BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Di Indonesia, pertumbuhan proyek konstruksi berlangsung pesat, seiring kemajuan dan perubahan industri yang menuntut peningkatan kualitas perencanaan dan pengelolaan pekerjaan. Menurut Ariyanto (2019), proyek konstruksi yang berkualitas lahir dari perencanaan yang baik di lapangan. Namun, kenyataannya, kualitas pelaksanaan sering terkendala hambatan, terutama keterlambatan penyelesaian yang memicu pembengkakan biaya hingga penghentian proyek. Tantangan ini semakin relevan pada pembangunan bangunan bertingkat, yang membutuhkan perencanaan lebih matang karena kompleksitas dan ketergantungan antar aktivitas yang tinggi.

Metode CPM dalam proyek konstruksi juga semakin didukung oleh penggunaan perangkat lunak manajemen proyek seperti Microsoft Project. Penelitian yang dilakukan oleh Setiawan (2022) menunjukkan bahwa kombinasi antara CPM dan perangkat lunak dapat meningkatkan akurasi perencanaan proyek hingga 25% dibandingkan dengan perhitungan manual (Setiawan, 2022).

Beardasarkan observasi awal pada proyek pembangunan SDN 16 Pinrang oleh CV. Rahmat Pratama menunjukkan dua masalah utama penjadwalan masih menggunakan *Bar Chart* yang tidak menampilkan ketergantungan antar aktivitas, dan pengelolaan sumber daya tenaga kerja, material, serta alat berat masih konvensional, berisiko menimbulkan *idle time* atau *bottleneck* yang menghambat

efisiensi waktu dan biaya. Penelitian ini menerapkan Critical Path Method (CPM) untuk mengidentifikasi jalur kritis pada proyek pembangunan SDN 16 Pinrang, dengan tujuan memberikan solusi perencanaan yang lebih sistematis agar waktu dan biaya pelaksanaan dapat dioptimalkan, sehingga proyek selesai lebih efisien, tepat waktu, dan sesuai anggaran.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh seringnya ketidakefisienan waktu dan biaya pada proyek gedung bertingkat di Indonesia, termasuk pembangunan SDN 16 Pinrang. Hambatan seperti keterlambatan jadwal dan pembengkakan anggaran umumnya disebabkan perencanaan yang kurang sistematis dan tidak mengoptimalkan keterkaitan antar aktivitas. Metode *Bar Chart* yang digunakan saat ini hanya menampilkan durasi aktivitas tanpa ketergantungan antar kegiatan, sehingga sulit mengidentifikasi titik kritis penyebab keterlambatan.

Pengelolaan sumber daya proyek yang masih konvensional berisiko menimbulkan *idle time* atau *bottleneck*, sehingga durasi proyek bertambah dan biaya tak terduga meningkat. Kondisi ini menegaskan perlunya metode perencanaan yang lebih tepat, seperti Critical Path Method (CPM), yang membantu mengidentifikasi aktivitas kritis agar jadwal proyek lebih akurat dan realistis.

Penulis bertujuan untuk menghasilkan perencanaan proyek yang lebih akurat, sistematis, dan efisien**.** Dengan Critical Path Method (CPM), manajer proyek dapat mengidentifikasi jalur kritis, mencegah *idle time*, dan memaksimalkan sumber daya. Dalam penelitian ini, penulis melakukan studi pada proyek pembangunan SDN 16 Pinrang oleh CV. Rahmat Pratama, yang sebelumnya dijadwalkan dengan metode *Bar Chart*. Oleh karena itu, penulis ingin menciptakan skenario baru untuk

menggunakan metode CPM (Critical Path Method) untuk menjadwalkan proyek pembangunan bertingkat dengan judul yaitu: ANALISIS *NETWORK PLANNING* DENGAN CPM (*CRITICAL PATH METHOD*) DALAM RANGKA EFISIENSI WAKTU DAN BIAYA PADA PEMBANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT (STUDI KASUS SDN 16 KAB PINRANG).

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah penelitian di atas, maka rumusan masalah dirumuskan yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan metode Jalur kritis CPM (*Critical Path Method)* pada proyek pembangunan SDN 16 Pinrang?
2. Bagaimana perbandingan durasi waktu dan biaya yang dikeluarkan antara penjadwalan rencana proyek pembangunan SDN 16 Pinrang dengan penjadwalan metode CPM?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini berdasarkan rumusan masalah di atas adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui penerapan metode jalur kritis CPM (*Critical Path Method)* dalam penjadwalan waktu proyek pembangunan SDN 16 Pinrang.
2. Untuk mengetahui perbandingan waktu dan biaya yang dikeluarkan antara penjadwalan rencana pembangunan SDN 16 Pinrang dengan keadaan normal dan penjadwalan dengan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method).*

D. Batasan Masalah

Batasan masalah yang ditinjau dari penelitian ini adalah kurang efektif dan efesiennya proyek pembangunan bertingkat selama ini. Agar penelitian ini tidak terlampau luas dan terarah maka penelitian ini dibatasi pokok-pokok pada permasalahan sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya akan membahas durasi dan biaya yang dikeluarkan dari pekerjaan proyek pembangunan SDN 16 Pinrang dengan menggunakan *software* berupa *Microsoft excel.*
2. Pekerjaan kritis dan non kritis yang dianalisis hanya pada item pekerjaan bangunan SDN 16 Pinrang berdasarkan *schudelu* yang didapat dari CV. RAHMAT PRATAMA selaku penyedia konstruksi dari proyek pembangunan SDN 16 Pinrang.
3. Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah deskriptif kuantitatif, dengan teknik pengumpulan data melalui studi dokumentasi, observasi lapangan, dan analisis data sekunder yang bersumber dari dokumen Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan jadwal proyek dari kontraktor.

E. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini mengkaji akan bermanfaat untuk:

1. Untuk memberikan informasi bagi pihak kontraktor mengenai perencanaan durasi dan biaya total proyek konstruksi agar dapat mengontrol, serta mengatur waktu penyelesaian proyek dengan lebih efisien dan efektif sehingga dapat meminimalisir keterlambatan pada proyek.

2. Untuk mengetahui kegiatan mana yang harus diselesaikan terlebih dahulu khususnya pada item pekerjaan proyek pembanguna SDN 16 Pinrang dapat terpenuhi.
3. Untuk rekan-rekan mahasiswa agar dapat dijadikan referensi tambahan mengenai metode CPM (*Critical Path Method*).

F. Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan yang dapat disajikan yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

BAB ini memberikan gambaran awal mengenai penelitian. Di dalamnya memuat latar belakang yang menjelaskan pentingnya perencanaan proyek berbasis jaringan dalam meningkatkan efisiensi waktu dan biaya, khususnya pada pembangunan gedung bertingkat. Bab ini juga memuat rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian, batasan masalah untuk memperjelas fokus studi, serta sistematika penulisan sebagai panduan isi dokumen secara keseluruhan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

BAB ini menyajikan teori-teori yang relevan dengan penelitian, seperti konsep dasar manajemen proyek, prinsip metode Critical Path Method (CPM), efisiensi dalam proyek konstruksi, serta hasil penelitian terdahulu yang mendukung analisis.

BAB III METODE PENELITIAN

BAB ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian, termasuk jenis penelitian (deskriptif kuantitatif), lokasi dan waktu pelaksanaan, teknik

pengumpulan data seperti dokumentasi dan observasi, serta langkah-langkah analisis data menggunakan CPM. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel untuk menghitung durasi aktivitas, jalur kritis, dan potensi percepatan proyek.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB ini memaparkan hasil dari penerapan metode CPM pada proyek pembangunan gedung SDN 16 Pinrang. Dibahas bagaimana jalur kritis diidentifikasi, aktivitas yang memiliki slack time, serta simulasi percepatan proyek yang berdampak pada efisiensi waktu dan penghematan biaya. Analisis ini dikaitkan dengan teori pada Bab II dan realitas proyek di lapangan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

BAB terakhir ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian, yang menegaskan efektivitas penerapan metode CPM dalam mengoptimalkan waktu dan biaya proyek.

BAB II

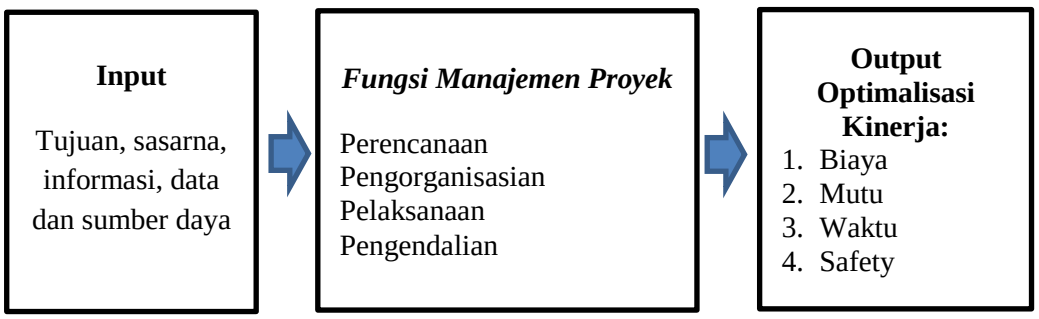
TINJAUAN PUSTAKA

1. Manajemen Proyek

Manajemen secara umum dapat diartikan sebagai proses dalam merencanakan, memimpin, mengorganisir serta mengendalikan sumber daya untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan (Soeharto, 2021).

Proyek menurut Albert Lester (2019) adalah kegiatan yang terkoordinasi dan terkontrol yang memiliki waktu mulai dan selesai, untuk mencapai tujuan dengan spesifikasi tertentu dengan kendala waktu, biaya dan sumber daya. Sehingga manajemen proyek dapat diartikan sebagai merencanakan, mengawasi dan mengontrol sebuah proyek dan segala aspek yang terlibat di dalamnya dengan maksud mencapai waktu, biaya dan mutu yang telah disepakati sebagai tujaun proyek (Lester, 2019)

Manajemen proyek merupakan implementasi dari ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan, metode teknis yang terbaik dengan sumber daya yang terbatas untuk mencapai sasaran dan hasil yang telah ditentukan sehingga mendapatkan hasil yang optimal dalam kinerja biaya, mutu dan waktu serta keselamatan kerja (Husen, 2011). Proses manajemen proyek dapat digambarkan sebagai berikut:



Lester (2017) menjelaskan bahwa proyek haruslah memenuhi 3 (tiga) kriteria fundamental, yaitu:

1. Proyek harus selesai tepat waktu.
2. Proyek harus selesai dengan budget tertentu.
3. Proyek harus memenuhi persyaratan kualitas yang ditentukan.

Ketiga kriteria ini dapat divisualisasikan sebagai sebuah segitiga yang dikenal sebagai triple constraints yang digambarkan dalam project triangle yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. 1 Hubungan triple constrain
Sumber : (Imam soeharto,2021)

Soeharto (2021) menjelaskan bahwa sebuah proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak melebihi anggaran yang telah ditentukan, diselesaikan dalam kurun waktu dan tanggal akhir yang telah ditentukan serta memiliki hasil memenuhi spesifikasi dan kriteria yang telah ditentukan. Kinerja proyek dapat dilihat dari indikator kinerja proyek tersebut terhadap biaya, mutu dan waktu.

2. Proyek Bangunan Bertingkat

Proyek bangunan bertingkat bersifat kompleks, memerlukan perencanaan matang dan pelaksanaan terkoordinasi. Selain desain arsitektur yang estetis dan fungsional, harus diperhitungkan kekuatan struktur, sistem utilitas, dan kepatuhan

regulasi. Tahapan awal meliputi penyusunan desain sesuai kebutuhan pemilik serta aspek keamanan dan kenyamanan, diikuti perhitungan struktur yang teliti menggunakan teknologi dan perangkat lunak khusus untuk menjamin kekuatan dan stabilitas bangunan.Menurut Abrar (2019), proyek bangunan bertingkat memerlukan koordinasi efektif antara arsitek, insinyur, kontraktor, dan subkontraktor untuk meminimalkan keterlambatan serta pemborosan sumber daya. Pemantauan kemajuan secara rutin penting untuk mendeteksi perubahan selama pelaksanaan dan mengambil tindakan korektif yang diperlukan Menurur Ervianto (2016) jenis-jenis Proyek Konstruksi yaitu:

a. Apartemen

   Proyek apartemen bertingkat adalah pembangunan hunian dengan beberapa lantai yang dirancang untuk menampung beberapa unit hunian dalam satu bangunan. Apartemen biasanya memiliki fasilitas bersama seperti kolam renang, gym, dan area parkir.

b. Kantor

   Proyek kantor bertingkat mencakup pembangunan gedung-gedung perkantoran yang dirancang untuk menampung berbagai perusahaan atau lembaga dalam satu lokasi. Gedung kantor bertingkat sering kali dilengkapi dengan fasilitas seperti lift, ruang pertemuan, dan area parkir.

c. Hotel

   Proyek hotel bertingkat mencakup pembangunan bangunan akomodasi yang menyediakan kamar-kamar tamu untuk penginapan

sementara. Hotel bertingkat dapat memiliki berbagai fasilitas seperti restoran, pusat kebugaran, dan ruang rapat.

d. Rumah Sakit

Proyek rumah sakit bertingkat melibatkan pembangunan fasilitas pelayanan kesehatan yang dirancang untuk menyediakan perawatan medis dan rawat inap bagi pasien. Rumah sakit bertingkat biasanya memiliki berbagai fasilitas medis dan ruang operasi.

e. Pusat Perbelanjaan

Proyek pusat perbelanjaan bertingkat mencakup pembangunan kompleks ritel yang menyediakan ruang untuk berbagai toko dan layanan, sering kali dilengkapi dengan food court, bioskop, dan area parkir.

f. Pendidikan

Proyek pendidikan bertingkat mencakup pembangunan gedung-gedung sekolah, perguruan tinggi, atau universitas yang menyediakan fasilitas untuk kegiatan pendidikan dan belajar.

3. Penjadwalan Proyek Bertingkat

Penjadwalan proyek bertingkat merupakan proses yang sangat penting dalam manajemen konstruksi untuk memastikan proyek berjalan sesuai dengan rencana, tepat waktu, dan dalam anggaran yang telah ditetapkan. Menurut Richard (2022) Berikut adalah beberapa langkah dan pertimbangan utama dalam penjadwalan proyek bertingkat:

a. Identifikasi Aktifitas

Langkah pertama dalam membuat penjadwalan waktu adalah

memecah seluruh lingkup pekerjaan proyek menjadi kegiatan-kegiatan yang lebih kecil. Tujuannya adalah agar setiap pekerjaan dapat terkontrol dengan baik oleh manajer proyek sesuai dengan perencanaan yang telah dibuat. Sejalan dengan pandangan Jasman (2024) bahwa pentingnya ketelitian dalam pemilihan material pada tahap perencanaan teknis dalam proyek konstruksi. Dalam penelitiannya mengenai karakteristik beton dengan agregat kasar yang dipecah secara manual dan dengan mesin, diketahui bahwa beton dengan agregat mesin memiliki kekuatan tekan dan tarik belah yang lebih tinggi. Hasil ini menunjukkan pentingnya presisi teknis dalam setiap aktivitas proyek.

b. Estimasi Waktu/Durasi

Setelah aktivitas ditemukan, estimasi waktu harus dibuat untuk masing-masing aktivitas. Satuan waktu seperti menit, jam, hari kerja, hari kalender, minggu, atau bulan dapat digunakan untuk menunjukkan durasi. Dalam dunia konstruksi, biasanya satuan hari kerja atau hari kalender digunakan menentukan durasi total proyek.

c. Hubungan antara aktifitas/kegiatan

Penjadwalan proyek bertingkat juga melibatkan identifikasi hubungan ketergantungan antara aktivitas-aktivitas tersebut. Beberapa aktivitas mungkin bisa dilakukan secara paralel (overlap), sementara yang lain harus menunggu selesainya aktivitas lain (serial). Setiap aktivitas-aktivitas dibuat dengan penyingkatan untuk membantu mempercepat pemasukan data-data dalam pembuatan penjadwalan baik menggunakan computer maupun ditulis tangan.

d. Pengembangan Jadwal

Perangkat lunak manajemen proyek dapat menyusun jadwal berdasarkan estimasi waktu dan hubungan antar aktivitas, menampilkan urutan pekerjaan serta jalur kritis yang berisi aktivitas terpenting yang tidak boleh terlambat.

