

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada pengerjaan tugas akhir ini penulis mengacu pada penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam penelitian yang akan dilakukan. Berikut merupakan penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis.

Tabel 2.1. Matriks Penelitian Terdahulu

NAMA PENELITI	JUDUL PENELITIAN	HASIL PENELITIAN
Reni Juniarti (2020)	Analisa keputusan pengoptimalan jadwal kerja proyek pembangunan <i>Distribution Centre</i> ALFAMART Pontianak	Percepatan dengan penambahan 1 jam kerja (lembur) 7,22% lebih cepat dari durasi normal 263 hari menjadi 244 hari dan penambahan 2 jam kerja (lembur) 12,17% lebih cepat , penambahan 3 jam kerja (lembur) 14,83% lebih cepat dari durasi normal
Perbedaan : 1. Objek penelitian, total biaya proyek , durasi pekerjaan 2. Metode analisa jaringan kerja 3. Masalah yang terjadi pada proyek		

NAMA PENELITI	JUDUL PENELITIAN	HASIL PENELITIAN
Fajar Juniza (2020)	Percepatan waktu (Crashing) menggunakan sistem kerja shift dan jam lembur 4 jam	dengan penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam biaya mengalami pembengkakan biaya sebesar 40,95% lebih mahal dari biaya <i>existing</i> dengan waktu kerja 19,80% lebih cepat. Sedangkan dengan menerapkan sistem kerja shift (pagi dan malam) mengalami kenaikan biaya sebesar 21,15% lebih mahal dari biaya <i>existing</i> atau lebih murah 25,16% dari penambahan jam kerja lembur selama 4 jam dan lebih cepat 39,60% dari durasi <i>existing</i> dan lebih cepat 24,69% dari penambahan jam kerja lembur selama 4 jam
Perbedaan : 1. Objek penelitian , durasi pekerjaan , total biaya proyek 2. Alterlatif percepatan 3. Variasi penambahan jam kerja		

2.2 Manajemen Proyek

Proyek adalah suatu kegiatan yang dilakukan dengan waktu dan sumber daya terbatas untuk mencapai hasil akhir yang ditentukan. Dalam mencapai hasil akhir, kegiatan proyek dibatasi oleh anggaran, jadwal, dan mutu, yang dikenal sebagai tiga kendala (*triple constraint*): sesuai spesifikasi yang ditetapkan, sesuai *time schedule*, dan sesuai biaya yang direncanakan (Hafnidar, 2016).

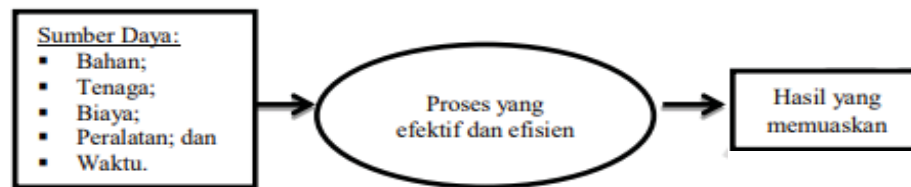
Setiap pekerjaan proyek konstruksi bersifat dinamis dan diperlukan rekayasa dalam proses pengerjaannya. Hal ini ditunjukkan dengan berubahnya sumber daya sewaktu-waktu selama masa pembangunan menyesuaikan kondisi dan kebutuhan di lapangan. Sehingga, diperlukan penyesuaian dan peninjauan secara terus menerus untuk dapat menyelesaikan proyek pada waktu yang ditentukan.

Menurut Ervianto (2005), Definisi manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, dan koordinasi suatu proyek dari awal hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu.

Manajemen pada suatu konstruksi merupakan suatu alat untuk mengefektifkan dan mengefisienkan kegiatan-kegiatan pada proyek tersebut. Parameter yang digunakan adalah fungsi waktu dan biaya dari setiap kegiatan proyek konstruksi. Untuk mengatur dan menata kegiatan-kegiatan tersebut harus lebih dulu mengerti dan memahami persoalan dari awal sampai akhir, dengan kata lain harus memasuki ke dalam konstruksi secara utuh.

