

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Ilmiah Terdahulu

Adapun hasil penelitian terkait tema penelitian ini diperoleh dari beberapa penelitian ilmiah sebelumnya, terdapat 10 penelitian yang dirujuk oleh penulis dalam membahas metode PERT.

Pertama penelitian oleh (Bere et al., 2024) dengan judul “*ANALISIS PENJADWALAN PROYEK MENGGUNAKAN METODE PERT (Proyek Pembangunan Gedung DPRD Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta)*”. Kemungkinan proyek terselesaikan dengan durasi waktu 345 hari adalah 99,97%. Sehingga dengan penerapan metode PERT proyek mengalami perubahan waktu dari 380 hari menjadi 345 hari, maka lebih cepat 35 hari dari durasi awal.

Kemudian penelitian (Febriana & Aziz, 2021) dengan judul “*ANALISIS PENJADWALAN PROYEK DENGAN METODE PERT MENGGUNAKAN MS PRO 2016*”. Dari hasil analisis jaringan kerja dengan Microsoft Project 2016, didapatkan lintasan kritis, hubungan antara total durasi yang diharapkan $T(e)$ dengan target durasi $T(d)$ yaitu Z . Sehingga untuk mengetahui kemungkinan (probabilitas) proyek selesai pada target yang diinginkan, dengan $T(e)$ Microsoft Project 2016 sebesar 103 hari. Target proyek $T(d)$ pada Existing Time Schedule proyek sebesar 120 hari.

Adapula penelitian yang dilakukan oleh (Tamzidhillah & Waskito, 2022a) dengan judul “*PERCEPATAN PELAKSANAAN PROYEK MENGGUNAKAN METODE CPM DAN PERT (STUDI KASUS PROYEK PEKERJAAN KONSTRUKSI LANJUTAN F-MIPA TOWER MENARA SAINS TAHUN 2020 KAMPUS ITS)*”. Dari hasil perhitungan PERT maka dihasilkan probabilitas sebesar 99,89% dalam menuntaskan proyek tersebut. Maksudnya peluang pencapaian target waktu penyelesaian proyek dengan 140 hari yaitu 99,89%.

Kelima adalah penelitian (Rahayu & Nugraha, n.d., 2018) dengan judul “*EVALUASI PENJADWALAN PROYEK DENGAN METODE PERT PADA PEMBUATAN PABRIK PT. DAYA KOBELCO*”. proyek dapat diselesaikan selama

240 hari atau kurang dengan kemungkinan prosentase keberhasilan sebesar 0,026 %. Sedangkan apabila perusahaan menetapkan target keberhasilan sebesar 95%, maka diperlukan perhitungan untuk menentukan durasi optimal proyek, untuk mencapai tingkat keberhasilan 95% proyek selesai tepat waktu, maka diperlukan durasi pengerjaan proyek selama 290 hari.

Adapun penelitian yang dilakukan (Maarif, 2022) dengan judul “*Analisa Penjadwalan Proyek Dengan Metode PERT Dan CPM Pada Pembangunan Gedung Hotel Di Sidoarjo*”. Probabilitas proyek selesai tepat waktu atau sesuai dengan rencana dengan metode PERT dan CPM dengan Aplikasi Microsoft Project adalah 66%. Dari penyebaran kusioner terhadap 26 responden dapat disimpulkan bahwa 3 faktor utama penyebab keterlambatan proyek gedung hotel di Sidoarjo, Keterlambatan Proyek dikarenakan faktor teknis dengan presentase nilai sebesar 87,85%, Keterlambatan Proyek dikarenakan faktor keuangan dengan presentase nilai sebesar 77,31%, Keterlambatan Proyek dikarenakan faktor tenaga Kerja Dan Alat dengan presentase nilai sebesar 71,03%.

Kemudian (Hamid & Daulay, n.d.) melakukan penelitian dengan judul “*ANALISIS PELAKSANAAN PROYEK DENGAN METODE CPM DAN PERT (STUDI KASUS PROYEK PELAKSANAAN MAIN STADIUM UNIVERSITY OF RIAU(MULTIYEARS)*” . Dapat mengetahui probabilitas pengerjaan proyek bahwa pada minggu ke 110 probabilitasnya sudah menunjukkan nilai di kurva normal sebesar 99 %, maka pada minggu ke 111 hingga minggu ke 113 sudah tidak dapat menunjukkan nilai probabilitas penyelesaian proyek dikarenakan terlalu besarnya nilai standar deviasi pada minggu tersebut, hal ini menunjukkan bahwa waktu pada target perencanaan melebihi target dan tidak sesuai dengan waktu pelaksanaan sehingga tidak optimalnya waktu yang digunakan dalam menyelesaikan proyek pembangunan Main Stadium University of Riau ini.

Penelitian yang dilakukan oleh (Uktolseja et al., n.d.) dengan judul “*Evaluasi Pelaksanaan Proyek Menggunakan Metode PERT Dan CPM (Studi Kasus: Preservasi Jalan Tolango-Paguyaman, Tolango-Bulontio)*”. Hasil penelitian menunjukkan aktivitas yang melewati jalur kritis yaitu

mobilisasi dan manajemen k3 - galian biasa - galian batu lunak - pengecoran tebing - pasangan batu - marka jalan dan rel pengaman - pengecatan kereb pada trotoar atau median. Durasi waktu optimal proyek menggunakan PERT dan CPM yaitu 270 hari. Peluang proyek dapat terlaksana dengan durasi 270 hari yaitu sebesar 54,38% dan untuk mencapai probabilitas yang lebih tinggi dapat dikerjakan selama 275 hari sebesar 99,98%.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Lestari et al., 2022) dengan judul "*Penerapan Metode Project Evaluation and Review Technique (PERT) dan Critical Path Method (CPM) terhadap Pembangunan Gedung*". Berdasarkan hasil studi literatur yang dilakukan, didapat bahwa tingkat keberhasilan yang diperoleh untuk menyelesaikan proyek pembangunan gedung memiliki rata-rata probabilitas diatas 90%, hal termasuk masuk dalam kategori yang sangat tinggi. Sedangkan dari segi biaya yang dikeluarkan dari setiap pembangunan, menunjukkan efisiensi biaya yang optimal.

Penelitian yang terakhir dilakukan oleh (Hadicara & Rochim, 2023a) dengan judul "*Penggunaan Metode PERT dan CPM dalam Proyek Pembangunan Jalan*". Implementasi metode PERT dengan jalur kritis A, D, E dan F mampu memberikan hasil bahwa probabilitas keberhasilan proyek pembangunan Jalan Tinjomoyo Sekaran adalah 129,6 hari (dibulatkan menjadi 130 hari), yaitu sebesar 99,99%. Jadi waktu yang dapat dihemat dalam pekerjaan proyek tersebut adalah 15 hari dengan penambahan biaya sebesar 22.560.000,00. menggunakan metode CPM. Sedangkan dari penggunaan metode PERT, waktu yang dapat dihemat selama pekerjaan proyek adalah 13 hari dengan penambahan biaya sebesar 16.920.000,00.

Pertama adalah penelitian (Bachtiyar & Abduh, 2024) "*Optimalisasi Penjadwalan Proyek Jembatan Doyo Magetan Menggunakan Metode Fast Track dan Project Evaluation and Review Technique (PERT)*". Hasilnya dapat disimpulkan bahwasannya Pekerjaan Rehabilitasi Jembatan Doyo

dapat dikerjakan dan diselesaikan dengan waktu selama 168 hari kalender dari total waktu normal sesuai kurva S selama 180 hari kalender. Pelaksanaan pekerjaan dilaksanakan lebih cepat 12 hari. Artinya ada efektivitas penjadwalan yang tepat sebagaimana perubahan penjadwalan yang terjadi pada pelaksanaan pekerjaan.