4. Metode Penjadwalan Proyek

Proses yang sangat penting dalam manajemen konstruksi adalah penjadwalan proyek bertingkat untuk memastikan proyek berjalan sesuai rencana, tepat waktu, dan anggaran yang telah ditetapkan. Melaksanakan suatu proyek adalah proses mengubah masukan (input) yang terdiri dari kegiatan dan sumber daya menjadi keluaran (output) yang telah ditetapkan.

Menurut Fitri (2019) Metode yang umum digunakan dalam penjadwalan proyek termasuk proyek bertingkat. Berikut adalah beberapa metode penjadwalan proyek yang sering diterapkan:

a. Metode Gantt (Gantt Chart)

Metode Gantt adalah pendekatan penjadwalan proyek yang paling umum dan mudah digunakan. Ini menggunakan grafik batang (bar chart) yang menunjukkan jadwal proyek berdasarkan waktu. Setiap aktivitas digambarkan sebagai batang horizontal di atas sumbu waktu, dimana panjang batang menunjukkan lamanya aktivitas tersebut. Gantt chart membantu visualisasi jadwal proyek dan urutan aktivitas.

b. Metode Network Planning (CPM)

Network Planning adalah metode penjadwalan yang lebih canggih dan terstruktur, terutama digunakan untuk proyek-proyek kompleks seperti proyek bertingkat. Metode ini mengidentifikasi jalur kritis (serangkaian aktivitas yang harus diselesaikan tanpa keterlambatan untuk menyelesaikan proyek tepat waktu).

c. Metode Penjadwalan Berbasis Sumber Daya (Resource-Constrained Scheduling)

Metode ini mempertimbangkan ketersediaan sumber daya seperti tenaga kerja, material, atau peralatan saat mengatur jadwal proyek. Tujuannya adalah untuk menghindari penumpukan sumber daya yang dapat menghambat kemajuan proyek.

d. Metode Penjadwalan Agile

Agile merupakan pendekatan penjadwalan yang fleksibel dan adaptif, umumnya digunakan dalam proyek-proyek yang memerlukan respons cepat terhadap perubahan atau ketidakpastian. Agile menekankan pada kolaborasi tim, adaptasi terhadap perubahan, dan pengiriman iteratif.

e. Metode Diagram Pohon (WBS - Work Breakdown Structure)

Metode ini memecah proyek menjadi komponen-komponen yang lebih kecil (work packages) dalam bentuk hierarki, memungkinkan untuk penjadwalan yang lebih detail dan fokus pada setiap bagian dari proyek.

Metode yang digunakan adalah CPM (Critical Path Method). CPM dipilih sebagai metode utama untuk analisis penjadwalan dalam rangka efisiensi waktu dan biaya pada pembangunan bertingkat karena beberapa alasan yang sangat

relevan dalam konteks proyek konstruksi yang kompleks seperti ini. CPM dikenal efektif dalam mengidentifikasi jalur kritis dalam jadwal proyek. Jalur kritis merupakan serangkaian aktivitas yang harus diselesaikan tepat waktu agar proyek dapat selesai sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan.

5. Critical Path Medhod (CPM)

1. Metode *Critical Path Medhod (CPM)*

    Metode jalur kritis critical path method (CPM) menurut Levin dan Hafnider (2016) adalah metode untuk merencanakan dan mengawasi proyek. CPM merupakan sistem yang paling banyak digunakan dari semua sistem yang menggunakan prinsip pembentukan jaringan. Metode CPM banyak digunakan dalam proyek konstruksi atau industri.

    Metode ini mampu mengidentifikasi jalur kritis pada sekumpulan aktifitas yang telah ditentukan ketergantungan antar aktifitasnya. Aktifitas adalah sebuah tugas spesifik yang memiliki satu hasil yang dapat diukur yang memiliki durasi pengerjaannya.

    Menurut Fitri (2019) Metode CPM beriorentasi pada waktu yang mengarah pada penentuan jadwal dan estimasi waktunya bersifat deterministik (pasti). Setiap kegiatan dapat diselesaikan lebih cepat dari waktu normalnya dengan cara memintas kegiatan untuk sejumlah biaya tertentu. Dengan demikian, apabila waktu penyelesaian proyek tidak memuaskan, beberapa kegiatan tertentu dapat dipintas untuk dapat menyelesaikan proyek dengan waktu yang lebih sedikit.

Dalam operasionalnya CPM (Critical Path Methode) digambarkan dengan menggunakan diagram anak panah untuk menentukan lintasan kritis sehingga disebut juga metode lintasan kritis.

Metode ini sangat bagus untuk merencanakan dan mengawasi proyek-proyek serta paling banyak dipergunakan diantara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan. CPM juga dapat digunakan untuk mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan atau percepatan waktu penyelesaian total proyek yang bersangkutan (Suharto,2019) Komponen-Komponen dalam metode CPM adalah:

1. Diagram Network.
2. Hubungan antar simbol dan urutan kegiatan.
3. Jalur kritis.
4. Tenggang waktu kegiatan

Manfaat yang diperoleh jika mengetahui lintasan kritis adalah sebagai berikut:

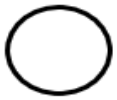
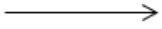
1. Penundaan pekerjaan pada lintasan kritis menyebabkan seluruh proyek tertunda penyelesaiannya.
2. Proyek dapat dipercepat penyelesaiannya bila pekerjaan-pekerjaan yang ada dilintasan kritis dapat dipercepat.
3. Pengawasan difokuskan pada lintasan kritis untuk mencegah keterlambatan. Aktivitas di lintasan ini dapat mengalami *trade-off* (waktu lebih cepat dengan biaya lebih tinggi) atau *crash program* (percepatan melalui lembur atau biaya tambahan) demi mencapai target waktu ideal.

Secara teoritis yaitu perhitungan dengan metode Critical Path Methode (CPM) berdasarkan data pembangunan. Lima Langkah dalam metode CPM (Ervianto,2016), yaitu:

1. Identifikasi proyek dan semua aktifitas atau tugas yang signifikan.
2. Membuat keterkaitan antara aktivitas-aktivitasnya. Putuskan aktivitas mana yang harus mendahului dan mana yang harus mengikuti yang lain.
3. Menggambar jaringan yang menghubungkan semua aktifitas.
4. Hitung jalur kritis paling panjang melalui jaringan itu.
5. Gunakan jaringan untuk membantu perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian proyek.

Dalam proyek besar yang terdiri dari banyak kegiatan saling terkait, selalu ada kegiatan "vital" yang tidak boleh tertunda karena akan menyebabkan keterlambatan keseluruhan proyek. Pada umumnya kegiatan yang bersifat kritis dapat ditemukan pada satu jalur atau lintasan sejak awal sampai akhir proyek. Kemungkinan untuk menetapkan adanya lintasan kritis suatu jaringan digunakan salah satu atau metode jalur kritis. Jumlah simbol yang digunakan dalam sebuah jaringan kerja ada empat macam Simbol yaitu :

Tabel 1.1 Simbol – simbol *network planning* (Sumber : Hayun, 2005)

Simbol	Keterangan	Arti
	Lingkaran = node	Merupakan lingkaran yang menyatakan sebuah kegiatan atau peristiwa (event) sebagai awal atau akhir atau pertemuan dari satu atau beberapa kegiatan.
	Anak panah = arrow	Menyatakan sebuah kegiatan/aktivitas yang memerlukan durasi (jangka waktu tertentu).
	Anak panah terputus - putus = dummy	Bentuknya merupakan arah panah terputus-putus yang menyatakan kegiatan semu nembatasi mulainya kegiatan.
	Anak panah tebal	Menunjukkan aktivitas pada lintasan kritis.

2. Digram Network (*Network Planning)*

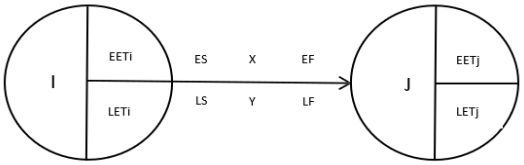
Menurut Widiasanti (2022), Network Planning adalah perencanaan proyek menggunakan diagram jaringan untuk menentukan urutan kegiatan, alokasi sumber daya, dan estimasi waktu penyelesaian. Jaringan kerja terdiri dari rangkaian kegiatan yang dilaksanakan secara berurutan untuk menyelesaikan proyek.

Tahap Penyusunan *Network Planning* Menurut Husen (2010), ada beberapa tahap penyusunan Network Planning yaitu:

a. Memperkirakan durasi setiap kegiatan dengan mempertimbangkan jenis pekerjaan, volume pekerjaan, jumlah sumber daya, lingkungan kerja, serta produktivitas pekerja.
b. Menentukan logika ketergantungan antar kegiatan dilakukan dengan tiga kemungkinan hubungan, yaitu kegiatan yang mendahului (*predecessor*), kegiatan yang didahului (*successor*), serta bebas.
c. Menghitung analisis waktu serta alokasi sumber daya.

menurut Wirantika (2016) Ada beberapa manfaat *Network Planning*

a. Membantu menyelesaikan pelaksanaan proyek secara tepat waktu.
b. Mengorganisir data yang tidak teratur.
c. Menunjukkan urutan pekerjaan sebuah proyek konstruksi yang paling efisien.
d. Adanya keterangan CPM dalam diagram jaringan kerja ES, EF, LS, dan LF seperti ambar berikut sebagai berikut:



Gambar 1 Diagram jaringan kerja oleh Suparno (2015)

Keterangan:

I dan J : Nomor urutan suatu peristiwa.

X : Nama suatu kegiatan.

Y : Durasi suatu kegiatan.

EET : Saat paling awal suatu kegiatan

LET : Saat paling akhir suatu kegiatan.

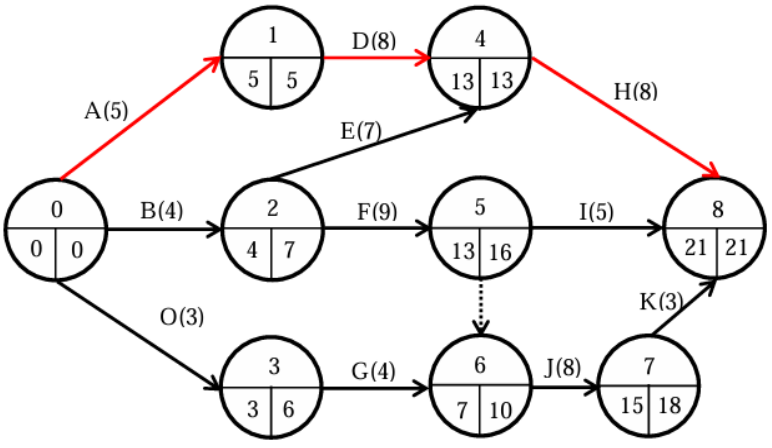
ES : Saat paling cepat dalam memulai suatu kegiatan.

EF : Saat paling cepat untuk akhir suatu kegiatan.

LS : Saat paling lambat untuk mulai suatu kegiatan.

LF : Saat paling lambat untuk akir suatu kegiatan

Untuk dapat lebih jelas mengenai tentang Critical Path Methode (CPM) disertai dengan Jaringan Kerja/Network Planning dapat dilihat pada gambar berikut :



Contoh perhitungan:

EF (A) = 0 + 5 = 5

LS (H) = 21 – 8 = 13

TF (H) = 21 – 13 – 8

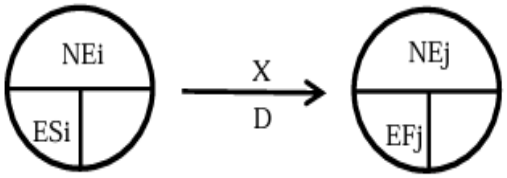
= 0 (kritis)

6. Hubungan Antar Simbol Kegiatan

Dalam proses perhitungan dengan metode CPM dikenal adanya beberapa parameter sebagai berikut:

1. EET (Earlist Event Time), saat paling awal peristiwa / node / event mungkin terjadi, yang berarti waktu paling cepat suatu kegiatan yang berasal dari node tersebut dapat dimulai karena menurut aturan dasar suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan-kegiatan terdahulu diselesaikan (Sugiyarto, 2013).
   a. Early Start, saat paling cepat peristiwa yang mungkin terjadi, maksudnya waktu mulai paling awal suatu kegiatan. Bila waktu kegiatan dinyatakan dalam hari, maka waktu ini merupakan hari pertama kegiatan dimulai.
   b. Early Finish, saat paling cepat peristiwa terakhir mungkin terjadi, berarti waktu selesai paling awal suatu kegiatan. Bila hanya ada satu kegiatan terdahulu, maka Early Finish kegiatan terdahulunya merupakan Early Start kegiatan berikutnya.

Berikut gambar untuk sebuah kegiatan menuju sebuah peristiwa:



gambar: Sebuah kegiatan menuju sebuah peristiwa (Sugiyarto, 2013)

Untuk bisa mengetahui sebuah kegiatan menuju sebuah peristiwa dapat ditentukan di bawah ini:

EFj = ESi + D

Keterangan:

X = kegiatan

NEi = nomor dari peristiwa awal kegiatan

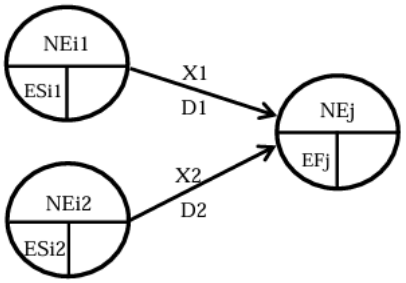
NEj = nomor dari peristiwa akhir kegiatan

D = Lama kegiatan X yang diperkirakan

ESi = saat paling awal peristiwa awal

EFj = saat paling awal peristiwa akhir

Sedangkan untuk beberapa kegiatan menuju sebuah peristiwa dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar: Beberapa kegiatan menuju sebuah peristiwa (Sugiyarto, 2013).

Untuk bisa mengetahui beberapa kegiatan menuju sebuah peristiwa dapat ditentukan.

EFj = (ESi + D) maksimum

Keterangan:

X = nama kegiatan

ESi = saat paling awal peristiwa awal dari kegiatan

D = lama kegiatan yang diperkirakan

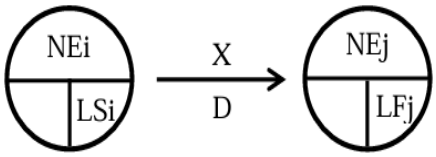
EFj = saat paling awal peristiwa akhir seluruh kegiatan

2. LET (Latest Event Time), saat paling lambat suatu peristiwa boleh terjadi, berarti waktu paling lambat yang masih diperbolehkan.

a. Latest Start, saat paling lambat peristiwa awal boleh terjadi atau waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai, yaitu waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan.

b. Latest Finish, saat paling lambat peristiwa akhir boleh terjadi, berarti waktu paling akhir kegiatan boleh selesai tanpa memperlambat penyelesaian proyek.

Berikut gambar sebuah kegiatan keluar dari sebuah peristiwa:



Gambar: Sebuah kegiatan keluar dari sebuah peristiwa (Sugiyarto, 2013).

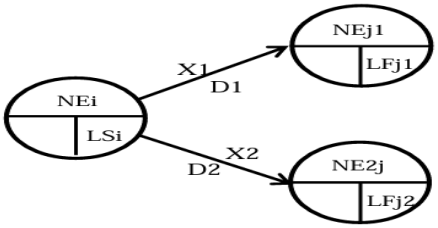
Untuk bisa mengetahui sebuah kegiatan keluar dari sebuah peristiwa dapat ditentukan:

LSi = LFj – D

Keterangan:

X = kegiatan
D = lama kegiatan X yang diperkirakan
LSi = saat paling lambat peristiwa awal
LFj = saat paling lambat peristiwa akhir

Sedangkan untuk beberapa kegiatan keluar dari sebuah peristiwa dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar: Beberapa kegiatan keluar dari sebuah peristiwa (Sugiyarto,2013).