Setiap proyek konstruksi, terdapat sumber daya yang akan diproses, pada saat proses inilah diperlukan manajemen agar proses ini berjalan efektif dan efisien, dan diperoleh hasil yang memuaskan. Sumber daya adalah berbagai daya untuk memungkinkan sebuah hasil yang ingin dicapai. Sumber daya itu terdiri dari 6M+I+S+T yaitu *Money* (uang), *Material* (bahan), *Machine* (peralatan), *Man-power* (tenaga manusia), *Market* (pasar), dan *Methode*

(metode) serta *Information* (informasi), *Space* (ruang) dan *Time* (waktu). Secara skematis ditunjukkan seperti gambar berikut:



Gambar 2. 1 Skema Sumber Daya Proyek

2.3 Penjadwalan Proyek

Setiap proyek konstruksi dimulai dengan proses perencanaan, dimana perencanaan merupakan bagian terpenting untuk mencapai keberhasilan proyek konstruksi. Pengaruh perencanaan terhadap akan berdampak pada pendapatan dalam proyek itu sendiri. Hal ini diperkuat dengan berbagai kejadian dalam proyek konstruksi yang menyatakan bahwa perencanaan yang baik dapat menghemat \pm 40% dari biaya proyek, sedangkan perencanaan yang kurang baik dapat menimbulkan kebocoran anggaran \pm 400% (Ervianto,2005).

Perencanaan dan penjadwalan adalah hal yang berlainan namun tetap terkait satu sama lain. Penjadwalan merupakan penggambaran proses dalam proyek konstruksi yang dapat memberikan informasi dalam hal kinerja sumber daya berupa tenaga kerja, biaya, peralatan dan material, serta rencana waktu proyek dan progres waktu untuk menyelesaikan proyek. Penjadwalan merupakan bagian dari perencanaan atau merupakan refleksi dari perencanaan itu sendiri. Penjadwalan merupakan suatu cara untuk merumuskan dan menentukan urutan kegiatan serta menentukan waktu proyek dapat diselesaikan. Pengaturan waktu dan penjadwalan dari uraian kegiatan di dalamnya dibutuhkan agar suatu proyek dapat berjalan dengan efektif dan efisien.

Secara umum penjadwalan proyek dapat membantu dalam hal menunjukkan hubungan dari kegiatan satu dan lainnya terhadap keseluruhan proyek, mengidentifikasi hubungan yang harus didahulukan antara

kegiatan, perkiraan biaya dan waktu yang realistis untuk tiap kegiatan, dan penggunaan sumber daya dengan cara kritis pada proyek.

2.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Anggaran atau keuangan adalah hal mendasar dalam sebuah bisnis, tak terlepas dari bisnis konstruksi. Besaran biaya yang dikeluarkan pada sebuah kegiatan konstruksi harus lebih rendah daripada total biaya yang disediakan agar perusahaan mendapatkan keuntungan. Rencana anggaran biaya secara umum adalah perkiraan aliran keuangan untuk pengendalian proyek. Pengembangan dari hal tersebut adalah estimasi biaya, anggaran, aliran kas, dan profit dari proyek tersebut. Estimasi anggaran dalam sebuah proyek konstruksi harus dilakukan oleh seorang estimator yang ahli dan memahami seluruh kegiatan proyek konstruksi, termasuk jenis alat dan bahan material yang nanti akan berpengaruh terhadap total biaya konstruksi. Biaya yang digunakan pada proyek terbagi menjadi biaya langsung dan biaya tidak langsung.

2.4.1 Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Biaya langsung adalah biaya yang dibebankan langsung kepada objek ataupun produk yang dimana merupakan komponen-komponen proyek. Biaya langsung didapat dari pengalihan volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan, beberapa komponen-komponen tersebut meliputi :

1. Biaya pembelian bahan dan material yang akan digunakan, biaya ini berbeda-beda antara tempat satu dan lainnya yang dipengaruhi oleh sumber material, biaya transportasi dan lain sebagainya.
2. Biaya upah tenaga kerja, biaya ini tergantung keahlian dan standar upah dari wilayah proyek tersebut dilaksanakan.
3. Biaya penyewaan alat dan biaya operasional, beberapa alat yang digunakan dalam proyek ada yang harus dibeli maupun sewa yang mana setelah melakukan pertimbangan yang tepat agar dapat menekan biaya peralatan

Tiga hal tersebut sesuai menurut Peraturan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Permen PUPR No.28/PRT/M/2016 mendefinisikan biaya langsung sebagai komponen harga satuan pekerjaan yang terdiri atas biaya upah, biaya bahan dan biaya alat.

2.4.2 Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tidak langsung adalah biaya yang dikeluarkan pada setiap kegiatan namun tidak dapat dihubungkan ataupun dibebankan langsung dalam item pekerjaan. Walaupun tidak memiliki kaitan secara langsung, namun memiliki dampak dalam beberapa pekerjaan konstruksi. Bila penyelesaian akhir proyek mundur dari jadwal yang seharusnya atau dari waktu yang sudah direncanakan, biaya tidak langsung ini akan membengkak sedangkan nilai kontrak tetap, sehingga keuntungan yang akan didapat berkurang bahkan mengalami kerugian dalam kondisi tertentu. Biaya tidak langsung dapat meliputi :

