

2 LANDASAN TEORI

2.1 Manajemen Proyek Konstruksi

Manajemen proyek terdiri dari dua kata yang berbeda tetapi menjadi satu kesatuan pengertian yang utuh dan saling terkait. Secara umum manajemen merupakan seni dan proses dalam kerjasama antar individu, kelompok dan sumber daya lainnya untuk mencapai tujuan organisasi dan menginterpretasikan pelaksanaan fungsi-fungsi atau aktivitas perencanaan (*planning*), pengorganisasian (*organizing*), pengarahan (*directing*), pengoordinasian (*coordinating*), dan pengendalian (*controlling*) (Melly et al., 2024).

Manajemen proyek adalah proses perencanaan, pengorganisasian, pengendalian, dan pengawasan sumber daya untuk mencapai tujuan proyek secara efektif dan efisien dalam batasan waktu, biaya, serta kualitas yang telah ditetapkan. Manajemen proyek mencakup berbagai aspek, seperti penjadwalan, pengelolaan tenaga kerja, pengendalian risiko, serta koordinasi antara berbagai pihak yang terlibat dalam proyek. Tujuan utama dari manajemen proyek adalah memastikan bahwa proyek dapat diselesaikan tepat waktu, sesuai anggaran, dan dengan kualitas yang diharapkan.

Manajemen konstruksi (*construction management*) adalah bagaimana sumber daya yang terlibat dalam proyek konstruksi dapat diaplikasikan oleh manajer proyek secara tepat. Sumber daya dalam proyek konstruksi dapat dikelompokkan sebagai *manpower*, *material*, *machines*, *money*, dan *method* (Ervianto, 2023).

Dalam melaksanakan tugas dan fungsinya sehingga tercapai tujuan atau diperoleh hasil yang optimal maka manajemen harus memiliki keterampilan manajerial. Dengan demikian, manajemen tidak hanya sebatas ilmu tetapi juga kemampuan atau keterampilan yang dimiliki seseorang atau sekelompok orang yang bekerja bersama-sama dalam mengelola sumber daya yang ada untuk mencapai tujuan organisasi atau perusahaan (Melly et al., 2024).

Dalam manajemen proyek, terdapat lima tahap utama yang krusial untuk menjamin kelancaran pelaksanaan proyek di mana ilustrasi hubungan antar kelimanya dapat dilihat pada Gambar 2.1, yaitu:

1. Inisiasi (*Initiation*)

Pada tahap ini, tujuan dan cakupan proyek ditetapkan, serta ide atau kebutuhan pemangku kepentingan diidentifikasi untuk menilai kelayakan pelaksanaan proyek.

2. Perencanaan (*Planning*)

Tahap perencanaan mencakup penyusunan rencana proyek secara rinci, termasuk ruang lingkup, anggaran, jadwal, identifikasi resiko, serta alokasi sumber daya.

3. Pelaksanaan atau Eksekusi (*Execution*)

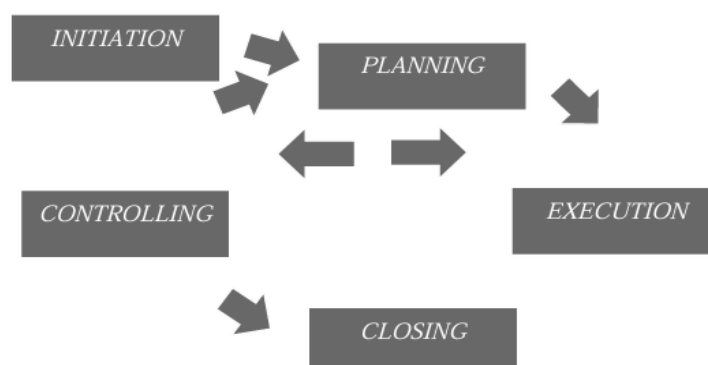
Tahap ini merupakan pelaksanaan atau implementasi proyek yang telah direncanakan, dengan koordinasi tim serta pemanfaatan sumber daya secara efisien.

4. Pengendalian (*Controlling*)

Pada tahap ini, kinerja proyek dipantau secara ketat, dan jika terjadi masalah, dilakukan penyesuaian rencana untuk mengatasi penyimpangan.

5. Penutupan (*Closing*)

Merupakan tahap akhir dari semua kegiatan proyek dan pengiriman (*deliverables*), evaluasi hasil, dan dokumentasi yang dijadikan sebagai referensi di masa mendatang.



Gambar 2.1 Bagan Proses Manajemen Proyek

(Sumber: Hayadi Umar et al., 2022)

2.2 Perencanaan Proyek

Perencanaan proyek adalah tahap awal dalam manajemen proyek yang bertujuan untuk menentukan langkah-langkah yang harus dilakukan agar proyek dapat berjalan dengan lancar, sesuai dengan waktu, biaya, dan kualitas yang telah ditetapkan. Perencanaan yang baik akan membantu dalam mengoptimalkan sumber daya serta mengurangi resiko keterlambatan dan pembengkakan biaya. Perencanaan proyek yang matang akan membantu memastikan proyek berjalan lebih efisien dan mencapai tujuan yang telah ditetapkan tanpa mengalami kendala besar.

2.2.1 Waktu Durasi Pekerjaan

Waktu durasi pekerjaan dalam proyek konstruksi adalah periode yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu aktivitas dalam proyek konstruksi. Durasi ini dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti metode kerja, jumlah tenaga kerja, ketersediaan material, serta kondisi lapangan. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi durasi pekerjaan adalah kompleksitas pekerjaan, jumlah dan produktivitas, ketersediaan material dan peralatan, cuaca dan faktor lingkungan, serta metode pelaksanaan dan teknologi.

Penjadwalan proyek merupakan bagian dari hasil perencanaan yang berfungsi untuk memberikan informasi mengenai jadwal rencana dan perkembangan proyek. Penjadwalan ini mencakup aspek kinerja sumber daya, seperti biaya, tenaga kerja, peralatan, dan material, serta menentukan durasi proyek dan progres waktu hingga penyelesaiannya. Pada tahap desain, penjadwalan dikembangkan saat kontrak diberikan dan selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam pengendalian proyek, termasuk saat pemberian subkontrak hingga tahap konstruksi.