Untuk bisa mengetahui beberapa kegiatan keluar dari sebuah peristiwa dapat ditentukan:

LSi = (LFj – D) minimum

Keterangan:

X = nama kegiatan

LFj = saat paling lambat peristiwa akhir kegiatan X

D = lama kegiatan X yang diperkirakan

LSi = saat paling lambat peristiwa awal kegiatan

7. Metode Penyusunan Jaringan Kerja

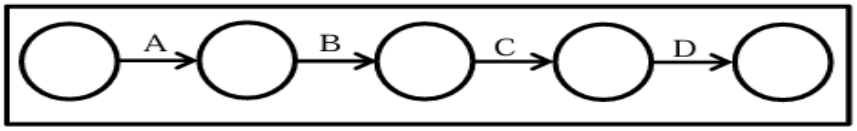
Unsur yang diperlukan dalam membuat jaringan kerja proyek adalah jenis kegiatan, logika ketergantungan, perkiraan waktunya dan metode pelaksanaan. Jika hal tersebut diatas diketahui maka tidak dapat menghitung setiap kegiatan yaitu waktu mulai paling cepat, waktu selesai paling lambat, tenggang waktu total dan tenggang waktu bebas (Iswendra & Noviarti, 2018). Adapun Langkah-langkah didalam menyusun jaringan kerja adalah sebagai berikut:

1. Inventarisasi kegiatan

   Proses inventarisasi kegiatan dilakukan dengan memecah suatu proyek menjadi beberapa bagian komponen utama proyek. Selanjutnya komponen utama ini dipecah menjadi beberapa komponen lagi, dan pada tahapan akhir didapat paket-paket pekerjaan.

2. Logika ketergantungan kegiatan

   Setelah semua jenis kegiatan diketahui maka kita dapat membuat jaringan kerja berdasarkan logika ketergantungan ini akan menghasilkan berbagai bentuk jaringan kerja Untuk logika ketergantungan dengan bentuk jaringan kerja dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar: Jaringan kerja (Iswendra & Noviarti, 2018).

Pada gambar nampak bahwa setiap kegiatan tidak dapat dikerjakan apabila kegiatan pendahulunya belum selesai dikerjakan.

3. Perkiraan Waktu

Perkiraan waktu yang dimaksud adalah jangka waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap kegiatan. Pada umumnya apabila waktu pelaksanaan bertambah panjang maka biaya pelaksanaannya akan bertambah besar, dan demikian pula sebaliknya. Hal ini disebabkan oleh biaya overhead yang besarnya tergantung dari waktu pelaksanaan (Iswendra & Noviarti,2018).

4. Perhitungan Maju

Hitungan maju adalah cara perhitungan waktu awal mulai sebuah proyek yang tercepat sampai selesai nya proyek dengan waktu yang tercepat atau simbol yang digunakan dalam perhitungan ini yaitu, ESi, ESj, dan D (Sugiyarto, 2013). Aturan yang digunakan dalam perhitungan maju adalah:

1. Kecuali kegiatan awal, maka suatu kegiatan baru dapat dimulai setelah kegiatan yang mendahuluinya (predecessor) sudah dilaksanakan.
2. Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan yang menjadi satu jalur, maka EFj (kegiatan selesai paling cepat) tersebut adalah ESi (kegiatan mulai paling cepat) yang terbesar dari kegiatan terdahulu.

5. Perhitungan Mundur

Perhitungan mundur adalah cara mengetahui waktu paling akhir sebuah kegiatan untuk dimulai hingga selesai nya kegiatan tersebut dengan waktu paling lama (Sugiyarto, 2013). Hitungan mundur dimulai dari paling kanan (kegiatan akhir dari sebuah proyek). Aturan dalam hitungan mundur adalah:

1. Bila hanya ada satu kegiatan yang keluar dari peristiwa, maka waktu paling akhir dikurangi dengan kurun waktu kegiatannya.
2. Bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih yang mengikuti, maka LSi (waktu paling lama kegiatan dilaksanakan) kegiatan tersebut adalah LFj (waktu paling lama kegiatan selesai) yang terkecil dari kegiatan terdahulu nya.

6. Tenggang Waktu kegiatan

Tenggang waktu kegiatan adalah jangka waktu yang merupakan ukuran batas toleransi keterlambatan kegiatan. Dengan ukuran ini dapat diketahui karakteristik pengaruh keterlambatan terhadap penyelenggaraan proyek dan terhadap pola kebutuhan sumber daya dan biaya (Sugiyarto, 2013). Syarat menghitung tenggang waktu kegiatan adalah:

1. Telah ada Network Diagram yang tepat yaitu terdiri dari kegiatan, peristiwa, dan dummy (bila diperlukan) yang jumlahnya tepat, hubungan logika ketergantungan memenuhi persyaratan, dan nomor-nomor peristiwanya memenuhi persyaratan.
2. Lama kegiatan perkiraan masing-masing telah ditentukan.
3. Telah dihitung EET dan LET semua peristiwa.

7. Float

Float merupakan sejumlah waktu yang tersedia dalam suatu kegiatan, sehingga memungkinkan penundaan atau perlambatan kegiatan secara sengaja / tidak sengaja, tetapi penundaan tersebut tidak menyebabkan proyek menjadi terlambat dalam penyelesaiannya (Sugiyarto, 2013). Ada tiga macam bentuk tenggang waktu kegiatan, yaitu:

1. Total Float (TF)

   Pada penyusunan dan perencanaan jadwal proyek, arti penting dari total float adalah menunjukkan jumlah waktu yang diperkenankan suatu kegiatan boleh ditunda tanpa mempengaruhi jadwal proyek secara keseluruhan. Total float berguna untuk menentukan lintasan kritis untuk mempercepat durasi proyek, bila TF = 0. Untuk mengetahui total float (TF) dapat ditentukan dibawah ini:

   TF = LSj – D – Esi

2. Free Float (FF)

   Free float adalah jangka waktu antara saat paling awal peristiwa akhir (ESj) kegiatan yang bersangkutan dengan saat selesainya kegiatan yang bersangkutan, bila kegiatan tersebut dimulai pada saat paling awal (ESi). Free float juga berguna untuk alokasi sumber daya dan waktu dengan memindahkannya ke kegiatan lain. Untuk mengetahui free float (FF) dapat ditentukan dibawah ini:

   FF = ESj – D – Esi

3. Independent Float (IF)

   Independent float adalah jangka waktu antara saat paling awal peristiwa akhir (ESj) kegiatan yang bersangkutan dengan saat selesainya kegiatan tersebut, bila kegiatan tersebut dimulai pada saat paling lambat peristiwa awal (ESi) nya. Untuk mengetahui independent float dapat ditentukan dibawah ini:

   IF = ESj – D – LSi

8. Efesiensi Waktu dan Biaya Pembangunan

(Ulfayanti, 2018) Efisiensi waktu dan biaya dalam pembangunan adalah dua aspek krusial yang perlu dikelola dengan baik untuk memastikan keberhasilan dan keberlanjutan proyek. Berikut dijelaskan:

1. Efesiensi Waktu

   Efisiensi waktu mengacu pada kemampuan untuk menyelesaikan proyek sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan atau bahkan lebih cepat. Metode critical Path Method (CPM) untuk menyusun jadwal proyek yang detail dan realistis sehingga dengan memperhitungkan urutan aktivitas dan ketergantungan di antara aktivitas-aktivitas dalam suatu proyek bangunan.

2. Efesiensi Biaya

   Efisiensi biaya berkaitan dengan pengelolaan anggaran sehingga biaya yang dikeluarkan sesuai dengan yang telah direncanakan atau bahkan lebih rendah.

2. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu

1. Yoga Eka Putra, Herry Kartika Gandhi (2019) Tentang Analisis Jalur Kritis pada Proyek Relokasi Flexo dengan Metode CPM dan Pert. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu penyelesaian proyek menggunakan Metode CPM dan PERT. Selain itu proyek akan mengidentifikasi jalur kiritis pada suatu proyek dengan menggunakan network diagram. Dan diakhir pembahasan penelitian akan menghitung probabilitas percepatan proyek hingga mendekati probabilitas 0%. Proyek dibagi menjadi 28 aktivitas, dengan aktivitas terlama berlangsung 14 hari dan aktivitas terpendek berlangsung selama 1 hari. Dari network diagram didapat jalur kritis adalah pada aktivitas A – B – V – D – L – M – N – O – P – Q– R – T – U – V – Y – AB. Dengan durasi penyelesaian menggunakan metode CPM sebesar 61 hari. Sedangkan dengan perhitungan PERT, penyelesaian proyek memakan waktu hingga 62.167 hari. Penggunaan sumber daya banyak digunakan pada 15 hari pertama, dimana pada hari ke-6 dan ke-7 membutuhkan 15 pekerja. Sedangkan setelah hari ke-16, proyek hanya membutuhkan maksimun 4 pekerja. Probalitas percepatan waktu proyek dengan asumsi diatas 2% didapatkan bahwa proyek dapat dipercepat hingga 60 hari dimana probabilitas penyelesaian sebesar 2.39%.
2. Rawan Agustiar, Ryan Handrianto (2018) tentang Evaluasi Penjadwalan Proyek Menggunakan Metode CPM dan Kurva S. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka

waktu pendek. Di dalam proyek konstruksi terdapat berbagai sumber daya, manajer proyek harus dapat mengelolasumber daya tersebut secara efisien dan efektif. Tujuan utama penelitian adalah untuk mengetahui jumlah waktu yang dapat dipercepat dan berapa besar biaya yang akan dikeluarkan. Pada proyek pembangunan Gedung Perpustakaan SMK N 1 Gresik di pilih sebagai tempat studi penelitian karena mengalami keterlambatan pekerjaan. Hasil perhitungan menunjukkan waktu pelaksanaan normal proyek adalah68 hari dan biaya normal sebesar Rp. 238.572.000,00, dengan menambah 3 jam penambahan jam kerja maka dapat mempercepat waktu sebanyak 6 hari dengan biaya tambahan sebesar Rp. 12.920.720,00, penambahan jam kerja sebaiknya dilakukan pada pekerjaan – pekerjaan yang kritis, apabilsa dilakukan semua, maka hanya menamah biaya saja sementara waktu yang dipercepat tetap.

3. Teguh Santoso dalam penelitiannya yang berjudul *"Optimalisasi Waktu dan Biaya pada Proyek Apartemen di Jakarta melalui Metode CPM" (2018)*. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa penerapan CPM pada proyek pembangunan apartemen di Jakarta berhasil mengurangi waktu pelaksanaan proyek sebanyak 10 hari. Selain itu, penghematan biaya sebesar 6% tercapai karena aktivitas kritis dalam proyek dapat diatur dan dioptimalkan secara efektif. Hal ini juga membantu mengurangi risiko keterlambatan yang dapat menambah biaya proyek. Dari hasil perhitungan dimana kita menggunakan 2 (dua) metode yaitu metode CPM dan PERT. Pada metode CPM dapat dilihat lintasan kritis pada kegiatan 1.1 – 2.5 – 4.2 – 4.1 – 2.3 – 2.6 – 6 dan waktu

pengerjaan selama 106 minggu. Sedangkan dengan menggunakan metode PERT dapat diketahui waktu penyelesaian selama 108 minggu. Dalam melakuan percepatan waktu kerja hanya kegiatan dalam lintasan kritis saja yang dapat dipercepat karena kegiatan tersebut yang tidak mempunyai waktu jeda. Karena dalam metode PERT menggunakan pendekatan probalistas maka metode CPM lah yang lebih valid dalam menghitung waktu percepatan.

4. Nada dalam penelitiannya yang berjudul "Analisa Penjadwalan Proyek Pembangunan Apartemen Menggunakan Metode Cpm (Critical Path Method)".(2024) Hasil penelitiainnya menjelaskan bahwa Metode CPM dapat digunakan sebagai analisis untuk proyek yang sedang berjalan dan untuk mengetahui keadaan proyek kedepan. Berdasarkan S-curve proyek terserbut sudah berjalan hingga minggu ke 68 dengan progress 37,020%. Namun aktualnya pada minggu tersebut progress hanya mencapai 36,437% dengan deviasi -0,584%, khususnya di tower 2 pada pekerjaan instalasi precast façade lantai 10 memiliki deviasi sebesar -1,136% dan pada pekerjaan finishing lantai ground floor memiliki deviasi sebesar -0,012%. Durasi yang dijadwalkan proyek untuk tower 2 adalah 2448 hari, namun secara aktual mengalami keterlambatan 125 hari sehingga diestimasi proyek akan selesai dalam durasi 2573 hari. Setelah dievaluasi dan dianalisis dengan mengimplementasikan metoda CPM, proyek tersebut dapat diselesaikan dalam waktu 2520 hari, artinya proyek dapat dikerjakan lebih cepat 53 hari, dengan jalur kritis berada pada aktivitas A – B – F – G – H – I – K – N – O – Q – R – T – U dengan efisiensi waktu proyek sebesar 24% .

5. Munir dalam penelitiannya yang berjudul “Optimalisasi Waktu Dan Biaya Proyek Menggunakan Metode Cpm, Pert, Dan Crashing Pada Proyek Pembangunan Kantor Kelurahan”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Metode analisis yang digunakan adalah CPM, PERT, dan Crashing. Metode CPM mengidentifikasi 29 aktivitas kritis, kemudian metode PERT menentukan peluang keberhasilan sebesar 98,38%. Metode crashing penambahan 1 jam kerja lembur untuk mempercepat 34 hari dengan total biaya Rp 3.834.915.250, penambahan 2 jam kerja lembur untuk mempercepat 51 hari dengan total biaya Rp 3.916.943.604. Pilihan terbaaik adalah penambahan 1 jam kerja lembur dengan total cost slope Rp 125.932.584. Penerapan metode CPM, PERT, dan Crashing dikenakan biaya Rp 3.834.915.250 dengan lead time 22 minggu sesuai jadwal.
6. Sofiah dalam penelitiannya yang berjudul “Optimalisasi Waktu Pada Pelaksanaan Proyek Gedung Dengan Menggunakan Metode Cpm Dan Pert (Studi Kasus Gedung Laboratorium School Internasional Unesa Surabaya)”. Hasil penelitian menggunakan metode CPM diketahui lintasan kritis yaitu Pekerjaan Pembersihan Lahan (A), Pekerjaan Tanah (C), Pekerjaan Pondasi (E), Pekerjaan Beton (Lt.1-Lt.Atap) (F), Pekerjaan Pasangan & Beton Praktis (Lt.1-Lt.4) (G), Pekerjaan Kanopi (Lt.1) (I), Pekerjaan Kusen Pintu/Jendela (Lt.1-Lt.4) (N), Pekerjaan GWT Air Bersih & Rumah Pompa (R), Pekerjaan Jalan Paving (T) sedangkan menggunakan metode PERT didapatkan dapat selesai tepat waktu yaitu dalam kurun waktu 26 minggu adalah 92,51 persen. Total biaya optimal proyek adalah sebesar Rp 14.744.954.569.

7. Apriyanto dalam penelitiannya yang berjudul “Evaluasi Pelaksanaan Proyek Dengan Metode Cpm Dan Pert (Studi Kasus Proyek Pekerjaan Finishing Lanjutan Pembangunan Gedung Program Studi Desain Interior Tahun 2019 Kampus Its). Hasil penelitian menunjukkan bahwa jalur kritis pada proyek tersebut adalah Pekerjaan Persiapan (A) – Pekerjaan Pasangan Dinding lt.1-lt.atap (B) – Pekerjaan Plesteran lt.1-lt.atap (C) – Pekerjaan Partisi lt.1-lt.4 (E) – Pekerjaan Pintu & Jendela lt.1-lt.4 (F) – Pekerjaan Sanitair lt.1-lt.4 (K). Durasi optimal proyek tersebut adalah 23 minggu dengan nilai probabilitas sebesar 5,37%. Total biaya optimal proyek tersebut adalah sebesar Rp.9,096,120,000.00.
8. Rovel dalam penelitiannya yang berjudul “Sistem Pengendalian Waktu Dengan Critical Path Method (Cpm) Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus : Menara Alfa Omega Tomohon)”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui umur proyek dan lintasan kritis dalam pengendalian waktu dengan Critical Path Method (CPM) pada Proyek Pembangunan Menara Alfa Omega Tomohon. Dengan menggunakan Critical Path Method (CPM) diketahui bahwa proyek membutuhkan waktu 249 hari untuk menyelesaikan rangkaian aktivitas pekerjaan dari awal hingga akhir, perhitungan dengan Critical Path Method (CPM) juga dapat menampilkan pekerjaan-pekerjaan yang ada lintasan kritis melalui Network Diagram atau Jaringan kerja yang merupakan ciri khas Critical Path Method (CPM) .
9. Cahaya dalam penelitiannya yang berjudul “Optimasi Pengendalian Waktu Dan Biaya Dengan Metode Cpm Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol (Studi

Kasus : Proyek Jalan Tol Cisumdawu Seksi 5b Sta. 46+500 – Sta. 53+950)". Hasil penelitian menunjukkan bahwa Usaha percepatan yang dilakukan diantaranya adalah dengan membuat schedule dan evaluasi yang dilakukan setiap hari. Pekerja diberlakukan sistem 3 shift dan 2 shift dengan peralatan yang bekerja selama 24 jam. Penambahan jam kerja juga dilakukan hanya pada saat kondisi cuaca tertentu. Untuk item pekerjaan borepile digunakan 2 subkontraktor dengan pembagian lahan atau volume pekerjaan yang disesuaikan dengan progress pengerjaan dari masing-masing subkontraktor Biaya optimal yang didapatkan kontraktor pada saat waktu optimal 132 hari dengan biaya Rp 209,371,052,525.7

10. Rahman dalam penelitiannya yang berujudul "Penerapan Metode Critical Path Method (Cpm) Dalam Perencanaan Waktu Proyek Kontruksi". Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sebuah proyek kontruksi direncanakan dengan waktu yang telah ditentukan agar proyek sesuai dengan yang telah direncanakan. Keberhasilan proyek dapat dilihat dari ketepatan waktu dalam menyelesaikan proyek. Sebagai antisipasi terhadap keterlambatan maka perlu dilakukan perencanaan dengan alat pengendalian, alat pengendalianya yaitu Metode Critical Path Method (CPM). Metode CPM berbasis jaringan yang disebut Metode Jalur Kritis. Langkah-langkah Metode CPM yaitu Analisa Jaringan Kerja, Diagram Jaringan Kerja, Durasi Kegiatan Waktu dan Jalur Kritis. Pengumpulan datanya dari item pelaksanaan pekerjaan dan time schedule. Metode perencanaan CPM dilakukan pengumpulan data, menganalisa pengolahan data, perencanaan Metode CPM dan Flowchart.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskripsitf Kuantitatif. Menurut Sugiyono (2019) metode penelitian deskriptif Kuantitatif ialah metode penelitian yang digunakan untuk menggambarkan atau menguraikan fenomena yang terjadi dengan cara mengumpulkan data yang dapat diukur atau dihitung secara statistik. Tujuan utama dari penelitian deskriptif kuantitatif adalah untuk memberikan gambaran yang akurat mengenai karakteristik suatu fenomena atau keadaan tertentu berdasarkan data numerik yang diperoleh.