2.2 Pengertian Proyek

Proyek merupakan rangkaian kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu tertentu berdasar pada alokasi sumber daya yang ada. Proyek bertujuan untuk merealisasikan tugas yang telah ditetapkan. Penjadwalan proyek merupakan upaya untuk menata urutan kerja sehingga pekerjaan dapat selesai sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.(Hadicara & Rochim, 2023b)

Schwalbe yang diterjemahkan oleh Hamdan Dimiyati & Kadar Nurjaman (2014:2) menjelaskan bahwa proyek adalah usaha yang bersifat sementara untuk menghasilkan produk atau layanan yang unik. Pada umumnya, proyek melibatkan beberapa orang yang saling berhubungan aktivitasnya dan sponsor utama biasanya tertarik proyek dalam penggunaan sumber daya yang efektif untuk menyelesaikan proyek secara efisien dan tepat waktu.(Ramadhan, n.d.)

Nurhayati (2010:4) menjelaskan bahwa sebuah proyek dapat diartikan sebagai upaya atau aktivitas yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan-harapan penting dengan menggunakan anggaran dana serta sumber daya yang tersedia, yang harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu. Sedangkan menurut Subagya (2000), proyek adalah suatu pekerjaan yang memiliki tanda-tanda khusus sebagai berikut, yaitu:

1. Waktu mulai dan selesainya sudah direncanakan.
2. Merupakan suatu kesatuan pekerjaan yang dapat dipisahkan dari yang

lain.

3. Biasanya volume pekerjaan besar dan hubungan antar aktifitas kompleks.

Proyek merupakan suatu kegiatan usaha yang kompleks, sifatnya tidak rutin, memiliki keterbatasan terhadap waktu, anggaran dan sumber daya serta memiliki spesifikasi tersendiri atas produk yang akan dihasilkan (Ramadhan dan Sugiyono, 2019). Dengan adanya keterbatasan-keterbatasan dalam mengerjakan suatu proyek, maka sebuah organisasi proyek sangat dibutuhkan untuk mengatur sumber daya yang dimiliki agar dapat melakukan aktivitas-aktivitas yang *sinkron* sehingga tujuan proyek bisa tercapai. Organisasi proyek juga dibutuhkan untuk memastikan bahwa pekerjaan dapat diselesaikan dengan cara yang efisien, tepat waktu dan sesuai dengan kualitas yang diharapkan.

Organisasi proyek memiliki peran sebagai sarana dalam pencapaian tujuan dengan mengatur dan mengorganisasi sumber daya, tenaga kerja, material, peralatan dan modal secara efektif dan efisien dengan menerapkan *system* manajemen sesuai kebutuhan proyek (Husen, 2011). Organisasi proyek biasanya adalah bagian dari organisasi yang lebih besar seperti pemerintah, institusi, badan atau lembaga atau dapat juga dengan skala lebih kecil seperti perusahaan, lembaga pendidikan, lembaga kesehatan, lembaga penelitian, kumpulan dari kelompok kepentingan, dan lain sebagainya.

Adapun menurut Gray, dkk (1992: 1) proyek adalah kegiatan-kegiatan yang dapat direncanakan dan dilaksanakan dalam satu bentuk kesatuan dengan mempergunakan sumber-sumber untuk mendapatkan benefit. Kegiatan-kegiatan tersebut dapat berbentuk investasi baru seperti pembangunan pabrik, pembuatan jalan raya, kereta api, irigasi, bendungan, pendirian gedung sekolah, survei atau penelitian, perluasan program yang sedang berjalan, dan sebagainya.

2.2.1 Ciri-ciri Proyek

Soeharto (1999) menjelaskan bahwa kegiatan proyek dapat diartikan sebagai satu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau *deliverable* yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas. Lingkup (*scope*) tugas tersebut dapat berupa pembangunan pabrik, pembuatan produk baru atau pelaksanaan penelitian dan pengembangan. Ciri utama proyek sebagai berikut :

- a. Memiliki tujuan dan sasaran ben-a suatu produk akhir.
- b. Proyek memiliki sifat sementara, yaitu telah jelas titik awal mulai dan selesai.
- c. Biaya, waktu, dan mutu dalam pencapaian tujuan dan sasaran tersebut telah ditentukan.
- d. Jenis dan intensitas kegiatan berubah sepanjang proyek berlangsung menyebabkan proyek memiliki sifat nonrepetitif, atau tidak berulang.

Adapun ciri pokok sebuah proyek menurut Soeharto (1999) sebagai berikut :

- a. Bertujuan menghasilkan lingkup (*scope*) tertentu berupa produk akhir atau hasil kerja akhir.
- b. Dalam proses pelaksanaan, ditentukan jumlah biaya, jadwal, serta kriteria mutu.
- c. Bersifat sementara dalam arti umurnya dibatasi oleh selesainya tugas. Titik awal dan akhir ditentukan dengan jelas.
- d. Non rutin, tidak berulang-ulang. Macam dan intensitas kegiatan berubah sepanjang proyek berlangsung.

- e. Keperluan sumber daya berubah, baik macam maupun volumenya.

2.3 Manajemen Proyek

Dalam suatu proyek perlu adanya suatu manajemen supaya dalam kegiatan proyek tersebut dapat berjalan dengan lancar. Manajemen 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*). (Ramadhan, n.d.)

Berbeda dengan (Suherman, 2016), PMI (*Project Management Institute*) dalam Soeharto (1999) Manajemen proyek dapat diartikan sebagai penerapan fungsi-fungsi manajemen dalam suatu kegiatan proyek dengan kata lain merupakan suatu kegiatan yang mengatur jalannya kegiatan-kegiatan dalam pelaksanaan proyek untuk semua tahapan-tahapan proyek.

Sedangkan menurut (Yuwono et al., 2021) menyatakan bahwa manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu.

(Ramadhan, n.d.), Manajemen proyek dapat diartikan sebagai rangkaian kegiatan yang diawali dengan perencanaan, penjadwalan, pelaksanaan dan pengendalian untuk semua tahapan dalam proyek, dan diakhiri dengan selesainya sebuah proyek.

dalam proses perencanaan karena penentuan waktu tersebut akan menjadi dasar bagi perencanaan yang lain, yaitu:

- a. Penyusunan jadwal (*scheduling*), anggaran (*budgeting*), kebutuhan sumber dayam manusia (*manpower planning*), dan sumber organisasi yang lain.
- b. Manajemen proyek meliputi tiga fase (Heizer dan Render, 2005), yaitu:

1. Perencanaan

Fase ini mencakup penetapan sasaran, mendefinisikan proyek, dan organisasi tim-nya.

2. Penjadwalan

Fase ini menghubungkan orang, uang dan bahan untuk kegiatan khusus dan menghubungkan masing-masing kegiatan satu dengan yang lainnya.

3. Pengendalian

Perusahaan mengawasi sumber daya, biaya, kualitas, dan anggaran. Perusahaan juga merevisi atau mengubah rencana dan menggeser atau mengelolah kembali sumber daya agar dapat memenuhi kebutuhan waktu dan biaya.

Handoko (1999:98) menyatakan tujuan manajemen proyek adalah sebagai berikut:

1. Tepat waktu (*on time*) yaitu waktu atau jadwal yang merupakan salah satu sasaran utama proyek, keterlambatan akan mengakibatkan kerugian, seperti penambahan biaya, kehilangan kesempatan produk memasuki pasar.
2. Tepat anggaran (*on budget*) yaitu biaya yang harus dikeluarkan sesuai dengan anggaran yang telah ditetapkan.
3. Tepat spesifikasi (*on specification*) dimana proyek harus sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

Sedangkan menurut Paulus Nugraha, Ishak Natan, R. Sudjipto (1985: 15) sebagai berikut:

1. Pengembangan dan penyelesaian sebuah proyek dengan *budget* yang telah ditentukan, jangka waktu yang telah ditetapkan dan kualitas bangunan proyek harus sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah dirumuskan.
2. Bagi kontraktor yang *bonafide* yaitu pengembangan reputasi akan

kualitas pekerjaan (*workmanship*) serta mempertahankannya.

