

BAB 2 BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah ulasan dari lima artikel atau penelitian yang sekiranya relevan dengan topik penelitian ini.

Jurnal pertama oleh Iqbal, Setiadi, dan Samidi (2024) membahas penggunaan standar PMBOK dalam proyek pengembangan jaringan dan keamanan rumah sakit, dengan fokus pada efektivitas perencanaan proyek untuk memenuhi harapan stakeholder. Jurnal ini relevan karena menunjukkan bagaimana PMBOK dapat digunakan untuk mengatasi tantangan teknis dan administratif dalam proyek berbasis teknologi informasi. Keterkaitannya dengan penelitian ini terletak pada penggunaan PMBOK sebagai pendekatan estimasi yang terstruktur dan realistik. Namun, perbedaan utamanya adalah konteks penelitian ini berada di bidang pendidikan, bukan kesehatan, dan fokus pada pengembangan LMS, bukan infrastruktur jaringan.

Jurnal kedua oleh Putra dan Umar (2021) fokus pada estimasi waktu pengadaan material konstruksi dalam proyek pembangunan ruko dengan metode time schedule. Jurnal ini dipilih karena menggambarkan praktik estimasi waktu yang bisa dibandingkan antara rencana dan realisasi di lapangan. Penelitian ini memberikan wawasan tentang pentingnya ketepatan estimasi waktu sebagai penentu keberhasilan proyek. Meskipun begitu, perbedaannya sangat jelas: jurnal ini berfokus pada proyek fisik konstruksi, sedangkan penelitian yang dilakukan berfokus pada pengembangan sistem informasi (LMS) yang memerlukan estimasi berbasis aktivitas sistematis dan non-fisik.

Jurnal ketiga oleh Ardi, Elmuna, Zamroni, dan Yaqin (2020) membahas penerapan PMBOK dalam pengelolaan Standar Sekolah Asrama (SSA) di pondok pesantren. Jurnal ini relevan karena menunjukkan fleksibilitas PMBOK dalam lingkungan pendidikan non-formal, serta proses adaptasi PMBOK ke dalam sistem manajemen berbasis kebutuhan institusi tertentu. Ini menunjukkan bahwa PMBOK bisa disesuaikan dengan konteks spesifik. Namun, penelitian ini

berbeda karena tidak mengkaji estimasi waktu dan biaya proyek berbasis sistem informasi, dan lebih menekankan pada aspek organisasi dan kualitas tata kelola lembaga keagamaan, bukan pengembangan LMS.

Jurnal keempat oleh Sudiantini et al. (2024) menganalisis penjadwalan proyek perumahan menggunakan metode PERT untuk mengidentifikasi jalur kritis, analisis sensitivitas, dan mitigasi risiko. Jurnal ini digunakan sebagai referensi karena membahas metode kuantitatif dalam estimasi waktu yang juga relevan dalam proyek sistem informasi. Ini menunjukkan bahwa kombinasi analisis jalur kritis dan teknik estimasi probabilistik seperti three-point dapat meningkatkan akurasi jadwal. Perbedaannya, penelitian ini menggunakan PERT untuk proyek konstruksi, sedangkan dalam penelitian pengembangan LMS di STIKES akan diterapkan estimasi waktu dan biaya berbasis PMBOK dan tidak menggunakan PERT.

Jurnal kelima oleh Utama dan Syairudin (2022) membahas proyek pembangunan gardu induk dengan pendekatan gabungan RCA (*Root Cause Analysis*) dan CCPM (*Critical Chain Project Management*). Jurnal ini dipilih karena memberi contoh bagaimana pendekatan manajemen proyek dapat digunakan untuk mengatasi keterlambatan dan efisiensi biaya. Keterkaitannya dengan penelitian ini adalah pada strategi optimasi waktu dan anggaran dalam proyek TI. Namun, metode yang digunakan berbeda: jurnal ini menggabungkan RCA dan CCPM, sedangkan penelitian yang akan dilakukan akan menggunakan CPM (*Critical Path Method*) untuk mengukur jalur kritis, khususnya dalam perencanaan waktu dengan estimasi three-point untuk proyek LMS berbasis open source.