2.2.2 Bobot Pekerjaan

Bobot pekerjaan merupakan presentase atau proporsi suatu aktivitas dalam proyek terhadap keseluruhan pekerjaan berdasarkan nilai atau volume pekerjaan. Bobot ini digunakan untuk mengukur progres proyek serta membantu dalam pemantauan dan pengendalian proyek, terutama dalam aspek waktu dan biaya.

Dengan adanya bobot pekerjaan, proyek dapat dikendalikan lebih efektif, baik dalam aspek waktu, biaya, maupun kualitas, sehingga penyelesaiannya dapat sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan. Rumus yang dapat digunakan untuk mencari besaran presentasi bobot (%) adalah seperti persamaan (2.1) berikut:

$$\text{Bobot (\%)} = \frac{\text{Biaya aktivitas}}{\text{Biaya total proyek}} \times 100\% \quad (2.1)$$

2.2.3 *Bar Chart* dan Kurva S

Bar chart adalah salah satu metode penjadwalan proyek yang menampilkan aktivitas pekerjaan dalam bentuk diagram batang. *Bar chart* sering digunakan karena tampilannya yang sederhana dan mudah dipahami, terutama dalam menggambarkan hubungan antara aktivitas dan durasi waktu pelaksanaan proyek. *bar chart* memiliki dua sumbu yaitu sumbu horizontal dan sumbu vertikal. Sumbu horizontal (x) digunakan untuk nilai, sedangkan sumbu (y) digunakan untuk menunjukkan item/kategori. Untuk proyek skala besar, *bar chart* sering dikombinasikan dengan *software* seperti Microsoft Project atau Primavera P6 untuk memberikan analisis yang lebih detail.

Kurva S atau (*hanumm curve*) adalah sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanumm atas dasar pengamatan terhadap sejumlah besar proyek sejak awal hingga akhir proyek. Kurva S dapat menunjukkan suatu kemajuan proyek berdasarkan kegiatan waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi dari kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkan antara Kurva S rencana dengan realisasi, untuk membuat Kurva S jumlah persentase kumulatif bobot masing-masing kegiatan pada suatu periode di antara durasi proyek diplotkan terhadap sumbu vertikal sehingga bila hasilnya dihubungkan dengan garis akan membentuk kurva yang berbentuk huruf S, seperti yang terdapat pada Gambar 2.2.

Kurva S adalah suatu kurva yang disusun untuk menunjukkan hubungan antar nilai kumulatif yang dibuat menjadi sebuah persentase (%) penyelesaiannya, dengan demikian persentase yang ada di kurva S dapat digambarkan juga sebagai volume pekerjaan yang diselesaikan sepanjang berlangsungnya proyek atau

perencanaan yang telah ditetapkan, baik dalam aspek waktu, biaya, maupun kualitas. Pengendalian proyek bertujuan untuk memastikan bahwa program dan aturan kerja yang telah ditetapkan dapat dicapai dengan penyimpangan minimal dan hasil paling maksimal. Oleh karena itu, upaya yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Supervisi

Yaitu melakukan serangkaian tindakan koordinasi pengawasan dalam batas wewenang dan tanggung jawab menurut prosedur organisasi yang telah ditetapkan, agar dalam operasional dapat dilakukan secara bersama-sama oleh personel dengan kendali pengawas.

2. Inspeksi

Dilakukannya pemeriksaan terhadap hasil pekerjaan dengan tujuan menjamin spesifikasi mutu dan produk sesuai dengan yang direncanakan.

3. Tindakan Koreksi

Melakukan perbaikan dan perubahan terhadap rencana yang telah ditetapkan untuk menyesuaikan dengan kondisi pelaksanaan.

Pengendalian proyek sangat penting untuk memastikan bahwa proyek berjalan sesuai rencana dan mencapai target yang telah ditetapkan. Dengan pengendalian yang baik, keterlambatan, pembengkakan biaya, serta resiko lainnya dapat diminimalkan, sehingga proyek dapat diselesaikan tepat waktu, dalam anggaran, dan dengan kualitas yang baik.

2.5 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai hasil ideal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada. Yang pertama dikembangkan dalam perencanaan dan penjadwalan adalah *gantt charts*. Nama ini mengacu pada penemunya Henry L. Gantt, seorang konsultan manajemen terkenal. Apa yang diperlihatkan dalam *gantt charts* adalah hubungan antara aktivitas dan waktu pengerjaannya. Disini bisa juga dilihat aktivitas mana yang harus mulai dulu dan aktivitas mana

yang menyusulnya. Gantt charts dibuat menyusul setelah selesainya WBS (Fazis, 2022).

2.6 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Dalam pelaksanaan proyek, pembiayaan merupakan faktor utama yang menentukan keberlangsungan proyek. Untuk memastikan anggaran yang cukup dan teralokasi dengan baik, diperlukan penyusunan anggaran proyek secara detail dan sistematis. Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah banyaknya biaya yang dibutuhkan baik upah atau bahan material dalam sebuah proyek konstruksi. Daftar ini berisi volume, harga satuan, serta total harga dari berbagai macam jenis bahan material dan upah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk pelaksanaan proyek tersebut.