1. Biaya *Overhead* , merupakan biaya-biaya operasional yang menunjang keberlangsungan pekerjaan proyek seperti fasilitas sementara, operasional petugas , biaya K3 , gaji tetap dan tunjangan bagi tim manajemen.
2. Pembangunan fasilitas sementara
3. Pajak , sumbangan , biaya izin , dan asuransi
4. Pengeluaran umum
5. Profit

2.5 Keterlambatan

Suatu pekerjaan sudah ditargetkan selesai pada waktu yang telah ditentukan. Namun, karena satu dan lain hal ataupun alasan tertentu tidak terpenuhi maka bisa dikatakan suatu pekerjaan mengalami keterlambatan. Hal ini berdampak pada perencanaan semula dan mengakibatkan masalah keuangan. Keterlambatan yang terjadi pada suatu proyek konstruksi dapat memperpanjang lama waktu pekerjaan proyek atau juga meningkatkan

biaya maupun dapat berupa keduanya. Adapun beberapa akibat dari keterlambatan terhadap pemilik proyek atau *owner* adalah hilangnya kesempatan menempatkan sumber daya pada proyek lain, meningkatnya biaya langsung karena bertambahnya pengeluaran untuk gaji karyawan, sewa alat dan lain sebagainya yang mengakibatkan berkurangnya keuntungan.

2.5.1 Penyebab Keterlambatan

Menurut Fajar Juniza (2020) penyebab keterlambatan dapat dikelompokkan menjadi 3 yaitu :

1. *Excusable Non – Compensable Delays*, penyebab keterlambatan yang paling sering mempengaruhi waktu pelaksanaan proyek pada faktor ini adalah :
 - a. *Art of God*, berupa bencana alam seperti gempa bumi, banjir, letusan gunung merapi, dan lain lain
 - b. *forse majeure*, yang termasuk didalamnya adalah semua penyebab *Art of God*, demonstrasi, mogok kerja karyawan, dan lain lain.
 - c. iklim/cuaca, saat iklim/cuaca sedang buruk maka ini dapat menjadi faktor keterlambatan namun dapat dimaafkan atau biasa disebut *excusing delay*
2. *Excusable Compensable delay*, keterlambatan ini terjadi akibat *client* pemilik proyek, namun pihak kontraktor berhak mendapatkan tambahan waktu atas keterlambatan tersebut. Penyebab yang termasuk didalam *Excusable* dan *Compensable Delay* adalah
 - a. Terlambatnya pembayaran terhadap pihak kontraktor
 - b. Terlambatnya penyerahan total lokasi (*site*) proyek
 - c. Terlambatnya persetujuan atas gambar-gambar fabrikasi
 - d. Terlambatnya pendetailan pekerjaan
3. *Non-Excusable Delay*, keterlambatan ini merupakan kesalahan murni dari pihak kontraktor karena memperpanjang durasi pekerjaan sehingga melewati waktu yang telah disepakati.

Dengan demikian pihak *owner* dapat meminta *monetary damages* atas keterlambatan tersebut

2.5.2 Dampak Keterlambatan

Keterlambatan dalam suatu proyek konstruksi akan mengakibatkan meningkatnya durasi proyek, bisa juga mengakibatkan meningkatnya biaya total proyek bahkan bisa terjadi kedua-duanya. Adapun dampak yang dirasakan oleh pihak *owner* adalah hilangnya potensi pendapatan dari fasilitas yang dibangun karena tidak selesai tepat waktu, Sedangkan dari pihak kontraktor tentu berkurangnya keuntungan akibat dari naiknya biaya tidak langsung proyek karena bertambahnya pengeluaran untuk gaji karyawan, sewa alat, serta hilangnya kesempatan untuk menempatkan sumber daya pada proyek yang lain.

2.6 Percepatan Durasi Penyelesaian Proyek (*Crashing*)

Mempercepat durasi proyek adalah upaya untuk menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu normal. *Crashing* merupakan suatu upaya yang disengaja dan sistematis dengan cara memadukan kegiatan-kegiatan yang berfokus pada jalur kritis. Ada beberapa cara optimum yang dapat dilakukan pada kegiatan yaitu meliputi penambahan tenaga kerja, penambahan jam kerja atau lembur, penggunaan alat berat, dan perubahan metode konstruksi di lapangan.

2.6.1 Percepatan Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Penambahan jam kerja lembur untuk para pekerja adalah salah satu *strategy* penggunaan metode percepatan. Penambahan jam kerja dapat dilakukan setiap hari tanpa penambahan tenaga kerja. Menurut PP No. 35 tahun 2021, waktu Kerja Lembur adalah waktu kerja yang melebihi 7 (tujuh) jam sehari dan 40 (empat puluh) jam 1 (satu) minggu untuk 6 (enam) hari kerja dalam 1 (satu) minggu atau 8 (delapan) jam sehari dan 40 (empat puluh) jam 1 (satu) minggu untuk 5 (lima) hari kerja dalam 1 (satu) minggu atau waktu kerja

pada hari istirahat mingguan dan/atau pada hari libur resmi yang ditetapkan pemerintah..