Peneliti mengelola data dengan menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM). *Critical Path Method* (CPM) yang merupakan model kegiatan proyek yang digambarkan dalam bentuk jaringan rangkaian item pekerjaan dalam suatu proyek yang menjadi bagian kritis atas terselesainya proyek secara keseluruhan. Sudiani (2021).

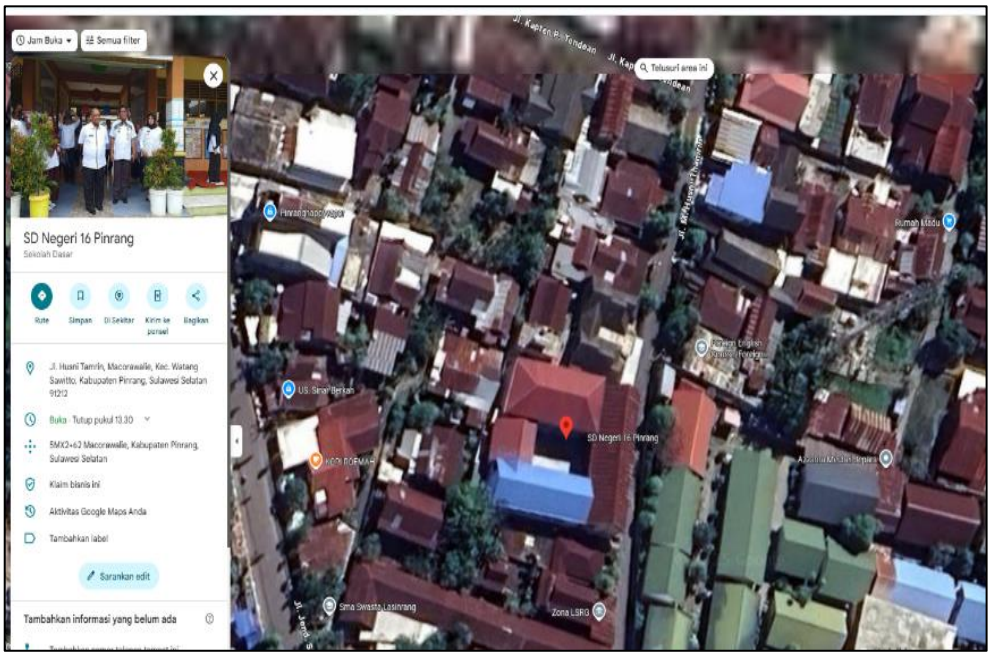
B. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Lokasi Penelitian

   Lokasi penelitian ini dilaksanakan di SD Negeri 16 Kabupaten Pinrang yang terletak di Kelurahan Macorawalie, Kecamatan Watang Sawitto, Kabupaten Pinrang, Provinsi Sulawesi Selatan. Sekolah ini merupakan lembaga pendidikan dasar milik pemerintah daerah dengan status negeri, yang telah

berdiri sejak tahun 1963 dan memiliki izin operasional resmi berdasarkan SK Dinas Pendidikan pada tahun 2018.

Berdasarkan peta lokasi pada laman URL berikut gambar lokasi penelitian via google maps:



Gambar 4.1 Peta Lokasi Penelitian

2. Waktu Penelitian

Waktu Penelitian ini dilakukan selama 2 bulan.

C. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Perangkat Lunak Manajemen Proyek:

a. Microsoft Project

Digunakan untuk membuat diagram jaringan proyek, menghitung jalur kritis, dan mengelola jadwal proyek.

b. *Microsoft* Excel

Untuk mengelola data numerik dan melakukan perhitungan sederhana terkait waktu dan biaya.

2. Komputer atau Laptop:

Untuk menjalankan perangkat lunak manajemen proyek dan melakukan analisis data.

3. Alat Tulis:

Kertas, pensil, dan pena untuk membuat sketsa awal diagram jaringan dan mencatat temuan selama proses penelitian.

4. Kamera atau Smartphone:

Untuk mendokumentasikan progres pembangunan bertingkat sebagai bagian dari data kualitatif.

D. Prosedur Penelitian

Tahap-tahap penelitian pengembangan yang dilakukan antara lain:

1. Tahap persiapan

Langkah yang dilakukan adalah merumuskan masalah penelitian, menentukan tujuan penelitian dan melakukan studi pustaka yaitu dengan membaca materi kuliah, buku-buku skripsi, buku-buku referensi serta jurnal yang berhungungan dengan pembuatan laporan penelitian.

2. Tahap pengumpulan data dan pengolahan data

Pada tahapan ini dilakukan identifikasi data-data yang bertujuan agar penulis dapat melakukan pengolahan data sehingga hasil dapat diketahui. Data *primer* yaitu observasi ke bangunan objek dan data *sekunder* yang diperlukan.

3. Tahap Analisis Hasil Data

   Menganalisa menentukan waktu penyelesaian proyek yang optimal dan menentukan pekerjaan yang terdapat pada lintasan kiritis dengan CPM.

4. Tahap Penutup

   Menentukan keputusan dari hasil yang diperolah pada pengolahan data yang merupakan rangkuman dari hasil analisis kegiatan dalam penyusunan skripsi serta saran-saran untuk pengembangan dan penelitian selanjutnya.

E. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian dilakukan guna memperoleh suatu data atau informasi. Untuk dapat memperoleh suatu data atau informasi tersebut dibutuhkan sebuah alat atau instrumen pengumpul data. Berikut teknik pengumpulan data yang akan dilakukan:

1. Data Primer
   a. Studi Dokumentasi

      Mengumpulkan data dari dokumen proyek (rencana, anggaran, jadwal, laporan kemajuan, catatan pengeluaran) bertujuan untuk memperoleh gambaran awal mengenai perencanaan dan pelaksanaan proyek, terutama terkait aspek waktu dan biaya.

   b. Observasi Lapangan

      Mengamati langsung proses pembangunan di lapangan untuk mencatat kegiatan, durasi tiap tahapan, dan penggunaan sumber daya, serta mendokumentasikannya melalui catatan lapangan, checklist observasi, dan foto/video.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung yang digunakan untuk melengkapi sumber data primer. Pada penelitian ini data sekunder yaitu:

a. Time Schedule (Jadwal Waktu)

Time schedule atau jadwal waktu adalah rencana yang menetapkan urutan kegiatan, waktu mulai, dan waktu selesai setiap kegiatan dalam suatu proyek. Tujuannya adalah untuk mengatur dan mengelola waktu secara efisien agar proyek dapat diselesaikan tepat waktu sesuai dengan target yang telah ditetapkan.

b. Gambar Proyek (Project Drawings)

Gambar proyek merujuk kepada dokumentasi visual yang menggambarkan rancangan, perencanaan, atau detail teknis dari proyek konstruksi atau proyek lainnya. Gambar proyek mencakup berbagai aspek, seperti desain arsitektur, struktur bangunan, tata letak, dan instalasi teknis yang dibutuhkan untuk melaksanakan proyek.

c. RAB (Rencana Anggaran Biaya)

RAB adalah dokumen yang berisi perkiraan biaya yang diperlukan untuk melaksanakan suatu proyek. RAB mencakup biaya-biaya seperti biaya material, biaya tenaga kerja, biaya sewa peralatan, biaya administrasi, dan biaya lainnya yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek sesuai dengan spesifikasi dan standar yang ditetapkan.

F. Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode jalur kritis (CPM) untuk penjadwalan proyek Pembangunan SDN 16 Pinrang yang dilaksanakan oleh kontraktor CV. Rahmat Pratama.

Pada metode CPM, terdapat dua buah perkiraan waktu dan biaya untuk setiap kegiatan yang terdapat dalam jaringan. Kedua perkiraan tersebut adalah perkiraan waktu penyelesaian dan biaya yang sifatnya normal (normal estomate) dan perkiraan waktu dan biaya yang sifatnya dipercepat (Crash Estimate). Dalam menentukan perkiraan waktu penyelesaian akan dikenal jalur kritis, jalur yang memiliki rangkaian-rangkaian kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Sehingga dapat dikatakan bahwa jalur kritis berisikan kegiatan-kegiatan kritis dari awal sampai akhir jalur.

Untuk mengetahui langkah-langkah yang akan dilakukan didalam penelitian ini, yaitu:

1. Mengumpulkan data-data dari CV.RAHMAT PRATAMA seperti data gambar kerja proyek, Time Schedule & Kurva S, Analisis Harga Satuan (AHS).
2. Melakukan inventarisasi kegiatan proyek yang ada di time schudule ke dalam sebuah tabel agar mudah untuk dideskripsikan.
3. Setelah poin 2 selesai, dilanjutkan dengan memberikan kode kegiatan dari seluruh item pekerjaan kedalam tabel agar mudah untuk di identifikasi. Kode bisa berupa huruf abjad dari A-Z
4. Menghitung durasi dan biaya dari masing-masing kegiatan yang dihasilkan dari perhitungan produktifitas pekerja berdasarkan analisa harga satuan berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tahun 2023 serta hasil pengamatan dan wawancara di lapangan, yaitu volume pekerjaan, jumlah pekerja, dan produktifitas pekerja per hari. Untuk

perhitungan ini, satuan yang digunakan adalah mingguan.

5. Menyusun kembali kegiatan-kegiatan pekerjaan pada poin 2 menjadi urutan yang sesuai logika ketergantungan antara tiap pekerjaan berdasarkan studi literatur, pengamatan dan wawancara langsung. Menentukan logika ketergantungan antar kegiatan dilakukan dengan tiga kemungkinan hubungan, yaitu kegiatan yang mendahului, kegiatan yang didahului, serta bebas (Dummy).
6. Melakukan perhitungan analisa waktu dengan metode CPM dengan tolak ukur EET (Earlist Event Time) atau sering disebut waktu paling awal, dan LET (Latest Event Time) atau waktu paling akhir. Ada 3 perhitungan yang digunakan dalam metode CPM khusus nya untuk mengetahui nilai waktu dari EET dan LET, yaitu:

   a. Perhitungan Maju.

   b. Perhitungan Mundur.

   c. Perhitungan Slack atau Total Float.

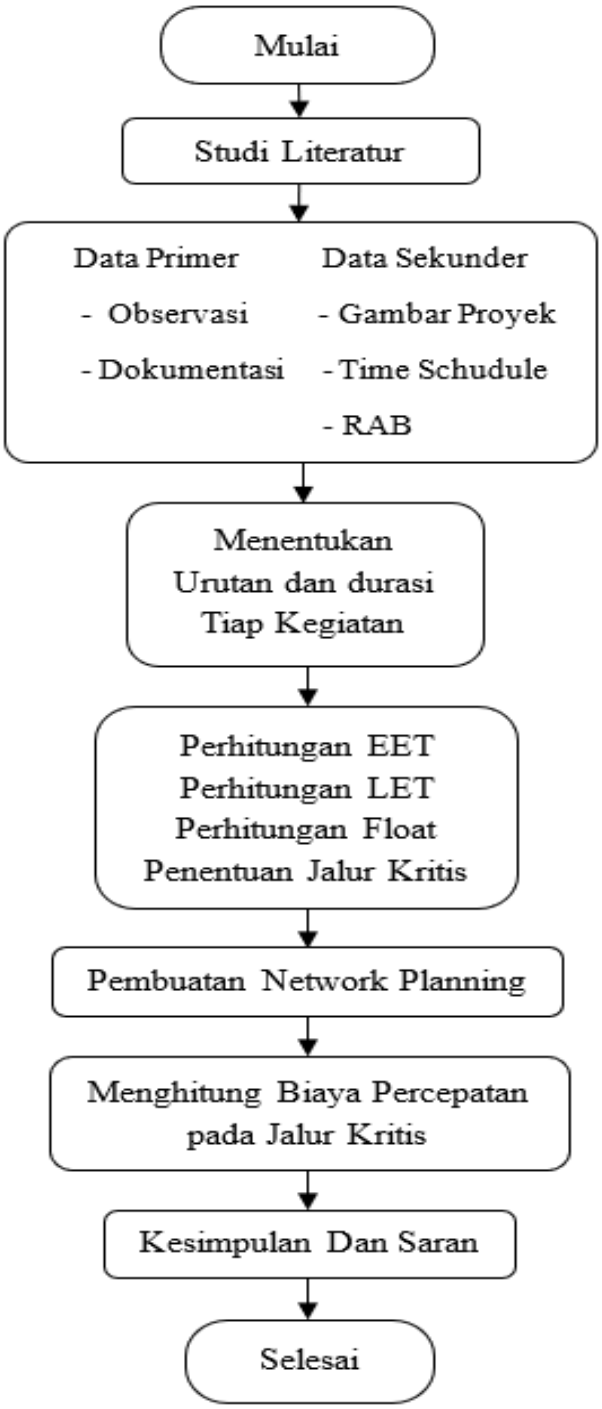
   Pada perhitungan ini peneliti akan menggunakan software bantuan berupa microsoft excel agar perhitungan lebih cepat diselesaikan.
7. Setelah perhitungan pada poin 6 selesai dilakukan terhadap semua item pekerjaan maka akan ditentukan jalur kritisnya. Pekerjaan dapat dikatakan kritis apabila TF (Total Float) = 0.
8. Langkah selanjutnya menggambar network planning CPM berisi, node (berupa lingkaran) yang didalamnya berisi nomor dari kegiatan, hasil perhitungan EET dan LET, lalu tanda anak panah yang menunjukkan arah

dari kegiatan sebelumnya menuju kegiatan berikutnya, kode kegiatan yang sudah ditentukan, durasi kegiatan yang sebelumnya dihitung pada poin 4, dummy dari kegiatan yang sudah ditentukan serta kegiatan kritis yang sudah didapat dari total float. Pada penggambaran network planning ini peneliti menggunakan software bantuan berupa microsoft project.

9. Setelah membuat *network planning* maka dilakukan perhitungan biaya percepatan pada jalur kritis

G. Diagram Alir Penelitian

Berikut diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada Gambar:



Gambar Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di SD Negeri 16 Kabupaten Pinrang, yang berlokasi di Kelurahan Macorawalie, Kecamatan Watang Sawitto, Kabupaten Pinrang, Provinsi Sulawesi Selatan. Lokasi sekolah ini berada di lingkungan permukiman warga yang cukup padat, namun tetap mudah diakses melalui jalur utama kota. SDN 16 Pinrang terletak di Jalan Husni Thamrin, yang merupakan jalur penghubung penting di wilayah Kecamatan Watang Sawitto. Dari pusat kota Pinrang, lokasi sekolah dapat ditempuh dalam waktu kurang lebih 10 menit menggunakan kendaraan roda dua maupun roda empat.