3. Menciptakan organisasi di kantor pusat maupun di lapangan yang menjamin beroprasinya pekerjaan proyek secara kelompok (*teamwork*).
4. Terciptanya pendelegasian wewenang dan tugas yang seimbang sampai kepada lapisan manajemen yang paling bawah sehingga proses pengambilan keputusan menjadi lebih efektif.
5. Menciptakan iklim kerja yang mendukung baik dari segi sarana, kondisi kerja, keselamatan kerja dan komunikasi timbal balik yang terbuka antara atasan dan bawahan.
6. Menjaga keselarasan hubungan antara sesamanya sehingga orang yang bekerja didorong untuk memberikan yang terbaik dari kemampuan dan keahlian mereka.

Menurut Dimiyati (2014) dalam Mahapatni (2019: 10) menyampaikan bahwa tujuan manajemen proyek adalah mengelola fungsi-fungsi manajemen sedemikian rupa sehingga diperoleh hasil optimum sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan serta penggunaan sumber daya yang efisien dan seefektif mungkin. Sedangkan menurut Ervianto (2009) menjelaskan bahwa tujuan manajemen proyek pada umumnya dipandang sebagai pencapaian suatu sasaran tunggal dan dengan jelas terdefinisikan. Kendala-kendala yang selalu terlibat dalam proyek-proyek rekayasa sipil biasanya berhubungan dengan persyaratan kinerja, waktu penyelesaian, batasan biaya, kualitas pekerjaan dan keselamatan kerja. Pelaksana proyek konstruksi berorientasi pada penyelesaian proyek sedemikian rupa sehingga jumlah sumber daya yang digunakan dalam pelaksanaan proyek berada pada posisi minimum.

Adapun menurut Imam Heryanto (2013) dalam Mahapatni (2019: 10), tujuandan manfaat yang bisa didapatkan dengan adanya manajemen proyek antara lain :

1. Efisiensi, baik dari sisi biaya, sumber daya maupun waktu.
2. Kontrol terhadap proyek.

3. Meningkatkan kualitas.
4. Meningkatkan produktifitas.
5. Bisa menekan risiko yang timbul sekecil mungkin.
6. Koordinasi internal yang lebih baik.
7. Meningkatkan semangat, tanggung jawab serta loyalitas tim terhadap proyek.

2.4 Proses dan Fungsi Manajemen Proyek

Tujuan dari manajemen proyek adalah untuk dapat mengelola fungsi-fungsi manajemen hingga diperoleh hasil optimum sesuai dengan persyaratan yang ada dan telah ditetapkan serta untuk dapat mengelola sumber daya yang seefisien dan seefektif mungkin. Menurut (Arianie & Puspitasari, 2017). menjelaskan bahwa fungsi-fungsi dalam manajemen dapat diuraikan sebagai berikut :

a. Perencanaan (*Planning*)

Fungsi ini bertujuan dalam pengambilan keputusan yang mengelola data dan informasi yang dipilih untuk dilakukan di masa mendatang, seperti menyusun rencana jangka panjang dan jangka pendek, dan lain-lain.

b. Pengorganisasian (*Organizing*)

Fungsi organisasi bertujuan untuk mempersatukan kumpulan kegiatan manusia, yang memiliki aktivitas masing-masing dan saling berhubungan, dan berinteraksi dengan lingkungannya dalam rangka mencapai tujuan

c. Pelaksanaan (*Actuating*)

Fungsi pelaksanaan bertujuan untuk menyelaraskan seluruh pelaku organisasi terkait dalam melaksanakan kegiatan/ proyek, seperti pengarahan tugas serta motivasi, dan lain-lain.

d. Pengendalian (*Controlling*)

Fungsi pengendalian bertujuan untuk mengukur kualitas penampilan dan menganalisis serta mengevaluasi kegiatan, seperti memberikan saran-saran perbaikan, dan lain-lain..

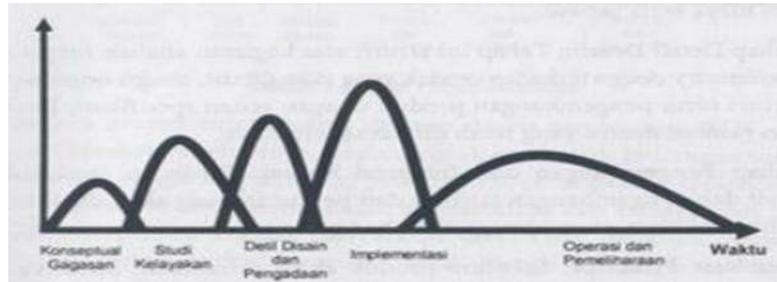
Adapun menurut Ervianto (2009) dalam Mahapatni (2019), manajemen pengelolaan setiap proyek rekayasa sipil meliputi delapan fungsi dasar manajemen,yaitu :

1. Penetapan tujuan (*goal setting*).
2. Perencanaan (*planning*).
3. Pengorganisasian (*organizing*).
4. Pengisian staf (*staffing*).
5. Pengarahan (*directing*).
6. Pengawasan (*supervising*).
7. Pengendalian (*controlling*).
8. Koordinasi (*coordination*).

2.5 Siklus Proyek Konstruksi

Dalam dunia konstruksi, tahapan yang terjadi dalam pembangunan proyek tidak jauh berbeda. Lenggogeni dan Wideasanti (2013: 28) menyebutkan bahwa hanya pembagian tahapan yang biasanya disebut sebagai siklus hidup proyek konstruksi (*construction project life cycle*) dibuat menjadi lebih terperinci

walaupun dasar dari tahapan proyek meliputi tahap awal, menengah, dan akhir tetap dapat terlihat dalam siklus hidup tersebut seperti pada gambar 2.1.

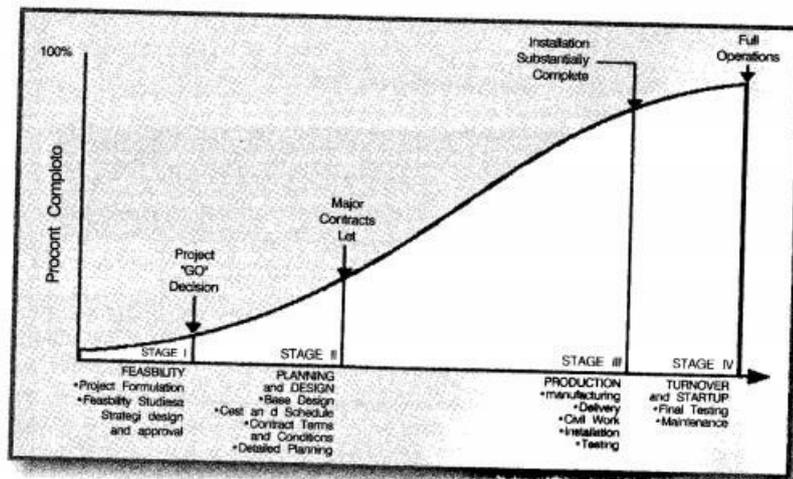


Gambar 2 1 Siklus Proyek Konstruksi (Husen, 2011)

Siklus proyek menggambarkan urutan langkah-langkah sejak proses awal hingga proses berakhirnya proyek. Untuk lebih memahami tahapan kegiatan dalam siklus proyek, tahapan dalam proyek konstruksi dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu :

1. Tahap Konseptual Gagasan

Tahap ini merupakan tahap awal bagi pemilik proyek atau pemberi tugas. Tahapan ini terdiri atas kegiatan, perumusan gagasan, kerangka acuan, studi kelayakan awal, indikasi awal dimensi, biaya dan jadwal proyek (Husen, 2011) seperti pada gambar 2.2.