Kerja lembur memiliki risiko dan tingkat bahaya yang lebih besar karena beban pekerjaan yang lebih berat dibandingkan dengan jam kerja normal. Oleh karena itu jam kerja lembur dari mendapat upah yang lebih besar dari upah normal harian. Selain itu, jam kerja lembur juga mempengaruhi produktivitas para pekerja, maka dibutuhkan fasilitas tambahan seperti lampu, fasilitas kesehatan, dan harus dilakukan peningkatan pengawasan.

Adapun rencana kerja untuk mempercepat durasi sebuah pekerjaan dengan metode penambahan jam kerja adalah:

1. Waktu kerja normal menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 35 tahun 2021 telah diatur dalam 2 sistem sebagai berikut ini.
 - a. 7 (tujuh) jam 1 (satu) hari dan 40 (empat puluh) jam 1 (satu) minggu untuk 6 (enam) hari kerja dalam 1 (satu) minggu; atau
 - b. 8 (delapan)jam 1 (satu) hari dan 40 (empat puluh) ja- 1 (satu) minggu untuk 5 (lima) hari kerja dalam 1 (satu) minggu.
2. Cara menghitung upah lembur pekerja menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 35 tahun 2021 bagian keempat tentang upah kerja lembur bagian keempat pasal 31 perhitungan sebagai berikut:
 - a. Untuk jam lembur pertama harus dibayar upah sebesar 1,5 kali upah sejam
 - b. Upah setiap jam kerja lembur berikutnya harus dibayar upah sebesar 2 kali upah sejam

2.6.2 Percepatan dengan alternatif jam kerja *shift*

Sistem kerja *shift* adalah sistem pengaturan jadwal kerja yang memberikan ruang untuk memanfaatkan keseluruhan waktu yang tersedia untuk operasional pekerjaan, yang dimana kerja *shift* para pekerja bekerja secara bergantian agar operasional pekerjaan terus

berjalan. Biasanya dengan menggunakan metode kerja *shift*, besaran biaya yang dikeluarkan akan melampaui rencana anggaran untuk fasilitas layanan kerja. Dapat dikatakan menggunakan metode kerja *shift* akan menambah biaya total yang harus dikeluarkan. Namun, secara drastis akan dapat mengurangi durasi pekerjaan dari durasi total yang ditetapkan.

Masalah yang sering muncul pada sistem kerja *shift* adalah komunikasi antar pekerja yang kurang efisien. Dampak lainnya yang sering muncul adalah kurangnya waktu tidur para pekerja dan mempengaruhi kesehatan sehingga berkurangnya produktivitas. Beberapa masalah tersebut yang akan mempengaruhi penurunan produktivitas tenaga kerja, angka koefisien penurunan produktivitas dalam persen telah diketahui sebesar 11% – 17% dan biaya langsung kerja *shift* biasanya dikenakan biaya tambahan sebesar 15% untuk upah pekerja dari upah pekerja normal (Hanna, 2008).

2.7 Produktivitas Tenaga Kerja

Pengertian produktivitas tenaga kerja merupakan tingkat kemampuan tenaga kerja dalam hal *output dan input*, dimana merupakan rasio antara hasil dari suatu kegiatan produksi dengan total pekerja atau sumber daya yang digunakan. Dalam proyek konstruksi, rasio produktivitas merupakan nilai yang diukur selama masa proyek konstruksi dapat dipisahkan dari sumber daya sebagai tolak ukur. Berhasil atau tidaknya sebuah proyek konstruksi tergantung efektifitas pengelolaan sumber daya. Sumber daya yang dimaksud adalah *material, machine, men, method*, dan *money*.

2.8 Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas

Menurut Soeharto (1999), variabel yang dapat mempengaruhi produktivitas tenaga kerja dapat dikelompokkan sebagai berikut :

1. Kondisi geografis

Kondisi geografis lokasi proyek dapat berpengaruh dalam produktivitas tenaga kerja. Kondisi atau keadaan suatu wilayah dengan dilihat dari keadaannya yang berkaitan dengan aspek geografis. Aspek-aspek itu

meliputi : Letak, terkait dengan lokasi geografis, luas, bentuk dan posisi koordinat dari peta.

2. Iklim atau keadaan cuaca

Kondisi cuaca sangat berpengaruh besar terhadap produktifitas tenaga kerja. Seperti cuaca panas, dingin, hujan bahkan salju. Di daerah tropis yang memiliki kelembaban udara tinggi bisa mempercepat lelahnya para pekerja. Sebaliknya, di kawasan yang dingin akan membuat tenaga kerja kedinginan sehingga menurunkan produktifitas.