Penelitian ini memusatkan perhatian pada tahap perencanaan proyek pengembangan sistem informasi berupa *Learning Management System* (LMS) yang dibangun menggunakan platform *open-source* Moodle. Dalam pelaksanaannya, penelitian ini mengacu pada kerangka kerja *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK) edisi ke-6, khususnya pada area pengetahuan *Project Scope Management*, *Time Management*, dan *Cost Management*. Luaran dari penelitian ini mencakup dokumen-dokumen penting perencanaan proyek seperti Scope Statement, Work Breakdown Structure

(WBS), jadwal proyek dalam bentuk Gantt Chart, serta estimasi biaya proyek. Berbeda dari penelitian sebelumnya yang umumnya menitikberatkan pada proyek fisik seperti konstruksi atau tahapan pengendalian proyek, penelitian ini secara khusus berkontribusi dalam pengaplikasian PMBOK pada ranah perencanaan proyek digital di lingkungan pendidikan, terutama dalam konteks *e-learning*.

Selain itu, dalam penelitian ini memilih menggunakan PMBOK 6th edition karena berdasarkan (Bell, n.d.), PMBOK edisi ke-6 merupakan *process based standard* yang berfokus pada urutan proses, *inputs, tools & techniques, outputs* (ITTO), memiliki 5 *process group* (*initiating, planning, executing, monitoring* dan *controlling, closing*) yang di dalamnya terdapat panduan rinci mengenai bagaimana merencanakan sebuah proyek, membuat jadwal dana biaya, hingga mengontrol risiko. Sejalan dengan pertimbangan tersebut menjadi alasan menggunakan teknik yang terdapat dalam PMBOK edisi ke-6, dibandingkan dengan metode yang digunakan dalam studi terdahulu dapat dirumuskan sebagai berikut:

- a. Metode PERT lebih berfokus untuk estimasi waktu dan identifikasi jalur kritis, tetapi tidak menyediakan paket perencanaan yang menyatukan *scope, schedule, dan cost*. Didukung oleh teori berdasarkan (PMP Exam Prep- Three Point Estimation (Beta, Triangular Or Pert)) bahwa PERT lebih cocok digunakan ketika terdapat data historis dari proyek sebelumnya atau serupa. Oleh karena itu, ketidakpastian durasi dalam penelitian ini tetap diakomodasi dengan *Triangular Distribution* di dalam kerangka PMBOK, tanpa harus mengadopsi PERT sebagai metode utama.
- b. Metode RCA untuk menelusuri akar masalah dan CCOM menitikberatkan pada eksekusi dimana mengelola keterbatasan sumber daya dan buffer. Kombinasi ini berorientasi pada analisis penyebab keterlambatan dan optimalisasi eksekusi (fase kontrol/eksekusi). Dimana dalam penelitian ini tidak berfokus pada fase *monitoring & controlling* ataupun *quality management*.