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

Lenggogeni dan Widiasanti (2013: 28) menjelaskan bahwa kegiatan yang dilakukan pada tahapan ini, antara lain :

- a. Memformulasikan gagasan;

- b. Studi kelayakan yang mencakup berbagai aspek termasuk biaya, risiko dan poleksosbud.
- c. Pembuatan strategi perencanaan

2. Tahap Studi Kelayakan

Studi kelayakan bertujuan untuk mendapatkan keputusan tentang kelanjutan investasi pada proyek yang akan dilakukan. Siswanto dan Salim (2019) menerangkan bahwa informasi dan data dalam implementasi perencanaan proyek lebih lengkap, sehingga penentuan dimensi dan biaya proyek lebih akurat lagi dengan tinjauan terhadap aspek *social*, budaya, ekonomi, *financial*, legal, teknis dan administratif yang komprehensif.

3. Tahap *Detail Design*

Husen (2011) menjelaskan bahwa pada tahapan ini terdiri atas kegiatan, pendalaman berbagai aspek persoalan, *design engineering* dan pengembangan, pembuatan jadwal induk dan anggaran serta menentukan perencanaan sumber daya, pembelian dini, penyiapan perangkat dan penentuan peserta proyek dengan program lelang. Tujuan tahap ini adalah menetapkan dokumen perencanaan lengkap dan terperinci, secara teknis dan *administrative*, untuk memudahkan pencapaian sasaran dan tujuan proyek.

4. Tahap Pengadaan

Siswanto dan Salim (2019: 5) menyebutkan bahwa tahapan ini adalah memilih kontraktor pelaksana dengan menyertakan dokumen perencanaan, aturan teknis dan administrasi yang lengkap, produk tahapan *detail design*. Dari proses ini diperoleh penawaran yang kompetitif dari kontraktor dengan tingkatakuntabilitas dan transparansi yang baik (Husen, 2011).

5. Tahap Implementasi

Tahap ini terdiri atas kegiatan, *design engineering* yang rinci,

pembuatanspesifikasi dan *criteria*, pembelian peralatan dan material, fabrikasi dan konstruksi, inspeksi mutu, uji coba, *start-up*, demobilisasi dan laporan penutupproyek (Siswanto, 2019: 6). Tujuan akhir proyek adalah mendapatkan kinerja biaya, mutu, waktu dan keselamatan kerja paling maksimal, dengan melakukan

proses perencanaan, penjadwalan, pelaksanaan dan pengendalian yang lebih cermat serta teerinci dari proses sebelumnya. Pada tahap ini kontraktormemilki peran dominan dengan tujuan akhir sasaran proyek tercapai dan mendapatkan keuntungan maksimal.

Lenggogeni dan Wideasanti (2013) juga mengatakan bahwa tahap ini merupakan tahap pembangunan atau implementasi proyek konstruksi yang sudah melibatkan pelaksana dan kontraktor, tahap ini berisikan kegiatan- kegiatan antara lain :

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

6. Tahap Operasional dan Pemeliharaan

Menurut Husen (2011: 13) menjelaskan bahwa pada tahap ini terdiri ataskegiatan operasi rutin dan pengamatan prestasi akhir proyek serta pemeliharaan fasilitas bangunan yang dapat digunakan untuk kepentingan *social* dan ekonomimasyarakat. Biaya yang dikeluarkan pada tahap ini bersifat rutin dan nilainya cenderung menurun dan pada tahap ini adanya pemasukan dana dari operasionalproyek.

Lenggogeni dan Wideasanti (2013) juga menyebutkan bahwa tahap ini merupakan tahap terakhir dalam proyek konstruksi setelah pelaksanaan pembangunan terjadi. Pada tahap ini dilakukan, antara lain :

- a. Serah terima proyek.
- b. Perawatan bangunan hingga jangka waktu yang disepakati.

- c. Operasional bangunan.

2.6 Penjadwalan Proyek

Proses yang digunakan pada penjadwalan proyek yang lazim digunakan dapat dilihat dalam acuan proyek secara umum pada *project management body of knowledge* (PMBOK) (2004). Pembahasan penjadwalan proyek dalam PMBOK menjelaskan bahwa *project time management* diperlukan untuk memastikan bahwa proyek diselesaikan dalam waktu yang disetujui meliputi 6 (enam) proses, terdiri dari *activity definition, activity sequencing, activity resource estimating, activity duration estimating, schedule development* dan *schedule control*. Dengan adanya acuan tersebut diharapkan dapat mengetahui pekerjaan mana yang lebih diutamakan sehingga penjadwalan dapat disusun dengan baik. Sugiyanto (2021:31) menerangkan bahwa *time project management* dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Pendefinisian kegiatan proyek (*Define activities*)

Pendefinisian kegiatan proyek yaitu melakukan identifikasi dan mendokumentasikan pekerjaan atau kegiatan yang direncanakan, dimana akan diidentifikasi ditingkatan yang paling rendah atau spesifik di dalam WBS (*Work Breakdown Structure*) untuk dilakukan pendefinisian/ketentuan setiap aktivitas pekerjaan. Fungsi pendefinisian kegiatan proyek yaitu, meliputi:

- a. Sebagai dasar untuk estimasi durasi pekerjaan.
- b. Sebagai dasar untuk penyusunan urutan pekerjaan dalam penjadwalan.
- c. Sebagai dasar untuk pelaksanaan, *monitoring* dan mengendalikan pekerjaan proyek yang akan dijumpai.
- d. Proses penyusunan pendefinisian kegiatan proyek.

2. Penyusunan urutan kegiatan proyek (*Sequence activities*)

Penyusunan urutan kegiatan proyek (*sequence activities*) yaitu pengurutan kegiatan yang melibatkan identifikasi dan mendokumentasikan hubungan–hubungan yang logis antara kegiatan dalam penjadwalan. Penjadwalan kegiatan dapat secara logis diurutkan dengan hubungan ketergantungan dan interaksi kegiatan. Seperti pekerjaan mana yang lebih duluan belakangan dikerjakan. Pengurutan pekerjaan dapat dilakukan dengan menggunakan *software* manajemen proyek atau dengan teknik–teknik manual. Fungsi penyusunan urutan kegiatan proyek yaitu, meliputi:

- a. Untuk mengetahui hubungan ketergantungan dan interaksi antar pekerjaan.
 - b. Untuk mengetahui pekerjaan mana yang lebih dulu dan belakangan dikerjakan.
 - c. Sebagai dasar pelaksanaan.
3. Estimasi kebutuhan sumber daya kegiatan proyek (*Estimate activity resources*) Estimasi kebutuhan sumber daya kegiatan proyek yaitu meliputi menentukan sumber daya apa yang digunakan (tenaga kerja, peralatan, material) dan beberapa jumlah dari setiap sumber daya yang akan digunakan, dan kapan masing-masing sumber daya dapat disediakan untuk melaksanakan aktivitas proyek. Estimasi kebutuhan sumber daya berkaitan dengan proses perhitungan perkiraan biaya atau yang biasanya disebut RAB (Rencana Anggaran Biaya). Fungsi estimasi kebutuhan sumber daya kegiatan proyek yaitu:
- a. Untuk mengetahui berapa jumlah dari setiap sumber daya yang akan digunakan.
 - b. Untuk mengetahui kapan kebutuhan sumber daya disediakan

untuk melaksanakan aktivitas/pekerjaan proyek.

c. Untuk perhitungan perkiraan biaya (RAB).

