

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Proyek Konstruksi

Selama beberapa tahun terakhir perkembangan proyek konstruksi di Indonesia mengalami pertumbuhan yang pesat. Proyek konstruksi adalah suatu usaha yang memiliki tujuan spesifik, yang melibatkan serangkaian kegiatan yang saling terkait dan dilakukan dalam 3 batasan yaitu biaya, mutu dan waktu tertentu (Gido, Clements, 2018). Proyek konstruksi merupakan serangkaian aktivitas yang dilaksanakan hanya sekali dan memiliki jangka waktu, lama dan cepatnya aktivitas pekerjaan ditentukan oleh tingkat kesulitan pelaksanaan serta berbagai faktor lainnya. Perkembangan proyek konstruksi di Indonesia sangat dipengaruhi oleh dukungan pemerintah, adopsi teknologi, dan kebutuhan akan tenaga ahli. Dengan pertumbuhan ekonomi yang positif dan investasi yang meningkat, sektor konstruksi yang diharapkan terus berkembang serta memberikan kontribusi yang signifikan bagi perekonomian nasional (Ervianto, 2023).

2.1.2 Manajemen Proyek

Manajemen merupakan ilmu dan seni dalam mengatur proses pemanfaatan sumber daya manusia serta sumber lainnya dengan efektif dan efisien agar mencapai tujuan tertentu. Pada manajemen proyek memiliki 6 unsur yang terdiri dari *Men, Method, Money, Machines, Material* dan *Market* (Hasibuan, 2013). Manajemen proyek adalah proses sistematis yang bertujuan untuk merencanakan, melaksanakan, dan mengendalikan proyek guna mencapai hasil yang diinginkan (Mohan, 2015). Tujuan dan manfaat dari adanya manajemen proyek mencakup efisiensi biaya, waktu, sumber daya, pengendalian terhadap proyek, peningkatan kualitas, peningkatan produktivitas, pengurangan risiko yang mungkin timbul meskipun kecil, komunikasi internal yang lebih baik, serta dapat meningkatkan semangat, tanggung jawab terhadap proyek (Imam Heryanto, 2013).

2.1.3 Perencanaan Proyek

Perencanaan (planning) merupakan tahapan yang berada dalam manajemen proyek dengan mencoba meletakkan sasaran dan dasar tujuan, sekaligus dapat mempersiapkan semua kegiatan secara teknis dan administratif untuk dilaksanakan (Dimyati, 2014). Perencanaan memiliki peran yang sangat penting dalam pelaksanaan proyek, karena berfungsi sebagai landasan untuk mencapai tujuan akhir proyek. Selain itu, perencanaan juga merupakan tahap awal yang mencakup persiapan aspek teknis dan administratif agar proyek dapat dijalankan dengan baik (Husen, 2010). Perencanaan adalah suatu kegiatan yang bertujuan untuk mencapai agar tujuan

proyek sesuai dengan batasan-batasan yang telah ditetapkan, yaitu mutu, waktu, dan biaya. Dalam perencanaan terdapat filosofi sebagai berikut :

1. Aman : Pekerjaan yang dilakukan sesuai dengan standar K3 (Keselamatan dan Kesehatan kerja) yang diterapkan.
2. Efektif : Penyelesaian tiap tahapan proyek mengarah pada capaian target waktu, mutu dan biaya.
3. Efisien : Menggunakan sumber daya proyek (waktu, tenaga kerja, material biaya dan alat) secara optimal tanpa pemborosan.
4. Mutu terjamin : Hasil akhir pekerjaan memenuhi standar teknis dan spesifikasi yang diterapkan dalam dokumen kontrak