Tabel 2.1 Rekapitulasi Penelitian Terdahulu

No	Peneliti & Tahun	Tujuan	Ruang Lingkup	Hasil Penelitian	Perbedaan dengan Penelitian yang Akan Dilakukan
1	(Iqbal, Setiadi, & Samidi, 2024)	Menggunakan standar PMBOK dalam proyek pengembangan jaringan dan keamanan rumah sakit agar selesai tepat waktu, sesuai harapan stakeholder, dan minim hambatan.	Mencakup perencanaan hingga penutupan proyek, dengan fokus pada pengadaan, penyimpanan, dan pemeriksaan perangkat sebagai aspek kritis proyek.	Penerapan PMBOK efektif dalam pengelolaan waktu, mengatasi hambatan, dan memenuhi kebutuhan stakeholder melalui jadwal yang realistis.	Penelitian pada jurnal ini berfokus pada pengembangan jaringan dan keamanan di lingkungan rumah sakit (proyek TI di sektor Kesehatan). Sedangkan penelitian yang akan dilakukan di Pendidikan tinggi (STIKES) berfokus pada sistem pembelajaran.
2	(Putra & Umar, 2021)	Mengestimas waktu pengadaan material berdasarkan time schedule dan membandingkannya dengan data riil proyek pembangunan ruko SP Plaza Batu Aji.	Fokus pada pengadaan material untuk pekerjaan struktur, dinding, dan atap, termasuk perencanaan, estimasi, dan observasi waktu riil di lapangan.	Rata-rata waktu pengadaan material di lapangan 12 hari, lebih cepat dari estimasi 15 hari. Proses pengadaan berjalan lancar tanpa keterlambatan.	Penelitian pada jurnal ini tentang pengadaan material secara spesifik di proyek ruko dengan metode barchart, disertai perbandingan data estimasi vs riil dan analisis logistik proyek pembangunan ruko. Sementara penelitian yang akan dilakukan pada STIKES dan berfokus pada estimasi jadwal dan biaya proyek LMS.
3	(Ardi, Elmuna, Zamroni, & Yaqin, 2020)	Mengatasi tantangan penerapan Standar Sekolah Asrama (SSA) di pondok pesantren dengan metode PMBOK guna meningkatkan efektivitas organisasi dan kualitas pengelolaan.	Berfokus pada pondok pesantren dengan penerapan PMBOK edisi ke-6, mencakup 5 fase dan 10 knowledge area. Standar acuan berasal dari SSA versi Pemerintah Welsh Assembly.	33 dari 49 proses PMBOK sejalan dengan SSA. Ditemukan kekurangan SSA dalam aspek spesifik pembelajaran. PMBOK terbukti penting untuk pemetaan dan perbaikan proses organisasi pondok.	Penelitian ini berfokus pada pondok pesantren, serta menggabungkan PMBOK dengan standar khusus SSA dari Pemerintah Welsh Assembly, menyesuaikan dengan kebutuhan lembaga pendidikan keagamaan. Sedangkan, penelitian yang akan dilakukan tingkat Perguruan Tinggi bidang Kesehatan, menggunakan PMBOK sebagai panduan estimasi jadwal dan biaya pengembangan LMS.
4	(Sudiantini, Juliansyah, Nugroho, Surachman, & Pakphan, 2024)	Menganalisis penjadwalan proyek Perumahan Summarecon Bogor dengan metode PERT untuk mengidentifikasi jalur kritis, mengevaluasi dampak perubahan waktu, dan meningkatkan efisiensi manajemen proyek.	Meliputi identifikasi aktivitas, estimasi waktu, pembuatan jaringan PERT, perhitungan jalur kritis, analisis sensitivitas, penggunaan software manajemen proyek, dan penyusunan rekomendasi.	Penelitian ini berhasil mengidentifikasi jalur kritis proyek serta melakukan analisis sensitivitas untuk mendeteksi aktivitas yang paling berisiko. Penerapan metode PERT terbukti meningkatkan efisiensi dan mendukung upaya mitigasi risiko, sementara penggunaan perangkat lunak manajemen proyek mempermudah visualisasi dan pemantauan jadwal secara real-time.	Penelitian pada jurnal ini fokus pada studi kasus penjadwalan proyek perumahan Summarecon Bogor, serta menggunakan metode PERT dan analisis sensitivitas untuk manajemen risiko yang lebih efektif dalam proyek konstruksi. Untuk penelitian yang akan dilakukan penjadwalan proyek LMS menggunakan metode three-point, serta perhitungan estimasi biaya.
5	(Utama & Syairudin, 2022)	Mengatasi keterlambatan proyek GI 150 kV Arjasa melalui identifikasi akar masalah dengan Root Cause Analysis (RCA) dan optimalisasi jadwal serta biaya dengan metode Critical Chain Project Management (CCPM).	Fokus pada proyek pembangunan Gardu Induk 150 kV Arjasa, meliputi analisis penyebab keterlambatan dengan diagram 5M dan penjadwalan ulang proyek menggunakan Microsoft Project dan CCPM.	Penelitian ini menemukan tiga penyebab utama keterlambatan proyek, yaitu proses penagihan yang panjang, keterbatasan material, dan etos kerja yang rendah. Dengan penerapan metode CCPM, durasi proyek berhasil dipangkas dari 633 hari menjadi 601 hari, bahkan bisa mencapai 542 hari jika buffer tidak terpakai. Selain itu, terjadi penghematan biaya tenaga kerja sebesar Rp495 juta, serta terdokumentasi 7 keberhasilan dan 14 hambatan selama pelaksanaan proyek.	Penelitian ini dengan studi kasus Proyek pengadaan material dan jasa konstruksi, menggabungkan metode RCA dan CCPM secara menyeluruh, tidak hanya mencari tahu penyebab keterlambatan proyek, tapi juga memberikan solusi nyata untuk memperbaiki jadwal, menghemat biaya, dan mencatat pembelajaran penting selama proyek berlangsung. Sementara penelitian yang akan dilakukan studi kasus pada proyek LMS di STIKES, menggunakan metode three-point untuk estimasi waktu, dan menghitung estimasi biaya.

2.2 Teori Terkait

Penelitian ini berfokus pada estimasi penjadwalan dan biaya pada pengembangan LMS *open source* yang menggunakan tahapan pada PMBOK sebagai acuannya. Berikut adalah teori dan konsep terkait yang menjadi landasan dalam penelitian ini.