4. Estimasi durasi kegiatan proyek (*Estimate activity durations*)

Perhitungan durasi kegiatan proyek yaitu proses perhitungan periode waktu pelaksanaan pekerjaan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan masing-masing kegiatan. Dimana proses perhitungan durasi kegiatan memerlukan jumlah pekerjaan dalam usaha menyelesaikan jadwal pekerjaan yang telah diperhitungkan dengan menggunakan informasi sesuai dengan jadwal lingkup aktivitas dari pekerjaan, sumber daya yang diperlukan, perkiraan jumlah sumber daya dan kalender sumber daya dengan ketersediaan sumber daya yang ada. Fungsi estimasi durasi kegiatan proyek yaitu, meliputi:

- a. Untuk mengetahui durasi menyelesaikan setiap item pekerjaan.
- b. Untuk mengetahui waktu kapan pekerjaan harus mulai dan selesai.
- c. Untuk memperhitungkan kapan proyek selesai.

5. Pengembangan jadwal proyek (*Develop schedule*)

Pengembangan jadwal proyek adalah suatu proses dalam menganalisis urutan kegiatan, jangka waktu/durasi, sumber daya dan kendala dalam pembuatan jadwal proyek. Menerapkan kegiatan, jangka waktu dan sumber daya ke metode penjadwalan menghasilkan jadwal dengan jangka waktu yang direncanakan untuk menyelesaikan kegiatan proyek dan dilakukan sedemikian rupa sehingga tercapai hasil yang optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada. Fungsi pengembangan jadwal proyek yaitu untuk menentukan aktivitas yang diperlukan dalam menyelesaikan proyek dan urutan serta durasi di dalam aktivitas yang harus diselesaikan untuk mendapatkan penyelesaian yang tepat waktu efektif dan efisien.

6. Pengendalian jadwal (*Control schedule*)

Proses pemantauan status proyek untuk memperbarui kemajuan proyek dan mengelola perubahan-perubahan dari jadwal induk. Pengendalian jadwal mempunyai keterkaitan dengan:

- a. Menentukan status saat ini dari jadwal proyek.
- b. Faktor yang mempengaruhi pembuatan perubahan jadwal.
- c. Menentukan bahwa jadwal proyek setelah diubah.
- d. Mengatur saat terjadi perubahan aktual.

2.7 Sistem Manajemen Waktu Pada Proyek Konstruksi

Untuk menghasilkan proyek yang tepat waktu maka diperlukan perencanaan dan pengendalian waktu yang dilakukan dengan cara mengatur jadwal setiap kegiatan kapan pekerjaan dimulai dan kapan berakhir (Mufardis dkk, 2021). Waktu sangat berkaitan dengan biaya dikarenakan jika terjadi keterlambatan penyelesaian proyek maka akan membuat biaya menjadi lebih besar karena membutuhkan penambahan jam kerja, operasional alat berat, pembayaran denda kontrak, dan hal lainnya. Soeharto (1999:43) menyatakan bahwa pengelolaan waktu mempunyai tujuan utama agar proyek diselesaikan sesuai atau lebih cepat dari rencana dengan memperhatikan batasan biaya, mutu dan lingkup proyek.

Standar kinerja waktu ditentukan dengan merujuk seluruh tahapan kegiatan proyek beserta durasi dan penggunaan sumber daya. Siswanto dan Salim (2019:11) menjelaskan bahwa dari semua informasi dan data yang telah diperoleh, dilakukan proses penjadwalan sehingga akan ada *output* berupa format-format laporan lengkap mengenai indikator progres waktu. Pada proses penjadwalan proyek terdapat 5 (lima) metode yang dapat digunakan antara lain:

1. *Barchart*, diagram batang yang secara sederhana menampilkan informasi

jadwal proyek yang direncanakan beserta durasinya. Diagram ini kemudian dibandingkan dengan kemajuan aktual untuk menentukan apakah proyek mengalami keterlambatan atau tidak.

2. *Network Planning*, Jaringan kerja berbagai kegiatan dapat mengidentifikasi aktivitas-aktivitas kritis yang memerlukan pengawasan ketat untuk mencegah keterlambatan. Format *Network Planning* juga digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas-aktivitas yang memiliki kelonggaran waktu penyelesaian berdasarkan total float-nya, sehingga informasi ini dapat digunakan untuk memperbaiki jadwal dan mengoptimalkan alokasi sumber daya secara lebih efektif dan efisien. Metode jaringan kerja dibagi menjadi 3 macam, yaitu:

a. *Critical Path Method* (CPM) adalah Metode penjadwalan proyek yang menggunakan diagram panah menggambarkan status kegiatan dalam jaringan kerja. Urutan kegiatan dalam diagram ini menunjukkan ketergantungan antar kegiatan, dengan setiap kegiatan memiliki waktu pelaksanaan yang sudah ditentukan. Selain itu, metode CPM juga mengidentifikasi lintasan kritis dalam jadwal proyek, sehingga memudahkan evaluasi prioritas pekerjaan jika terjadi keterlambatan. (Laksito, 2005). Item-item pekerjaan yang berada pada lintasan kritis akan diawasi dengan ketat untuk mencegah keterlambatan yang dapat mempengaruhi keseluruhan proyek. Meskipun metode CPM memiliki kelebihan, terdapat juga kelemahan. Kelemahan ini muncul jika ada item kegiatan yang tumpang tindih atau berulang, sehingga penggunaan dummy menjadi berlebihan. Selain itu, hubungan logika ketergantungan Start to Start dapat menyebabkan item pekerjaan dibagi menjadi beberapa segmen, karena metode CPM hanya mengenal hubungan Finish to Start (FS), membuatnya sulit dipahami. Metode CPM juga tidak dapat mengidentifikasi tingkat produktivitas kegiatan berulang, sehingga tidak dapat mendeteksi inefisiensi alokasi sumber daya akibat berhentinya pekerjaan. Hal ini menyebabkan penambahan sumber daya manusia untuk mengerjakan item

pekerjaan yang dimulai sebelum pekerjaan sebelumnya selesai. Dengan demikian, CPM tidak dapat mempertahankan kontinuitas produktivitas kegiatan berulang, mengakibatkan inefisiensi alokasi sumber daya karena penumpukan pekerjaan pada satu waktu. (Hutagaol & Wibowo, n.d.).

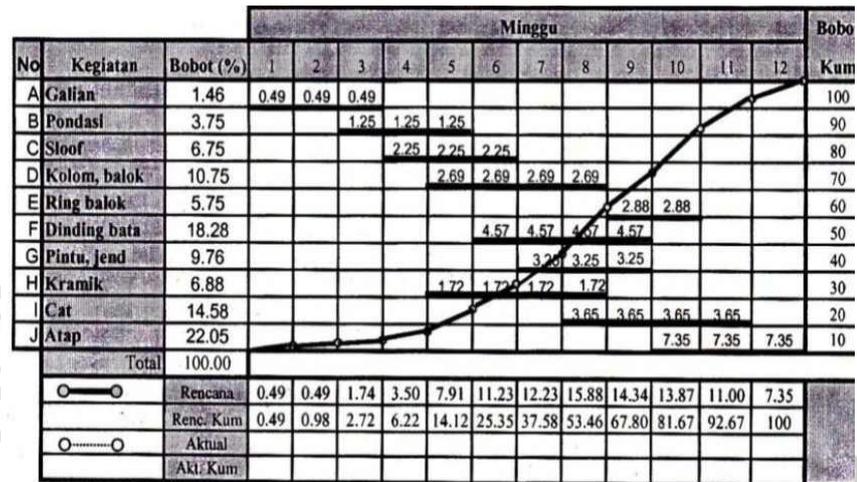
- b. *Project Evaluation and Review Technique* (PERT) merupakan suatu metode penjadwalan proyek yang dirancang untuk mengatasi ketidakpastian tinggi dalam durasi kegiatan proyek dengan menggunakan pendekatan mempertimbangkan berbagai faktor yang mempengaruhi durasi. Oleh karena itu, digunakan tiga rentang dengan estimasi: waktu pesimis (t_p), waktu paling mungkin (t_m), dan waktu optimis (t_o). Pada dasarnya, prinsip jaringan kerja metode PERT mirip dengan metode CPM dalam menentukan kegiatan yang berada pada jalur kritis. (Oktafiana & Baroroh, 2022). Perbedaan utama antara keduanya adalah penambahan kuantitas yang mengukur perkiraan deviasi dari durasi harapan setiap kegiatan. Dengan demikian, metode PERT dapat menentukan tingkat akurasi jadwal pada suatu event yang terdefinisikan dalam jaringan kerja. Hal ini dicapai dengan menghitung probabilitas pencapaian jadwal yang ditetapkan pada event tersebut. (Maharesi, 2002). PERT dapat memperkirakan durasi dengan tiga estimasi waktu, serta parameter lain seperti deviasi standar dan varians untuk menyelesaikan suatu kegiatan. Metode PERT ini mengumpulkan komponen-komponen yang belum pasti untuk kemudian dianalisis kemungkinan-kemungkinannya, sehingga dapat dilihat apakah proyek menyimpang atau sesuai dengan rencana awal. Kelemahan metode ini adalah sifatnya yang subjektif dalam menetapkan tiga estimasi a , m , dan b , serta terlalu fokus pada jalur kritis dan jalur terlama. Untuk mengatasi fokus berlebihan pada jalur terlama, digunakan tiga perkiraan waktu untuk menentukan durasi tunggal. Korelasi antara