Gedung yang menjadi objek penelitian merupakan bangunan bertingkat dua yang digunakan sebagai fasilitas pendidikan dasar (Sekolah Dasar Negeri). Bangunan ini dibangun sebagai bagian dari proyek pengembangan infrastruktur pendidikan yang dibiayai oleh pemerintah daerah melalui penyedia jasa konstruksi CV. Rahmat Pratama. Secara spesifik, bangunan terletak di dalam kompleks utama SDN 16 Pinrang dan memiliki peruntukan sebagai ruang kelas, ruang guru, serta ruang administrasi yang berada di lantai satu dan dua. Bangunan ini didesain untuk menampung aktivitas pembelajaran dengan kapasitas tinggi serta mendukung kebutuhan pendidikan yang semakin meningkat di wilayah tersebut. Dari segi kondisi fisik, lokasi pembangunan berdiri di atas lahan datar yang strategis dan telah dilengkapi akses menuju jaringan air bersih, listrik, dan jalan lingkungan. Penelitian

ini difokuskan pada proses perencanaan dan penjadwalan pembangunan gedung bertingkat SDN 16 Pinrang yang mencerminkan karakteristik proyek konstruksi vertikal dengan kompleksitas pekerjaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan bangunan satu lantai.

B. Analisis Data dan Pembahasan

1. Data Penelitian

Dalam penelitian ini beberapa data primer di kumpulkan peneliti sebagai data penelitian untuk melakukan analisis data pada pembahasan penelitian, berikut deskripsi data penelitian yang ditemukan peneliti yaitu sebagai berikut:

a. Data Kuantitas Pekerjaan

Berikut deskripsi kuantitas pekerjaan pada Lantai I *SDN 16 Kab Pinrang* yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.1 Deskripsi kuantitas pekerjaan pada Lantai I *SDN 16 Kab Pinrang*

Pekerjaan Tanah	**Perhitungan**	**Jumlah**
Galian Tanah		
Galian Tanah FILECAP	1,10 m x 1,10 m x 1,60 m x 29,00	56,14 m^3
Galian Pondasi Garis	122,00 m x 0,87 m x 1,00 m	106,14 m^3
Total Galian Tanah		162,28 m^3
Urugan Tanah Kembali Dipadatkan	1/4 x Galian	40,57 m^3
Urugan Pasir		
Arah Vertikal	50,00 m x 0,87 m x 0,10 m	4,35 m^3
Arah Horizontal	72,00 m x 0,87 m x 0,10 m	6,26 m^3
Tambahan	3,90 m x 0,87 m x 0,10 m	0,34 m^3
Jumlah A		10,95 m^3
Dikurangi Kolom Pedestal	0,35 m x 0,35 m x 0,10 m x 29,00	0,36 m^3
Total Urugan Pasir (A - B)		10,60 m^3
Pasangan Batu Kosong	113,30 m x 0,80 m x 0,20 m	18,13 m^3
Pasangan Batu Pondasi	((0,80 m + 0,30 m) / 2) x 0,75 m x 113,30 m	46,74 m^3

Pekerjaan Tanah	Perhitungan	Jumlah
Pasangan Batu Bata Saluran	77,96 m x 0,3 m x 2,00 m	46,776 m^3
Pekerjaan Plesteran Saluran (1:4)	77,96 m x 0,95 m	74,062 m^2
Urugan Sirtu Bawah Lantai		
Perhitungan 1	7,70 m x 6,70 m x 0,18 m x 3,00	27,859 m^3
Perhitungan 2	7,70 m x 2,70 m x 0,18 m x 1,00	3,742 m^3
Perhitungan 3	23,70 m x 0,60 m x 0,18 m x 1,00	2,560 m^3
Perhitungan 4	72,00 m x 0,80 m x 0,15 m x 1,00	8,640 m^3
Total Urugan Sirtu Bawah Lantai		42,800 m^3

PEKERJAAN BETON	Perhitungan	Jumlah
Pekerjaan Pilecap dan Kolom Pedestal Beton Bertulang		
Beton fc 20 Mpa		
Pilecap	1,00 m x 1,00 m x 0,25 m x 29,00	7,25 m^3
Kolom Pedestal	0,35 m x 0,35 m x 1,25 m x 29,00	4,44 m^3
Total Beton Bertulang		11,69 m^3
Pembesian ≥12 mm		
12 mm		901,32 kg
16 mm		1.047,03 kg
13 mm		345,69 kg
Total Pembesian ≥12 mm		2.194,00 kg
Pembesian ≤12 mm		
8 mm		114,88 kg
Total Pembesian ≤12 mm		114,88 kg
Bekisting (3x Pakai)		
Pilecap	1,00 m x 0,25 m x 4,00 m x 29,00	29,00 m^2
Kolom Pedestal	1,25 m x 0,35 m x 4,00 m x 29,00	50,75 m^2
Total Bekisting		79,75 m^2
Pekerjaan Sloof Utama (30x40 cm)		
Beton fc 20 Mpa	125,90 m x 0,30 m x 0,40 m	15,11 m^3
Total Sloof Beton		15,11 m^3
Pembesian Sloof Beton ≥12 mm		
16 mm		993,35 kg
12 mm		447,70 kg

PEKERJAAN BETON	Perhitungan	Jumlah
Total Pembesian Sloof ≥12 mm		1.441,05 kg
Pembesian Sloof ≤12 mm		
8 mm		415,62 kg
Total Pembesian Sloof ≤12 mm		415,62 kg
Bekisting Sloof (3x Pakai)		
Bekisting Sloof	125,90 m x 0,40 m x 2,00 m	100,72 m²
Total Bekisting Sloof		100,72 m²

Berikut deskripsi kuantitas pekerjaan pada **Lantai II** *SDN 16 Kab Pinrang* yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.2 Deskripsi Kuantitas Pekerjaan Pada Lantai II *SDN 16 Kab Pinrang*

Pekerjaan	Perhitungan	Jumlah
Pekerjaan Tanah		
Galian Tanah	18.25 m × 0.70 m × 0.70 m	8.93 m³
Urugan Kembali Dipadatkan	¼ dari volume galian	2.23 m³
Pondasi		
Pasangan Batu Pondasi	(0.70 m + 0.30 m) ÷ 2 × 0.50 m × 18.25 m	4.57 m³
Sloof (20x40 cm)		
Beton fc 20 Mpa	(24.00 m × 0.20 m × 0.40 m) + (10.00 m × 0.20 m × 0.40 m)	9.76 m³
Pembesian (≥12 mm)	(24 m × 4) + (10 m × 4)	136.00 m (120.90 kg)
Pembesian (<12 mm)	1.26 × 25.13 × 8	200.94 m (79.36 kg)
Bekisting 3x Pakai	(24.00 m × 0.40 m × 2) + (10.00 m × 0.40 m × 2)	27.20 m²
Kolom Utama (35x35 cm)		

Pekerjaan	Perhitungan	Jumlah
Beton fc 20 Mpa	0.35 m × 0.35 m × 3.77 m × 29	13.39 m^3
Pembesian (≥12 mm)	0.889 × 3.95 × 6 × 29	687.30 m (611.01 kg)
Pembesian (<12 mm)	0.395 × 1.26 × 25.13 × 29	918.37 m (362.76 kg)
Bekisting 3x Pakai	3.77 m × 0.35 m × 4 × 29	153.06 m^2
Balok (20x40 cm)		
Beton fc 20 Mpa	6.00 m × 0.20 m × 0.40 m	0.48 m^3
Pembesian (≥12 mm)	(6.00 m × 4 × 1.578) + (6.00 m × 4 × 1.042)	48.00 m (72.10 kg)
Pembesian (<12 mm)	1.46 × 20	29.20 m (11.34 kg)
Bekisting 3x Pakai	6.00 × 0.40 m × 2	9.60^2

b. Perhitungan Data Quality dan Quantity

Berikut dijabarkan data quality dan quantity dalam proses pembagungan gedung SDN 16 Kab Pinrang:

Tabel 4.3 Data Quality Dan Quantity

NO.	URAIAN PEKERJAAN	HAR.SAT (Rp)	JUMLAH		Bobot (%)
			Rencana Akhir (Kontrak Akhir Hasil CCO)	Realisasi	
1	Pemasangan Papan Nama Kegiatan	350.000,00	350.000,00	350.000,00	0,02
2	Administrasi/Dokumentasi (Kelengkapan FHO)	1.000.000,00	1.000.000,00	1.000.000,00	0,05
3	Pekerjaan Bongkaran Atap	14.500,00	2.900.000,00	5.072.970,00	0,28
	Jumlah		**4.250.000,00**	**6.422.970,00**	**0,35**
1	Papan Informasi K3	550.000,00	550.000,00	550.000,00	0,03
1	Topi Pelindung (Safety Helmet)	88.000,00	792.000,00	792.000,00	0,04

2	Sarung Tangan (Safety Gloves)	7.500,00	67.500,00	67.500,00	0,00
3	Sepatu Keselamatan (Safety Shoes)	130.000,00	1.170.000,00	1.170.000,00	0,06
4	**Rompi Keselamatan (Safety Vest)**	110.000,00	990.000,00	990.000,00	0,05
1	**BPJS Ketenagakerjaan dan Kesehatan Kerja**	2.870.000,00	2.870.000,00	2.870.000,00	0,16
1	Petugas K3	2.330.000,00	2.330.000,00	2.330.000,00	0,13
	FASILITAS SARANA KESEHATAN				
1	Peralatan P3K (Kotak P3K, Obat Luka, Perban)	388.300,00	388.300,00	388.300,00	0,02
	Jumlah		**9.157.800,00**	**9.157.800,00**	**0,50**
	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI I				
1	Galian Tanah	135.000,00	21.787.650,00	21.908.340,00	1,20
2	Urugan tanah kembali dipadatkan	88.500,00	3.570.090,00	3.590.533,50	0,20
3	Urugan pasir	128.200,00	1.305.076,00	1.358.670,01	0,07
4	Pasangan Batu Kosong	581.100,00	11.244.285,00	10.534.180,80	0,58
5	Pasangan Batu Pondasi	1.165.000,00	54.447.731,25	54.447.731,25	2,97
6	Pasangan Batu Bata Saluran	302.500,00	14.157.000,00	14.149.740,00	0,77
7	Pek. Plesteran Saluran (1 : 4)	76.000,00	5.612.600,00	5.628.712,00	0,31
8	Urugan Sirtu bawah Lantai	286.500,00	11.193.555,00	12.262.314,60	0,67
	Jumlah		**123.317.987,25**	**123.880.222,16**	**6,77**
	PEKERJAAN BETON LANTAI I				
1	Pek. Pilecap Dan Kolom Pedestal Beton Bertulang				
	- Beton fc 20 Mpa	1.462.100,00	17.106.570,00	17.092.862,81	0,93
	- Pembesian ≥ 12 mm	25.100,00	54.163.541,00	55.069.449,20	3,01
	- Pembesian < 12 mm	16.300,00	1.753.554,00	1.872.572,69	0,10
	- Bekisting 3x pakai	214.100,00	17.074.475,00	17.074.475,00	0,93
2	**Pek. Sloef Utama (30x40)**				
	- Beton fc 20 Mpa	1.462.100,00	21.492.870,00	22.089.406,80	1,21

	- Pembesian ≥ 12 mm	25.100,00	35.661.327,00	36.170.390,14	1,98
	- Pembesian < 12 mm	16.300,00	6.662.951,00	6.774.623,60	0,37
	- Bekisting 3x pakai	183.100,00	17.930.983,00	18.441.832,00	1,01
3	**Pek. Kolom Utama (35 x 35)**				
	- Beton fc 20 Mpa	1.462.100,00	18.919.574,00	19.010.443,52	1,04
	- Pembesian ≥ 12 mm	25.100,00	57.549.280,00	59.403.278,45	3,24
	- Pembesian < 12 mm	16.300,00	5.740.412,08	5.740.412,08	0,31
	- Bekisting 3x pakai	214.100,00	31.639.698,00	31.814.403,60	1,74
4	Pek. Kolom Praktis (10 x 13)				
	- Beton fc 20 Mpa	1.462.100,00	394.767,00	507.875,06	0,03
	- Pembesian	16.300,00	899.271,00	1.859.368,91	0,10
	- Bekisting 3x pakai	214.100,00	1.190.396,00	1.487.395,52	0,08
5	Pek. Balok Utama (30x50)				
	- Beton fc 20 Mpa	1.462.100,00	24.270.860,00	24.948.572,59	1,36
	- Pembesian ≥ 12 mm	25.100,00	57.446.621,00	63.087.006,66	3,45
	- Pembesian < 12 mm	16.300,00	9.113.330,00	9.380.156,22	0,51
	- Bekisting 3x pakai	239.200,00	36.930.088,00	37.951.663,36	2,07
6	Balok Diafragma (30 x 60)				
	- Beton fc 20 Mpa	1.462.100,00	4.664.099,00	5.558.319,36	0,30
	- Pembesian ≥ 12 mm	25.100,00	11.366.535,00	14.213.628,00	0,78
	- Pembesian < 12 mm	16.300,00	1.693.570,00	1.881.072,16	0,10
	- Bekisting 3x pakai	239.200,00	5.628.376,00	7.956.748,80	0,43
7	Pek. Lantai Plat Beton Bertulang t = 12 cm				
	- Beton fc 20 Mpa	1.462.100,00	41.377.430,00	40.429.685,08	2,21
	- Pembesian	16.300,00	46.226.311,00	46.349.472,89	2,53
	- Bekisting 3x pakai	239.200,00	42.483.737,92	42.483.737,92	2,32
8	Pek. Plat Tangga				

	- Beton fc 20 Mpa	1.462.100,00	3.713.734,00	5.348.032,46	0,29
	- Pembesian < 12 mm	16.300,00	6.144.385,90	6.144.385,90	0,34
	- Bekisting 3x pakai	239.200,00	4.793.568,00	7.688.270,72	0,42
	Jumlah		**584.032.314,89**	**607.829.541,48**	**33,20**
	LANTAI II				
1	Pek. Kolom Utama (25 x 25)				
	- Beton fc 20 Mpa	1.462.100,00	9.474.408,00	19.581.795,64	1,07
	- Pembesian ≥ 12 mm	25.100,00	14.726.672,00	15.336.343,47	0,84
	- Pembesian < 12 mm	16.300,00	5.912.938,12	5.912.938,12	0,32
	- Bekisting 3x pakai	214.100,00	22.227.862,00	32.770.574,20	1,79
2	Pek. Ringbalk (10 x18)				
	- Beton fc 20 Mpa	1.462.100,00	4.093.880,00	4.084.961,19	0,22
	- Pembesian < 12 mm	16.300,00	8.119.087,12	8.119.087,12	0,44
	- Bekisting 3x pakai	214.100,00	11.976.754,00	11.996.879,40	0,66
3	Pek. Plat Koridor				
	- Beton fc 20 Mpa	1.462.100,00	409.388,00	683.894,35	0,04
	- Pembesian < 12 mm	16.300,00	784.031,40	784.031,40	0,04
	- Bekisting 3x pakai	239.200,00	406.640,00	669.736,08	0,04
4	Pek. Balok Koridor (30x50)				
	- Beton fc 20 Mpa	1.462.100,00	336.283,00	610.046,60	0,03
	- Pembesian ≥ 12 mm	25.100,00	788.642,00	1.542.613,87	0,08
	- Pembesian < 12 mm	16.300,00	250.205,00	229.365,12	0,01
	- Bekisting 3x pakai	239.200,00	891.266,94	928.000,32	0,05
	Jumlah		**80.398.057,58**	**103.250.266,89**	**5,64**
	PEMASANGAN PAGAR				
1	**Galian Tanah**	135.000,00	1.080.000,00	862.312,50	0,05
2	Urugan tanah kembali dipadatkan	88.500,00	177.000,00	141.323,44	0,01