2.2.1 Learning Management System

Menurut (Laster, 2005; Mullinix & McCurry, 2003; Simpson & Payne, 1999) dalam (Gautreau, 2011), "An LMS is a web based software consisting of courses that contain electronic tools including a discussion board, files, grade book, electronic mail, announcements, assessments, and multimedia elements. An LMS provides access to student-centered teaching approaches, increased accessibility, assessment and evaluation features, and improved management of course content and administrative tasks." Sejalan dengan pengertian dasar dari (Ellis, 2009), LMS merupakan aplikasi perangkat lunak yang mengotomatiskan administrasi, pelacakan, dan pelaporan acara pelatihan. Dalam arti lain, LMS adalah sebuah software yang digunakan untuk keperluan administrasi, dokumentasi, pencarian materi, pelaporan kegiatan, serta distribusi materi pelatihan dan pembelajaran secara online yang terhubung melalui internet. Sistem ini mendukung proses belajar mengajar dengan menyediakan berbagai fungsi untuk mengelola dan menyampaikan materi pelatihan secara online.

Dalam penelitian ini, digunakan LMS open source yaitu MOODLE (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) dimana menurut (Watania & Hendry, 2021) yaitu sebuah Learning Management System (LMS) berbasis web yang dirancang untuk mendukung proses pembelajaran online. Moodle beroperasi di bawah lisensi GNU, menyediakan berbagai fitur dasar untuk pengelolaan pembelajaran, serta memberikan fleksibilitas bagi institusi pendidikan untuk menyesuaikan sistem sesuai dengan kebutuhan mereka, termasuk memodifikasi dan mempersonalisasi konten.

2.2.2 Waterfall

Dikutip dalam website dicoding Indonesia, Waterfall adalah metode yang menekankan pada fase- fase secara berurutan dan sistematis seperti aliran air terjun (*waterfall*). Setiap tahapan dalam proses ini harus diselesaikan secara tuntas sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya (Indonesia, 2025). Dalam metode ini, setiap tahap harus diselesaikan secara berurutan sesuai dengan urutan langkah yang telah ditentukan.

Gambar 2.1 Tahapan Waterfall

Tahapan atau fase-fase dalam metode Waterfall menurut dicoding Indonesia, yaitu:



1. Perencanaan (*Requirements*): Fase awal dan paling krusial, bertujuan mengumpulkan kebutuhan dari pengguna atau stakeholder. Aktivitas utama meliputi wawancara, studi kelayakan, dan pembuatan dokumen Software Requirements Specification (SRS) yang menjadi acuan utama pengembangan.

2. Desain (*Design*): Desain sistem dibuat berdasarkan dokumen SRS dan dibagi menjadi dua:
 - a. High-Level Design (HLD): Arsitektur sistem secara umum.
 - b. Low-Level Design (LLD): Rincian teknis per modul.
 Dokumen desain menjadi panduan teknis untuk tahap implementasi.
3. Implementasi (*Implementation*): Pengkodean dilakukan berdasarkan desain yang telah ditetapkan. Setiap modul dikembangkan, diuji secara mandiri (unit testing), dan dikelola dengan sistem kontrol versi.
4. Pengujian (*Testing*): Setelah semua modul selesai dikembangkan, dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa sistem memenuhi semua kebutuhan yang telah ditentukan pada fase perancangan.
 Jenis pengujian yang umum dalam metode Waterfall:
 - a. Sistem secara menyeluruh (*system testing*)
 - b. Integrasi antar modul (*integration testing*)
 - c. Uji penerimaan oleh pengguna (*UAT*)
5. Pemeliharaan (*Maintenance*): Perangkat lunak diserahkan ke pengguna, lalu dilakukan pemeliharaan untuk memastikan sistem berjalan optimal dalam jangka panjang. Ada beberapa aktivitas antara lain:
 - a. Corrective Maintenance: Perbaikan bug pasca penerapan
 - b. Adaptive Maintenance: Penyesuaian jika ada perubahan pada sistem
 - c. Perfective Maintenance: Penambahan fitur baru sesuai kebutuhan terbaru pengguna

2.2.3 Project Management Body of Knowledge (PMBOK)

PMBOK adalah buku pedoman berisi kumpulan praktik terbaik (*best practices*) untuk manajemen proyek yang diterbitkan oleh PMI (*Project Management Institute*). Panduan ini secara luas diakui dan digunakan di berbagai sektor industri sebagai dasar dalam pelaksanaan proyek karena mencerminkan konsensus profesional mengenai pendekatan yang bernilai dan bermanfaat.