3. Keadaan fisik lapangan

Kondisi lapangan seperti tanah berbatu , rawa rawa ataupun padang pasir berpengaruh besar terhadap produktivitas

4. Sarana bantu

Kurangnya peralatan konstruksi sebagai kelengkapan sarana bantu akan menambah jam untuk menyelesaikan pekerjaan

- a. Supervisi , perencanaan dan koordinasi
- b. Besaran proyek
- c. Pengalaman kerja
- d. Dan komposisi kelompok kerja

2.9 Metode Penjadwalan

Ada beberapa metode penjadwalan yang digunakan dalam mengelola waktu dan sumber daya proyek. Masing-masing metode memiliki kelebihan dan kekurangan yang dimana akan dijadikan pertimbangan berdasarkan kebutuhan dan hasil yang ingin dicapai terhadap kinerja penjadwalan. Kinerja waktu akan berimplikasi terhadap biaya sekaligus terhadap kinerja proyek secara keseluruhan. Oleh karena itu, variabel-variabel yang mempengaruhinya harus di kontrol dengan baik agar tidak terjadi penyimpangan terhadap jadwal semula. Bila terjadi penyimpangan terhadap jadwal semula maka perlu dilakukan evaluasi dan tindakan koreksi agar proyek bergerak tetap pada jadwal yang telah ditetapkan.

2.9.1 Metode Bagan Balok atau *Bar Chart*

Metode *Bar chart* diperkenalkan pertama kali oleh Henry L. Gantt pada tahun 1917. Bar Chart sering disebut dengan nama Gantt

Chart sesuai dengan nama penemunya. Sebelum ditemukan metode ini, belum ada prosedur sistematis dan analitis dalam aspek perencanaan dan pengendalian proyek. Metode ini untuk memeriksa perkiraan durasi tugas dengan durasi aktual. Sehingga dengan melihat ini pimpinan proyek dapat melihat kemajuan pelaksanaan proyek. Dimana penyajian informasi bagan balok ini agak terbatas, seperti hubungan antar kegiatan tidak jelas dan lintasan kegiatan proyek tidak dapat diketahui. Karena urutan kegiatan yang kurang detail, maka bila terjadi keterlambatan proyek, prioritas kegiatan proyek yang akan dikoreksi menjadi sulit dilakukan.

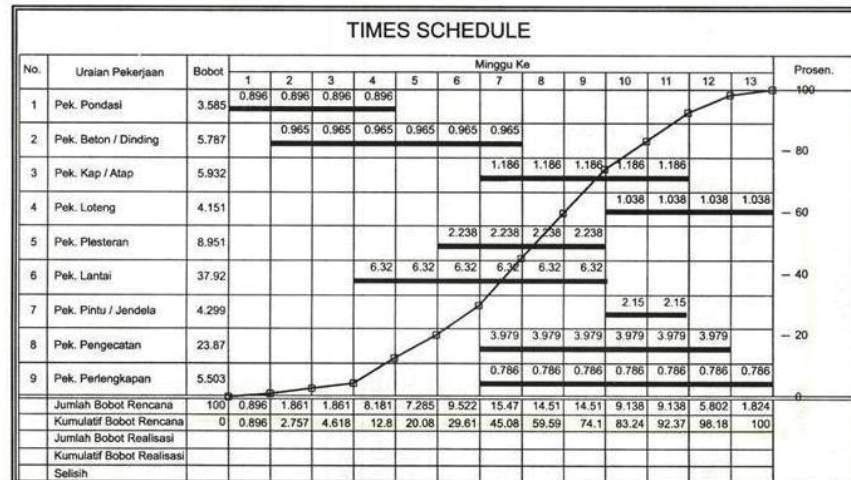
No	Waktu Jenis Pekerjaan	Maret				April				Mei				Juni			
		Bulan ke 1				2				3				4			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Pek. persiapan	■	■														
2.	Pek. penimbunan & pepadatan			■	■	■	■										
3.	Galian lubang pondasi							■	■	■	■						
4.	Pondasi pelat setempat											■	■				
5.	Pondasi batu kali													■	■		
6.	Sloof dan balok kopel															■	■
7.	Timbunan kembali																
	Pekerjaan Konstruksi Baja																
8.	Persiapan di Workshop					■	■	■	■								
9.	Pengangkutan ke site											■	■				
10.	Pemasangan kolom													■	■		
11.	Pemasangan rafter															■	■
12.	Pemasangan gording, trekstang, dan ikatan angin															■	■

Gambar 2. 2 Contoh Diagram Bagan Balok (Barchart)

(Sumber : Frederika, 2010)

2.9.2 Metode Kurva S atau *Hannum Curve*

Metode Kurva adalah sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanumm atas pengamatan terhadap sejumlah proyek sejak awal hingga akhir proyek. Dimana kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu, dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Secara visual dapat memeberikan informasi mengenai perkembangan proyek dengan membandingkannya terhadap jadwal rencana.

