

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Ilmiah Terdahulu

Hasil penelitian yang relevan dengan topik ini diperoleh dari sepuluh penelitian ilmiah sebelumnya yang membahas penerapan metode PERT. Berikut adalah ringkasan beberapa di antaranya:

Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Aldo Alfariz rmusu(2023) pada Proyek Rehabilitasi Gedung Kejaksaan Tinggi Kalimantan Tengah menggunakan pendekatan Project Evaluation and Review Technique (PERT) menunjukkan bahwa proyek berpeluang 99% selesai dalam 418 hari. Estimasi biaya yang dibutuhkan mencapai Rp39,28 miliar. Temuan ini mengindikasikan bahwa metode PERT mampu menjaga ketepatan waktu pelaksanaan sekaligus mengendalikan potensi pembengkakan anggaran akibat keterlambatan.

Studi oleh Wardani, Musdalifah, dan Bere (2024) pada Pembangunan Gedung DPRD Kabupaten Sleman membuktikan bahwa penerapan PERT dapat memangkas jadwal awal dari 380 hari menjadi 345 hari, atau 35 hari lebih cepat, dengan tingkat keberhasilan 99,97%.

Sementara itu, Asri, Setiawan, dan Rusdiana (2020) memanfaatkan gabungan metode PERT dan Critical Path Method (CPM) untuk menganalisis jalur kerja proyek. Hasil identifikasi jalur kritis menunjukkan bahwa waktu tercepat penyelesaian pekerjaan adalah 11,5 minggu, dengan memperhatikan prioritas setiap aktivitas.

Dalam penelitian Aja dan Chukwu (2017), perbandingan antara durasi riil di lapangan dan hasil estimasi metode PERT-CPM menunjukkan perbedaan mencolok. Mayoritas aktivitas berada pada jalur kritis, sehingga ketepatan penyelesaian menjadi krusial. Dengan metode ini, total waktu proyek berhasil dipersingkat hingga 97 hari.

Adapun Orumie Ukamaka (2020) menyoroti perbedaan prinsip dasar antara CPM dan PERT. CPM hanya mengacu pada satu estimasi waktu yang paling mungkin (most likely), sedangkan PERT memperhitungkan tiga perkiraan—optimis, paling mungkin, dan pesimis. Perbandingan keduanya menghasilkan estimasi durasi 151 hari pada CPM dan 150 hari pada PERT, dengan peluang penyelesaian mencapai 99,87%.Landasan Teori

2.2.1 Pengertian Proyek

Menurut Soeharto (1999), proyek merupakan rangkaian kegiatan sementara yang memiliki batas waktu tertentu dan menggunakan sumber daya yang dialokasikan khusus. Tujuan pelaksanaan proyek adalah menghasilkan produk atau output (deliverable) sesuai standar kualitas yang telah ditetapkan. Lingkup proyek dapat meliputi pembangunan fasilitas, pengembangan produk baru, ataupun kegiatan penelitian dan pengembangan (R&D).

Lenggogeni dan Wideasanti (2013:25) menambahkan bahwa proyek memiliki beberapa karakteristik utama, antara lain:

1. Memiliki tujuan yang jelas dan terukur, biasanya berupa produk akhir.
2. Bersifat sementara dengan awal dan akhir yang sudah ditentukan.
3. Batasan biaya, waktu, dan mutu ditetapkan sejak tahap awal untuk mencapai target.

Tidak berulang (nonrepetitif), karena jenis dan intensitas kegiatan dapat berubah selama proyek berlangsung. Soeharto (1999) juga merinci ciri utama sebuah proyek sebagai berikut:

1. Berorientasi pada pencapaian lingkup (scope) tertentu berupa hasil akhir.
2. Memiliki alokasi biaya, jadwal, dan kriteria mutu yang telah ditentukan.

3. Bersifat sementara, dengan umur proyek yang dibatasi hingga selesainya tugas.
4. Tidak berulang, dengan variasi jenis dan intensitas kegiatan sepanjang pelaksanaan.

2.2.2 Ciri-ciri Proyek

Lenggogeni dan Wideasanti (2013:25) menjelaskan bahwa sebuah proyek umumnya memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Memiliki tujuan serta sasaran yang diwujudkan melalui hasil akhir atau produk tertentu.
- b. Bersifat sementara, dengan waktu mulai dan selesai yang ditentukan secara jelas.
- c. Memiliki batasan dalam hal biaya, durasi, dan mutu untuk mencapai tujuan tersebut.
- d. Tidak bersifat repetitif, karena jenis dan tingkat intensitas kegiatan dapat berubah selama proses pelaksanaan.

Soeharto (1999) menyebutkan bahwa ciri-ciri utama proyek mencakup:

- a. Fokus pada pencapaian ruang lingkup (scope) tertentu, yang menghasilkan produk atau output akhir, dengan biaya, jadwal, dan standar mutu yang sudah ditetapkan sebelumnya.
- b. Bersifat sementara, dengan masa berlaku yang berakhir setelah tugas terselesaikan, serta memiliki waktu mulai dan selesai yang tegas.
- c. Tidak berulang dan bersifat nonrutin, karena terjadi variasi dalam jenis maupun intensitas kegiatan selama pelaksanaan proyek.

2.2.3 Jenis-jenis Proyek

1. Husen (2011:8–9) mengelompokkan proyek berdasarkan komponen utama

kegiatan serta hasil akhirnya.

2. Proyek Engineering–Konstruksi

Jenis proyek ini mencakup tahapan mulai dari studi kelayakan, perancangan teknik (design engineering), proses pengadaan, hingga pelaksanaan konstruksi. Hasil akhirnya dapat berupa fasilitas fisik seperti jembatan, gedung, pelabuhan, maupun berbagai bentuk infrastruktur lainnya. Umumnya, proyek jenis ini memerlukan alokasi sumber daya yang besar serta mampu memberikan manfaat yang luas bagi masyarakat.

3. Proyek Engineering–Manufaktur

Berfokus pada pembuatan produk baru, termasuk pengembangan desain, proses manufaktur, perakitan, uji coba, dan pengoperasian produk.

4. Proyek Penelitian dan Pengembangan (R&D)

Bertujuan menghasilkan atau menyempurnakan produk, metode, atau layanan tertentu. Lingkup kerja bersifat dinamis, menyesuaikan kebutuhan dan tujuan akhir proyek.

5. Proyek Pelayanan Manajemen

Menghasilkan keluaran nonfisik seperti laporan atau rancangan sistem informasi manajemen.

6. Proyek Konservasi Keanekaragaman Hayati

Terkait dengan upaya pelestarian lingkungan dan ekosistem.

7. Proyek Radio–Telekomunikasi

Difokuskan pada pembangunan jaringan telekomunikasi yang efisien dan memiliki jangkauan luas.

8. Proyek Kapital

Berkaitan dengan penggunaan modal investasi untuk pengembangan aset atau infrastruktur..

Proyek konstruksi memiliki tiga karakteristik utama, yakni bersifat unik, memerlukan keterlibatan berbagai sumber daya, serta membutuhkan struktur organisasi, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Three Dimentional Objective (Ervianto, 2009)

Dalam penyelesaiannya, setiap proyek harus berpegang pada tiga kendala utama (triple constraint), yaitu:

1. Sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan.
2. Sesuai jadwal (time schedule) yang direncanakan.
3. Sesuai anggaran biaya yang telah dialokasikan.

Ketiga kendala tersebut menjadi tolok ukur keberhasilan pencapaian sasaran proyek. Menurut Ervianto (2009), proyek konstruksi memiliki tiga karakteristik utama, yaitu:

1. Bersifat Unik

Setiap proyek konstruksi memiliki keunikan tersendiri dan tidak akan sepenuhnya sama dengan proyek lain, baik dari aspek lokasi, rancangan, metode pelaksanaan, maupun sumber daya yang dimanfaatkan. Sifatnya yang sementara membuat setiap proyek melibatkan tim kerja yang berbeda pada setiap pelaksanaannya.