2.1.4 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek merupakan proses yang menentukan durasi dari kegiatan proyek yang harus diselesaikan, termasuk tenaga kerja, waktu, serta bahan baku yang diperlukan untuk setiap kegiatan (Supriyadi, 2016). Penjadwalan proyek merupakan serangkaian dari hasil perencanaan yang berisi informasi tentang perencanaan jadwal dan kemajuan proyek tersebut. Penjadwalan adalah penentuan waktu yang dialokasikan untuk setiap aktivitas pekerjaan dalam rangka menyelesaikan pekerjaan sehingga mendapatkan hasil dari tujuan yang optimal pastinya juga mempertimbangkan batasan-batasan yang ada dalam pengendalian (Husen, 2010). Penjadwalan proyek memiliki berbagai metode yang dapat diterapkan sesuai dengan karakteristik proyek, baik yang berskala besar maupun kecil. Pada proyek umumnya menggunakan metode penjadwalan seperti kurva s atau diagram batang yang dapat memantau kemajuan setiap aktivitas pekerjaan. Berikut adalah metode yang dapat digunakan untuk penjadwalan proyek, antara lain:

1. CPM (*Critical Path Method*)
2. PERT (*Program Evaluation and Review Technique*)
3. *Gantt Chart*
4. LoB (*Line of Balance*)
5. *Resource Leveling*
6. *Agile Methodology*
7. Kanban

Metode PERT dan CPM adalah metode yang sering digunakan untuk merencanakan, mengendalikan dan mengurutkan kegiatan dalam suatu proyek, seperti pada proyek pembangunan jalan, gedung parkir, masjid dan kapal bahkan proyek *high rise building* karena metode tersebut dapat menganalisis kegiatan-kegiatan kritis yang pekerjaannya tidak dapat ditunda.

2.1.4.1 Program Evaluation and Review Technique (PERT).

Teknik Evaluasi Program dan Tinjauan termasuk dalam ilmu manajemen yang berfungsi untuk merencanakan dan mengendalikan proyek (Siswanto, 2007). PERT adalah metode analisis yang biasa digunakan untuk menyusun jadwal dan juga untuk mengelola proyek yang kompleks serta memiliki target (Soeharto, 1999). PERT merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis serta memfasilitasi perencanaan dan penjadwalan proyek. Metode ini lebih menekankan pada ketidakpastian dalam durasi aktivitas dan menggunakan estimasi waktu optimis, pesimis, dan paling mungkin untuk menghitung waktu rata-rata (Meredith, J. R. dan Mantel, S. J., 2011). PERT adalah teknik yang digunakan untuk merencanakan dan mengendalikan proyek dengan memodelkan hubungan antar aktivitas dan menghitung waktu penyelesaian proyek berdasarkan estimasi waktu yang berbeda. PERT sangat bermanfaat dalam proyek yang kompleks dan tidak pasti (Kerzner, 2013).

PERT memiliki 3 estimasi waktu atau kemungkinan durasi untuk menyelesaikan setiap pekerjaan, ketiga estimasi waktu tersebut antara lain, waktu optimis (t_o) yang merupakan waktu tercepat yang dapat dicapai untuk melaksanakan proyek, di mana proyek berjalan tanpa kendala sehingga lebih cepat dari jadwal yang ditentukan, Waktu Paling Mungkin (t_m) yang merupakan waktu yang paling mungkin terjadi dengan probabilitas tertinggi, di mana proyek berjalan normal meskipun ada beberapa kendala, dan terakhir Waktu Pesimis (t_p) yang merupakan waktu terlama yang mungkin diperlukan karena proyek mengalami banyak hambatan sehingga berjalan sangat lambat. Pada penggunaan metode PERT dan CPM secara umum mempunyai kesamaan dalam pengelolaan jaringannya, tetapi ada perbedaan dalam cara penentuan durasi kegiatan dan jalur kritis (Kusnanto, 2010). Berikut adalah hal-hal penting dalam metode PERT :

1. Menentukan urutan tugas dan durasi dengan menggunakan 3 estimasi waktu yaitu optimis (t_o), paling mungkin (t_m), dan pesimis (t_p).
2. Menentukan hubungan antar ketergantungan dengan distribusi kontinu serta menentukan rata-rata (t_e), varians (v_e) dan standar deviasi (s_e).
3. Menghitung rata-rata waktu (expected time) sebagai durasi yang diharapkan dari kegiatan yang nantinya bisa digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas-aktivitas yang berada pada jalur kritis.