Konsep penyusunan RAB proyek, pada pelaksanaannya didasarkan pada sebuah analisa masing-masing komponen penyusunnya (material, upah, dan peralatan) untuk tiap item pekerjaan yang terdapat dalam keseluruhan kegiatan proyek. Hasil analisa komponen tersebut pada akhirnya akan menghasilkan Harga Satuan Pekerjaan (HSP) per item yang menjadi dasar dalam menentukan nilai estimasi biaya pelaksanaan proyek keseluruhan dengan mengkonversikannya kedalam total volume untuk tiap item pekerjaan (Siswanto, Agus Bambang., Salim, 2019). Secara umum analisa harga satuan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Harga satuan pekerjaan} = \text{Indeks koefisien} \times \text{Harga satuan tenaga/alat} \quad (2.2)$$

Seperti yang telah disinggung pada bagian diatas, maka jika dirumuskan secara umum Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek merupakan total penjumlahan dari hasil perkalian antara volume suatu item pekerjaan dengan harga satuannya. Bahasa matematis yang dapat dituliskan adalah sebagai berikut:

$$\text{RAB} = \sum \text{Volume} \times \text{Harga satuan pekerjaan} \quad (2.3)$$

Gambar 2.3 menunjukkan contoh Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP), meliputi kebutuhan bahan, tenaga kerja, dan alat, serta koefisien masing-masing. Contoh format Rencana Anggaran Biaya (RAB) dapat dilihat pada Gambar 2.4, yang didalamnya mencakup uraian pekerjaan, volume, harga satuan, dan total biaya, yang disusun berdasarkan estimasi kebutuhan sumber daya dan durasi pelaksanaan proyek

No	Description	Code	Unit	Coefficient	Unit Price (Rp.)	Total Price (Rp.)
A	Tenaga Kerja					
	Pekerja	L.01	OH	1.65	125,616.67	207,267.50
	Tukang Batu	L.02	OH	0.28	160,616.67	44,169.58
	Kepala Tukang Batu	L.03	OH	0.03	200,616.67	5,617.27
	Mandor	L.04	OH	0.08	140,616.67	11,671.18
				Sub Total		268,725.53
B	Materials					
	Portland cement		kg	352.00	1,400.00	492,800.00
	Pasir Beton		m3	0.52	296,400.00	154,763.14
	Batu Pecah 1-2 cm		m3	0.76	337,900.00	258,055.48
	Air		liter	215.00	100.00	21,500.00
				Sub Total		927,118.62
C	Peralatan					
						-
				Sub Total		-
D	Total (A + B + C)					1,195,844.16
E	Overhead & Profit			10%	1,195,844.16	119,584.42
F	Unit Price (D+E)					1,315,428.57

Gambar 2.3 Contoh Analisa Harga Satuan Pekerjaan Beton Metode AHSP 2016
(Sumber: Ratag et al., 2021)

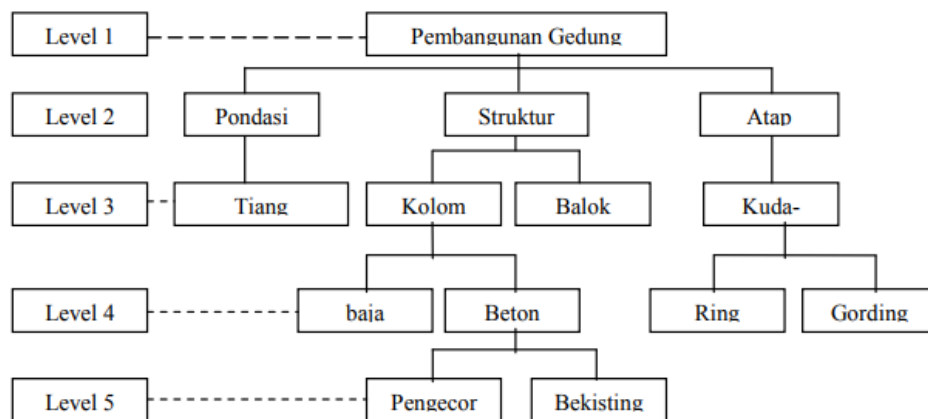
No.	JENIS PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
A	GEDUNG KANTOR				
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pembersihan Lahan	3648,00	m2	19.946,50	72.764.832,00
2	Pengukuran dan pemasangan papan bouwplank	234,00	m1	106.631,83	24.951.848,22
3	Pasangan pagar seng keliling / pagar pengaman	242,00	m1	259.981,40	62.915.498,80
4	Papan nama kegiatan	1,00	unit	385.000,00	385.000,00
	Jumlah				161.017.179,02
II	PEKERJAAN GALIAN DAN URUGAN				
1	Galian tanah untuk pondasi P1	322,56	m3	83.123,25	26.812.235,52
2	Galian tanah untuk pondasi P2	156,00	m3	83.123,25	12.967.227,00
3	Galian tanah untuk pondasi P3	17,42	m3	83.123,25	1.448.339,51
4	Galian tanah untuk Sloof 1	129,73	m3	83.123,25	10.783.870,15
5	Galian tanah untuk Sloof 2	23,11	m3	83.123,25	1.920.620,88
6	Galian tanah untuk Sloof 3	3,54	m3	83.123,25	294.006,94
7	Urugan pasir bawah pondasi p1	23,04	m3	296.049,30	6.820.975,87
8	Urugan pasir bawah pondasi p2	12,00	m3	296.049,30	3.552.591,60
9	Urugan pasir bawah pondasi p3	1,58	m3	296.049,30	468.942,09

Gambar 2.4 Contoh Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Metode AHSP 2016
(Sumber: Dewi et al., 2016)

2.7 Work Breakdown Structure (WBS)

Work Breakdown Structure (WBS) adalah teknik dalam manajemen proyek yang membagi pekerjaan kompleks menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan terstruktur. WBS membantu dalam perencanaan, pengelolaan, dan pengendalian proyek dengan memecah keseluruhan pekerjaan menjadi tugas-tugas yang lebih mudah dikelola. Dalam WBS terdaftar setiap pekerjaan, setiap sub pekerjaan, setiap tonggak penting dari proyek (*milestone*) dan produk atau jasa yang akan diserahterimakan (*deliverables*).

Work Breakdown Structure (WBS) merupakan cara yang sangat tepat dalam mengidentifikasi aktivitas atau kegiatan dalam suatu proyek yang dapat dikelompokkan menurut hirarki tertentu secara logika yang kemudian dapat dilimpahkan kepada orang-orang atau tenaga tertentu untuk melaksanakannya. WBS tidak hanya digunakan pada proyek besar saja namun dapat diaplikasikan pada proyek-proyek yang relatif kecil yang mungkin mempunyai aktivitas atau kegiatan proyek yang kompleks. Sebuah WBS digambarkan secara grafis seperti diagram struktur organisasi yang menunjukkan bagian-bagian pekerjaan dalam beberapa tingkat kedudukan atau level.