2. Membutuhkan Sumber Daya (Resources)

Pelaksanaan proyek konstruksi memerlukan berbagai jenis sumber daya, termasuk tenaga kerja, material, metode kerja, dan peralatan. Pengelolaan semua

sumber daya ini menjadi tanggung jawab manajer proyek. Dalam praktiknya, mengatur tenaga kerja seringkali lebih kompleks dibandingkan sumber daya lainnya. Oleh karena itu, manajer proyek harus menguasai pengetahuan teknis seperti mekanika rekayasa, fisika bangunan, ilmu komputer, serta manajemen konstruksi serta memiliki keterampilan kepemimpinan yang terus dikembangkan.

3. Membutuhkan Organisasi

Proyek melibatkan berbagai individu dengan keahlian, minat, dan kepribadian yang beragam. Peran manajer proyek adalah menyatukan visi seluruh anggota tim agar tercapai tujuan bersama organisasi proyek.

Santosa (2009:5) membedakan jenis-jenis pekerjaan proyek ke dalam beberapa kategori sebagai berikut:

1. Proyek Konstruksi

Proyek ini berfokus pada penciptaan produk nyata, contohnya pembangunan infrastruktur seperti jalan dan jembatan, atau pembuatan peralatan berskala besar, misalnya boiler.

2. Proyek Penelitian dan Pengembangan

Mencakup kegiatan penemuan produk baru, pengembangan peralatan, atau penelitian untuk menghasilkan bibit unggul. Proyek ini dapat dilaksanakan oleh lembaga komersial maupun instansi pemerintah, dan sering dilanjutkan ke tahap produksi massal sebagai bagian dari proses komersialisasi.

3. Proyek yang Berkaitan dengan Manajemen Jasa

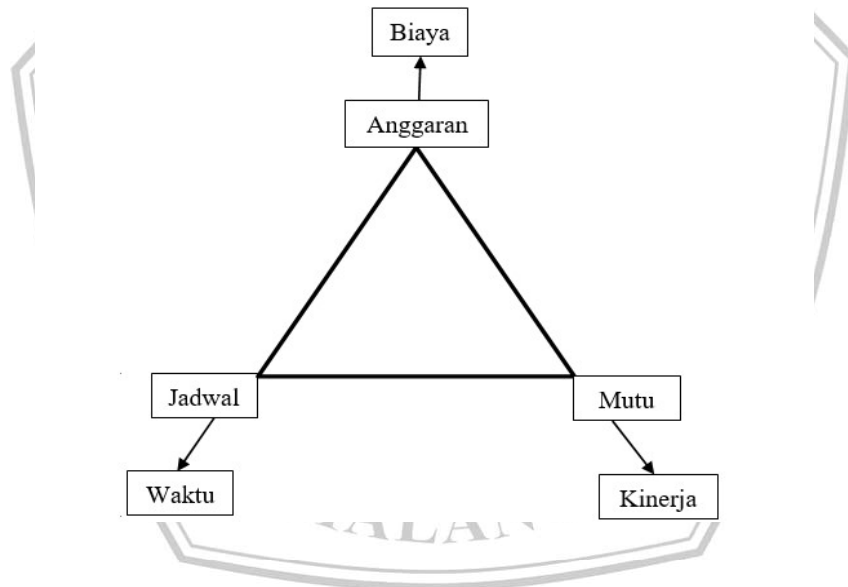
Biasanya dilaksanakan di lingkungan perusahaan atau instansi pemerintah, dengan cakupan kegiatan seperti:

- a. Perancangan struktur organisasi.
- b. Pengembangan sistem informasi manajemen.
- c. Peningkatan produktivitas perusahaan.

d. Penyelenggaraan pelatihan (training) untuk karyawan.

Lenggogeni dan Widiasanti (2013:25) menjelaskan bahwa proyek adalah suatu usaha yang direncanakan secara terstruktur untuk mencapai sasaran penting dengan memanfaatkan anggaran serta sumber daya yang ada, dan harus rampung dalam periode waktu yang telah ditentukan.

Dalam prosesnya, pelaksanaan proyek terkendala oleh tiga aspek utama—biaya, waktu, dan kualitas—yang dikenal sebagai triple constraint. Pandangan ini sejalan dengan pernyataan Iman Soeharto (1995:1-2) bahwa keberhasilan suatu proyek ditentukan oleh kemampuannya memenuhi ketiga batasan tersebut secara bersamaan, sebagaimana terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Tiga Kendala Sasaran Proyek (Soeharto, 1999)

Keberhasilan suatu proyek biasanya diukur melalui tiga batasan utama yang dikenal sebagai triple constraint, yaitu:

1. Biaya Proyek

Proyek harus diselesaikan tanpa melebihi anggaran yang telah ditetapkan

sebelumnya.

2. Waktu Pelaksanaan

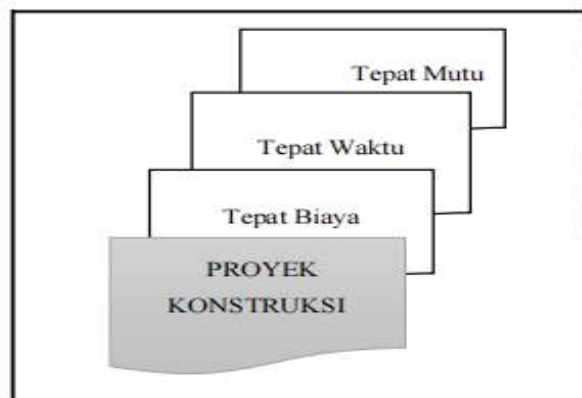
Seluruh aktivitas proyek harus dilakukan sesuai jadwal dan tenggat waktu yang telah ditentukan.

3. Kualitas Hasil

Produk atau hasil pekerjaan harus memenuhi standar dan spesifikasi yang telah ditetapkan. Kriteria mutu ini mencerminkan kemampuan hasil proyek untuk berfungsi sesuai tujuan yang diharapkan. Ketiga batasan ini memiliki sifat tarik-menarik. Apabila kinerja produk ditingkatkan di atas kesepakatan awal kontrak, maka biasanya mutu juga meningkat, yang pada gilirannya dapat menyebabkan biaya melebihi anggaran. Sebaliknya, jika biaya ditekan, sering kali perlu dilakukan kompromi terhadap mutu atau jadwal penyelesaian.

Oleh sebab itu, pengoptimalan triple constraint menjadi hal penting guna menjaga keseimbangan dalam pencapaian sasaran proyek (Mahapatni, 2019). Untuk memperoleh mutu sesuai target yang diinginkan, diperlukan pengaturan atau penyetelan yang tepat terhadap tiga elemen utama—biaya, durasi, dan kualitas.

Ervianto (2009) menjelaskan bahwa hubungan ketiga faktor pembatas ini dapat divisualisasikan dalam bentuk diagram triple constraint seperti terlihat pada Gambar 2.3



Gambar 2. 3 Triple Constraint (Ervianto, 2009)

2.2 Manajemen Proyek

Manajemen proyek memiliki peran penting dalam memastikan proyek berjalan lancar dan mencapai tujuannya. Rani A. Hafnidar (2016:8) menjelaskan bahwa manajemen proyek meliputi serangkaian aktivitas seperti perencanaan, pengorganisasian, pengarahan, dan pengendalian sumber daya perusahaan untuk mencapai target jangka pendek yang telah ditetapkan. Pelaksanaan kegiatan ini dilakukan dengan menggunakan sistem dan struktur hierarki alur kerja (flow of activities) yang tersusun rapi, baik secara vertikal maupun horizontal.

Menurut Project Management Institute (PMI) dalam Soeharto (1999), manajemen proyek merupakan gabungan ilmu dan seni yang berfokus pada pengelolaan serta koordinasi sumber daya—baik manusia maupun material—dengan memanfaatkan teknik manajemen modern untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Tujuan tersebut meliputi lingkup pekerjaan, mutu, jadwal, dan biaya, sekaligus memastikan kepuasan para pemangku kepentingan (stakeholder).

Wulfram I. Ervianto (2006:21) menambahkan bahwa manajemen proyek mencakup rangkaian kegiatan mulai dari perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, hingga koordinasi, sejak tahap inisiasi hingga proyek selesai, untuk menjamin tercapainya target tepat waktu, tepat biaya, dan sesuai mutu yang diharapkan.