Langkah pertama dalam penyusunan jaringan PERT adalah menetapkan sasaran utama proyek yang ingin dicapai. Setelah itu, sasaran-sasaran tersebut dihubungkan satu per satu agar perencana memperoleh gambaran yang jelas mengenai alur proyek secara menyeluruh. Tahapan berikutnya adalah menentukan estimasi waktu atau durasi untuk setiap kegiatan yang akan dilaksanakan dengan menggunakan 3 (tiga) variabel yaitu t_o , t_m , dan t_p . Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$se = \frac{tp-to}{6} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$ve = \left\{ \frac{tp-to}{6} \right\}^2 \dots\dots\dots(2.3)$$

$$se\ LK = \sqrt{ve}\ LK \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan Keterangan : *te* = rata-rata durasi (*expected time*)

to = waktu optimis

tp = waktu pesimis

tm = waktu paling mungkin

se = standar deviasi

ve = varians

se LK = standar deviasi

ve LK = jumlah varians

Setelah pekerjaan telah ditentukan, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi hubungan antara setiap pekerjaan yang ada. Dengan mempertimbangkan durasi pekerjaan serta hubungan antar pekerjaan, kita dapat menentukan waktu tercepat yang diharapkan dan waktu terlambat yang diperbolehkan (Levin, 1972). Asumsi durasi kegiatan dalam Metode PERT menerapkan pendekatan analisis statistik dengan asumsi dasar bahwa durasi waktu mengikuti fungsi distribusi probabilitas. Dalam hal ini, digunakan fungsi distribusi beta sebagai pendekatan terhadap distribusi normal, sehingga analisis kemungkinan waktunya termasuk dalam kategori distribusi probabilitas kontinu (Kusnanto, 2010). Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung probabilitasnya adalah sebagai berikut:

$$Z = \frac{Td-TE}{Se\ LK} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan : *Z* = Nilai distribusi normal

Se LK = *Sstandard deviasi* lintasan kritis

TD = Target durasi

TE = *Project Expected Time Completion*

2.1.5 Work Breakdown Structure (WBS)

Struktur pembagian kerja (*Work Breakdown Structure*) adalah elemen penting dalam lingkup proyek yang perlu diperhatikan oleh anggota tim proyek untuk mencapai tujuan dan memenuhi persyaratan hasil akhir (Guide, 2018). Tingkat terkecil dari WBS dikenal sebagai paket pekerjaan. Pekerjaan ini dapat diterapkan pada sekelompok kegiatan di mana pekerjaan dijadwalkan, diestimasi, dimonitor, dan dikendalikan. *Work Breakdown Structure* (WBS) merupakan suatu bentuk analisis *hierarkis* dari pelaksanaan proyek, di mana proyek diuraikan secara sistematis ke dalam komponen-komponen yang lebih rinci (Akrami, 2015). WBS berperan penting dalam mempermudah proses perencanaan dan penjadwalan proyek dengan membagi lingkup kerja menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan mudah dikelola. Dengan demikian, pemahaman terhadap setiap aktivitas proyek menjadi lebih jelas, serta memudahkan pelaksana dalam memantau kemajuan dan memperkirakan waktu penyelesaian proyek. (Gunawan, 2019).

2.1.6 Microsoft Project (Ms. Project)

Saat ini, setiap *engineer* teknik sipil harus menguasai penjadwalan agar dapat bekerja dengan lebih efisien (Oakland, Marosszeky, 2017). Pemanfaatan perangkat lunak dalam penjadwalan proyek sangat berkontribusi terhadap efektivitas pengendalian waktu pelaksanaan, salah satunya melalui aplikasi Microsoft Project. Aplikasi ini digunakan untuk menyusun jadwal proyek secara menyeluruh serta mengelola penggunaan sumber daya secara maksimal dalam proyek konstruksi (Subramani, T., & Karthick, T.M., 2018). Microsoft Project sendiri merupakan perangkat lunak manajemen proyek yang dikembangkan oleh Microsoft (Sholeh, 2020). Popularitasnya cukup tinggi di kalangan profesional karena fitur-fiturnya yang lengkap dan kemampuannya dalam mengelola data proyek dengan baik (Gunawan, 2019). Dengan Microsoft Project, penjadwalan kegiatan proyek dapat dilakukan secara lebih terstruktur dan efisien.