Gambar 2.5 Ilustrasi *Work Breakdown Structure* (WBS)

(Sumber: Maddeppungeng et al., 2015)

2.8 Jaringan Kerja (*Network Planning*)

Jaringan kerja atau (*network planning*) merupakan suatu teknik yang digunakan oleh seorang manager untuk merencanakan, menjadwalkan dan mengawasi aktivitas pekerjaan suatu proyek dengan menggunakan pendekatan atau analisis waktu (*time*) dan biaya (*cost*) yang digambarkan dalam bentuk simbol dan diagram. Atau lebih jelasnya jaringan kerja adalah salah satu metode yang menjelaskan hubungan antara kegiatan dan waktu yang secara grafis mencerminkan urutan rencana kegiatan atau pekerjaan proyek. Jaringan kerja pada dasarnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian pekerjaan yang digambarkan atau divisualisasikan dalam diagram *network*. Jaringan kerja berfungsi untuk mengidentifikasi urutan aktivitas, menentukan jalur kritis, mengoptimalkan

penggunaan sumber daya, serta menganalisis dampak keterlambatan. Dengan demikian dapat diketahui pada area mana pekerjaan yang termasuk kedalam lintasan kritis dan harusnya diutamakan pelaksanaannya, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan yang lain, pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga alat dan orang digeser ketempat lain demi efisiensi.

Terdapat beberapa teknik atau metode yang digunakan dalam menuliskan *network planning*, yaitu sebagai berikut:

1. Metode diagram grafik (*Chart Method Diagram*)

Metode ini digunakan untuk perencanaan dan pengendalian proyek dalam bentuk diagram grafik.

2. Teknik manajemen jaringan (*Network Management Technique*)

Metode ini digunakan untuk perencanaan dan pengendalian proyek berbasis teknologi informasi (IT).

3. Prosedur dalam penilaian (*Program Evaluation Prosedure*)

Prosedur ini digunakan untuk merencanakan, mengendalikan, dan menilai kemajuan suatu program.

4. Analisis jalur kritis (*Critical Path Analysis*)

Analisis jalur kritis digunakan untuk penjadwalan dan mengendalikan sumber daya proyek.

5. Metode jalur kritis (*Critical Path Method*)

Digunakan untuk menjadwalkan dan mengendalikan proyek yang sudah pernah dikerjakan sehingga data, waktu, dan biaya setiap unsur kegiatan telah diketahui oleh evaluator.

2.8.1 *Precendence Diagram Method (PDM)*

Metode ini merupakan penyempurnaan dari CPM, karena pada prinsipnya CPM hanya menggunakan satu jenis hubungan aktivitas yaitu hubungan akhir awal dan sebuah kegiatan dapat dimulai apabila kegiatan yang mendahuluinya selesai. Kegiatan dan peristiwa pada metode PDM ditulis dalam node yang berbentuk kotak segi empat. Kotak-kotak tersebut menandai suatu kegiatan, di mana harus dicantumkan identitas dan kurun waktunya. Sedangkan peristiwa merupakan ujung-ujung kegiatan. Setiap node memiliki dua peristiwa yaitu awal dan akhir.

Dalam diagram *Precedence Diagram Method* (PDM) seperti pada Gambar 2.6 hubungan antar kegiatan berkembang menjadi beberapa jenis konstrain yang menunjukkan ketergantungan antar aktivitas. Konstrain ini direpresentasikan dengan garis penghubung dari satu node ke node lainnya. Setiap konstrain hanya dapat menghubungkan dua node, di mana setiap node memiliki dua titik, yaitu titik awal (*Start* - S) dan titik akhir (*Finish* - F).

Berdasarkan kombinasi hubungan antar titik tersebut, terdapat empat jenis konstrain dalam PDM:

1. *Start to Start* (SS)

Suatu kegiatan hanya dapat dimulai setelah kegiatan sebelumnya mulai.

2. *Start to Finish* (SF)

Kegiatan baru hanya dapat selesai setelah kegiatan sebelumnya dimulai.

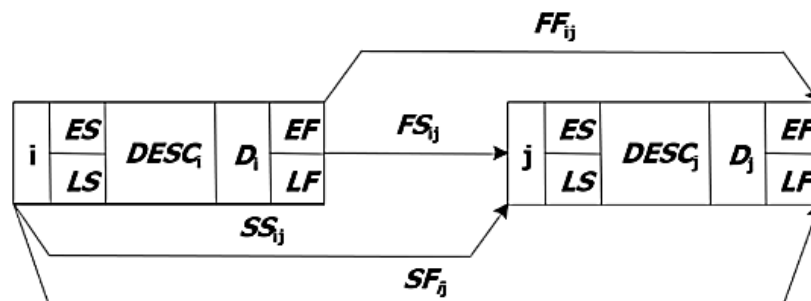
3. *Finish to Start* (FS)

Kegiatan baru hanya dapat dimulai setelah kegiatan sebelumnya selesai (paling umum digunakan).

4. *Finish to Finish* (FF)

Kegiatan baru hanya dapat selesai jika kegiatan sebelumnya juga selesai.

Selain itu, dalam konstrain ini juga terdapat informasi mengenai *lead time* (waktu mendahului) dan *lag time* (waktu tertunda), yang dinyatakan dalam satuan waktu, seperti hari. Misalnya, jika aktivitas (i) mendahului aktivitas (j) dengan lag waktu tertentu, maka aktivitas (j) akan mengalami keterlambatan sesuai nilai *lag* yang ditentukan.