Dalam proses perencanaan proyek, penetapan jadwal menjadi landasan bagi berbagai aspek perencanaan lainnya, seperti:

- a. Penyusunan jadwal (scheduling), anggaran (budgeting), kebutuhan sumber daya manusia (manpower planning), serta kebutuhan sumber daya organisasi lainnya.
- b. Menurut Heizer dan Render (2005), manajemen proyek terdiri dari tiga fase

utama:

1. Perencanaan — menetapkan sasaran, mendefinisikan proyek, dan membentuk tim proyek.
2. Penjadwalan — menghubungkan orang, anggaran, dan material dengan kegiatan spesifik, serta mengatur keterkaitan antar kegiatan.
3. Pengendalian — memantau penggunaan sumber daya, biaya, mutu, dan jadwal; serta melakukan revisi atau penyesuaian untuk memastikan kesesuaian dengan target.

Handoko (1999:98) mengemukakan tiga tujuan utama manajemen proyek:

1. Tepat waktu (on time), yaitu menyelesaikan proyek sesuai jadwal untuk menghindari kerugian akibat keterlambatan.
2. Tepat anggaran (on budget), yaitu memastikan biaya tidak melebihi anggaran yang telah ditetapkan.
3. Tepat spesifikasi (on specification), yaitu hasil sesuai dengan standar dan spesifikasi yang telah dirumuskan.

Menurut Paulus Nugraha, Ishak Natan, dan R. Sudjipto (1985:15), tujuan manajemen proyek antara lain:

1. Penyelesaian proyek sesuai anggaran, jadwal, dan kualitas teknis yang dirumuskan.
2. Meningkatkan reputasi kontraktor melalui kualitas pekerjaan yang konsisten.
3. Membentuk organisasi di kantor pusat maupun lapangan yang mendukung kerja tim (teamwork).
4. Menciptakan pendelegasian wewenang yang seimbang hingga ke tingkat manajemen terendah.
5. Menyediakan iklim kerja yang kondusif, termasuk sarana, keselamatan kerja, dan komunikasi terbuka.
6. Menjaga hubungan kerja yang harmonis untuk mendorong kinerja optimal.

Ervianto (2009) menegaskan bahwa sasaran utama manajemen proyek biasanya berupa target tunggal yang terdefinisi dengan jelas, namun tetap berada dalam batasan kinerja, waktu, biaya, mutu, serta keselamatan kerja.

Adapun menurut Imam Heryanto (2013) dalam Mahapatni (2019:10), penerapan manajemen proyek memberikan sejumlah manfaat, di antaranya:

1. Efisiensi biaya, sumber daya, dan waktu.
2. Kontrol terhadap pelaksanaan proyek.
3. Peningkatan kualitas hasil.
4. Peningkatan produktivitas.
5. Penekanan risiko seminimal mungkin.
6. Koordinasi internal yang lebih baik.
7. Peningkatan semangat, tanggung jawab, dan loyalitas tim terhadap proyek.

2.3 Proses dan Fungsi Manajemen Proyek

Manajemen, sebagai suatu proses, memiliki tahapan kerja yang tersusun secara sistematis dan logis. Setiap langkah yang dilakukan diarahkan sepenuhnya untuk mencapai target atau tujuan yang telah dirumuskan sebelumnya. Menurut Lenggogeni dan Widiasanti (2013:23), proses ini diawali dengan penetapan tujuan atau sasaran, kemudian dilanjutkan dengan penyusunan rencana (planning), pengaturan struktur organisasi (organizing), koordinasi antarbagian (coordinating), pelaksanaan kegiatan (actuating), serta pengawasan dan pengendalian (controlling). Seluruh tahapan tersebut menuntut pemanfaatan sumber daya secara optimal, baik dari sisi efisiensi maupun efektivitasnya.

Husen (2011:3) menambahkan bahwa fungsi manajemen dapat dijabarkan ke dalam beberapa bagian berikut:

- a. Perencanaan (Planning)

Perencanaan merupakan proses penetapan tujuan organisasi dan penyusunan langkah-langkah strategis untuk mencapainya. Fungsi ini menjadi fondasi bagi fungsi-fungsi manajemen lainnya, sebab tanpa perencanaan yang matang, fungsi berikutnya tidak dapat berjalan secara optimal.

b. Pengorganisasian (Organizing)

Pengorganisasian adalah proses pembagian kegiatan menjadi bagian-bagian yang lebih kecil, disertai pembagian tugas dan tanggung jawab, sehingga tujuan dapat dicapai dengan lebih efektif dan efisien.

c. Pelaksanaan (Actuating)

Pelaksanaan merupakan tahap implementasi dari rencana yang telah disusun, baik dalam bentuk pekerjaan fisik maupun nonfisik, dengan tujuan menghasilkan produk atau capaian yang sesuai dengan sasaran yang telah ditetapkan.

d. Pengendalian (Controlling)

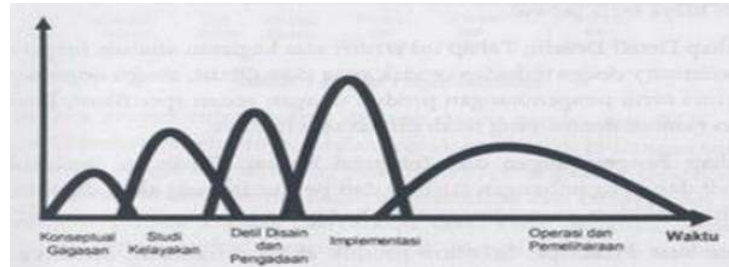
Pengendalian bertujuan memastikan bahwa pelaksanaan kegiatan sesuai dengan rencana, dengan meminimalkan penyimpangan dan memaksimalkan hasil yang dicapai.

2.4 Siklus Proyek Konstruksi

Dalam konteks industri konstruksi, tahapan pelaksanaan suatu proyek pada dasarnya memiliki kesamaan pola. Lenggogeni dan Wideasanti (2013:28) menjelaskan bahwa perbedaannya terletak pada tingkat perinciannya, di mana tahapan tersebut umumnya dirumuskan sebagai construction project life cycle atau siklus hidup proyek konstruksi.

Meskipun demikian, pembagian mendasar yang mencakup tahap awal, tahap menengah, dan tahap akhir tetap dapat diidentifikasi dalam siklus hidup tersebut, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.4.

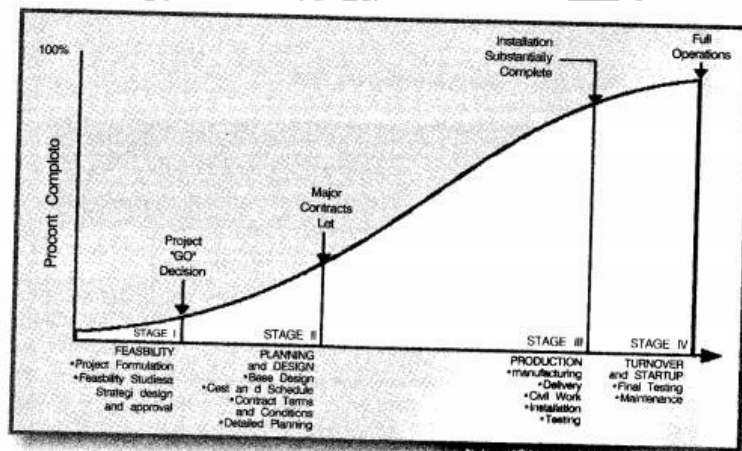
Gambar 2. 4 Siklus Proyek Konstruksi (Husen, 2011).