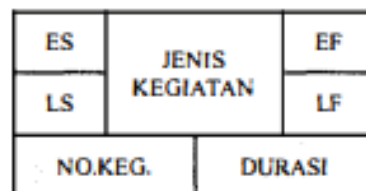


Gambar 2. 3 Contoh Grafik Metode Kurva S (Hanumm Curve)

(Sumber : Frederika, 2010)

2.9.3 Metode Precedence Diagram Method (PDM)

Menurut Ervianto (2005), Precedence Diagram Method (PDM) menggambarkan sebuah kegiatan dalam bentuk lambang segi empat karena letak kegiatan ada di bagian node sehingga sering disebut *Activity On Node* (AON). Kelebihan dari metode PDM adalah Tidak memerlukan kegiatan fiktif/dummy sehingga pembuatan jaringan menjadi lebih sederhana dan Hubungan overlapping yang berbeda dapat dibuat tanpa menambah jumlah kegiatan. Kegiatan dalam precedence diagram method dapat digambarkan dengan lambang sebagai berikut ini.



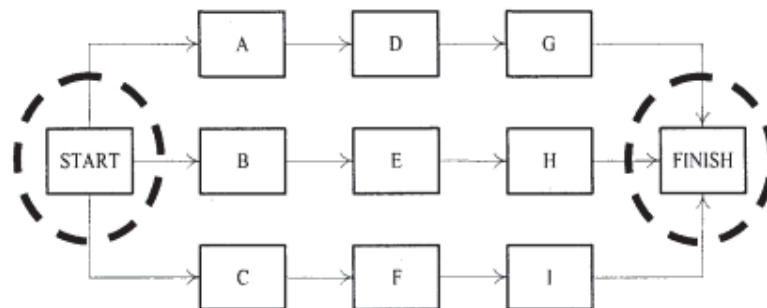
Gambar 2. 4 Contoh 1, Lambang Kegiatan

(Sumber : Ervianto, 2005)

DURASI		FLOAT	
ES	NO.KEG.	EF	
JENIS KEGIATAN			

Gambar 2. 5 Contoh 2, Lambang Kegiatan
(Sumber : Ervianto, 2005)

Hubungan antar kegiatan dalam metode ini ditunjukkan oleh sebuah garis penghubung, yang dapat dimulai dari kegiatan kiri ke kanan atau dari kegiatan atas ke bawah. Akan tetapi, tidak pernah dijumpai akhir dari garis penghubung ini di kiri sebuah kegiatan. Jika kegiatan awal terdiri dari sejumlah kegiatan dan diakhiri oleh sejumlah kegiatan pula maka dapat ditambahkan kegiatan awal dan kegiatan akhir yang keduanya merupakan kegiatan fiktif, misalnya untuk kegiatan awal ditambahkan kegiatan START dan kegiatan akhir ditambahkan FINISH.

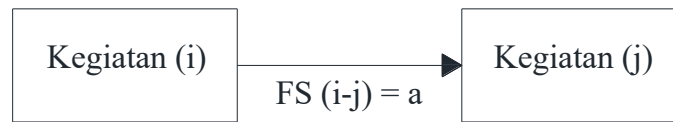


Gambar 2. 6 Kegiatan Fiktif

Pada PDM juga dikenal adanya konstrain. Satu konstrain hanya dapat menghubungkan dua node, karena setiap node memiliki dua ujung yaitu ujung awal atau mulai (S) dan ujung akhir atau selesai (F). Maka pada metode PDM terdapat empat macam konstrain (Soeharto,1999 : 281-282), yaitu:

1. *Finish to Start (FS)* yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya aktivitas berikutnya (j) tergantung pada selesainya aktifitas sebelumnya

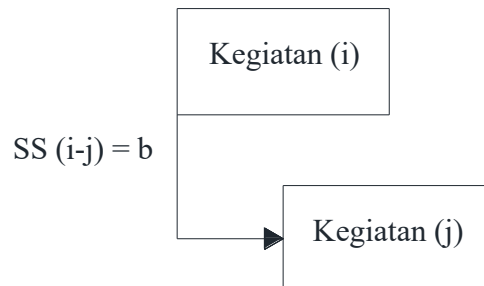
(i). Dirumuskan sebagai $FS (i-j) = a$ yang berarti kegiatan (j) mulai a hari, setelah kegiatan semelumnya (i) selesai.