2.1.7 Building Information Modeling (BIM)

Teknologi konstruksi 4.0 adalah sebuah konsep yang menggabungkan teknologi digital dan otomatisasi dengan metode dan prinsip-prinsip konstruksi modern (Sawhney et. al., 2020). Sebagai contoh teknologi digitalisasi adalah Building Information Modeling (BIM), *Internet of Things* (IoT), *Virtual Reality* (VR), *Augmented Reality* (AR) dan *Artificial Intelligence* (AI), sebuah sistem manajemen informasi yang dapat mengintegrasikan semua aspek proyek konstruksi kedalam suatu model 3D (Karmakar, Delhi, 2021). Building Information Modeling (BIM) merupakan salah satu perangkat lunak sistem informasi manajemen proyek yang paling canggih saat ini (Govender et al., 2019).

BIM mempunyai potensi yang sangat besar dalam berbagi dan memvisualisasikan informasi, kemajuan konstruksi, serta memberikan informasi dengan cepat (Patrick Dallasega,

Andrea Revolti, Philipp Christopher Sauer, Felix Schulze, 2020). Dalam penerapannya, BIM dapat memperpendek waktu yang diperlukan untuk merencanakan suatu proyek hingga lebih dari 50%, mengurangi kebutuhan sumber daya manusia sebesar 26,66%, dan menekan biaya personil hingga 52,25% jika dibandingkan dengan aplikasi konvensional. Aplikasi berbasis BIM yang ada antara lain Autodesk Revit (3D) dan Naviswork (4D). Autodesk Revit dapat digunakan dalam berbagai disiplin ilmu desain bangunan (Autodesk, 2015). BIM 4D adalah integrasi antara model 2D dan model 3D dalam penjadwalan. Naviswork merupakan salah satu perangkat lunak berbasis BIM yang mampu membuat dan mengelola data dengan akurat dan rinci. Naviswork memiliki kemampuan dalam pemodelan 4D, deteksi tabrakan, dan simulasi pelaksanaan proyek, yang biasanya juga digunakan dalam perencanaan jadwal waktu.



2.2 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Studi Literatur

No	Judul	Nama Penulis/Author	Metode	Hasil
1.	Keterkaitan antara BIM 4D dan Pengendalian Waktu Pelaksanaan pada Pembangunan Perumahan	Reza Prasetyo, Andri, Muhammad Salam, Priskhal, Ridwansyah Nuhun, Try Sugiyarto Soeparyanto dan Lawelendo	BIM	Penggunaan BIM memungkinkan para developer melakukan perencanaan yang lebih akurat dan efisien terkait alokasi sumber daya dan jadwal pekerjaan. Visualisasi dari BIM 4D dengan Navisworks memberikan keterbukaan informasi proyek yang lebih besar kepada semua pihak terkait.
2.	Analisis Penjadwalan Proyek Pembangunan Gedung Puskesmas Abiansemal I dengan Metode PERT dan CPM	Ni Kadek Erra Sastriani, I Made Budiadi, I Gst Pt. Adi Suartika Putra	PERT dan CPM	Diperoleh dengan metode CPM yaitu 153 hari dan PERT yaitu 105 sampai dengan 150 hari.
3.	Desain <i>Engineering</i> Using 4D BIM Model in Documentation of Construction Project As Case Study in Iraq	Hamsa Rasheed Majeed, Wadhah Amer Hatem, Nidal Adnan Jasim	Konvensional dan BIM	Perbandingan jumlah antara Konvensional dan BIM menunjukkan perbedaan persentase yang kecil dan dapat diterima untuk berbagai elemen konstruksi, seperti pondasi (1,6%), kolom (1,7%), balok (2,4%), dan pelat (0,29%).
4.	Integrasi Model Struktur Autodesk Revit Gedung Rumah Sakit Mitra Keluarga dengan Penjadwalan Microsoft Project Menggunakan Autodesk Naviswork	Habib Ilmi Izzul Haq Zen, Feriza Nadjar	BIM	Meningkatkan manajemen proyek di bidang konstruksi. Naviswork memberikan informasi dan visualisasi yang kaya akan kemajuan proyek dari waktu ke waktu.