3	Pasangan Batu Pondasi	1.165.000,00	6.698.750,00	5.049.546,88	0,28
4	Pek. Sloef (20x20)				
	- Beton fc 20 Mpa	1.462.100,00	1.111.196,00	1.013.966,35	0,06
	- Pembesian < 12 mm	16.300,00	1.013.697,00	1.024.741,88	0,06
	- Bekisting 3x pakai	183.100,00	1.391.560,00	1.336.630,00	0,07
5	Pek. Kolom (20x20)				
	- Beton fc 20 Mpa	1.462.100,00	804.155,00	179.428,91	0,01
	- Pembesian ≥ 12 mm	25.100,00	1.229.398,00	910.407,12	0,05
	- Pembesian < 12 mm	16.300,00	149.634,00	72.873,78	0,00
	- Bekisting 3x pakai	214.100,00	2.363.664,00	1.050.974,08	0,06
6	Pek. Ringbalk (20 x15)				
	- Beton fc 20 Mpa	1.462.100,00	833.397,00	387.090,98	0,02
	- Pembesian < 12 mm	16.300,00	939.043,00	863.315,16	0,05
	- Bekisting 3x pakai	214.100,00	1.220.370,00	1.133.659,50	0,06
7	Pek. Ringbalk (13x15)				
	- Beton fc 20 Mpa	1.462.100,00	540.977,00	387.090,98	0,02
	- Pembesian < 12 mm	16.300,00	918.505,00	863.315,16	0,05
	- Bekisting 3x pakai	214.100,00	1.220.370,00	1.133.659,50	0,06
	Jumlah		**21.691.716,00**	**16.410.336,20**	**0,90**
	PEKERJAAN ARSITEKTUR **PEKERJAAN DINDING & LANTAI** **LANTAI I**				
1	Pek. Pasangan Dinding Batu Bata (1 : 4)	147.000,00	34.164.270,00	36.879.183,60	2,01
2	Pek. Plesteran Dinding (1 : 4)	76.000,00	34.004.680,00	38.133.577,60	2,08
3	Pek. Cat Dinding Tembok	44.500,00	18.471.505,00	18.366.244,70	1,00
4	Acian Dinding	62.450,00	25.922.370,50	29.316.203,26	1,60
5	Pek. Acian Beton	62.450,00	11.096.840,42	11.096.840,42	0,61
6	Pasangan Lantai Keramik 40 x 40	157.200,00	34.449.876,96	36.210.123,96	1,98

7	Pasangan Lantai Keramik 20 x 20 (WC)	242.700,00	1.577.550,00	1.518.525,36	0,08
8	Pasangan Dinding Keramik 20 x 25 (WC)	307.700,00	9.951.018,00	9.945.725,56	0,54
9	Pasangan Dinding Keramik 20 x 20				
10	Pasangan Keramik 30 x 30 Tangga	343.200,00	4.509.648,00	7.042.772,88	0,38
11	Pekerjaan Rabat Beton Lantai fc 7,5 Mpa	1.259.100,00	23.573.978,21	23.573.978,21	1,29
	Jumlah		**197.721.737,09**	**212.083.175,55**	**11,58**
	PEKERJAAN KUSEN, PINTU & JENDELA				
1	Pek. Kusen Pintu & Jendela Kayu Kls II	121.500,00	24.946.380,00	25.562.385,00	1,40
2	Pek. Jalusi Kusen Pintu & Jendela Kayu Kls II	821.600,00	13.014.144,00	13.014.144,00	0,71
3	Pas. Daun Pintu Panil Kayu Kls II	987.100,00	9.377.450,00	9.405.088,80	0,51
4	Pas. Daun Jendela Kaca (Ungkit)	281.500,00	3.135.910,00	3.245.920,20	0,18
5	Pas. Kaca Jendela / Kaca Mati Tebal 5 mm	282.400,00	4.953.296,00	5.492.651,76	0,30
6	Pek. Cat Kayu (Kusen pintu dan jendela)	78.500,00	8.514.110,00	9.607.850,50	0,52
7	Pek. Kunci Pintu 2 x Slag	186.100,00	1.302.700,00	1.302.700,00	0,07
8	Pek. Engsel Pintu	66.500,00	1.396.500,00	1.396.500,00	0,08
9	Pek. Pas. Grendel Pintu	74.000,00	518.000,00	518.000,00	0,03
10	Pek. Engsel Jendela	46.000,00	2.208.000,00	2.208.000,00	0,12
11	Pek. Pas. Grendel Jendela	59.000,00	1.416.000,00	1.416.000,00	0,08
12	Pek. Pas. Hak Angin	54.000,00	2.592.000,00	2.592.000,00	0,14
13	Pek. Handel Pintu		-	-	0,00
	Jumlah		**73.374.490,00**	**75.761.240,26**	**4,14**
	PEKERJAAN PASANGAN PLAFOND				
1	Pek. Rangka Plafond Besi Hollow Metal Furing	162.100,00	33.254.815,00	32.615.995,11	1,78
2	Pek. Plafond Klasiboard	73.100,00	14.996.465,00	14.708.385,21	0,80
3	Pas. List Plafon kayu sudut Profil	16.500,00	2.224.860,00	2.588.520,00	0,14
4	Pek. Cat Plafond	44.450,00	9.118.917,50	10.059.995,12	0,55
5	Pek. Cat Lis Plafpond	78.500,00	529.090,00	492.603,20	0,03

			Jumlah		**60.124.147,50**	**60.465.498,64**	**3,30**
	PEMASANGAN PAGAR						
1	Pek. Pasangan Dinding Batu Bata (1 : 4)			147.000,00	4.837.770,00	4.825.863,00	0,26
2	Pek. Plesteran Dinding (1 : 4)			76.000,00	5.002.320,00	6.546.640,00	0,36
3	Pek. Cat Dinding Tembok			44.500,00	2.928.990,00	3.833.230,00	0,21
			Jumlah		**12.769.080,00**	**15.205.733,00**	**0,83**
LANTAI II PEKERJAAN DINDING & LANTAI							
1	Pek. Pasangan Dinding Batu Bata (1 : 4)			147.000,00	35.127.120,00	40.563.841,50	2,22
2	Pek. Plesteran Dinding (1 : 4)			76.000,00	36.321.920,00	41.943.564,00	2,29
3	Acian Dinding			62.450,00	29.845.479,50	34.465.468,05	1,88
4	Pek. Acian Beton			62.450,00	9.024.849,34	9.024.849,34	0,49
5	Pek. Cat Dinding Tembok			44.500,00	21.267.885,00	24.559.060,50	1,34
6	Pasangan Lantai Keramik 40 x 40			157.200,00	33.565.564,08	33.565.564,08	1,83
			Jumlah		**165.152.817,92**	**184.122.347,47**	**10,06**
PEKERJAAN KUSEN, PINTU & JENDELA							
1	Pek. Kusen Pintu & Jendela Kayu Kls II			121.500,00	22.817.700,00	23.462.865,00	1,28
2	Pek. Jalusi Kusen Pintu & Jendela Kayu Kls II			821.600,00	13.515.320,00	13.014.144,00	0,71
3	Pas. Daun Pintu Panil Kayu Kls II			987.100,00	5.211.888,00	4.998.674,40	0,27
4	Pas. Daun Jendela Kaca (Ungkit)			281.500,00	3.133.095,00	3.245.920,20	0,18
5	Pas. Kaca Jendela / Kaca Mati Tebal 5 mm			282.400,00	5.407.960,00	5.492.651,76	0,30
6	Pek. Cat Kayu (Kusen pintu dan jendela)			78.500,00	6.956.670,00	8.625.093,30	0,47
7	Pek. Kunci Pintu 2 x Slag			186.100,00	558.300,00	558.300,00	0,03
8	Pek. Engsel Pintu			66.500,00	598.500,00	598.500,00	0,03
9	Pek. Pas. Grendel Pintu			74.000,00	222.000,00	222.000,00	0,01
10	Pek. Engsel Jendela			46.000,00	2.208.000,00	2.208.000,00	0,12
11	Pek. Pas. Grendel Jendela			59.000,00	1.416.000,00	1.416.000,00	0,08

12	Pek. Pas. Hak Angin		54.000,00	2.592.000,00	2.592.000,00	0,14
13	Pek. Handel Pintu			-		
		Jumlah		**64.637.433,00**	**66.434.148,66**	**3,63**
PEKERJAAN PASANGAN PLAFOND						
1	Pek. Rangka Plafond Besi Hollow Metal Furing		162.100,00	47.278.491,25	47.278.491,25	2,58
2	Pek. Plafond Klasiboard		73.100,00	21.320.528,75	21.320.528,75	1,16
3	Pas. List Plafon kayu sudut Profil		16.500,00	2.263.470,00	4.682.700,00	0,26
4	Pek. Cat Plafond		44.450,00	12.964.398,13	12.964.398,13	0,71
5	Pek. Cat Lis Plafpond		78.500,00	538.510,00	891.132,00	0,05
		Jumlah		**84.365.398,13**	**87.137.250,13**	**4,76**
	PEKERJAAN PASANGAN ATAP					
1	Pek. Kuda-kuda Baja Ringan Main Truss C75		382.100,00	135.370.388,00	135.890.044,00	7,42
2	Pas. Atap Spandek 0,4 mm (warna)		143.500,00	51.750.405,00	51.784.845,00	2,83
3	Pasangan Nok Spandek		282.500,00	13.579.775,00	11.836.750,00	0,65
4	Pasangan Listplank 30 Cm Kalsiboard		92.000,00	6.925.760,00	6.955.200,00	0,38
5	Pek. Cat Lisplank		78.500,00	2.044.140,00	1.780.380,00	0,10
		Jumlah		**209.670.468,00**	**208.247.219,00**	**11,37**
	PEKERJAAN MEKANIKAL ELEKTRIKAL DAN PLUMBING					
	LANTAI I					
	PEKERJAAN MEKANIKAL, DAN ELEKTRIKAL					
1	Instalasi titik nyala NYM 2x1,5mm		383.100,00	6.895.800,00	6.895.800,00	0,38
2	Instalasi titik Stop Kontak NYM 2x1,5mm		513.500,00	1.540.500,00	1.540.500,00	0,08
3	Pasangan Saklar Ganda		37.100,00	148.400,00	148.400,00	0,01
4	Pasangan Saklar Tunggal		30.000,00	60.000,00	60.000,00	0,00
5	Pasangan Stop Kontak 13A		27.500,00	82.500,00	82.500,00	0,00

6	Fitting Tempel Bohlam LED 14 Watt	186.000,00	3.348.000,00	3.348.000,00	0,18
7	Pemasangan 1 Unit MCB Box	152.100,00	152.100,00	152.100,00	0,01
	Jumlah		**12.227.300,00**	**12.227.300,00**	**0,67**
	PEKERJAAN PLAMBING				
1	Kloset Jongkok	832.300,00	3.329.200,00	3.329.200,00	0,18
2	Pasangan Kran 3/4 "	126.100,00	504.400,00	504.400,00	0,03
3	Pipa PVC 3/4" Type AW	38.000,00	760.000,00	760.000,00	0,04
4	Pipa PVC 3" Type AW	175.500,00	3.510.000,00	3.510.000,00	0,19
5	Memasang 1 bh Floor Drain	134.500,00	538.000,00	538.000,00	0,03
6	Pembuatan Septictank 1.5 x 2 x 2 m + Peresapan	8.068.000,00	8.068.000,00	8.068.000,00	0,44
	Jumlah		**16.709.600,00**	**16.709.600,00**	**0,91**
	LANTAI II **PEKERJAAN MEKANIKAL, DAN ELEKTRIKAL**				
1	Instalasi titik nyala NYM 2x1,5mm	383.100,00	6.512.700,00	6.512.700,00	0,36
2	Instalasi titik Stop Kontak NYM 2x1,5mm	513.500,00	2.567.500,00	2.567.500,00	0,14
3	Pasangan Saklar Ganda	37.100,00	148.400,00	148.400,00	0,01
4	Pasangan Saklar Tunggal	30.000,00	60.000,00	60.000,00	0,00
5	Pasangan Stop Kontak 13A	27.500,00	82.500,00	82.500,00	0,00
6	Fitting Tempel Bohlam LED 14 Watt	186.000,00	3.348.000,00	3.348.000,00	0,18
7	Pemasangan 1 Unit MCB Box	152.100,00	152.100,00	152.100,00	0,01
	Jumlah		**12.871.200,00**	**12.871.200,00**	**0,70**
	PEKERJAAN TAMBAHAN **LANTAI I**				
1	Pek. Pengecatan Beton	44.500,00	7.442.509,30	**7.442.509,30**	0,41
	LANTAI II				
2	Pek. Pengecatan Beton	44.500,00	6.430.837,40	**6.430.837,40**	0,35
	Jumlah		**13.873.346,70**	**13.873.346,70**	**0,76**

				Realcoast	**1.746.344.894,06**	**1.832.089.196,13**	**100,06**
				Pembulatan	**1.746.344.000,00**	**1.832.089.000,00**	

c. Rekap Pekerjaan, Progres, Durasi, dan Keterlambatan

Berdasarkan data yang diperoleh dalam penelitian ini, adapun data rekat progress pekerjaan dijabarkan sebagai berikut:

Lokasi **:** Kec. Watang Sawitto, Kab. Pinrang

Penyedia Konstruksi **:** CV. Rahmat Pratama

Kontrak No. **:** 034/SP/DAU/DIKBUD/IV/2024

SKPD **:** Dinas Pendidikan dan Kebudayaan Kab. Pinrang

Alamat **:** Jl. Jend. Gatot Subroto No. 03, Kab. Pinrang

Tabel 4.4 Rekapitulasi Pekerjaan, Progres, Durasi, dan Keterlambatan

No	Uraian Pekerjaan	Bobot (%)	Durasi (Minggu)
1	Pekerjaan Persiapan	0,24%	1 Minggu
2	Penyelenggaraan SMK 3	0,52%	1 Minggu
3	Pekerjaan Tanah	7,27%	1 Minggu
4	Pekerjaan Beton Lantai I	33,73%	3 Minggu
5	Pemasangan Pagar	1,24%	1 Minggu
6	Pekerjaan Dinding & Lantai	11,30%	2 Minggu
7	Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela	4,20%	2 Minggu
8	Pekerjaan Plafon	3,44%	2 Minggu
9	Pekerjaan Beton Lantai II	4,84%	3 Minggu
10	Pekerjaan Dinding & Lantai Lantai II	9,29%	2 Minggu
11	Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela Lantai II	3,70%	2 Minggu
12	Pekerjaan Plafon Lantai II	5,08%	2 Minggu
13	Pekerjaan Atap	12,01%	2 Minggu

No	Uraian Pekerjaan	Bobot (%)	Durasi (Minggu)
14	Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing Lantai I	0,70%	1 Minggu
15	Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing Lantai II	0,74%	1 Minggu

Berdasarkan data tersebut bahwa rekap progres proyek menunjukkan bahwa meskipun terdapat keterlambatan pada beberapa pekerjaan di awal, mayoritas pekerjaan selanjutnya berhasil diselesaikan lebih cepat dari jadwal yang direncanakan. Dengan total durasi proyek selama18 minggu, proyek ini selesai lebih cepat dibandingkan perencanaan awal yang diperkirakan memakan waktu 26 minggu. Meskipun terdapat deviasi pada tahap awal, efisiensi dalam pelaksanaan pekerjaan memungkinkan pencapaian total realisasi 100% sesuai target.

Sedangkan perencanaan proyek sebagai berikut:

Table 4.5 Perencanaan Proyek

No	Uraian Pekerjaan	Bobot (%)	Durasi Perencanaan (Minggu)	Estimasi Waktu Pengerjaan
1	Pekerjaan Persiapan	0,24%	1 Minggu	Minggu ke-1
2	Penyelenggaraan SMK 3	0,52%	1 Minggu	Minggu ke-1 – 2
3	Pekerjaan Tanah	7,27%	1 Minggu	Minggu ke-2 – 3
4	Pekerjaan Beton Lantai I	33,73%	3 Minggu	Minggu ke-3 – 6
5	Pemasangan Pagar	1,24%	1 Minggu	Minggu ke-6 – 7
6	Pekerjaan Dinding & Lantai	11,30%	2 Minggu	Minggu ke-7 – 9
7	Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela	4,20%	2 Minggu	Minggu ke-9 – 11
8	Pekerjaan Plafon	3,44%	2 Minggu	Minggu ke-11 – 13
9	Pekerjaan Beton Lantai II	4,84%	3 Minggu	Minggu ke-13 – 16
10	Pekerjaan Dinding & Lantai Lantai II	9,29%	2 Minggu	Minggu ke-16 – 18
11	Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela Lantai II	3,70%	2 Minggu	Minggu ke-18 – 20
12	Pekerjaan Plafon Lantai II	5,08%	2 Minggu	Minggu ke-20 – 22

No	Uraian Pekerjaan	Bobot (%)	Durasi Perencanaan (Minggu)	Estimasi Waktu Pengerjaan
13	Pekerjaan Atap	12,01%	2 Minggu	Minggu ke-22 – 24
14	Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing Lantai I	0,70%	1 Minggu	Minggu ke-24 –25
15	Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing Lantai II	0,74%	1 Minggu	Minggu ke-25 – 26

Berdasarkan data tersebut diktehaui bahwa perencanaan proyek rehabilitasi ruang kelas SDN 16 Pinrang dirancang dengan total durasi 26 minggu, mencakup berbagai tahapan pekerjaan dengan bobot yang telah ditentukan. Pekerjaan diawali dengan tahap persiapan dan penyelenggaraan SMK 3 pada minggu pertama hingga kedua, diikuti oleh pekerjaan tanah dan struktur beton lantai I yang memiliki bobot terbesar (33,73%) dan berlangsung dari minggu ke-3 hingga minggu ke-6. Selanjutnya, pemasangan pagar, pekerjaan dinding dan lantai, serta kusen, pintu, dan jendela dilakukan secara bertahap hingga minggu ke-11. Pekerjaan lantai II dimulai pada minggu ke-16 dengan pengerjaan beton, dinding, lantai, plafon, serta atap, yang berlangsung hingga minggu ke-24. Tahap akhir mencakup pekerjaan mekanikal, elektrikal, dan plumbing yang dijadwalkan selesai dalam dua minggu terakhir, yakni minggu ke-25 hingga ke-26.