Siklus proyek menjelaskan rangkaian langkah yang berlangsung mulai dari tahap awal hingga selesainya proyek. Untuk memahami lebih jelas tahapan dalam siklus ini, pada proyek konstruksi biasanya dibagi menjadi beberapa fase, yaitu:

1. Tahap Konseptual atau Gagasan

Sebagaimana dijelaskan oleh Lenggogeni dan Wideasanti (2013:28), tahap pembukaan proyek dimulai dengan mengidentifikasi ide dasar yang menjadi landasan pelaksanaan. Langkah berikutnya adalah melakukan studi kelayakan yang memuat analisis biaya, potensi risiko, serta pertimbangan aspek politik, ekonomi, sosial, dan budaya. Tahap ini juga mencakup penyusunan rencana strategi untuk pelaksanaan proyek secara menyeluruh, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Siklus Hidup Proyek Konstruksi (Sumber: PMBOK)

Lenggogeni dan Widiyanti (2013:28) menyebutkan bahwa pada tahap ini terdapat beberapa kegiatan, antara lain:

- a. Merumuskan ide atau gagasan awal.
- b. Melakukan studi kelayakan yang mencakup berbagai aspek, termasuk perhitungan biaya, analisis risiko, serta faktor politik, ekonomi, sosial, dan budaya.
- c. Menyusun strategi perencanaan.

2. Tahap Studi Kelayakan

Tahapan ini bertujuan mengevaluasi apakah rencana investasi layak dilanjutkan. Menurut Siswanto dan Salim (2019), pada fase ini informasi perencanaan sudah lebih detail, sehingga dimensi proyek dan perhitungan anggaran menjadi lebih tepat. Evaluasi dilakukan dengan mempertimbangkan aspek teknis, hukum, finansial, sosial, budaya, ekonomi, serta administrasi.

3. Tahap Perancangan Terperinci (Detail Design)

Menurut Husen (2011), tahap perancangan terperinci mencakup pemecahan masalah teknis, pengembangan desain teknik, penyusunan jadwal induk, penentuan anggaran, dan perencanaan sumber daya yang dibutuhkan. Pada fase ini juga dilakukan pembelian awal, persiapan alat kerja, serta pemilihan pihak yang akan berperan dalam proyek melalui mekanisme lelang. Tujuannya adalah menghasilkan dokumen perencanaan yang lengkap dan terperinci, baik dari sisi teknis maupun administratif, sehingga mempermudah pencapaian target proyek.

4. Tahap Pengadaan

Berdasarkan pendapat Siswanto dan Salim (2019:5), pengadaan berfokus pada pemilihan kontraktor dengan menggunakan dokumen hasil tahap perancangan

detail sebagai acuan. Menurut Husen (2011), prosedur ini dirancang untuk menghasilkan penawaran yang kompetitif dengan menjunjung tinggi prinsip transparansi dan akuntabilitas.

5. Tahap Pelaksanaan (Implementation)

Pada tahap implementasi, kegiatan meliputi rekayasa detail, penyusunan spesifikasi teknis, pengadaan material dan peralatan, proses fabrikasi serta konstruksi, pengujian mutu, persiapan operasional (start-up), hingga demobilisasi dan pembuatan laporan akhir (Siswanto, 2019:6). Lenggogeni dan Wideasanti (2013) menambahkan bahwa kegiatan lapangan meliputi mobilisasi dan demobilisasi sumber daya, pelaksanaan pekerjaan sipil, serta proses pengendalian dan pengujian hasil.

. Lenggogeni dan Wideasanti (2013) juga menekankan bahwa tahap ini merupakan fase pembangunan atau implementasi proyek konstruksi, dengan kegiatan meliputi:

- a. Mobilisasi dan demobilisasi peralatan serta tenaga kerja.
- b. Pelaksanaan pekerjaan konstruksi sipil.
- c. Pengendalian serta pengujian hasil pekerjaan.

7. Menurut Husen (2011:13), tahap ini meliputi pengoperasian fasilitas secara berkala, pemantauan kinerja, dan perawatan infrastruktur. Biaya operasional pada tahap ini bersifat rutin dan cenderung menurun seiring berjalannya waktu, sedangkan pemasukan mulai dihasilkan. Lenggogeni dan Wideasanti (2013) menambahkan bahwa kegiatan meliputi serah terima hasil pekerjaan, pelaksanaan pemeliharaan sesuai kesepakatan, dan pengoperasian fasilitas yang dibangun.

. Lenggogeni dan Wideasanti (2013) menambahkan bahwa tahap ini merupakan penutup dari rangkaian proyek konstruksi setelah proses pembangunan selesai, yang meliputi:

- a. Serah terima hasil proyek.
- b. Pemeliharaan bangunan sesuai jangka waktu yang disepakati.
- c. Pengoperasian fasilitas yang telah dibangun.

2.5 Alokasi Sumber Daya Dalam Manajemen Proyek

Sumber daya adalah elemen atau fasilitas yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan. Dalam konteks organisasi, sumber daya mencakup komponen pendukung dalam manajemen atau administrasi, meliputi manusia (man), bahan (material), mesin (machine), modal (money), metode kerja (method), serta pasar hasil produksi (market). Keenam komponen ini dikenal sebagai konsep 6M (Rani A. Hafnidar, 2016).

Perencanaan sumber daya yang matang dan disesuaikan dengan kebutuhan proyek akan membantu pencapaian tujuan secara optimal dengan tingkat efisiensi dan efektivitas yang tinggi. Setiap proyek memiliki kebutuhan sumber daya yang berbeda, bergantung pada skala, lokasi, dan karakteristik khususnya. Pendekatan matematis dalam perencanaan sumber daya dapat menghasilkan hasil yang lebih optimal dibandingkan hanya mengandalkan perkiraan berdasarkan pengalaman, yang biasanya kurang efisien dan efektif (Siswanto & Salim, 2019).

Perencanaan yang tepat memungkinkan pengelola proyek memperoleh informasi penting terkait kualitas, jumlah, dan biaya sumber daya yang dibutuhkan, sehingga dapat diukur secara akurat beserta konsekuensi logisnya. Dengan metode perencanaan yang benar dan evaluasi berkelanjutan, efektivitas dan efisiensi penggunaan sumber daya dapat dimaksimalkan, sehingga hasil yang dicapai mampu memuaskan pemilik maupun pihak terkait proyek.

Menurut Husen (2011:37), beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan alokasi sumber daya untuk proyek adalah:

- a. Ketersediaan sumber daya sesuai kebutuhan proyek.
- b. Kemampuan finansial untuk membayar sumber daya tersebut.

- c. Tingkat produktivitas sumber daya.
- d. Kapasitas dan kemampuan sumber daya yang digunakan.
- e. Efektivitas dan efisiensi pemanfaatan sumber daya.

2.6.1 Manajemen Sumber Daya Manusia

Secara teoritis, kebutuhan tenaga kerja rata-rata dapat ditentukan dengan membagi total lingkup pekerjaan proyek (dalam satuan jam-orang atau bulan-orang) dengan durasi pelaksanaan proyek. Namun, metode ini jarang mencerminkan kondisi sebenarnya, karena jumlah tenaga kerja selama proyek sering berubah-ubah. Oleh karena itu, perencanaan tenaga kerja yang realistis harus memperhitungkan berbagai faktor, yang menurut Iman Soeharto (1998:131) mencakup:

1. Tingkat produktivitas tenaga kerja.
2. Jumlah tenaga kerja pada periode puncak (peak).
3. Jumlah tenaga kerja di kantor pusat.
4. Perkiraan tenaga kerja konstruksi di lapangan.
5. Upaya pemerataan jumlah tenaga kerja untuk menghindari fluktuasi yang tajam.

Siswanto dan Salim (2019:7) mengemukakan bahwa dalam proyek, sumber daya manusia dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu pekerja tetap dan pekerja tidak tetap. Pembagian ini dilakukan untuk mengoptimalkan pengelolaan tenaga kerja sekaligus menyeimbangkan beban biaya.

Menurut Husen (2011:37), tenaga kerja tetap biasanya memperoleh gaji bulanan serta fasilitas penunjang lain yang bertujuan menjaga produktivitas, solidaritas, dan loyalitas terhadap perusahaan. Dengan kebijakan tersebut, karyawan tetap—yang dianggap sebagai aset organisasi—diharapkan mampu memberikan kontribusi optimal sesuai dengan bidang keahliannya. Sebaliknya, perekrutan tenaga

kerja tidak tetap dilakukan untuk menghindari beban pembayaran gaji bulanan pada saat proyek sedang tidak berjalan atau ketika kebutuhan tenaga hanya bersifat temporer.