Gambar 2.6 Hubungan Ketergantungan antar Aktivitas pada PDM

(Sumber: Melly et al., 2024)

Keterangan:

i	:	Nomor aktivitas
DESC	:	Nama Aktivitas
Di	:	Durasi kegiatan
ES	:	<i>Early Start</i>
EF	:	<i>Early Finish</i>
LS	:	<i>Latest Start</i>
LF	:	<i>Latest Finish</i>

Kelebihan dari penggunaan PDM adalah:

1. Dapat menampilkan hubungan antar aktivitas secara lebih sederhana
2. Tidak memerlukan *dummy* untuk kegiatan *overlap*.
3. Mudah untuk aktivitas paralel sehingga mudah melihat aktivitas mana yang bisa dilakukan secara bersamaan dan mana yang bisa ditunda.
4. Dengan adanya empat logika ketergantungan, *lead* dan *lag* dapat mempermudah penyesuaian penjadwalan.

Berikut ini merupakan ilustrasi penggunaan metode PDM:

Aktivitas	Ketergantungan	Durasi (hari)
A	-	3
B	A	2
C	A	5
D	-	3
E	B, C	4
F	D	5
G	E, D	6
H	G	3

AON dengan ES, EF, LS, dan LF digambarkan seperti pada Tabel 2.1:

Tabel 2.1 Aktivitas AON

ES	Aktivitas	EF
LS	Durasi	LF

a. Hitungan Maju

$$EF (A) = ES (A) + D (A) = 0 + 3 = 3$$

$$EF (B) = ES (B) + D (B) = 3 + 2 = 5$$

$$EF (C) = ES (C) + D (C) = 3 + 5 = 8$$

Nilai ES (E) adalah angka terbesar dari EF (B) dan EF (C)

$$EF (E) = ES (E) + D (E) = 8 + 4 = 12$$

$$EF (D) = ES (D) + D (D) = 0 + 3 = 3$$

$$EF (F) = ES (F) + D (F) = 3 + 5 = 8$$

Nilai ES (G) adalah angka terbesar dari EF (D) dan EF (E)

$$EF (G) = ES (H) + D (G) = 12 + 6 = 18$$

$$EF (H) = ES (H) + D (H) = 18 + 3 = 21$$

b. Hitungan Mundur

$$LS (H) = LF (H) - D (H) = 21 - 3 = 18$$

$$LS (G) = LF (G) - D (G) = 18 - 6 = 12$$

$$LS (E) = LF (E) - D (E) = 12 - 4 = 8$$

$$LS (C) = LF (C) - D (C) = 8 - 5 = 3$$

$$LS (B) = LF (B) - D (B) = 8 - 2 = 6$$

Nilai LF (A) adalah nilai terkecil dari LS (B) dan LS (C)

$$LS (A) = LF (A) - D (A) = 3 - 3 = 0$$

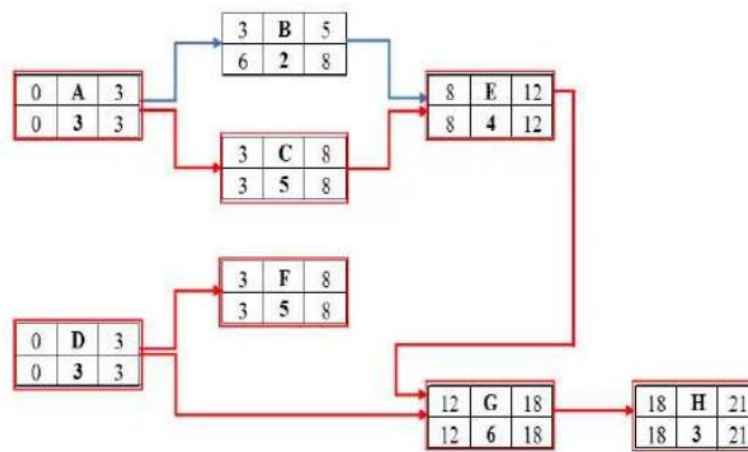
$$LS (F) = LF (F) - D (F) = 8 - 5 = 3$$

Nilai LF (D) adalah nilai terkecil dari LS (F) dan LS (G)

$$LS (D) = LF (D) - D (D) = 3 - 3 = 0$$

Dari perhitungan diatas maka, diperoleh diagram PDM seperti pada Gambar

2.7 dibawah ini:



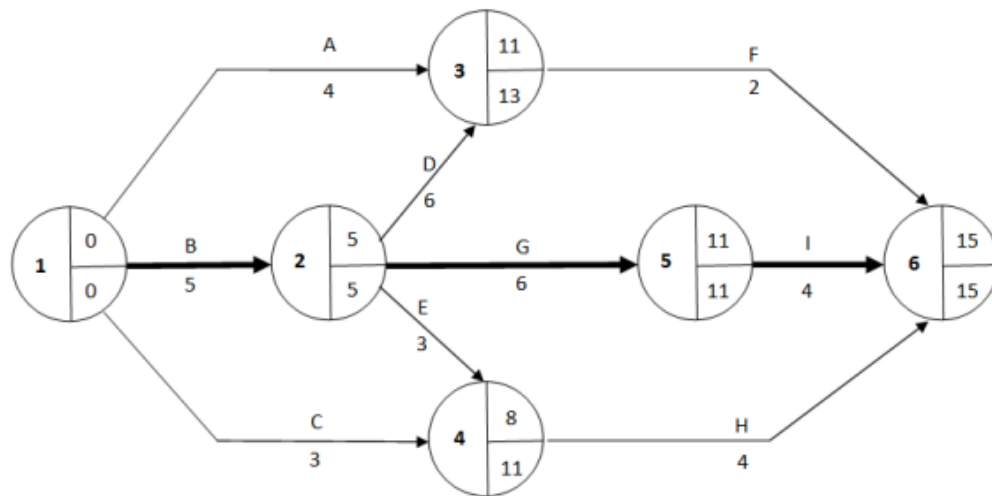
Gambar 2.7 Diagram PDM

(Sumber: Mahendra, 2018)

2.8.2 Critical Path Method (CPM)

Critical Path Method (CPM) adalah metode penjadwalan proyek yang digunakan untuk menentukan jalur kritis dalam suatu proyek. Jalur kritis adalah rangkaian aktivitas yang memiliki durasi terpanjang dan tidak memiliki kelonggaran waktu (*float*), sehingga jika terjadi keterlambatan pada aktivitas di jalur ini, maka proyek secara keseluruhan akan ikut tertunda.