durasi tunggal dan jalur kritis adalah untuk mengetahui jumlah kumulatif dari lintasan kritis, yang merupakan parameter dari metode PERT. Selain tiga estimasi waktu tersebut, metode PERT juga melibatkan teori probabilitas. Teori probabilitas bersama kurva distribusi akan memberikan informasi arti dari tiga estimasi tersebut. Menurut Soeharto (1997) menyatakan pada dasarnya teori probabilitas bermaksud mengkaji dan mengukur ketidakpastian (*uncertainty*) serta mencoba menjelaskan secara kuantitatif.

- c. *Precedence Diagram Method* (PDM) adalah Metode penjadwalan proyek ini menuliskan kegiatan dalam node yang biasanya berbentuk segiempat, dengan anak panah menunjukkan hubungan antar kegiatan. Konstraiin menggambarkan hubungan antar kegiatan dengan satu garis dari node sebelumnya ke node berikutnya, dan setiap konstrain hanya dapat menghubungkan dua node.(Oktafiana & Baroroh, 2022). Pada dasarnya perhitungan pada PDM ini mempunyai kesamaan dengan CPM, hanya yang membedakan adalah pada pemakaian hubungan ketergantungan, dimana PDM mempunyai empat hubungan ketergantungan. Sehingga diagram PDM tersebut nampak relatif lebih sederhana bila dibandingkan dengan CPM dikarenakan hubungan *overlapping* dari kegiatan yang berbeda dapat dibuat tanpa menambah jumlah kegiatan. Oleh karena itu, metode ini lebih cocok bila digunakan untuk penjadwalan kegiatan yang tumpang tindih atau berulang dari pada menggunakan CPM, namun PDM masih tetap belum dapat memperlihatkan perhitungan kecepatan produksi dan hambatan atau gangguan antar kegiatan, sehingga untuk kegiatan yang berulang akan dijumpai adanya penumpukan pekerjaan serta adanya percepatan waktu mulai item pekerjaan mendahului item pekerjaan sebelumnya yang dapat mengakibatkan penambahan SDM.

3. Kurva S berguna untuk mengendalikan kinerja waktu. Ini ditunjukkan dengan membandingkan bobot penyelesaian kumulatif setiap kegiatan

dengan kondisi aktual, sehingga keterlambatan proyek dapat dikontrol dengan menetapkan baseline pada periode tertentu. misalnya seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Kurva S atau Hanmin Curve (Husen, 2011)

4. Kurva *Earned Value* yang dapat menyatakan progres waktu berdasarkan *baseline* yang telah ditentukan untuk periode tertentu sesuai dengan kemajuan aktual proyek. Apabila terdapat indikasi waktu terlambat dari yang direncanakan, maka hal itu dapat dikoreksi dengan menjadwalkan ulang proyek dan meramalkan berapa lama durasi yang diperlukan untuk penyelesaian proyek karena penyimpangan tersebut, serta dengan menambah jumlah tenaga kerja waktu bergantian.

Pengelola proyek selalu ingin mencari metode yang dapat meningkatkan kualitas dan pengendalian untuk menghadapi jumlah kegiatan yang cenderung bertambah. Beberapa metode yang sering digunakan diantaranya metode Lintasan Kritis (CPM). Teknik Evaluasi dan Peninjauan Proyek (PERT), dan metode Presenden Diagram (PDM).

Wibowo (2001) menyebutkan bahwa metoda yang tepat untuk di terapkan dalam sebuah proyek konstruksi dengan segala sifat dan karakteristik yang sangat unik, mempunyai hubungan antar aktivitas yang

kompleks dan tingginya ketergantungan terhadap kondisi internal dan eksternal sehingga durasi aktivitas mempunyai tingkat ketidakpastian yang tinggi adalah metoda penjadwalan seperti PERT. Maka dari itu, metode yang dipergunakan dalam manajemen waktu ini yaitu metode Teknik Evaluasi dan Peninjauan Proyek (PERT). Adapun keuntungan dari penerapan metode PERT (Badri, 1997) dalam Sahril (2022), sebagai berikut :

1. Dapat mengidentifikasi hubungan antar kegiatan pada suatu proyek.
2. Dapat mengetahui waktu pelaksanaan alternatif apabila terjadi kendala berupa keterlambatan kerja.
3. Dapat mengetahui kemungkinan yang dapat dilakukan untuk membantukelancaran aktivitas proyek.
4. Dapat mengetahui durasi waktu penyelesaian proyek.

Sedangkan kelemahan yang dimiliki PERT menurut Wibowo (2001), sebagai berikut :

1. Terjadi deviasi terhadap normalitas apabila jumlah aktivitas dalam jalur kritis kurang daripada 30.
2. Ada beberapa kesalahan yang muncul akibat simplifikasi nilai *mean* dan *varians* distribusi beta terhadap nilai eksak dari fungsi kerapatan beta yang asli. Kesalahan akibat simplifikasi berkisar antara 17% dan 33%.
3. PERT hanya mempertimbangkan *mean* durasi untuk menentukan total durasi dan mengabaikan keberadaan *varians* yang dapat mengabaikan kesalahan penentuan probabilitas waktu penyelesaian.
4. Waktu penyelesaian proyek dinyatakan dalam bilangan samar (*fuzzy number*) dengan rentang mencakup nilai yang paling mungkin (*most possible*) dari waktu penyelesaian proyek.
5. Dalam PERT, probabilitas 100% akan terjadi bila waktu penyelesaian adalah tidak terhingga ($T \rightarrow \infty$).

2.8 Microsoft Project

Microsoft Project adalah produk perangkat lunak manajemen proyek, dikembangkan dan dijual oleh Microsoft. Ini dirancang untuk membantu manajer proyek dalam mengembangkan jadwal, menetapkan sumber daya untuk tugas-tugas, melacak kemajuan, mengelola anggaran, dan menganalisis beban kerja.

Hal-hal yang perlu dilakukan bila memiliki sebuah proyek adalah.

1. Melakukan perencanaan dan penjadwalan, serta pelibatan pihak-pihak yang berkompeten dalam proyek tersebut.
2. Setelah itu masuk ke dalam proses penentuan jenis-jenis pekerjaan (task), sumber daya yang diperlukan (resources) baik sumber daya manusia maupun material, biaya yang diperlukan (cost), juga jadwal kerja (schedule) kapan pekerjaan dimulai dan kapan pekerjaan sudah harus selesai. Jika semua hal tersebut telah ditentukan dan disetujui oleh semua pihak maka kita telah mempunyai rencana dasar (baseline).
3. Selanjutnya rencana tersebut harus dijalankan dan perkembangannya harus terus dipantau dalam sebuah tahapan Tracking. Apabila pekerjaan belum selesai maka harus dilakukan penjadwalan ulang (Rescheduling). Dengan Microsoft Project dapat memperoleh rincian seluruh komponen kerja secara detail.