Penting untuk dicatat bahwa PMBOK bukan merupakan metodologi manajemen proyek secara langsung, melainkan sebuah kerangka referensi yang

dapat dijadikan fondasi oleh organisasi untuk menyusun metodologi mereka sendiri, termasuk kebijakan, prosedur, teknik, alat bantu, serta struktur siklus hidup proyek.

Dalam edisi ke-6 (2017), PMBOK mengklasifikasikan praktik manajemen proyek ke dalam lima kelompok proses (*process groups*) yang saling terintegrasi, yaitu:

1. Initiating – proses untuk memulai proyek atau fase proyek.
2. Planning – proses untuk merumuskan ruang lingkup, tujuan, dan rencana kerja proyek secara terperinci.
3. Executing – proses untuk menjalankan rencana kerja agar tujuan proyek tercapai.
4. Monitoring and Controlling – proses untuk mengawasi kinerja proyek dan melakukan penyesuaian bila diperlukan.
5. Closing – proses untuk menyelesaikan semua aktivitas proyek secara formal.

Selain itu, PMBOK juga membagi aktivitas manajemen proyek ke dalam 10 area pengetahuan (*knowledge areas*), yang merupakan bidang kompetensi utama yang harus dikelola dalam proyek:

1. Integration Management – koordinasi keseluruhan proyek agar tetap terarah dan terkendali.
2. Scope Management – memastikan proyek mencakup semua pekerjaan yang diperlukan (dan hanya itu saja).
3. Schedule Management – perencanaan dan pengendalian jadwal pelaksanaan proyek.
4. Cost Management – estimasi, penganggaran, dan pengendalian biaya proyek.
5. Quality Management – memastikan bahwa proyek memenuhi standar mutu yang disepakati.
6. Resource Management – perencanaan dan pengelolaan sumber daya manusia maupun fisik.
7. Communication Management – pengelolaan aliran informasi dan komunikasi antar pihak terkait proyek.

8. Risk Management – identifikasi, analisis, dan penanganan risiko proyek.
9. Procurement Management – perolehan barang dan jasa dari pihak luar proyek.
10. Stakeholder Management – identifikasi dan manajemen ekspektasi para pemangku kepentingan.

Dalam penelitian ini hanya berfokus pada satu proses group yaitu *Planning* dan tiga area pengetahuan yaitu *Scope*, *Schedule*, dan *Cost*.

2.2.4 Project Scope Management

Manajemen Lingkup Proyek adalah serangkaian proses yang bertujuan untuk menjamin bahwa proyek mencakup seluruh pekerjaan yang dibutuhkan dan hanya pekerjaan tersebut untuk menyelesaikan proyek secara sukses (A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) Sixth Edition, 2017). Mengelola ruang lingkup proyek berarti menentukan dan mengelola apa saja yang termasuk dalam cakupan proyek (*scope*) dan apa yang tidak termasuk (*out of scope*), sehingga proyek dapat diarahkan untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan.

Dalam kelompok proses perencanaan (*planning*) pada area *Project Scope Management*, PMBOK edisi ke-6 menetapkan empat proses utama, yaitu:

- a. *Plan Scope Management*: Proses ini berfungsi untuk menyusun scope management plan, yaitu dokumen perencanaan yang menjelaskan bagaimana ruang lingkup proyek dan produk akan ditentukan, divalidasi, dan dikendalikan sepanjang siklus proyek.

Dalam penelitian ini bukan membuat dokumen perencanaan melainkan akan menjelaskan metode yang digunakan untuk identifikasi hasil akhir dari proyek LMS dan kebutuhan pengguna, mendefinisikan ruang lingkup fungsional sistem (fitur utama LMS).

- b. *Collect Requirements*: Tahapan ini mencakup proses identifikasi, dokumentasi, dan pengelolaan kebutuhan proyek dan ekspektasi pemangku kepentingan. Informasi yang dikumpulkan akan menjadi

dasar dalam merumuskan ruang lingkup yang tepat agar tujuan proyek dapat tercapai.

Pada tahap ini dalam penelitian menentukan dan mendefinisikan kebutuhan pengguna dari informasi yang didapat sebelumnya.

- c. Define Scope: Proses ini menghasilkan deskripsi terperinci mengenai produk atau hasil proyek, mencakup semua pekerjaan yang akan dilakukan. Penetapan ruang lingkup juga menegaskan secara eksplisit batasan proyek, yaitu apa yang tidak akan termasuk dalam pelaksanaannya.

Dalam tahap ini akan dilakukan penentuan mana yang masuk dalam *In Scope* dan *Out of Scope*.