Iman Soeharto menguraikan bahwa penambahan jumlah pekerja dapat dilakukan apabila:

1. Durasi kegiatan dapat dipersingkat
 - a. Penambahan pekerja meningkatkan produktivitas pekerjaan pada jalur kritis.
 - b. Efektif untuk pekerjaan yang dapat dibagi dan dikerjakan paralel (divisible work), seperti pengecoran, penggalian, dan pengecatan.
2. Tersedia ruang kerja memadai
 - a. Penambahan pekerja tidak efektif bila ruang terbatas atau menimbulkan gangguan (overcrowding effect).
 - b. Produktivitas harus tetap terjaga meskipun jumlah pekerja bertambah.
3. Biaya percepatan dapat diterima (cost slope)
 - a. Dalam metode PERT/CPM, penambahan pekerja akan meningkatkan biaya langsung (direct cost).
 - b. Penambahan 20–50% dari jumlah normal masih dianggap efektif.
4. Aktivitas berada pada jalur kritis (critical path)
 - a. Penambahan pekerja di luar jalur kritis tidak mempercepat penyelesaian proyek secara keseluruhan.
5. Kualitas pekerjaan tetap terjaga
 - a. Percepatan tidak boleh mengorbankan mutu, keselamatan kerja, atau spesifikasi teknis.

Secara prinsip, penambahan pekerja dilakukan secara selektif pada aktivitas di jalur kritis yang bisa dibagi pekerjaannya, memiliki ruang kerja cukup, dan disertai pertimbangan biaya percepatan yang rasional. Konsep ini merupakan bagian dari analisis time–cost trade-off dalam metode PERT/CPM.

Dilihat dari bentuk hubungan kerja, khususnya di bidang konstruksi, Iman Soeharto (1998:147) membedakan tenaga kerja proyek menjadi:

1. Tenaga Kerja Langsung (Direct Hire)

Tenaga kerja yang direkrut langsung oleh kontraktor melalui perjanjian kerja individu, biasanya diawali pelatihan hingga memenuhi standar keterampilan dasar.

2. Tenaga Kerja Borongan

Tenaga kerja yang dipekerjakan melalui perusahaan penyedia tenaga (labor supplier) berdasarkan kontrak kerja dengan kontraktor untuk jangka waktu tertentu.

2.6.2 Manajemen Sumber Daya Peralatan

Peralatan konstruksi (construction plant) merupakan salah satu sumber daya penting yang harus tersedia saat pelaksanaan proyek. Karena harganya relatif tinggi, pemilihan tipe dan ukuran peralatan memerlukan pertimbangan matang, terutama terkait biaya total per satuan produksi yang dihasilkan. Selain itu, beberapa aspek lain yang perlu diperhitungkan sebelum mengambil keputusan akhir antara lain (Wulfram I. Ervianto, 2004:175):

- a. Keandalan dan daya tahan peralatan.
- b. Kebutuhan perawatan rutin.
- c. Ketersediaan suku cadang.
- d. Kemudahan pemeliharaan.

- e. Fleksibilitas penggunaan di berbagai kondisi lapangan.
- f. Mobilitas atau kemudahan transportasi.
- g. Potensi permintaan kembali dan nilai jual bekas.
- h. Estimasi waktu pengiriman peralatan.

Dalam proses alokasi peralatan untuk proyek, kondisi kerja dan kondisi alat harus terlebih dahulu dianalisis. Menurut Siswanto dan Salim (2019: 7-8), beberapa hal yang perlu diidentifikasi antara lain:

1. Medan kerja – Menentukan tingkat kesulitan medan (mudah, sedang, berat) untuk menyesuaikan kapasitas peralatan yang digunakan.
2. Komunikasi operator – Memastikan adanya komunikasi efektif antara pengendali pekerjaan dan operator, dilengkapi sarana komunikasi memadai agar pekerjaan berjalan sesuai rencana.
3. Kesesuaian fungsi alat – Peralatan yang digunakan harus sesuai jenis pekerjaan agar efisien dan tidak terbuang sia-sia.
4. Kelayakan peralatan – Memastikan alat dalam kondisi baik untuk mencegah keterlambatan akibat kerusakan. Bila perlu, siapkan teknisi mekanik untuk perbaikan cepat.

Husen (2011:41) mengklasifikasikan penggunaan peralatan berdasarkan tingkat berat pekerjaan dan lokasi, meliputi:

1. Peralatan Berat – mencakup mesin-mesin seperti bulldozer, dump truck, motor grader, scraper, dan backhoe yang berfungsi untuk pekerjaan konstruksi berskala besar, seperti pembukaan dan perataan lahan, penggalian tanah dalam volume besar, pengangkutan material, serta pekerjaan penimbunan. Pada pembangunan gedung bertingkat, tower crane digunakan untuk memindahkan material secara vertikal maupun horizontal. Selain itu, batching plant dan truck mixer berperan dalam

proses produksi beton serta pengirimannya ke area proyek.

2. Peralatan Ringan – Terdiri atas mixer pengaduk beton di lapangan, bar bender dan bar cutter untuk proses pembengkokan serta pemotongan besi beton, serta perancah (scaffolding) yang berfungsi menopang bekisting selama pekerjaan berlangsung.
3. Peralatan manufaktur – Contohnya forklift dan crane untuk mengangkut material di area pabrik, serta alat-alat statis seperti mesin las, cetakan produk, dan peralatan pengecatan.

2.6.3 Manajemen Sumber Daya Material

Husen Menurut Husen (2011:42), sama seperti peralatan, material juga memerlukan pengelolaan yang baik agar ketersediaannya sesuai dengan waktu dan lokasi yang dibutuhkan. Material menjadi komponen penting yang menyumbang porsi besar dari total biaya proyek. Oleh karena itu, penerapan teknik manajemen yang tepat dalam proses pembelian, distribusi, serta perhitungan kebutuhan material konstruksi menjadi hal yang krusial.

Pengelolaan material membutuhkan berbagai informasi, seperti spesifikasi, harga, dan kualitas yang diinginkan, sehingga penawaran dari pemasok dapat dipilih berdasarkan kesesuaian dengan spesifikasi proyek serta harga yang paling efisien. Siswanto dan Salim (2019:8) menguraikan beberapa poin penting berikut:

1. Mutu material harus sesuai dengan jenis dan standar yang tercantum dalam spesifikasi proyek.
2. Spesifikasi teknis berfungsi sebagai dokumen acuan yang memuat persyaratan material untuk memenuhi kebutuhan pekerjaan.
3. Penawaran dari berbagai pemasok dipertimbangkan untuk mendapatkan kombinasi harga terendah dengan kualitas terbaik.
4. Jadwal pengiriman harus selaras dengan kebutuhan di lapangan, bahkan untuk

material tertentu perlu dilakukan pengiriman sebelum pekerjaan dimulai.

5. Pajak penjualan material dibebankan kepada pemilik proyek, yang perhitungannya telah tercakup dalam harga satuan atau total biaya proyek.
6. Sistem pembayaran material harus mengikuti arus kas proyek agar kondisi keuangan tetap stabil.
7. Pemasok dipilih dari rekanan yang sudah memiliki rekam jejak baik dan pernah memberikan pelayanan memuaskan.
8. Gudang penyimpanan perlu memiliki kapasitas memadai untuk menampung material siap pakai, dengan memperhatikan alur distribusinya.
9. Potensi kenaikan harga selama proyek berlangsung harus diantisipasi dengan memasukkan faktor eskalasi ke dalam harga satuan.
10. Jadwal pemakaian material wajib sinkron dengan pengiriman dari pemasok, sehingga penyusunan subschedule material untuk setiap item pekerjaan menjadi hal yang esensial agar pasokan tetap terjaga. Manajemen Sumber Daya Modal atau Keuangan

2.6.4 Manajemen Sumber Daya Modal atau Keuangan

Keuangan proyek merupakan salah satu sumber daya krusial yang menentukan keberlangsungan pelaksanaan proyek dari awal hingga akhir. Pengelolaan keuangan tidak hanya berfungsi untuk membiayai kegiatan, tetapi juga menjadi dasar dalam merencanakan serta mengendalikan sumber daya lain seperti tenaga kerja, peralatan, material, dan waktu. Pembangunan proyek konstruksi memerlukan investasi yang cukup besar, baik dalam bentuk biaya maupun modal. Unsur-unsur biaya yang biasanya terlibat meliputi (Iman Soeharto, 1995:131):

1. Pengadaan material dan peralatan.

2. Penyewaan atau pembelian peralatan konstruksi.
3. Pembayaran upah tenaga kerja.
4. Biaya subkontrak.
5. Biaya transportasi.
6. Overhead dan administrasi.
7. Keuntungan (fee) serta biaya cadangan (kontingensi).