Oleh karena itu, apabila metode CPM ini diterapkan pada proyek multiunit penggunaannya menjadi tidak efektif karena mengandung terlalu banyak hubungan dan menciptakan kegiatan *dummy* yang sangat banyak. Kegiatan *dummy* adalah aktivitas fiktif yang digunakan dalam diagram jaringan kerja (*network diagram*) untuk menunjukkan ketergantungan antar aktivitas tanpa mempengaruhi durasi proyek seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Ilustrasi Diagram CPM

(Sumber: Wasito et al., 2020)

2.9 Optimalisasi Waktu Proyek

Mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah suatu usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal. Dalam suatu keadaan tertentu antara umur perkiraan proyek dengan umur rencana proyek terdapat perbedaan. Umur rencana proyek biasanya lebih pendek dari pada umur perkiraan proyek. Umur perkiraan proyek ditentukan oleh lintasan kritis yang terlama waktu pelaksanaannya, dan waktu pelaksanaan tersebut merupakan jumlah lama kegiatan perkiraan dan kegiatan-kegiatan kritis yang membentuk lintasan tersebut. Sedang umur rencana proyek ditentukan berdasarkan kebutuhan manajemen atau sebab-sebab lain (Malifa et al., 2019).

Percepatan dalam pembangunan proyek adalah strategi yang diterapkan untuk menyelesaikan proyek lebih cepat dari jadwal yang direncanakan tanpa mengorbankan kualitas. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mempercepat pembangunan suatu proyek adalah dengan metode *crashing*. Metode *crashing* adalah teknik dalam manajemen proyek yang digunakan untuk mempercepat penyelesaian proyek dengan menambahkan sumber daya ekstra ke aktivitas yang berada di jalur kritis (*critical path*). Dalam melaksanakan suatu kegiatan proyek

konstruksi terdapat berbagai pekerjaan, terutama dalam proyek gedung jenis kegiatan tersebut dapat mencapai puluhan, ratusan bahkan ribuan item kegiatan.

Durasi percepatan maksimum dibatasi oleh luas proyek atau lokasi kerja, namun ada empat faktor yang dapat dioptimumkan untuk melaksanakan percepatan pada suatu aktivitas yaitu meliputi penambahan jumlah tenaga kerja, penjadwalan kerja lembur, penggunaan peralatan berat dan pengubahan metode konstruksi di lapangan (Malifa et al., 2019).

2.10 Optimalisasi Biaya Proyek

Optimalisasi biaya proyek bertujuan untuk mengurangi pengeluaran tanpa mengorbankan kualitas dan waktu penyelesaian. Ini bisa dilakukan melalui perencanaan yang lebih efisien, penggunaan teknologi, dan pengelolaan sumber daya yang lebih baik. Pada awal saat proyek direncanakan, durasi aktivitas direncanakan dengan sumber daya yang tersedia (sumber daya normal). Bila kemudian hari penyelesaian pekerjaan ingin dipercepat karena alasan tertentu seperti penambahan sumber daya yang mengakibatkan pertambahan biaya langsung, ada beberapa cara yang dapat dilakukan yaitu:

1. Penambahan jam kerja

Apabila kontrak proyek mengharuskan jadwal kerja yang ketat, maka perlu dipertimbangkan penerapan kerja lembur untuk mencapai target waktu. Lembur dapat dilakukan dengan memperpanjang jam kerja harian, menambah jumlah tenaga kerja, serta meningkatkan penggunaan peralatan. Namun, dampak dari penambahan jam kerja terhadap biaya proyek harus dievaluasi. Upah pekerja untuk jam lembur biasanya berkisar antara 1,5 hingga 2 kali lipat dari upah normal, karena produktivitas selama lembur tidak setara dengan produktivitas pada jam kerja reguler.

2. Pembagian *shift* kerja

Jika jumlah tenaga kerja mencukupi untuk memenuhi kebutuhan proyek, jadwal kerja dapat diatur secara bergantian, dengan sebagian pekerja bertugas pada *shift* sore hingga malam. Untuk memastikan produktivitas tetap terjaga, jadwal

giliran kerja harus diprioritaskan, serta diupayakan agar setiap pekerja dapat bekerja secara optimal dalam timnya.

3. Penambahan tenaga kerja

Dalam menambah jumlah tenaga kerja, penting untuk mempertimbangkan ketersediaan ruang kerja, apakah cukup luas atau justru terlalu padat. Penambahan tenaga kerja dalam suatu aktivitas tidak boleh menghambat atau mengganggu pekerjaan lain yang sedang berlangsung secara bersamaan. Selain itu, diperlukan pengawasan yang memadai, karena ruang kerja yang sempit dan kurangnya pengawasan dapat berdampak negatif pada produktivitas pekerja (Sumanto, Adi., Priyo, 2016).

4. Penambahan atau pergantian peralatan

Penambahan atau penggantian peralatan bertujuan untuk meningkatkan produktivitas kerja, mencegah kelelahan berlebih, serta mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manusia.

5. Penggantian atau perbaikan metode kerja

Penggantian atau perbaikan metode kerja dilakukan bila metode yang sudah dilakukan terlalu lambat atau tidak efisien.

6. Konsentrasi pada aktivitas tertentu

Dalam proses perencanaan, percepatan durasi dapat dicapai dengan mengombinasikan berbagai alternatif yang tersedia untuk menemukan metode yang paling sesuai dengan proyek, terutama pada proyek berskala besar dengan banyak aktivitas.

2.11 Metode Percepatan Pelaksanaan Pekerjaan (*Crashing*)

Dalam proses mencapai tujuan ada batasan yang harus dipenuhi yaitu besar biaya (anggaran) yang dialokasikan, jadwal, serta mutu yang harus dipenuhi. Metode *crashing* adalah cara melakukan perkiraan dari variabel *cost* dalam menentukan pengurangan durasi yang paling maksimal dengan biaya yang paling ekonomis dari kegiatan yang masih mungkin direduksi (Malifa et al., 2019).