- d. Create WBS (*Work Breakdown Structure*): Merupakan proses pemecahan hasil akhir atau *deliverables* proyek ke dalam bagian-bagian kerja yang lebih kecil dan terstruktur. Dengan menyusun WBS, tim proyek dapat lebih mudah dalam menyusun jadwal, menetapkan tugas, mengalokasikan sumber daya, serta mengendalikan pelaksanaan proyek.

Dalam penelitian ini peneliti akan menyusun struktur WBS untuk proyek pengembangan LMS, dimana WBS akan memuat tahapan-tahapan utama seperti perencanaan kebutuhan, desain, implementasi fitur utama LMS (login, presensi, materi), pengujian, dan pelatihan pengguna. Penyusunan WBS bertujuan akan menjadi dasar dalam melakukan estimasi waktu (durasi) dan estimasi biaya secara lebih rinci.

2.2.5 Project Schedule Management

Manajemen Penjadwalan Proyek merupakan proses penting yang mencakup aktivitas perencanaan, pengelolaan, dan pengendalian waktu pelaksanaan proyek guna memastikan proyek dapat diselesaikan tepat waktu. Penjadwalan memberikan gambaran terperinci mengenai bagaimana dan kapan produk, layanan, atau hasil proyek akan diselesaikan sesuai ruang lingkup yang telah ditentukan. Jadwal ini tidak hanya menjadi alat untuk pengaturan

kegiatan, tetapi juga sebagai sarana komunikasi, pengelolaan ekspektasi pemangku kepentingan, serta acuan dalam pelaporan kinerja proyek (PMBOK Guide – Sixth Edition, 2017).

Dalam praktik manajemen penjadwalan, digunakan berbagai metode, seperti *Critical Path Method* (CPM) atau pendekatan Agile, tergantung pada jenis proyek. Informasi penting seperti struktur rincian kerja (WBS), aktivitas proyek, durasi, ketergantungan antar tugas, ketersediaan sumber daya, batasan waktu, dan titik penting proyek (milestone) dimasukkan ke dalam alat bantu penjadwalan guna menghasilkan model jadwal yang komprehensif dan realistis (PMBOK Guide – Sixth Edition, 2017).

Dalam kelompok proses perencanaan (*planning*) pada area *Project Schedule Management*, terdapat lima proses utama yang saling terkait:

- a. **Plan Schedule Management:** Proses awal yang bertujuan untuk menyusun kebijakan, metode, dan dokumentasi yang akan digunakan untuk merencanakan, mengembangkan, melaksanakan, serta mengontrol jadwal proyek secara konsisten sepanjang siklus proyek.
 Penelitian dalam tahap ini peneliti tidak membuat dokumen perencanaan jadwal, tetapi memberikan gambaran dengan penjelasan bagaimana jadwal ditentukan, metode estimasi, format atau satuan durasi yang digunakan.
- b. **Define Activities:** Merupakan proses untuk mengidentifikasi dan mencatat setiap aktivitas spesifik yang perlu dilakukan guna menghasilkan deliverables proyek. Aktivitas-aktivitas ini diturunkan dari komponen dalam WBS.
 Dalam penelitian ini, peneliti akan *me-list* setiap aktivitas, serta menjelaskan tiap aktivitas melakukan apa saja.
- c. **Sequence Activities:** Proses mengatur urutan aktivitas berdasarkan hubungan logis atau ketergantungan antar aktivitas. Teknik seperti *Precedence Diagramming Method* (PDM) umum digunakan untuk memvisualisasikan alur dan hubungan antar tugas.

Peneliti akan menggambarkan urutan dan ketergantungan antar aktivitas yang telah ditentukan sebelumnya dengan membuat diagram PDM untuk memudahkan pemetaan jalur aktivitas dari awal hingga akhir.

- d. **Estimate Activity Durations:** Menyediakan estimasi waktu atau lamanya pekerjaan yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap aktivitas berdasarkan sumber daya yang telah direncanakan. Estimasi ini menjadi dasar penting dalam membangun jadwal yang realistis dan mengidentifikasi potensi keterlambatan.

Dalam penelitian ini, peneliti akan melakukan estimasi durasi setiap aktivitas menggunakan teknik atau metode yang telah dipilih.

- e. **Develop Schedule:** Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap urutan aktivitas, durasi, alokasi sumber daya, serta batasan waktu untuk menyusun jadwal proyek yang dapat dijalankan. Teknik yang digunakan termasuk Critical Path Method (CPM), dan hasil akhirnya bisa divisualisasikan dalam bentuk Gantt Chart atau Milestone Chart, yang kemudian digunakan sebagai panduan utama dalam pelaksanaan proyek.