Iman Soeharto (1999:127) membagi modal proyek menjadi dua kelompok utama, yaitu modal tetap (*fixed capital*) dan modal kerja (*working capital*). Untuk mencapai target keuntungan yang telah diproyeksikan sejak awal, diperlukan pengelolaan keuangan proyek yang cermat dan terukur.

Menurut Husen (2011:43), penyusunan laporan arus kas masuk dan keluar harus dilakukan dengan ketelitian tinggi dan tingkat akurasi yang memadai. Laporan berkala yang dapat diaudit secara wajar menjadi dasar penting bagi pengambilan keputusan pada tahap berikutnya dalam siklus proyek.

Dalam praktiknya, pengelolaan arus kas (*cash flow*) membutuhkan perencanaan yang terstruktur. Siswanto dan Salim (2019:9) menjelaskan bahwa arus kas mencerminkan pergerakan dana selama periode pelaksanaan proyek, yang terbagi menjadi:

1. Kas keluar, mencakup pengeluaran untuk modal, pembayaran gaji tenaga kerja dan staf administrasi, pembelian material, sewa atau pembelian peralatan, pembayaran kepada subkontraktor dan pemasok, pajak, asuransi, retensi, pelunasan pinjaman beserta bunga, serta biaya overhead.
2. Kas masuk, terdiri atas modal awal, pinjaman bank, uang muka proyek, serta penerimaan pembayaran termin.

Menurut Project Management Body of Knowledge (PMBOK, 2004), penjadwalan proyek termasuk dalam manajemen waktu yang bertujuan memastikan semua aktivitas dapat diselesaikan sesuai durasi yang telah ditetapkan. PMBOK menjelaskan enam proses utama dalam manajemen waktu proyek, yaitu activity definition, activity sequencing, activity resource estimating, activity duration estimating, schedule development, dan schedule control. Penerapan proses-proses ini memungkinkan manajer proyek menentukan prioritas kegiatan sehingga jadwal proyek dapat tersusun secara terstruktur dan sistematis.

Sugiyanto (2021:31) menambahkan bahwa manajemen waktu proyek dapat dirinci lebih lanjut sebagai berikut:

1. Pendefinisian Kegiatan Proyek (Define Activities)

Tahap ini meliputi identifikasi dan pendokumentasian seluruh pekerjaan atau aktivitas yang direncanakan, dengan tingkat spesifikasi paling detail sesuai struktur Work Breakdown Structure (WBS). Pendefinisian aktivitas berfungsi sebagai:

- a. Dasar estimasi durasi pekerjaan.
- b. Acuan penyusunan urutan pekerjaan dalam jadwal.
- c. Landasan pelaksanaan, pemantauan, dan pengendalian pekerjaan.
- d. Panduan dalam penyusunan rincian aktivitas proyek.

2. Penyusunan Urutan Kegiatan Proyek (Sequence Activities)

Proses ini mencakup penentuan urutan logis antar aktivitas, termasuk hubungan ketergantungan dan interaksi di antara pekerjaan. Urutan dapat ditetapkan secara manual maupun dengan perangkat lunak manajemen proyek. Fungsinya antara lain:

- a. Mengidentifikasi hubungan ketergantungan dan interaksi pekerjaan.
- b. Menentukan pekerjaan yang harus didahulukan atau dilakukan belakangan.
- c. Menjadi dasar pelaksanaan proyek yang terstruktur.

3. Estimasi Kebutuhan Sumber Daya Kegiatan (Estimate Activity Resources)

Pada tahap ini dilakukan penentuan jenis dan jumlah sumber daya yang dibutuhkan (tenaga kerja, material, peralatan), serta waktu ketersediaannya. Estimasi ini berkaitan erat dengan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB). Fungsinya mencakup:

- a. Menentukan jumlah sumber daya yang diperlukan.
- b. Menetapkan waktu penyediaan sumber daya.
- c. Menjadi dasar perhitungan RAB.

4. Estimasi Durasi Kegiatan (Estimate Activity Durations)

Proses ini menghitung lamanya waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap aktivitas. Estimasi dilakukan dengan mempertimbangkan lingkup pekerjaan, sumber daya, jumlah tenaga kerja, serta kalender kerja yang berlaku. Fungsinya meliputi:

- a. Mengetahui durasi penyelesaian tiap aktivitas.
- b. Menentukan waktu mulai dan selesai pekerjaan.
- c. Memperkirakan waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

5. Pengembangan Jadwal (Develop Schedule)

Tahap ini melibatkan analisis urutan aktivitas, durasi, sumber daya, dan kendala proyek untuk menghasilkan jadwal yang optimal. Jadwal dikembangkan dengan mempertimbangkan keterbatasan yang ada agar waktu penyelesaian proyek efektif dan efisien.

6. Pengendalian Jadwal (Control Schedule)

Merupakan proses pemantauan kemajuan proyek, pembaruan status jadwal, serta pengelolaan perubahan yang terjadi. Aktivitas pengendalian mencakup:

- a. Menentukan status terkini jadwal proyek.
- b. Mengidentifikasi faktor yang memengaruhi perubahan jadwal.
- c. Menetapkan jadwal baru setelah revisi.

d. Mengatur pelaksanaan perubahan jadwal aktual.

2.8 Sistem Manajemen Waktu Pada Proyek Konstruksi

Perencanaan dan pengendalian waktu menjadi aspek penting untuk memastikan proyek dapat selesai tepat waktu. Hal ini dicapai melalui penjadwalan kegiatan yang menentukan kapan suatu pekerjaan dimulai dan selesai.

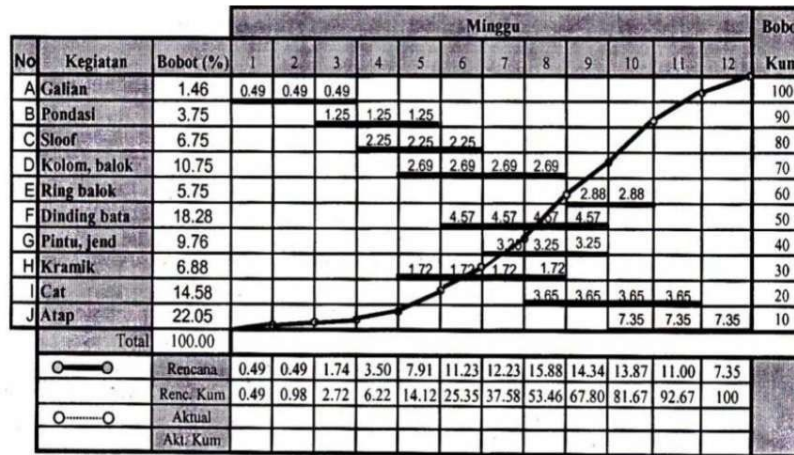
Menurut Mufardis dkk. (2021), waktu berkaitan erat dengan biaya proyek. Keterlambatan dalam pelaksanaan pekerjaan dapat menimbulkan biaya tambahan, misalnya dari penambahan jam kerja tenaga, perpanjangan penggunaan alat berat, denda keterlambatan sesuai kontrak, maupun faktor pendukung lainnya. Sejalan dengan itu, Soeharto (1999:43) menyatakan bahwa manajemen waktu bertujuan memastikan proyek selesai sesuai jadwal atau bahkan lebih cepat, tanpa mengabaikan batasan biaya, mutu, dan ruang lingkup pekerjaan yang telah ditetapkan.