Gambar 2. 7 Konstrain *Finish to Start*

(Sumber : Soeharto, 1999 : 282)

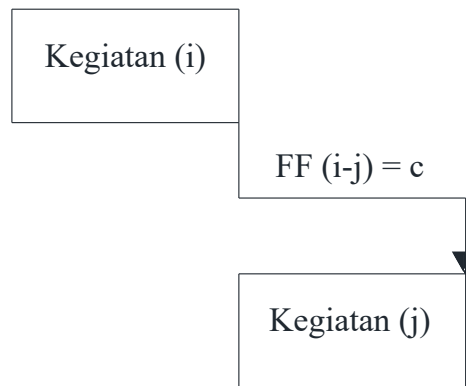
2. *Start to Start* (SS) yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa mulainya aktifitas sesudahnya (j) tergantung pada mulainya aktifitas sebelumnya (i). Dirumuskan dengan $SS (i-j) = b$ yang berarti suatu kegiatan (j) mulai setelah b hari kegiatan terdahulu (i) mulai. Besar angka b tidak boleh melebihi angka waktu kegiatan terdahulu. Karena definisi b adalah sebagian kurun waktu kegiatan terdahulu, sehingga pada konstrain ini terjadi kegiatan tumpang tindih.



Gambar 2. 8 Konstrain *Start to Start*

(Sumber : Soeharto, 1999 : 282)

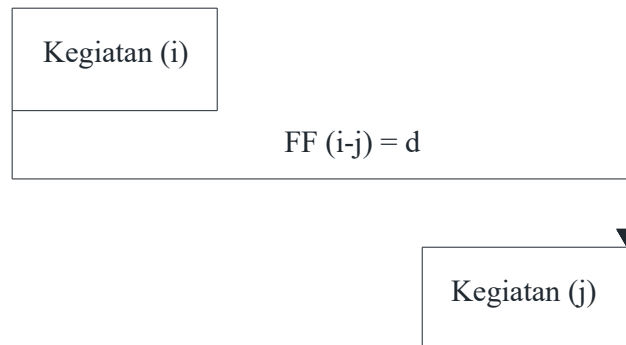
3. *Finish to Finish* (FF) yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya aktivitas berikutnya (j) tergantung pada selesainya aktivitas sebelumnya (i). Dirumuskan dengan $FF (i-j) = c$ yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah c hari kegiatan terdahulu (i) selesai. Angka c tidak boleh melebihi angka kurun waktu kegiatan yang bersangkutan (j).



Gambar 2. 9 Konstrain *Finish to Finish*

(Sumber : Soeharto, 1999 : 282)

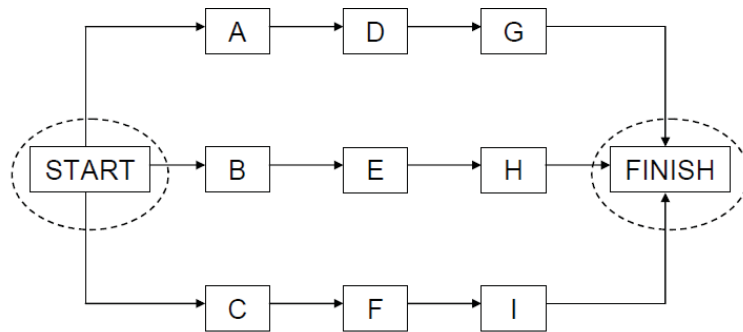
4. *Start to Finish* (SF) yaitu hubungan yang menunjukkan bahwa selesainya aktivitas berikutnya (j) tergantung pada mulainya aktivitas sebelumnya (i). Dituliskan dengan $SF (i-j) = d$, yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah d hari kegiatan (i) terdahulu mulai.



Gambar 2. 10 Konstrain *Start to Finish*

(Sumber : Soeharto, 1999 : 282)

Dalam penyusunan jaringan kerja dengan metode PDM, jika pada awal dan akhir jaringan terdiri dari beberapa kegiatan maka dapat ditambahkan kegiatan fiktif/*dummy* yang berupa kegiatan awal dan akhir.



Gambar 2. 11 Dummy Start dan Finish Pada PDM

(Sumber : Ervianto, 2005 : 250)

Untuk menentukan kegiatan yang bersifat kritis dan lintasan kritis dapat dilakukan melalui perhitungan maju (*Forward Analysis*) dan perhitungan mundur (*Backward Analysis*) sebagai berikut (Ervianto, 2005 : 250):

- a. *Earliest Start* (ES) dan *Earliest Finish* (EF), didapatkan dengan melakukan perhitungan maju, jika lebih dari satu anak panah yang masuk dalam kegiatan maka diambil yang terbesar. Kegiatan I adalah kegiatan *predecessor*, sedangkan kegiatan J adalah kegiatan yang dianalisis. Rumus untuk menentukan besarnya ES_j dan EF_j adalah sebagai berikut :