2. Analisis Metode Jalur kritis CPM (*Critical Path Method)*

a. Perhitungan EET (Earliest Event Time)

Analisis network planning dengan CPM pada pembangunan gedung bertingkat di SDN 16 Kabupaten Pinrang, perhitungan EET digunakan untuk menentukan waktu paling awal suatu aktivitas dapat dimulai dan

diselesaikan tanpa harus menunggu aktivitas sebelumnya selesai sepenuhnya.

Perhitungan : EET Selesai = EET Mulai + Durasi Pada Setiap Aktivitas Kegiatan

Aktivitas Pekerjaan persiapan

EET Selesai = EET Mulai + Durasi pada Pekerjaan Persiapan

EET Selesai = 0 + 1

EET Selesai = 1 Minggu

Aktivitas Penyelenggaraan SMK 3

EET Selesai = EET Mulai + Durasi pada Penyelenggaraan SMK 3

EET Selesai = 1 + 1

EET Selesai = 2 Minggu

Aktivitas Pekerjaan Tanah

EET Selesai = EET Mulai + Durasi pada Pekerjaan Tanah

EET Selesai = 2 + 1

EET Selesai = 3 Minggu

Hitungan selanjutnya bisa kita perhatikan pada tabel perhitungan Earliest Event Time (EET) berdasarkan 15 aktivitas proyek pembangunan SDN 16 Kabupaten Pinrang:

Tabel 4.6 Perhitungan Earliest Event Time (EET)

No	Aktivitas	Durasi (Minggu)	Aktivitas Pendahulu	Aktivitas Sesudah	EET Mulai	EET Selesai
1	Pekerjaan Persiapan	1	-	B	0	1
2	Penyelenggaraan SMK 3	1	A	C	1	2
3	Pekerjaan Tanah	1	B	D	2	3

No	Aktivitas	Durasi (Minggu)	Aktivitas Pendahulu	Aktivitas Sesudah	EET Mulai	EET Selesai
4	Pekerjaan Beton Lantai I	3	C	F	3	6
5	Pemasangan Pagar	1	F	J	8	9
6	Pekerjaan Dinding & Lantai	2	D	G, I, E	6	8
7	Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela	2	F	H	8	10
8	Pekerjaan Plafon	2	G	N	10	12
9	Pekerjaan Beton Lantai II	3	F	J	8	11
10	Pekerjaan Dinding & Lantai Lantai II	2	I	K	11	13
11	Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela Lantai II	2	J	E	13	15
12	Pekerjaan Plafon Lantai II	2	N	M	13	15
13	Pekerjaan Atap	2	K	O	15	17
14	Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing Lantai I	1	H	L	12	13
15	Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing Lantai II	1	M	-	17	18

Berdasarkan analisis penjelasan tersebut dimana pada nilai EET Mulai adalah waktu paling awal suatu aktivitas dapat dimulai. Nilai ini ditentukan berdasarkan penyelesaian aktivitas pendahulunya. Jika suatu aktivitas tidak memiliki pendahulu, maka EET Mulai dimulai dari 0. Namun, jika ada aktivitas pendahulu, maka EET Mulai sama dengan EET Selesai dari aktivitas sebelumnya. Sedangkan EET Selesai adalah waktu paling awal suatu aktivitas dapat diselesaikan. Nilainya diperoleh dengan menjumlahkan EET Mulai + Durasi dari aktivitas tersebut. Berdasarkan perhitungan Earliest Event Time (EET), setiap aktivitas dalam proyek pembangunan gedung bertingkat di SDN 16 Kabupaten Pinrang memiliki waktu mulai dan selesai paling awal yang memungkinkan tanpa menunggu

aktivitas lain yang tidak terkait. Aktivitas yang tidak memiliki pendahulu dimulai dari waktu nol (0).

b. Perhitungan Latest Event Time (LET)

LET dalam metode CPM membantu menentukan batas waktu paling lambat suatu pekerjaan dapat diselesaikan tanpa menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Pada pembangunan SDN 16 Kabupaten Pinrang, LET digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas mana yang memiliki fleksibilitas dalam penyelesaiannya dan mana yang harus selesai tepat waktu agar proyek tetap sesuai jadwal, sehingga menghindari risiko keterlambatan yang berpotensi menambah biaya.

Perhitungan : LET Mulai = LET Selesai - Durasi Pada Setiap Aktivitas

Aktivitas Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing Lantai 2

LET Mulai = LET Selesai + Durasi pada Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing Lantai 2

LET Mulai = 18 - 1

LET Mulai = 17 Minggu

Aktivitas Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing Lantai 1

LET Mulai = LET Selesai + Durasi pada Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing Lantai 1

LET Mulai = 15 - 1

LET Mulai = 14 Minggu

Aktivitas Pekerjaan Atap

LET Mulai = LET Selesai + Durasi pada Pekerjaan Atap

LET Mulai = 17 - 2

LET Mulai = 15 Minggu

Hitungan selanjutnya bisa kita perhatikan pada tabel perhitungan Latest Event Time (LET) berdasarkan 15 aktivitas proyek pembangunan SDN 16 Kabupaten Pinrang:

Tabel 4.7 Perhitungan LET (Latest Event Time)

No	Uraian Pekerjaan	Durasi	LET Mulai	LET Selesai
1	Pekerjaan Persiapan	1	0	1
2	Penyelenggaraan SDN	1	1	2
3	Pekerjaan Tanah	2	2	3
4	Pekerjaan Beton Lantai I	3	3	6
5	Pemasangan Pagar	1	12	13
6	Pekerjaan Dinding & Lantai	2	6	8
7	Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela	2	10	12
8	Pekerjaan Plafon	2	12	14
9	Pekerjaan Beton Lantai II	3	8	11
10	Pekerjaan Dinding & Lantai Lantai II	2	11	13
11	Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela Lantai II	2	13	15
12	Pekerjaan Plafon Lantai II	2	15	17
13	Pekerjaan Atap	2	15	17
14	Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing Lantai I	1	14	15
15	Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing Lantai II	1	17	18

c. Penentuan Jalur Kritis

Jalur kritis adalah rangkaian aktivitas yang memiliki float nol, yang berarti setiap keterlambatan pada aktivitas ini akan berdampak langsung pada keterlambatan proyek secara keseluruhan. Dalam pembangunan SDN 16 Kabupaten Pinrang, analisis jalur kritis dengan CPM membantu mengidentifikasi pekerjaan yang harus diprioritaskan dan diawasi dengan

ketat agar proyek dapat selesai sesuai rencana. Jalur kritis adalah jalur dengan durasi terpanjang yang menentukan waktu penyelesaian proyek.

Perhitungan : Total Float = LET Selesai – EET Mulai – Durasi pada Setiap Kegiatan

Aktivitas Pekerjaan Tanah

TF = LET Selesai - EET Mulai – Durasi pada Pekerjaan Tanah

TF = 3 – 2 – 1

TF = 0

Aktivitas Pekerjaan Pemasangan pagar

TF = LET Selesai - EET Mulai – Durasi pada Pekerjaan Pemasangan pagar

TF = 13 – 8 – 1

TF = 4

Aktivitas Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela

TF = LET Selesai - EET Mulai – Durasi pada Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela

TF = 12 – 8 – 2

TF = 2

Hitungan selanjutnya bisa kita perhatikan pada tabel perhitungan Slack Time (TF) berdasarkan 15 aktivitas proyek pembangunan SDN 16 Kabupaten Pinrang:

Dari data durasi dan keterkaitan antar aktivitas, jalur kritis yang didapat adalah:

Tabel 4.8 Perhitungan Penentuan Jalur kritis

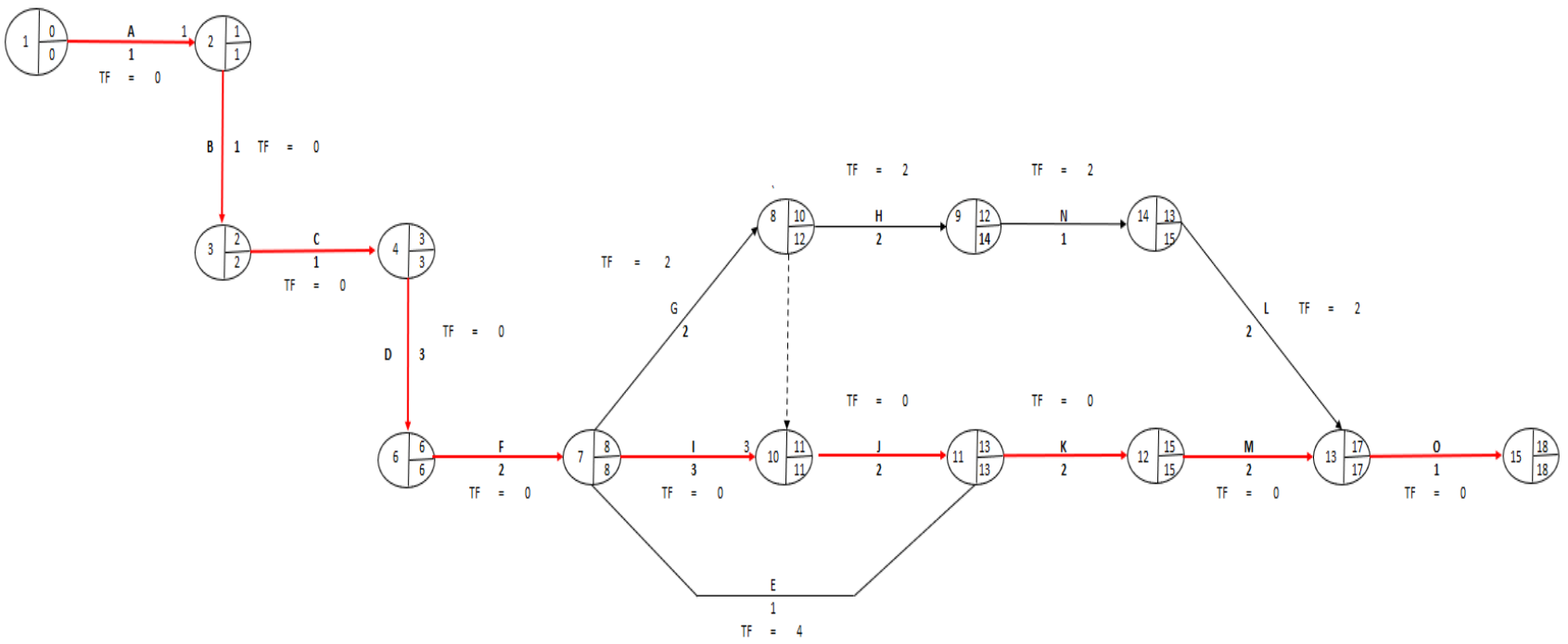
No	Uraian Pekerjaan	Durasi	LET Selesai	EET Mulai	Slack Time
1	Pekerjaan Persiapan	1	1	0	0
2	Penyelenggaraan SDN	1	2	1	0
3	Pekerjaan Tanah	1	3	2	0
4	Pekerjaan Beton Lantai I	3	6	3	0
5	Pemasangan Pagar	1	13	8	4
6	Pekerjaan Dinding & Lantai	2	8	6	0
7	Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela	2	12	8	2
8	Pekerjaan Plafon	2	14	10	2
9	Pekerjaan Beton Lantai II	3	11	8	0
10	Pekerjaan Dinding & Lantai Lantai II	2	13	11	0
11	Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela Lantai II	2	15	13	0
12	Pekerjaan Plafon Lantai II	2	17	13	2
13	Pekerjaan Atap	2	17	15	0
14	Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing Lantai I	1	15	12	2
15	Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing Lantai II	1	18	17	0

Berdasarkan analisis jalur kritis proyek, aktivitas yang memiliki *slack time* = 0 menunjukkan jalur kritis, yaitu:

Pekerjaan Persiapan → Penyelenggaraan SDN → Pekerjaan Tanah → Pekerjaan Beton Lantai I →Pekerjaan Dinding & Lantai → Pekerjaan Beton Lantai II → Pekerjaan Dinding & Lantai Lantai II → Pekerjaan Plafon Lantai II → Pekerjaan Atap → Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing Lantai II.

Aktivitas pekerjaan yang dilakukan dengan total durasi 26 minggu. Aktivitas lain yang memiliki slack time dapat mengalami keterlambatan tanpa mempengaruhi keseluruhan jadwal proyek, seperti Pekerjaan pemasangan pagar, pekerjaan kusen, pintu, jendela, pekerjaan plafon di setiap lantai dan Pekerjaan Mekanikal, elektrikal, Plumbing lantai 1.

Berikut gambar diagram dalam proses penentuan jalur kritis yaitu sebagai berikut:



Gambar Jalur Kritis Metode CPM

Simbol- simbol dan keterangan network planning

	Node atau lingkaran adalah sebuah kegiatan atau peristiwa sebagai awal atau akhir atau pertemuan dari satu atau beberapa kegiatan.
	Anak panah merah menunjukkan aktivitas pada lintasan kritis
	Anak panah menyatakan sebuah kegiatan/aktivitas yang memerlukan durasi
	Anak panah terputu – putus atau dummy kegiatan berdurasi nol, tidak membutuhkan sumber daya

Berdasarkan alur lintasan terdapat 10 aktivitas pekerjaan yang membentuk jalur kritis proyek, di mana Lima di antaranya dikategorikan sebagai aktivitas non-kritis karena memiliki *slack time*. Aktivitas tersebut adalah pekerjaan Pemasangan pagar (F→J D = 1), Pekerjaan Kusen, Pintu, jendela (G → H, D=2), Pekerjaan Plafon (H→ N, D=2), Pekerjaan Plafon lantai 2 (N→M D=2) dan N→L D=1) Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing Lantai I (N→L D=1))**.** Karena tidak berada pada jalur kritis, kelima aktivitas ini dapat mengalami keterlambatan tanpa mempengaruhi keseluruhan durasi proyek. Selain itu, beberapa pekerjaan lain seperti pekerjaan pemasangan pagar (4 Minggu), Pekerjaan Kusen, Pintu, jendela (2 minggu) dan Pekerjaan Plafon (2 minggu setiap lantai) dan Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing Lantai I (2 minggu) juga memiliki fleksibilitas dalam penyelesaiannya.

Pemanfaatan *slack time*, proyek dapat lebih efisien dan menghemat waktu sebanyak 8 minggu tanpa mengganggu jalur kritis. Pengurangan durasi dapat dilakukan dengan mempercepat Pemasangan pagar 4 minggu Pekerjaan Kusen, pintu, jendela 2 minggu, Pekerjaan Plafon Beton (2 minggu disetiap lantai), dan Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing Lantai I sebanyak 2 minggu.

Efisiensi pekerjaan dapat dicapai dengan melakukan beberapa aktivitas secara bersamaan tanpa mengganggu jalur kritis. Beberapa pekerjaan yang bisa dilakukan secara paralel antara lain Pekerjaan Pemasangan pagar dan perkerjaan Kusen, Pintu jendela dapat dikerjakan bersamaan sehingga menghemat 4 minggu. Selain itu, Pekerjaan Plafon dan pekerjaan beton lantai 2 dapat mengurangi 2 minggu, Pekerjaan Plafon dan pekerjaan M, E, P lantai 1 dapat dikerjakan secara simultan

karena tidak bergantung satu sama lain, menghasilkan efisiensi 2 minggu. Dengan kombinasi strategi ini, proyek dapat dipersingkat dari 26 minggu menjadi 18 minggu, tanpa mengubah jalur kritis utama dan tetap menjaga kualitas serta kelancaran proses konstruksi.