Standar kinerja waktu ditetapkan berdasarkan keseluruhan tahapan kegiatan proyek, durasi pelaksanaan, dan alokasi sumber daya. Berdasarkan Siswanto dan Salim (2019:11), informasi tersebut menjadi dasar dalam penyusunan jadwal proyek, yang menghasilkan format laporan berisi indikator progres waktu. Dalam praktiknya, terdapat lima metode penjadwalan proyek yang umum digunakan, yaitu:

- 1 Barchart — Diagram batang yang menampilkan rencana jadwal dan durasi proyek, kemudian dibandingkan dengan progres aktual untuk mengidentifikasi keterlambatan.
- 2 Network Planning — Representasi jaringan kerja yang menampilkan keterkaitan antar kegiatan. Metode ini memudahkan identifikasi kegiatan kritis yang memerlukan pengawasan ketat dan kegiatan yang memiliki kelonggaran waktu (total float). Network Planning terbagi menjadi tiga metode utama:

- a. Critical Path Method (CPM) — Menggunakan diagram panah dengan waktu pelaksanaan deterministik. CPM membantu mengidentifikasi lintasan kritis, namun memiliki keterbatasan dalam menangani kegiatan tumpang tindih, kegiatan berulang, serta hubungan ketergantungan selain Finish to Start (FS), yang dapat menyebabkan inefisiensi alokasi sumber daya (Hutagaol & Sendi, 2013).
- b. Project Evaluation and Review Technique (PERT) — Dirancang untuk menghadapi ketidakpastian durasi kegiatan dengan menggunakan tiga estimasi waktu: optimistis (to), paling mungkin (tm), dan pesimistis (tp). Selain itu, PERT memanfaatkan parameter deviasi standar dan varians untuk menganalisis probabilitas penyelesaian proyek sesuai jadwal (Maharesi, 2002). Kelemahan metode ini adalah sifat subjektif dalam penentuan estimasi serta kecenderungan terlalu fokus pada lintasan kritis (Soeharto, 1997).
- c. Precedence Diagram Method (PDM) — Menggunakan node sebagai representasi kegiatan dan anak panah sebagai hubungan ketergantungan. PDM memiliki empat jenis hubungan ketergantungan, sehingga lebih fleksibel untuk kegiatan tumpang tindih dibanding CPM. Namun, metode ini belum mampu mengakomodasi perhitungan kecepatan produksi atau hambatan pada kegiatan berulang (Laksito, 2005).

Kurva-S — Digunakan untuk memantau kinerja waktu dengan membandingkan bobot kumulatif rencana dan realisasi. Kurva-S memudahkan deteksi keterlambatan dengan menetapkan baseline pada periode tertentu.



Gambar 2. 6 Kurva S atau Hannum Curve (Husen, 2011)

Kurva Earned Value berfungsi untuk memvisualisasikan perkembangan waktu pelaksanaan proyek dengan mengacu pada baseline yang telah ditetapkan pada periode tertentu, kemudian dibandingkan dengan kemajuan aktual di lapangan. Apabila terdeteksi potensi keterlambatan dari jadwal yang telah direncanakan, langkah korektif dapat ditempuh melalui penjadwalan ulang pekerjaan, penentuan estimasi tambahan durasi penyelesaian akibat deviasi tersebut, serta penyesuaian sumber daya, misalnya penambahan tenaga kerja atau penerapan jam kerja tambahan melalui sistem shift.

Dalam praktik manajemen proyek, seorang manajer senantiasa mencari metode yang tidak hanya mampu meningkatkan mutu pekerjaan, tetapi juga memperkuat aspek pengendalian, terlebih ketika jumlah kegiatan yang harus dikelola semakin banyak. Beberapa teknik yang lazim digunakan antara lain Critical Path Method (CPM), Program Evaluation and Review Technique (PERT), dan Precedence Diagram Method (PDM).

Wibowo (2001) mengemukakan bahwa metode penjadwalan yang dianggap paling sesuai untuk proyek konstruksi—yang memiliki sifat unik,

keterkaitan antaraktivitas yang kompleks, serta ketergantungan tinggi terhadap berbagai faktor internal maupun eksternal—adalah metode PERT. Pertimbangannya, durasi setiap aktivitas dalam proyek konstruksi sering kali memiliki tingkat ketidakpastian yang signifikan. Oleh sebab itu, manajemen waktu pada proyek ini menerapkan pendekatan PERT.

Keunggulan penggunaan metode PERT, sebagaimana dijelaskan Badri (1997) dalam Sahril (2022), mencakup: Mengidentifikasi hubungan antar aktivitas dalam proyek, Antara lain:

1. Menentukan alternatif waktu pelaksanaan jika terjadi hambatan atau keterlambatan.
2. Mengetahui opsi yang dapat membantu kelancaran kegiatan proyek.
3. Memperkirakan durasi penyelesaian proyek secara lebih terukur.

Namun, PERT juga memiliki beberapa kelemahan menurut Wibowo (2001):

1. Deviasi terhadap normalitas dapat terjadi bila jumlah aktivitas pada jalur kritis kurang dari 30.
2. Potensi kesalahan akibat penyederhanaan perhitungan mean dan varians distribusi beta dibandingkan nilai eksak fungsi kerapatan beta asli, dengan tingkat kesalahan sekitar 17–33%.
3. Hanya menggunakan mean durasi untuk menghitung total durasi dan mengabaikan varians, sehingga berisiko salah dalam menentukan probabilitas waktu penyelesaian.
4. Waktu penyelesaian proyek dinyatakan sebagai bilangan samar (fuzzy number) yang mencakup nilai paling mungkin (most possible) untuk penyelesaiannya.
5. Dalam PERT, probabilitas 100% tercapai hanya jika waktu penyelesaian

mendekati tak terbatas ($T \rightarrow \infty$).

2.8.1 Metode Teknik Evaluasi dan Review Proyek (PERT)

Project Evaluation and Review Technique (PERT), menurut Siswanto (2007), merupakan salah satu pendekatan dalam Management Science yang berfungsi untuk membantu proses perencanaan sekaligus pengendalian proyek. Metode ini dikembangkan dengan tujuan meminimalkan potensi keterlambatan, mengurangi hambatan pada proses produksi, serta mengoordinasikan seluruh komponen pekerjaan secara terintegrasi sehingga penyelesaian proyek dapat dicapai dalam waktu yang lebih singkat. Keunggulan PERT terletak pada kemampuannya menyusun rencana yang sistematis dan terkelola dengan baik, sebab penetapan jadwal dan alokasi anggaran dilakukan sebelum tahap pelaksanaan dimulai.

Berbeda dengan Critical Path Method (CPM) yang menggunakan pendekatan deterministik dengan satu angka pasti untuk memperkirakan durasi kegiatan, PERT dirancang untuk menghadapi situasi dengan tingkat ketidakpastian (uncertainty) yang tinggi pada aspek durasi kegiatan (Soeharto, 1999). Menurut Nurhayati (2010:57), PERT menekankan upaya memperoleh estimasi waktu yang lebih akurat melalui pengurangan potensi penundaan, penyesuaian berbagai bagian pekerjaan, serta percepatan penyelesaian proyek.

Pendekatan PERT mempertimbangkan bahwa durasi suatu kegiatan dipengaruhi oleh banyak faktor dan variasi, sehingga estimasi waktu lebih tepat jika dinyatakan dalam bentuk rentang (range) yang terdiri dari tiga nilai estimasi (Ramadhan & Sugiyono, 2019). Setiap kejadian (event) dalam PERT menandai awal atau akhir suatu kegiatan. Heizer dan Render (2005) menjelaskan bahwa metode ini menggunakan distribusi probabilitas yang didasarkan pada tiga perkiraan waktu, yaitu:

1. Waktu optimis (a) — estimasi dengan peluang pencapaian sangat kecil, sekitar

- 1 dari 100 kali.
2. Waktu realistis atau paling mungkin (m) — estimasi berdasarkan penilaian yang dianggap paling mendekati kenyataan.
3. Waktu pesimis (b) — estimasi dengan peluang terjadinya sangat kecil, sekitar 1 dari 100 kali pada kondisi paling lambat.

