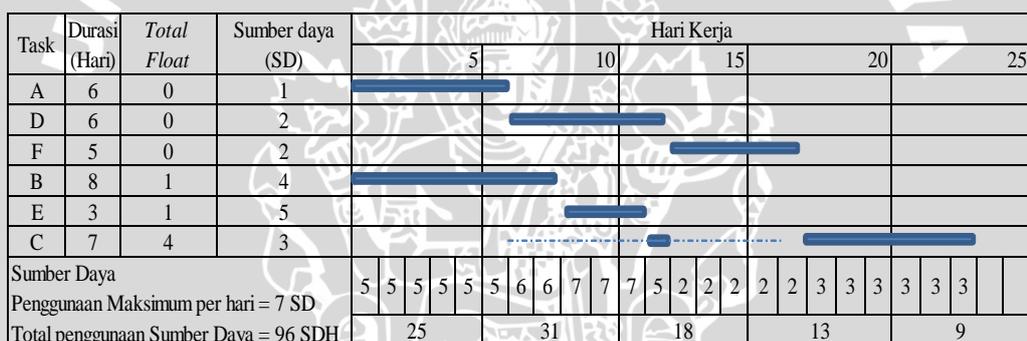
Pada Gambar 2.13 adalah contoh penerapan aturan 1, yakni prioritas dimana kegiatan D dan E mempunyai jumlah maksimum sumber daya 7 SD dijadwalkan terlebih dulu. Karena kegiatan C dapat dimulai setelah kegiatan E selesai, sehingga durasi proyek lebih lambat yaitu menjadi 23 hari , sedangkan penggunaan sumber daya maksimum perminggunya dengan jumlah normal dan ketersediaan cukup 43 SDH ketika dijadwalkan ulang menjadi 31 SDH. Sebagai contoh sumber daya terbatas dengan prioritas penjadwalan pada total float paling rendah dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Diagram batang dengan sumber daya terbatas, prioritas penjadwalan pada total float paling rendah

Sumber: Husen (2010)

Pada Gambar 2.14 penerapan aturan 2, dengan total *float* yang paling kecil A, D, F dan bernilai sama yaitu $TF = 0$ dijadwalkan terlebih dulu. Bila dihubungkan dengan keterbatasan hubungan antar kegiatan, kegiatan C dapat dimulai setelah kegiatan A selesai. Namun karena penggunaan sumber daya maksimum perhari adalah 7 SDH maka kegiatan C dapat dimulai bila kegiatan F selesai, sehingga durasi proyek terlambat menjadi 24 hari.



Gambar 2.15 Diagram batang dengan prioritas pada total float paling rendah, penjadwalan selanjutnya dengan cara basis non-kontinyu

Sumber: Husen (2010)

Gambar 2.15 penerapan aturan 4, dengan prioritas pada kegiatan dengan total *float* paling rendah dan penjadwalan dengan basis non-kontinyu, dengan ketersediaan sumber daya cukup serta batasan hubungan keterkaitan antar kegiatan tidak ada. Pada Gambar 2.15 ini, kegiatan C diinterupsi pada hari ke-13 oleh kegiatan F sampai selesai. Lalu dilanjutkan kembali oleh kegiatan C sehingga durasi proyek menjadi 23 hari.

Dapat disimpulkan bahwa pemakaian sumber daya dengan keterbatasan yang sama, yaitu maksimum 7 orang, maka aturan 1 dan 4 adalah proyek dengan durasi proyek paling rendah, yaitu 23 hari dari 17 hari yang direncanakan. Akan tetapi, aturan 1 memberikan hasil paling sederhana dan pelaksanaannya tidak rumit.

2.11 Pemerataan Sumber Daya (*Resource Leveling*)

Soeharto (1997) menjelaskan bahwa, *resource leveling* merupakan suatu metode pengalokasian sumber daya dimana kita mengatur jadwal aktifitas sedemikian rupa sehingga tingkat kebutuhan sumber daya dari waktu ke waktu menjadi setara mungkin. Dengan demikian akan diperoleh tingkat penggunaan sumber daya yang optimal, atau tingkat pengangguran sumber daya yang lebih kecil.

Pada masalah penjadwalan proyek menurut Gray and Larson (2009) menjelaskan bahwa, *resource leveling* dibedakan menjadi 2 yaitu :

1. *Resource Constrained Project*

Adalah penjadwalan proyek dengan persediaan sumber daya yang terbatas sehingga terjadi keterlambatan waktu selesai proyek.

2. *Times Constrained Project*

Adalah penjadwalan proyek dengan keterbatasan waktu proyek sehingga sumber daya yang tersedia harus ditambah agar waktu proyek sesuai rencana. Berikut ini cara manual perataan sumber daya (*resource leveling*):

1. Cari ES paling kecil, jika *eligible* (mungkin dilakukan) maka *load* kegiatan tersebut.
2. Jika ES sama, maka ambil *slack* yang lebih kecil.
3. Jika ES dan *slack* sama, maka ambil durasi yang lebih kecil.
4. Jika ES, *slack*, dan durasi sama, maka urutkan sesuai nomor kegiatan.

Dari semua penjelasan di atas, perataan sumber daya dimaksudkan untuk meningkatkan produktivitas, efektivitas, dan efisiensi penggunaannya, menjaga pola penyebarannya yang logis dari segi kuantitas serta menempatkan kualitas sumber daya yang sesuai dengan kebutuhan proyek dan diharapkan dengan durasi yang tidak berubah.