Dalam penelitian ini, peneliti akan menganalisis jalur kritis menggunakan CPM dan digambarkan dalam Network Diagram, serta hasil akhir sesuai perhitungan jadwal disajikan dalam bentuk Gantt Chart dan Milestone Chart.

2.2.6 Project Cost Management

Manajemen Biaya Proyek adalah rangkaian proses yang mencakup perencanaan, penghitungan estimasi, penganggaran, pengelolaan, hingga pengendalian biaya proyek, dengan tujuan agar proyek dapat diselesaikan dalam batas anggaran yang telah disetujui (PMBOK Guide Sixth Edition, 2017). Proses ini penting untuk menjamin efisiensi penggunaan sumber daya dan menghindari pemborosan biaya selama pelaksanaan proyek.

Dalam kelompok proses perencanaan (*planning*) pada area *Project Cost Management*, terdapat tiga proses utama yang saling terkait:

- a. **Plan Cost Management:** Proses ini bertujuan untuk merancang bagaimana biaya proyek akan dikelola secara keseluruhan, mulai dari metode estimasi, penganggaran, pemantauan, hingga mekanisme pengendalian biaya selama siklus hidup proyek.
Tahap ini dalam penelitian akan menjelaskan mengenai perhitungan biaya berdasarkan sumber daya dan tiap aktivitas.
- b. **Estimate Costs:** Pada tahap ini dilakukan proses memperkirakan biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap aktivitas dalam proyek. Estimasi mencakup perhitungan biaya tenaga kerja, perangkat lunak, server hosting, pelatihan, dokumentasi, serta sumber daya lainnya yang dibutuhkan.
Peneliti akan melakukan estimasi biaya berdasarkan csetiap aktivitas yang telah ditentukan sebelumnya.
- c. **Determine Budget:** Merupakan proses akumulasi seluruh hasil estimasi biaya ke dalam satu baseline anggaran (cost baseline). Cost baseline ini digunakan sebagai acuan untuk memantau kinerja biaya dan membandingkan realisasi dengan rencana anggaran.
Dalam penelitian ini, peneliti akan menjumlahkan seluruh estimasi biaya yang telah dilakukan sebelumnya, lalu ditambahkan dengan *indirect cost* atau *overhead cost*, *profit* atau *margin*, *contingency reserve*, dan *management reserve* dari total keseluruhan biaya.

2.2.7 Work Breakdown Strcuture (WBS)

Dalam buku PMBOK (PMBOK Guide Sixth Edition, 2017) WBS adalah struktur penguraian kerja proyek dalam bagian-bagian kecil yang lebih mudah dikelola.

Dalam penelitian ini menggunakan teknik decomposition. Decomposition adalah teknik utama membuat WBS dengan menguraikan proyek besar menjadi bagian-bagian kecil atau dipecah menjadi unit kecil yang disebut paket kerja (*work package*).

Langkah-langkah membuat WBS:

1. Identifikasi deliverables proyek
2. Strukturkan WBS (mulai dari fase di dalam proyek atau dari deliverables utama)
3. Dekomposisi atau uraikan dari level atas ke level bawah
4. Identifikasi dengan memberi kode ID atau nomor unik ke setiap bagian dari WBS
5. Verifikasi atau cek kembali apakah dekomposisi dari deliverables sudah sesuai

2.2.8 Precedence Diagramming Method (PDM)

Dalam buku (PMBOK Guide Sixth Edition, 2017) PDM adalah metode membuat diagram jaringan proyek dimana menampilkan urutan aktivitas dalam proyek berdasarkan hubungan logis antar aktivitas tersebut.

Jenis Hubungan (*Dependency Relationships*) dalam PDM yaitu:

- a. Finish to Start (FS): *successor* tidak bisa dimulai sebelum *predecessor* selesai.
- b. Finish to Finish (FF): *successor* tidak bisa selesai sebelum *predecessor* selesai.
- c. Start to Start (SS): *successor* tidak bisa dimulai sebelum *predecessor* dimulai.
- d. Start to Finish (SF): *successor* tidak bisa selesai sebelum *predecessor* selesai.

Keterangan:

- a. Predecessor = aktivitas pendahulu
- b. Successor = aktivitas penerus
- c. Finish to Start (FS) adalah jenis hubungan yang paling umum digunakan.