Menurut Levin dan Kirkpatrick (1972), kurva distribusi PERT memiliki puncak yang merepresentasikan waktu realistis (m), sedangkan waktu optimis (a) dan pesimis (b) berada di sisi kiri dan kanan kurva distribusi, menandai batas bawah dan batas atas rentang durasi kegiatan.

Soeharto (1999) menegaskan bahwa dalam menentukan nilai a , m , dan b , terdapat beberapa hal penting yang perlu diperhatikan, antara lain:

1. Memahami fungsi a , m , dan b serta pengaruhnya terhadap perhitungan PERT.
2. Menghindari penentuan estimasi yang dipengaruhi target penyelesaian proyek.
3. Memanfaatkan data historis (historical records) untuk memperkuat akurasi estimasi
4. Menginterpretasikan arti a , m , dan b melalui kurva distribusi.
5. Mengetahui bahwa puncak kurva distribusi merepresentasikan m , sedangkan a dan b menandai batas rentang waktu di sisi kiri dan kanan.

Secara umum, estimasi tiga waktu pada PERT diperoleh dari pihak yang memahami lingkup pekerjaan dan durasi pelaksanaannya (Soeharto, 1995:228). Pendekatan ini memungkinkan perencanaan yang lebih adaptif terhadap ketidakpastian, sehingga jadwal proyek dapat disusun secara lebih realistis dan terkendali.

2.8.1.1 Estimasi Metode PERT

Menurut Husein (2018) dalam Sahril (2022), terdapat tiga jenis estimasi waktu dalam perencanaan proyek, yaitu:

1. a = waktu optimistik (optimistic duration time)

Merupakan perkiraan durasi tersingkat untuk menyelesaikan suatu pekerjaan apabila seluruh faktor pendukung berjalan dengan lancar. Estimasi ini menggambarkan kondisi terbaik yang memungkinkan proyek diselesaikan secepat mungkin.

2. m = waktu paling mungkin (most likely time)

Estimasi ini berasumsi bahwa pekerjaan dilakukan dalam situasi normal dan berulang dalam kondisi yang sama, sehingga menghasilkan durasi rata-rata yang realistis.

3. b = waktu pesimistik (pessimistic duration time)

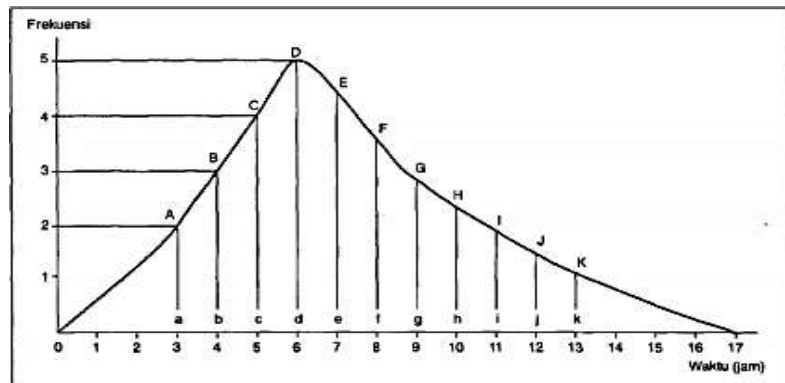
Menggambarkan kondisi terburuk di mana kegiatan tidak berjalan sesuai rencana, sehingga memerlukan durasi terlama untuk penyelesaiannya.

Penggunaan tiga jenis estimasi tersebut bertujuan memberikan rentang perhitungan yang lebih luas dibanding hanya menggunakan satu angka pasti. Ketiga angka ini kemudian dianalisis dengan teori probabilitas menggunakan kurva distribusi (Soeharto, 1999).

Menurut Cook (1996:21), setelah diperoleh ketiga estimasi waktu, langkah selanjutnya adalah menggabungkannya menjadi satu nilai yang disebut durasi harapan (expected duration time), yang dihitung dengan rumus:

:

$$te = \frac{a + 4m + b}{6}$$

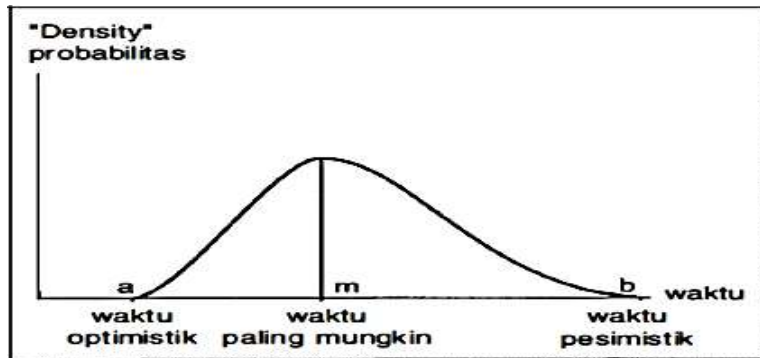


Secara umum, teori probabilitas digunakan untuk menganalisis tingkat ketidakpastian (uncertainty) dan menyajikan penjelasan kuantitatif. Misalnya, jika suatu pekerjaan dilakukan berulang kali dalam kondisi serupa, kemudian titik-titik hasil pengamatan dihubungkan—A-B-C-D-E-F-G, dan seterusnya—akan terbentuk kurva yang disebut Kurva Distribusi Frekuensi Durasi Kegiatan, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7.

Gambar 2. 7 Frekuensi (Soeharto, 1999)

Pada kurva distribusi, terdapat tiga parameter penting yang merepresentasikan karakteristik waktu suatu kegiatan, yaitu a , b , dan m . Parameter m menunjukkan periode waktu yang paling sering terjadi atau paling mungkin ditemui, yang ditandai dengan posisi puncak kurva. Sementara itu, parameter a dan b terletak di bagian kiri dan kanan mendekati ujung kurva, yang menggambarkan batas bawah dan batas atas rentang waktu penyelesaian aktivitas.

Secara umum, kurva distribusi dalam analisis waktu proyek cenderung memiliki bentuk asimetris, sehingga tidak membentuk kurva normal, melainkan mengikuti pola kurva beta. Karakteristik kurva beta ini memungkinkan representasi yang lebih realistis terhadap ketidakpastian waktu, seperti terlihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Kurva Distribusi Asimetris (beta) (Soeharto, 1999)

2.8.1.2 Deviasi Standart dan Varians

Dalam PERT, durasi suatu aktivitas tidak hanya ditentukan oleh satu angka, melainkan melalui rentang waktu yang mencerminkan ketidakpastian estimasi. Rentang ini ditetapkan berdasarkan nilai a (waktu optimis) dan b (waktu pesimis), yang digunakan untuk menghitung deviasi standar dan varians guna menggambarkan tingkat ketidakpastian (Iman Soeharto, Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional, 1995:232) Setelah durasi harapan diperoleh, langkah berikutnya adalah menghitung varians untuk menentukan rentang waktu yang dapat diprediksi melalui deviasi standar (Cook, 1996). Nilai deviasi standar (

(S) dihitung menggunakan rumus: Deviasi Standart Kegiatan (S) = $\left(\frac{b-a}{6}\right)^2$

a. Varians Kegiatan $V(te) = S^2 = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2$

2.8.1.3 Target Waktu Penyelesaian

Dalam sebuah proyek, biasanya terdapat beberapa tonggak penting (milestone) dengan jadwal penyelesaian tertentu (Soeharto, 1999). Muhammad Hi. Amiruddin (2015) menjelaskan bahwa untuk menilai peluang proyek selesai tepat waktu, dapat dilakukan perhitungan dengan membandingkan durasi yang diharapkan (TE) dengan target waktu penyelesaian (T(d)). Perbandingan ini direpresentasikan melalui variabel z dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Deviasi } Z = \frac{T(d)-T}{s}, S^2 = V(TE)$$

Keterangan:

T(d) = Target Waktu

TE = Jumlah te Kegiata Kritis V(TE)

= Jumlah V(te) Kegiatan Kritis

Menurut Soeharto (1999), nilai z menunjukkan probabilitas, yang persentasenya dapat diperoleh melalui tabel distribusi normal kumulatif z (lihat Apendiks II).