5.	Analisis Waktu Pada Proyek Pembangunan Gedung Kearsipan Universitas Sam Ratulangi dengan Menggunakan Metode PERT	Claudia Erkles, Pingkan A. K. Pratas, Ariestides K. T. Dundu	PERT	Proyek ini memiliki total waktu pelaksanaan 26 minggu dengan probabilitas penyelesaian sesuai waktu yang ditentukan sebesar 82,12%. Metode ini terbukti efektif dalam mengidentifikasi jalur kritis dan mengelola risiko keterlambatan.
6.	Analisis Perbandingan Penjadwalan Proyek Dengan Metode CPM, PERT, KURVA-S (Studi Kasus Peningkatan Jalan Menganti Kesugihan)	Dita Puji Puspitasari, Novi Andhi Setyo Purwono dan F. Eddy Poerwodihardjo	PERT, CPM dan Kurva S	Metode CPM menghasilkan durasi lebih cepat 2 hari dibandingkan dengan kurva S yaitu 208 hari sedangkan kurva S 210 hari. PERT memberikan estimasi yang realistis dengan mempertimbangkan ketidakpastian yaitu sebesar 209 hari.
7.	Analisis Penjadwalan Ulang Proyek Power House Pada Rumah Sakit dengan Metoda PERT, CPM dan Fishbone Diagram (Studi Kasus Pada Kontraktor di Kota Palembang)	Tolu Tamalika, Deri Maryadi, Hermanto MZ, Indra Syahrul Fuad dan M. Nefo Alamsyah	PERT, CPM dan <i>Fishbone</i> Diagram	CPM mendapatkan durasi 19 minggu dengan lima jalur kritis. PERT memberikan estimasi waktu penyelesaian 18,83 minggu (optimis) dan 20,87 minggu (pesimis) dengan probabilitas 97,5% pada 20,87 minggu. <i>Fishbone</i> diagram mengidentifikasi beberapa <i>factor</i> keterlambatan seperti, <i>man power</i> , pengadaan material, kerusakan mesin, kondisi cuaca dan metode kerja yang tidak efisien.
8.	Aplikasi <i>Building information modelling (BIM)</i> dalam Perancangan Bangunan Gedung	Anjas Fadhilah, Edy Purwanto dan Achmad Basuki	BIM	Estimasi waktu dengan BIM menghasilkan durasi yang lebih efisien dengan total penyelesaian 150 hari dan penghematan biaya sebesar 15%, dibandingkan dengan metode konvensional 180 hari.

<p>9. Optimalisasi Masalah Penjadwalan Proyek Pembangunan Menggunakan Metode PERT CPM</p>	<p>Kholifa Arrumih dan Yuliani Puji Astuti</p>	<p>PERT dan CPM</p>	<p>Proyek dapat diselesaikan dalam waktu 160 hari, dengan peluang penyelesaian tepat waktu sebesar 43,86% dengan metode PERT. Metode CPM mengidentifikasi jalur kritis pada kegiatan B-F-I-J-K-O-Q-T-W-X-AK-AM, yang harus diselesaikan tanpa penundaan agar proyek tetap pada jadwal.</p>
<p>10. Optimalisasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Pabrik Kelapa Swit dengan Menggunakan Metode PERT dan CPM pada PT. Bintang Riski Abadi</p>	<p>Rio Marpaung, Iwan Nauli Daulay DAN Verawaty Tambunan</p>	<p>PERT dan CPM</p>	<p>Metode PERT estimasi waktu penyelesaian proyek 62 minggu, probabilitas mencapai target waktu sebesar 95,64%. Metode CPM menunjukkan bahwa proyek dapat diselesaikan dalam waktu yang sama dengan identifikasi jalur kritis yang jelas.</p>

Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2025