Dalam melaksanakan percepatan pekerjaan suatu proyek terdapat 4 faktor yang bisa dioptimalkan, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Menambah tenaga kerja
2. Menambah jam kerja (lembur)
3. Menambah atau mengganti alat yang lebih produktif
4. Mengubah metode pelaksanaan

2.11.1 Produktivitas Tenaga Kerja

Produktivitas menggambarkan kemampuan tenaga kerja dalam menyelesaikan suatu kuantitas pekerjaan per satuan waktu (Warsika, 2017). Dalam bidang konstruksi, produktivitas didefinisikan sebagai *output* per hari tenaga kerja, untuk mencari nilai produktivitas tenaga kerja dapat menggunakan rumus berikut:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi} \times \text{Jumlah tenaga kerja}} \quad (2.4)$$

Faktor yang mempengaruhi proyek diklasifikasikan menjadi empat kategori utama (Natalia et al., 2020), yaitu:

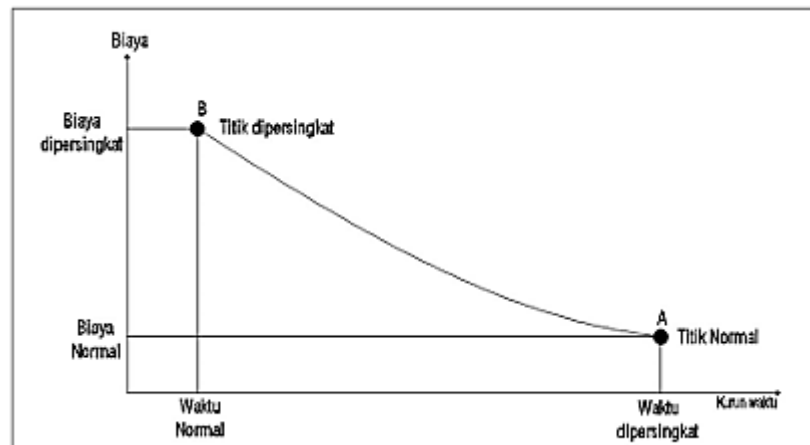
1. Metoda dan teknologi, terdiri atas faktor desain rekayasa, metoda konstruksi, urutan kerja, serta pengukuran kerja.
2. Manajemen lapangan, terdiri atas faktor perencanaan dan penjadwalan, komunikasi lapangan, manajemen material, manajemen tenaga kerja.
3. Faktor manusia, tingkat upah pekerja, kepuasan kerja, insentif, pembagian keuntungan, hubungan kerja antar-sejawat, kemangkiran.

2.11.2 Penambahan Tenaga Kerja

Terdapat beberapa aspek yang diperlukan dalam penambahan tenaga kerja, antara lain sebagai berikut:

1. Ketersediaan pekerja yang bersedia bekerja sebagai tenaga tidak tetap.
2. Produktivitas tenaga kerja tetap terjaga.
3. Potensi berkurangnya kekompakan dalam tim.

Hubungan antara waktu dan biaya, baik pada kondisi normal maupun saat dilakukan percepatan dapat dilihat pada Gambar 2.9. Jika durasi pekerjaan dipersingkat, maka biaya yang dikeluarkan akan meningkat dibanding biaya normal, disebabkan oleh bertambahnya biaya langsung.



Gambar 2.9 Grafik Hubungan Waktu-Biaya Normal dan Dipercepat

(Sumber: Warsika, 2017)

2.11.3 Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Metode kerja lembur diterapkan sebagai salah satu cara untuk mempercepat penyelesaian pekerjaan dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Jam kerja normal ditetapkan 8 jam (08.00-17.00), sedangkan lembur dilaksanakan setelah jam kerja berakhir.
2. Perhitungan upah lembur mengacu pada KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 11, dengan ketentuan:
 - a. Dasar perhitungan upah lembur didasarkan pada upah bulanan, dan untuk menghitung upah per jam adalah $\frac{1}{173}$ kali upah sebulan.
 - b. Untuk jam kerja lembur pertama harus dibayar upah sebesar 1.5 kali upah per jam, dan untuk jam berikutnya harus dibayar upah sebesar 2 kali dari upah per jam.
3. Dalam PP No. 35 Tahun 2021, batas lembur maksimal adalah 4 jam.

Dalam penerapan lembur, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

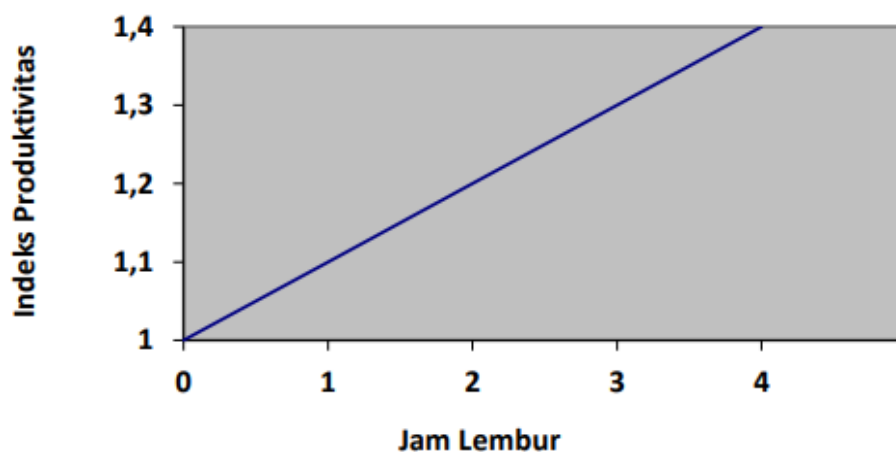
1. Kesiapan tenaga kerja untuk bersedia bekerja lembur.
2. Adanya potensi penurunan produktivitas tenaga kerja, dapat dilihat pada Gambar 2.10.
3. Upah lembur harus diberikan lebih tinggi daripada upah normal.
4. Perlu adanya tambahan fasilitas pendukung.