2.9 Metode Teknik Evaluasi dan Review Proyek (PERT)

PERT atau *Project Evaluation and Review Technique* adalah sebuah model *Management Science* untuk perencanaan dan pengendalian sebuah proyek (Oktafiana & Baroroh, 2022). Teknik PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) adalah suatu metode yang bertujuan untuk (semaksimal mungkin) mengurangi adanya penundaan kegiatan (proyek, produksi, dan teknik) maupun rintangan dan perbedaan-perbedaan, mengkoordinasikan dan menyelaraskan berbagai bagian sebagai suatu keseluruhan pekerjaan, dan mempercepat selesainya proyek- proyek (Ramadhan, n.d.). Bila CPM

memperkirakan waktu komponen kegiatan proyek dengan pendekatan deterministik satu angka yang mencerminkan adanya kepastian, maka PERT direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian (*uncertainty*) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan (Soeharto, 1999).

Menurut (Suherman, 2016) metode PERT merupakan metode yang memasukkan unsur-unsur probabilitas, karena mempunyai kadar ketidakpastian pada kurun waktu aktivitas yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek. Inti dari PERT pada dasarnya adalah menentukan besarnya peluang proyek dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah ditargetkan. PERT memakai pendekatan yang menganggap bahwa kurun waktu kegiatan tergantung pada banyak faktor dan variansi, sehingga lebih baik perkiraan diberi rentang (*range*), yaitu memakai 3 angka estimasi bagi setiap aktivitas yaitu optimistik (*a*), pesimistik (*b*) dan yang paling mungkin (*m*). Dengan memberikan tiga angka estimasi tersebut maka akan memberikan rentang yang lebih besar dalam melakukan estimasi kurun waktu kegiatan dibanding satu angka deterministik

Adapun menurut (Rahayu & Nugraha, n.d.) PERT adalah suatu alat manajemen resiko yang digunakan untuk meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian bagian-bagian pekerjaan yang ada di dalam proyek. PERT mula mula dikenal dalam rangka pembuatan peluru kendali Polaris yang dapat diluncurkan dari kapal selam di bawah permukaan air yang dikembangkan oleh Angkatan Laut Amerika Serikat pada tahun 1950. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui apakah peristiwa-peristiwa memiliki arti penting dalam penyelenggaraan proyek, atau bila tidak seberapa besar penyimpangannya. PERT direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian (*uncertainty*) yang tinggi pada aspek kurun waktu aktifitas, sehingga dapat digunakan untuk memperkirakan pengaruh ketidakpastian pada jadwal proyek (Soeharto, 1995).

Adapun menurut (Uktolseja et al., n.d.) metode PERT adalah suatu metode yang bertujuan untuk sebanyak mungkin mengurangi adanya

penundaan, maupun gangguan dan konflik produksi, mengkoordinasikan dan mensinkronisasikan sebagai bagian sebagai suatu keseluruhan pekerjaan dan mempercepat selesainya proyek. Menurut Render dan Jay (2015:80) dalam PERT digunakan distribusi peluang berdasarkan tiga perkiraan waktu untuk setiap kegiatan, antara lain: waktu optimis (t_o), waktu pesimis (t_p), waktu realistis (t_m).

Levin dan Kirkpatrick (1972) menjelaskan bahwa waktu optimis adalah perkiraan waktu yang mempunyai kemungkinan yang sangat kecil untuk dapat dicapai, kemungkinan terjadinya hanya satu kali dari 100, waktu pesimis adalah suatu perkiraan waktu yang lain yang mempunyai kemungkinan sangat kecil untuk dapat direalisasikan, kemungkinan terjadinya juga hanya satu kali dalam 100, sedangkan waktu realistis atau waktu yang paling mungkin adalah waktu yang berdasarkan pikiran *estimator*. Perkiraan waktu optimis biasanya dinyatakan oleh huruf a, waktu realistis oleh huruf m, dan waktu pesimis dinyatakan oleh huruf b.

Mengingat besarnya pengaruh angka-angka a, m dan b dalam metode PERT, Soeharto (1999) menjelaskan bahwa ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan angka estimasi, diantaranya :

1. *Estimator* perlu mengetahui fungsi dari a, m dan b dalam hubungannya dengan perhitungan-perhitungan dan pengaruhnya terhadap metode PERT.
2. Di dalam proses estimasi angka-angka a, m dan b bagi masing-masing kegiatan, jangan sampai dipengaruhi atau dihubungkan dengan target kurun waktu penyelesaian proyek.
3. Bila tersedia data-data pengalaman masa lalu (*historical record*), maka data dengan demikian akan berguna untuk bahan pembandingan dan banyak membantumendapatkan hasil yang lebih menyakinkan.
4. Dari kurva distribusi dapat dijelaskan arti a, b dan m.
5. Kurva waktu yang menghasilkan puncak kurva adalah m. Kurva a dan b terletak di pinggir kanan kiri dari kurva distribusi, yang menandai batas

rentang waktu kegiatan.

Metode PERT direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian yang menganggap bahwa kurun waktu kegiatan tergantung pada banyak faktor dan variasi, sehingga lebih baik perkiraan diberi rentang, yaitu dengan memakai tiga angka estimasi. Estimasi ini diperoleh dari orang-orang yang mempunyai kemampuan rentang pekerjaan yang akan dilaksanakan dan berapa lama waktu pekerjaan. Ketiga waktu estimasi waktu tersebut adalah (Iman Soeharto, 1995:228):

2.9.1 Estimasi Metode PERT

(Bere et al., 2024). menjelaskan bahwa ketiga waktu estimasi tersebut adalah :

1. t_a = kurun waktu optimistik (*optimistic duration time*)

Waktu tersingkat untuk menyelesaikan kegiatan bila segala sesuatunya berjalan mulus. Waktu ini merupakan tercepat bagi proyek untuk menyelesaikan pekerjaan. Dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$t_o = t_m - 5\%$$

Keterangan :

t_o = waktu optimis

t_p = waktu pesimis

t_m = waktu paling mungkin

2. t_m = kurun waktu paling mungkin (*most likely time*)

Estimasi ini mengasumsikan bahwa waktu aktivitas proyek diulang dalam kondisi yang sama untuk menghasilkan durasi normal atau paling mungkin (realistis).

3. t_b = kurun waktu pesimistik (*pessimistic duration time*)

Estimasi ini mengasumsikan bahwa suatu aktivitas proyek tidak berjalansesuai dengan yang direncanakan. Waktu ini merupakan waktu terlama dalam penyelesaian proyek. Dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$tp = tm + 10\%$$

Keterangan :

t_o = waktu optimis

t_p = waktu pesimis

t_m = waktu paling mungkin

Tujuan dari penggunaan tiga estimasi yaitu untuk memberikan rentang yang lebih lebar dalam melakukan estimasi kurun waktu kegiatan dibanding satu angka deterministik. Arti tiga angka estimasi tersebut akan dijelaskan oleh teori probabilitas dengan kurva distribusinya (Soeharto, 1999).