3. Perbandingan penjadwalan rencana proyek dengan penjadwalan metode CPM.

a. Perbandingan Biaya Proyek

Analisis biaya proyek berdasarkan perhitungan rencana proyek awal yang dilakukan pihak kontraktor sebagai berikut:

Tabel 4.9 Perbandingan Biaya Proyek

No.	Uraian Pekerjaan	Rencana Akhir (Rp)	Realisasi (Rp)	Bobot (%)
1	Administrasi/Dokumentasi (Kelengkapan FHO)	4.250.000,00	6.422.970,00	0,35
2	Fasilitas Sarana Kesehatan	9.157.800,00	9.157.800,00	0,50
3	Pekerjaan Struktur			
	Pekerjaan Struktur Lantai I	123.317.987,25	123.880.222,16	6,77
4	Pekerjaan Beton			
	Lantai I	584.032.314,89	607.829.541,48	33,20
	Lantai II	80.398.057,58	103.250.266,89	5,64
5	Pemasangan Pagar	21.691.716,00	16.410.336,20	0,90
6	Pekerjaan Arsitektur			
	Pekerjaan Dinding & Lantai (Lantai I)	197.721.737,09	212.083.175,55	11,58
	Pekerjaan Kusen, Pintu & Jendela (Lantai I)	73.374.490,00	75.761.240,26	4,14
	Pekerjaan Pasangan Plafond (Lantai I)	60.124.147,50	60.465.498,64	3,30
	Pemasangan Pagar	12.769.080,00	15.205.733,00	0,83
	Pekerjaan Dinding & Lantai (Lantai II)	165.152.817,92	184.122.347,47	10,06
	Pekerjaan Kusen, Pintu & Jendela (Lantai II)	64.637.433,00	66.434.148,66	3,63
	Pekerjaan Pasangan Plafond (Lantai II)	84.365.398,13	87.137.250,13	4,76

No.	Uraian Pekerjaan	Rencana Akhir (Rp)	Realisasi (Rp)	Bobot (%)
7	Pekerjaan Pasangan Atap	209.670.468,00	208.247.219,00	11,37
8	Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, dan Plumbing			
	Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, dan Plumbing (Lantai I)	12.227.300,00	12.227.300,00	0,67
	Pekerjaan Plambing	16.709.600,00	16.709.600,00	0,91
	Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal (Lantai II)	12.871.200,00	12.871.200,00	0,70
9	Pekerjaan Tambahan			
	Pek. Pengecatan Beton (Lantai I)	7.442.509,30	7.442.509,30	0,41
	Pek. Pengecatan Beton (Lantai II)	6.430.837,40	6.430.837,40	0,35
	Jumlah Pekerjaan Tambahan	13.873.346,70	13.873.346,70	0,76
TOTAL REALCOST	1.746.344.894,06	1.832.089.196,13	100,06	
TOTAL PEMBULATAN	1.746.344.000,00	1.832.089.000,00		

Berdasarkan data biaya anggaran yang direncanakan dan yang direalisasikan diketahui bahwa estimasi peraktivitas yaitu sebagai berikut berdasarkan penjadwalan proyek:

Table 4. 10 Estimasi Biaya Anggaran

No	Uraian Pekerjaan	Bobot (%)	Estimasi Anggaran (Rp)
1	Pekerjaan Persiapan	0,24%	4.396.999,07
2	Penyelenggaraan SMK 3	0,52%	9.526.063,82
3	Pekerjaan Tanah	7,27%	133.267.886,56
4	Pekerjaan Beton Lantai I	33,73%	618.434.676,64
5	Pemasangan Pagar	1,24%	22.949.906,03
6	Pekerjaan Dinding & Lantai	11,30%	207.023.083,19
7	Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela	4,20%	76.948.936,25
8	Pekerjaan Plafon	3,44%	63.008.270,34
9	Pekerjaan Beton Lantai II	4,84%	88.573.113,09
10	Pekerjaan Dinding & Lantai Lantai II	9,29%	170.299.098,31
11	Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela Lantai II	3,70%	67.777.300,26
12	Pekerjaan Plafon Lantai II	5,08%	93.076.933,16

No	Uraian Pekerjaan	Bobot (%)	Estimasi Anggaran (Rp)
13	Pekerjaan Atap	12,01%	219.959.922,96
14	Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing Lantai I	0,70%	12.824.624,37
15	Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing Lantai II	0,74%	13.565.859,05
Total Anggaran			Rp 1.832.089.196,13
Durasi Pekerjaan 26 Minggu			

Berdasarkan penjadwalana yang dilakukan maka efesiensi biaya anggaran dilakukan dengan cara membandingkan durasi pekerjaan yang dapat diminimalisirkan melalui metode CPM dengan rasio percepatan selama 26 minggu atau 0,7647 (76,47%), ditunjukkan pada perhitungan rasio anggaran yaitu sebagai berikut:

$$Anggaran = Total\ Anggaran\ x\ Rasio\ Percepatan\ (Bobot)$$

$$Anggaran = 1.832.089.196{,}13\ x\ 0{,}7647$$

$$Anggaran = 1.400.563.932{,}48$$

Tabel 4.11 Uraian Anggaran Awal dan Akhir

No	Uraian Pekerjaan	Anggaran Awal (Rp)	Anggaran Setelah Percepatan (Rp)
1	Pekerjaan Persiapan	4.396.999,07	3.364.517,17
2	Penyelenggaraan SMK 3	9.526.063,82	7.285.963,73
3	Pekerjaan Tanah	133.267.886,56	101.890.768,82
4	Pekerjaan Beton Lantai I	618.434.676,64	472.911.061,75
5	Pemasangan Pagar	22.949.906,03	17.561.849,47
6	Pekerjaan Dinding & Lantai	207.023.083,19	158.311.366,72
7	Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela	76.948.936,25	58.874.027,62
8	Pekerjaan Plafon	63.008.270,34	48.206.029,66
9	Pekerjaan Beton Lantai II	88.573.113,09	67.783.206,22
10	Pekerjaan Dinding & Lantai Lantai II	170.299.098,31	130.155.073,88
11	Pekerjaan Kusen, Pintu, Jendela Lantai II	67.777.300,26	51.840.081,55

No	Uraian Pekerjaan	Anggaran Awal (Rp)	Anggaran Setelah Percepatan (Rp)
12	Pekerjaan Plafon Lantai II	93.076.933,16	71.175.609,58
13	Pekerjaan Atap	219.959.922,96	168.187.568,89
14	Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing Lantai I	12.824.624,37	9.805.222,17
15	Pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, Plumbing Lantai II	13.565.859,05	10.373.614,28
Total		**Rp 1.832.089.196,13**	**Rp 1.400.563.932,48**

Berdasarkan penjelasan tersebut bahwa percepatan durasi proyek dari 26 minggu menjadi 18 minggu, estimasi anggaran yang lebih efisien mencapai Rp 1.400.563.932,48, menghasilkan penghematan Rp 431.525.263,65 atau 23,55% dari anggaran awal. Strategi percepatan dilakukan dengan memanfaatkan *slack time* pada beberapa aktivitas tanpa mengubah jalur kritis, sehingga efisiensi waktu dapat dicapai tanpa menurunkan kualitas proyek.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Penerapan metode Jalur kritis CPM (*Critical Path Method)* pada proyek pembangunan SDN 16 Pinrang diterapkan untuk mengidentifikasi aktivitas yang menentukan durasi penyelesaian proyek. Dari 10 aktivitas yang membentuk jalur proyek sebagai jalur kritis diidentifikasi bahwa lima di antaranya merupakan aktivitas non-kritis dengan *slack time* yang dapat dimanfaatkan untuk efisiensi tanpa mempengaruhi jalur utama. Dengan strategi percepatan melalui optimalisasi pengerjaan paralel dan pemanfaatan slack time, proyek dapat dipercepat dari 26 minggu menjadi 18 minggu tanpa mengubah jalur kritis. Penerapan CPM tidak hanya mempercepat waktu penyelesaian proyek tetapi juga meningkatkan efisiensi biaya, memastikan penggunaan sumber daya yang lebih optimal, serta menjaga kualitas hasil konstruksi
2. Perbandingan antara penjadwalan awal dan metode CPM menunjukkan bahwa penerapan CPM berhasil mempercepat durasi proyek dari 24 minggu menjadi 18 minggu tanpa mengubah jalur kritis utama. Pengurangan waktu ini berdampak langsung pada efisiensi biaya, dengan penghematan sebesar Rp 431.525.263,65 atau sekitar 23,55% dari total anggaran awal. Dengan strategi optimasi pekerjaan yang dilakukan secara paralel serta pemanfaatan slack time, metode CPM terbukti lebih efektif dalam mengurangi waktu dan biaya proyek tanpa mengorbankan kualitas hasil pekerjaan

B. Saran

Adapun Saran yang diajukan penulis terkait dengan:

1. Penerapan metode CPM dalam proyek konstruksi sebaiknya dilakukan sejak tahap perencanaan untuk memastikan efisiensi dalam penggunaan waktu dan sumber daya. Dengan melakukan identifikasi jalur kritis sejak awal, kontraktor dan manajemen proyek dapat mengoptimalkan penjadwalan kerja, menghindari keterlambatan yang tidak perlu, serta memaksimalkan pemanfaatan slack time guna meningkatkan efektivitas proyek secara keseluruhan.
2. Untuk proyek serupa di masa depan, disarankan agar strategi percepatan proyek tidak hanya berfokus pada pengurangan durasi tetapi juga mempertimbangkan aspek manajemen risiko dan kualitas pekerjaan.

DAFTAR PUSTAKA

Akhirson, Karaini, Armaini. (2017). *Pengantar Manajemen Proyek*. Gundarma Yogyakarta.

Ariyanto, R. (2019). *Manajemen Proyek Konstruksi dan Perencanaan Efektif*. Jakarta: Pustaka Konstruksi.

Ariyanto. (2019). *Manajemen Resiko Untuk Kontraktor*. Perdaya Permata Jakarta.

Armaini, A. (2017). *Kompleksitas Pembangunan Gedung Bertingkat dan Tantangannya*. Bandung: CV. Teknik Sipil.

Arum, D. (2017). "Optimalisasi Waktu dan Biaya dengan CPM pada Proyek Pembangunan Hotel di Semarang." *Jurnal Teknologi dan Manajemen Konstruksi*, Universitas Diponegoro.

Aulia, Z. (2022). "Penerapan CPM dalam Manajemen Proyek Bendungan Lau-Simeme," *Jurnal Teknik Sipil UMSU*, 10(2), 45-58.

Cleland, D. I., & King, W. R. (2021). *System Analysis and Project Management*. McGraw-Hill, New York.

Djojowirono, Sugeng. (2019). *Manajemen Konstruksi I*. Fakultas Teknik Gajah Mada, Yogyakarta.

Everianto, I. W. (2016). *Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Revisi*. Yogyakarta.

Firmansyah, D. (2022). "Optimalisasi Biaya dengan CPM pada Proyek SPBE," *Jurnal Manajemen Konstruksi Indonesia*, 9(2), 60-73.

Firmansyah, Y. (2018). "Penerapan CPM untuk Efisiensi Waktu dan Biaya pada Proyek Pembangunan Gedung Komersial." *Jurnal Manajemen Konstruksi*, Universitas Tarumanagara

Hayun, A., & Anggara. (2020). Perencanaan dan Pengendalian Proyek Dengan Metode CPM (Study kasus fly over Ahmad Yani Karawang). *Jurnal The Winners*, 6(2), 155-179.

Heizer, J., & Render. (2016). *Operation Management*. Edisi Terjemahan. Salemba Empat, Jakarta.

Hidayat, A. (2019). "Aplikasi Metode CPM untuk Pengendalian Waktu dan Biaya pada Proyek Gedung Perkantoran." *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, Universitas Gadjah Mada.

Hidayat, M. (2023). "Efisiensi Waktu dan Biaya dalam Proyek Jalan Konstruksi dengan CPM," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Konstruksi*, 11(3), 85-99.

Husen, Abrar. (2019). *Manajemen Proyek*. Andi Offset, Yogyakarta.

Husen. (2010). *Manajemen Proyek dan Konseptual Sampai Operasional*. Erlangga, Jakarta.

Imam Fadly (2024, Analisis kinerja jaringan jalan ruas Jalan Jend. Ahmad Yani Kota Parepare. *Jurnal Sipil Sains*, *14*(2)

Jasman (2024) Perbandingan uji kuat tekan beton menggunakan agregat kasar pecah manual dengan agregat kasar pecah pada mesin. *Jurnal Karajata Engineering*, *4*(1), 15–21

Kazner. (2022). *Project Management for Executives*. Van Nostrand Reinhold Company.

Kelvin, Richard. (2020). *Perencanaan dan Pengertian Dengan PERT dan CPM*. Baharta, Jakarta.

Malik, A. (2020). *Pengantar Bisnis Jasa Pelaksanaan Konstruksi*. Andi, Yogyakarta.

Mustakim, H. (2023). "Efektivitas CPM dalam Perencanaan Gedung Laboratorium," *Jurnal Teknik dan Manajemen Konstruksi*, 12(1), 120-135.

Nugroho, F. (2014). "Implementasi Metode CPM dalam Pengelolaan Waktu dan Biaya pada Pembangunan Gedung Rumah Sakit." *Jurnal Konstruksi dan Teknik Sipil*, Universitas Brawijaya

Pramono, A. (2015). "Pengaruh Penggunaan CPM terhadap Efisiensi Proyek Konstruksi Gedung di Bandung." *Jurnal Teknik Sipil*, Institut Teknologi Bandung.

Prasetya, Heri, & Fitri Lukiastuti. (2019). *Management Operasi*. Media Persindo, Yogyakarta.

Rahmat, F. (2021). "Penerapan CPM pada Proyek Perumahan di Kota Tarakan," *Jurnal Infrastruktur dan Perencanaan Kota*, 7(4), 98-112.

Rahmawati, S. (2016). "Analisis Efisiensi Waktu dan Biaya dengan Metode CPM pada Proyek Gedung Universitas di Yogyakarta." *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, Universitas Islam Indonesia.

Ramadhan, R. (2019). "Optimalisasi Proyek Konstruksi Gedung Menggunakan CPM: Studi Kasus di Medan." *Jurnal Teknik Konstruksi dan Manajemen*, Universitas Sumatera Utara.

Rani, A., & Hafnider. (2016). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Deeplish, Yogyakarta.

Santoso, T. (2018). "Studi Kasus Penggunaan CPM untuk Meningkatkan Efisiensi Proyek Konstruksi Gedung Apartemen di Jakarta." *Jurnal Rekayasa Sipil*, Universitas Indonesia.

Setiawan, R. (2022). "Integrasi CPM dan Microsoft Project dalam Manajemen Konstruksi," *Jurnal Rekayasa Sipil dan Infrastruktur*, 14(1), 45-57.

Siswanto. (2017). *Operation Research Jilid II*. Erlangga, Jakarta.

Soharto. (2019). *Manajemen Proyek dan Konseptual Sampai Operasional*. Erlangga, Jakarta.

Sulaiman, M., Munirwansyah, & Azmeri. (2017). Analisis Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Ditinjau Dari Waktu Pelaksanaan di Provinsi Aceh. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(2), 405-418.

Teling, J. (2021). "Analisis CPM pada Pembangunan Gedung Sekolah," *Jurnal Konstruksi Bangunan*, 8(3), 75-89.

Ulfayanti. (2018). *Pengendalian Dampak Perubahan Desain Terhadap Waktu Dan Biaya Pekerjaan Konstruksi*. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Riau*, 9(1), 57-70.

Wibowo, E. (2015). "Penerapan Metode CPM pada Proyek Konstruksi Gedung Bertingkat di Surabaya." *Jurnal Teknik Sipil*, Universitas Surabaya

Widiasanti, Irika, & Lenggogini. (2022). *Manajemen Konstruksi*. PT Remaja Rosdakarya, Bandung.

Wijaya, S. (2023). "Peran Perangkat Lunak dalam Optimalisasi CPM pada Pembangunan Gedung," *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, 10(2), 30-44.