2.2.9 Critical Path Method (CPM)

CPM adalah teknik yang digunakan untuk menyusun dan merencanakan jadwal proyek, dengan cara mengidentifikasi jalur kritis (*critical path*), yaitu rangkaian aktivitas yang paling berpengaruh dalam suksesnya sebuah proyek (Kadang, Hidayah, Simarmata, Putri, & Krisvinus, 2024). Sejalan dengan pengertian (Driyani dan Mustari, 201) Critical Path Method atau metode jalur kritis adalah urutan kegiatan proyek yang harus dilakukan tanpa penundaan, dengan menunjukkan hubungan antara satu tahap dengan tahap lainnya.

Langkah-langkah dalam CPM menurut (Ozaga & Arzi, 2022):

1. Identifikasi semua kegiatan proyek mulai dari membuat urutan antar kegiatan (mana yang harus dilakukan terlebih dahulu, mana selanjutnya). Langkah ini dapat berupa PDM.
2. Forward Pass: perhitungan yang dimulai dari awal proyek dimana menghitung kapan aktivitas paling cepat dapat dimulai ($ES = \text{earliest start time for activity}$) dan kapan bisa selesai paling cepat ($EF = \text{earliest finish for activity}$). $D = \text{duration time for activity}$.
 - a. ES kegiatan awal = 0
 - b. ES kegiatan berikutnya = EF maksimum dari kegiatan sebelumnya
 - c. $EF = ES + D$
3. Backward Pass: perhitungan perhitungan dari akhir proyek, dimana menghitung kapan aktivitas paling lambat boleh selesai ($LF = \text{latest allowable finish time for activity}$) dan kapan paling lambat bisa dimulai ($LS = \text{latest allowable start time for activity}$)
 - a. LF kegiatan terakhir = EF kegiatan terakhir
 - b. LF kegiatan sebelumnya = LS kegiatan berikutnya
 - c. $LS = LF - D$
4. Hitung Slack/Float (kelonggaran waktu): TF (Total Float) = $LS - ES$ atau $LF - EF$ (Cohen, 2024) Float adalah jumlah waktu sebuah aktivitas bisa ditunda tanpa:

- a. Menunda aktivitas lainnya yang tergantung padanya → disebut Free Float.
 - b. Menunda keseluruhan proyek → disebut Total Float.
5. Tentukan Jalur Kritis:
- a. Jalur kritis adalah rangkaian aktivitas yang memiliki Float = 0

2.2.10 Three Point Estimate

Menurut (PMP Exam Prep- Three Point Estimation (Beta, Triangular Or Pert) Teknik Three Point Estimate digunakan untuk:

1. Menghasilkan estimasi waktu atau biaya yang lebih akurat untuk suatu aktivitas, work package, atau bahkan seluruh proyek.
2. Mengurangi risiko ketidakpastian karena mempertimbangkan beberapa kemungkinan durasi atau biaya.

Dalam Three Point Estimating terdapat tiga komponen estimasi waktu:

- a. Most Likely (M): estimasi paling realistis dengan asumsi kondisi berjalan normal.
- b. Optimistic (O): estimasi waktu tercepat jika semua berjalan sangat lancar (tanpa kendala atau gangguan apapun).
- c. Pessimistic (P): estimasi waktu terlama jika terjadi hambatan atau skenario terburuk.

Dan terdapat dua metode:

- a. Triangular Distribution: $(O + M + P) / 3$
- b. Beta Distribution/PERT: $(O + 4M + P) / 6$

Dalam penelitian ini akan menggunakan Triangular Distribution karena berdasarkan informasi dari (A Guide to The Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) Sixth Edition, 2017) Triangular Distribution sangat cocok digunakan jika tidak ada data historis, dan hanya berdasarkan tebakan atau asumsi.

2.2.11 Expert Judgement

Expert Judgement adalah teknik teknik dalam manajemen proyek yang digunakan untuk mengambil keputusan berdasarkan pendapat ahli, yaitu orang atau kelompok yang memiliki pengetahuan, pengalaman, pelatihan, atau keterampilan khusus di bidang tertentu. Teknik ini sangat penting ketika tim proyek tidak memiliki semua keahlian yang dibutuhkan untuk melakukan penilaian terhadap aktivitas atau keputusan tertentu dalam proyek. (Wootton, 2024).

Expert Judgment digunakan ketika membutuhkan pandangan atau penilaian dari seorang ahli untuk melengkapi dan memvalidasi data, menilai dampak perubahan, memprediksi kejadian dan konsekuensi, menentukan pengetahuan terkini dalam bidang tertentu, serta membantu pengambilan keputusan saat ada beberapa opsi.