5. Diperlukan penerangan yang memadai, dikarenakan biasanya lembur dilakukan hingga malam hari.

Tabel 2.2 Koefisien Penurunan Produktivitas

(Sumber: Fardila et al., 2021)

Jam Lembur	Penurunan Indeks Produktivitas	Prestasi Kerja (%)
1 Jam	0,1	90
2 Jam	0,2	80
3 Jam	0,3	70
4 Jam	0,4	60



Gambar 2.10 Grafik Indeks Penurunan Produktivitas Akibat Kerja Lembur

(Sumber: Sumanto, Adi., Priyo, 2016)

Grafik pada Tabel 2.2 dan Gambar 2.10 menjelaskan hubungan antara jam lembur (*overtime*) dengan indeks produktivitas tenaga kerja. Secara visual, grafik menunjukkan adanya kenaikan nilai indeks seiring dengan bertambahnya jam lembur. Namun demikian, berdasarkan interpretasi konseptual, grafik ini justru mengindikasikan penurunan efisiensi produktivitas tenaga kerja akibat peningkatan jam kerja.

Hal ini dapat dijelaskan melalui konsep *diminishing return to labor*, yaitu kondisi di mana penambahan jam kerja tidak selalu diikuti dengan peningkatan produktivitas yang proporsional. Pada awalnya, peningkatan jam kerja dapat menambah *output* total, tetapi pada titik tertentu, tingkat kelelahan fisik dan mental pekerja akan menyebabkan penurunan produktivitas marginal. Dengan kata lain, meskipun total hasil kerja meningkat, produktivitas per jam kerja cenderung menurun. Secara praktis, hal ini menunjukkan bahwa lembur yang berlebihan tidak efektif dalam jangka panjang, karena dapat menurunkan motivasi, konsentrasi, serta kualitas hasil kerja. Oleh karena itu, manajemen sumber daya manusia perlu mempertimbangkan batas optimal jam kerja agar keseimbangan antara produktivitas dan kesejahteraan pekerja dapat terjaga.

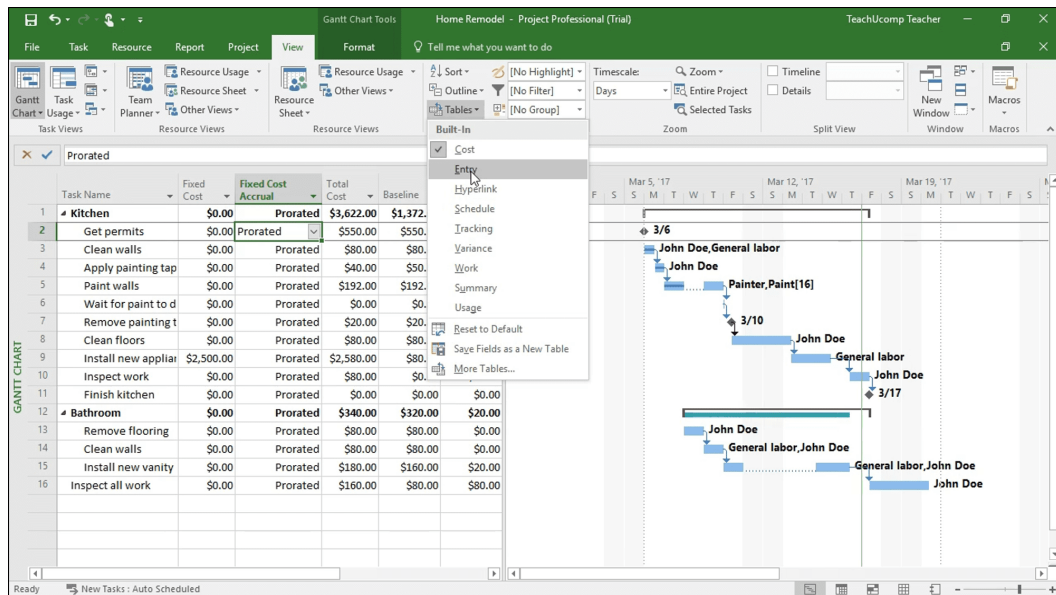
2.12 Microsoft Project

Perencanaan proyek adalah proses menentukan tujuan, ruang lingkup, jadwal, sumber daya, dan langkah-langkah yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek dengan sukses. Dalam perencanaan salah satunya adalah penyusunan jadwal proyek yang dapat disusun secara manual ataupun menggunakan bantuan teknologi yang salah satunya adalah Microsoft Project.

Microsoft Project adalah sebuah aplikasi yang sering digunakan oleh manajer proyek untuk merencanakan dan mengelola penjadwalan proyek. Microsoft project adalah sebuah aplikasi program pengolah lembar kerja untuk manajemen suatu proyek, pencarian data, serta pembuatan grafik. Aplikasi ini juga merupakan sistem perencanaan yang dapat membantu dalam menyusun penjadwalan suatu proyek atau rangkaian pekerjaan. Selain itu, Microsoft Project juga membantu melakukan pencatatan dan pemantauan terhadap pengguna sumber daya manusia maupun yang berupa peralatan (Sumanto, Adi., Priyo, 2016).

Perangkat lunak Microsoft Project dengan tampilan menu seperti pada Gambar 2.11 memudahkan proses penyusunan jadwal proyek. Jika sebelumnya jadwal harus dibuat secara manual, dengan Microsoft Project, pengguna hanya perlu memasukkan data, dan jadwal akan terbentuk secara otomatis. Selain itu,

perangkat lunak ini juga dapat menghasilkan jaringan kerja proyek, atau yang dikenal sebagai *network planning*, serta secara otomatis menentukan jalur kritis.



Gambar 2.11 Tampilan Menu Microsoft Project

Dalam penelitian ini, MS Project digunakan untuk mencari jalur kritis yang akan digunakan untuk analisis percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja, penambahan jam kerja, dan kombinasi dari kedua alternatif tersebut. Berikut adalah langkah-langkah untuk mencari jalur kritis menggunakan *software* MS Project:



Gambar 2.12 Langkah-langkah Mencari Jalur Kritis