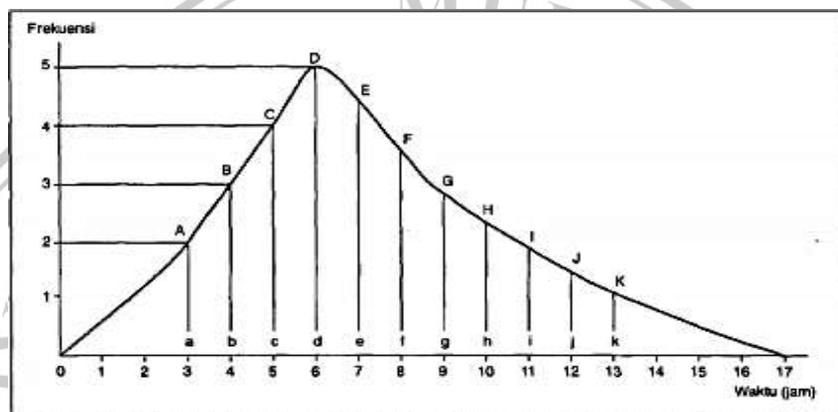
(Maarif, 2022) menerangkan bahwa setelah tiga angka estimasi tersebut diketahui maka langkah selanjutnya adalah merumuskan hubungan ketiga angka tersebut menjadi satu angka yang disebut dengan waktu yang diharapkan (*expectedduration time*). Angka t_e dirumuskan sebagai sebagai berikut:

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

Angka t_e adalah angka rata-rata apabila kegiatan tersebut dikerjakan berulang-ulang dalam jumlah yang besar. Dalam menentukan t_e dipakai asumsi bahwa kemungkinan terjadi peristiwa optimistik (a) dan pesimistik (b) adalah sama. Perlu ditekankan disini perbedaan antara kurun waktu yang diharapkan (t_e) dengankurun waktu paling mungkin (m). Soeharto (1999) mengatakan bahwa angka m menunjukkan angka terkait atau perkiraan oleh seorang *estimator*, sedangkan t_e adalah hasil dari perhitungan rumus matematis.

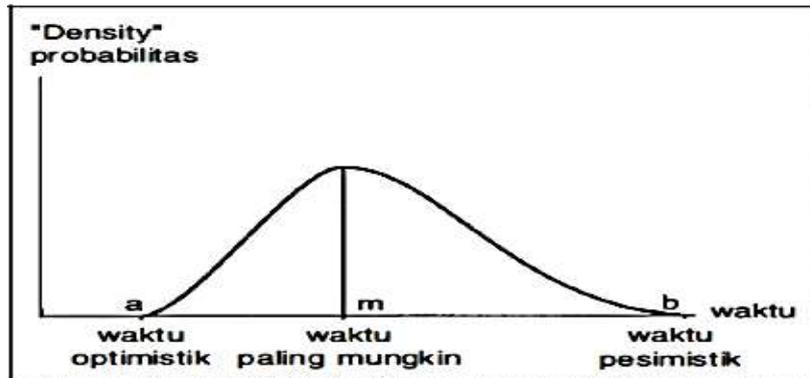
Pada dasarnya teori probabilitas bermaksud mengkaji dan mengukur ketidakpastian (*uncertainty*) serta mencoba menjelaskan secara kuantitatif. Diumpamakan satu kegiatan dikerjakan secara berulang-ulang dengan kondisi yang dianggap sama, bila hal tersebut dilanjutkan dan dibuat garis yang menghubungkan

titik-titik puncak A-B-C-D-E-F-G dan seterusnya akan diperoleh garis lengkung yang disebut Kurva Distribusi Frekuensi Kurun Waktu Kegiatan seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2 4 Kurva Distribusi Frekuensi (Soeharto,1999)

Dari kurva distribusi dapat dijelaskan arti a, b dan m. Kurun waktu yang menghasilkan puncak kurva adalah m, yaitu kurun waktu yang paling banyak terjadi. Adapun angka a dan b terletak hampir diujung kiri dan kanan dan kurva distribusi, yang menandai batas lebar rentang waktu kegiatan. Kurva distribusi pada umumnya berbentuk asimetris dan disebut kurva beta seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kurva Distribusi Asimetris (beta) (Soeharto, 1999)

2.9.2 Deviasi Standart dan Varians

Estimasi kurun waktu kegiatan metode PERT memakai rentang waktu dan bukan satu kurun waktu yang relatif mudah dibayangkan. Rentang waktu ini menandai derajat ketidakpastian yang berkaitan dengan proses estimasi kurun waktu kegiatan. Besarnya ketidakpastian ini tergantung pada besarnya angka yang diperkirakan untuk a dan b . Parameter yang digunakan untuk menjelaskan masalah ini dikenal sebagai *Deviasi Standart* dan *Varians* (Iman Soeharto, Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional, 1995:232).

Setelah waktu yang diharapkan sudah dihitung, dilanjutkan dengan memperoleh nilai *varians* untuk menentukan perkiraan waktu yang dimana rentang waktu diwakili oleh standar deviasi (Bere et al., 2024). Besarnya *deviation standart* (S) adalah $1/6$ distribusi $(b-a)$, sedangkan besarnya *varians* sama dengan (S^2) atau biladitrumuskan sebagai berikut:

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

2.9.3 Mengidentifikasi Lintasan Kritis

Menurut (Bere et al., 2024), aktivitas pekerjaan yang berada pada lintasan kritis, ditentukan berdasarkan hubungan keterkaitan antar aktivitas pekerjaan sebelumnya dan aktivitas pekerjaan berikutnya. Suatu aktivitas kemungkinan memiliki kegiatan pendahulu (Predecessor) lebih dari satu dan kegiatan yang mengikuti (Successor) lebih dari satu. Tahapan penentuan hubungan jalur kritis dilakukan dengan bantuan Microsoft Project 2016 dengan cara memasukan aktivitas pendahulu pada kolom Predecessor.

2.9.4 Target Waktu Penyelesaian

Pada penyelenggaraan proyek, sering dijumpai sejumlah tonggak kemajuan (*milestone*) dengan masing-masing target jadwal atau tanggal penyelesaian yang telah ditentukan (Soeharto, 1999). Muhammad Hi. Amiruddin (2015) menyebutkan bahwa untuk mengetahui kemungkinan tercapainya target jadwal dapat dilakukan dengan menghubungkan antara waktu yang diharapkan (TE) dengan target T(d) yang dinyatakan dengan z dan dirumuskan sebagai berikut:

Keterangan:

T(d) = Target Waktu

TE = Jumlah te Kegiatan Kritis

V(TE) = Jumlah V(te) kegiatan Kritis

Soeharto (1999) menyatakan bahwa angka z merupakan angka probabilitas yang presentasenya dapat dicari dengan menggunakan tabel distribusinormal kumulatif z (Apendiks II).

2.10 Estimasi Percepatan

Menurut (Tamzidhillah & Waskito, 2022b) Tujuan utama dari program mempersingkat waktu adalah mempeendek jadwal penyelesaian kegiatan atau proyek dengan kenaikan biaya yang paling optimal / minimal. Untuk menganalisa lebih lanjut hubungan antara waktu dan biaya kegiatan dipakai definisi berikut :

- Kurun Waktu Normal adalah kurun waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan sampai selesai, dengan cara yang efisien tetapi di luar pertimbangan adanya kerja lembur dan usaha – usaha khusus lainnya, seperti menyewa peralatan yang lebih canggih.
- Biaya Normal adalah biaya langsung yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan dengan kurun waktu normal.
- Kurun Waktu dipersingkat (Crash Duration) adalah waktu tersingkat untuk menyelesaikan suatu kegiatan yang secara teknis masih mungkin. Disini dianggap sumber daya bahan merupakan hambatan.
- Biaya untuk waktu dipersingkat (Crash Cost) adalah jumlah biaya langsung untuk menyelesaikan pekerjaan dengan kurun waktu tersingkat.

Dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

Biaya Dipercepat

$$B' = \frac{D}{D'} \times B$$

Slope Biaya

$$\frac{B' - B}{D - D'}$$

Keterangan :

B = Biaya Normal

B' = Biaya durasi yang dipercepat

D = Durasi Normal

D' = Durasi yang dipercepat