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

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

Jika tidak ada FS_{ij} atau SS_{ij} dan kegiatan *non-splitable* maka

$$ES_j = EF_j - D_j.$$

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

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

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

Jika tidak ada FF_{ij} atau FS_{ij} dan kegiatan *non-splitable* maka

$$LF_i = LS_i + D_i$$

c. Adapun lintasan kritis ditandai oleh beberapa keadaan sebagai berikut :

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

Pada perhitungan maju dan mundur dalam metode PDM di atas, terdapat beberapa istilah yang harus dipahami, beberapa diantaranya:

a. *Float* dapat diartikan sebagai sejumlah waktu yang tersedia dalam suatu kegiatan sehingga kegiatan tersebut dapat ditunda atau diperlambat dengan sengaja atau tidak, tanpa menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek. Ada dua jenis *float*, yaitu :

- *Total float*, yaitu sejumlah waktu yang tersedia untuk penundaan suatu kegiatan tanpa memengaruhi penyelesaian proyek secara keseluruhan.

$$\text{Total Float (TF)}_i = \text{Minimum (LS}_j - \text{EF}_i)$$

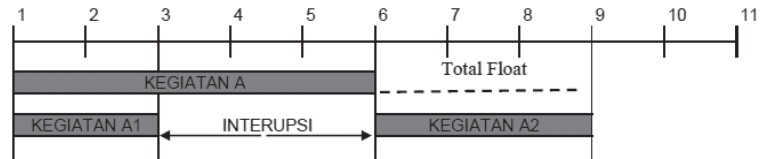
- *Free float*, yaitu sejumlah waktu yang tersedia untuk penundaan suatu kegiatan tanpa memengaruhi dimulainya kegiatan yang langsung mengikutinya.

$$\text{Free Float (FF)}_i = \text{Minimum (ES}_j - \text{EF}_i)$$

b. *Lag*, menurut Husen (2008) adalah sejumlah waktu tunggu dari suatu periode kegiatan J terhadap kegiatan I yang telah dimulai, terjadi pada hubungan SS dan SF.

c. *Lead*, menurut Husen (2008) adalah sejumlah waktu yang mendahului dari suatu periode kegiatan J sesudah kegiatan I sebelum selesai, terjadi pada hubungan FS dan FF.

Pada metode PDM terdapat pula kegiatan *splitable*, yaitu suatu kegiatan yang mempunyai total *float* sehingga dapat dihentikan sementara dan kemudian dilanjutkan kembali beberapa saat kemudian (Erviyanto, 2005 : 252).

Gambar 2. 12 Kegiatan *Splitable*

(Sumber : Ervianto, 2005 : 252)

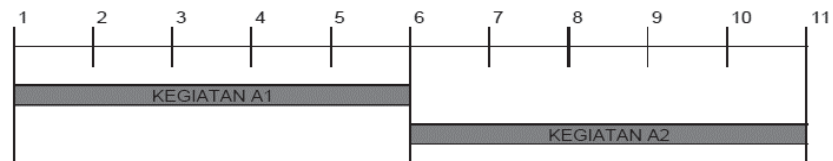
Adapun hitungan maju dan hitungan mundur untuk kegiatan *splitable* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.2. Hitungan Maju dan Mundur Kegiatan *Splitable*

(Sumber : Ervianto, 2005 : 253)

Kegiatan <i>Splitable</i>	
Hitungan Maju (<i>Forward Analysis</i>)	Hitungan Mundur (<i>Backward Analysis</i>)
$ES_j = EF_j - D_j - \text{Interupsi}$	$LS_i = LF_i - D_i - \text{Interupsi}$
$EF_j = ES_j + D_j + \text{Interupsi}$	$LF_i = LS_i + D_i + \text{Interupsi}$
$EF_j - ES_j = D_j + \text{Interupsi}$	$LF_i - LS_i = D_i + \text{Interupsi}$

Sebaliknya, kegiatan *non-splitable* adalah suatu kegiatan yang tidak mempunyai *total float* sehingga tidak diijinkan untuk berhenti di tengah pelaksanaannya (Ervianto, 2005 : 253).

Gambar 2. 13 Kegiatan *Non-Splitable*

(Sumber : Ervianto, 2005 : 253)

Adapun hitungan maju dan hitungan mundur untuk kegiatan *non-splitable* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.3. Hitungan Maju dan Mundur Kegiatan *Non-Splitable*
(Sumber : *Ervianto, 2005 : 253*)

Kegiatan <i>Non-Splitable</i>	
Hitungan Maju (<i>Forward Analysis</i>)	Hitungan Mundur (<i>Backward Analysis</i>)
$ES_j = EF_j - D_j$	$LS_i = LF_i - D_i$
$EF_j = ES_j + D_j$	$LF_i = LS_i + D_i$
$EF_j - ES_j = D_j$	$LF_i - LS_i = D_i$