

ANALISIS JALUR KRITIS PADA PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN ATAP UTILITY HUB E-COMMERCE BOGOR DENGAN METODE CPM DAN PERT

CRITICAL PATH ANALYSIS OF BOGOR UTILITY HUB E-COMMERCE ROOF DEVELOPMENT PROJECT SCHEDULING USING CPM AND PERT METHODS

¹Moch Agung Fahrezi*, ²Kusmanto, ³Sutrisno

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

³Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

¹Agungfahrezi78@gmail.com, ²Kusmanto.9c@gmail.com, ³Tris.sutrisno@ft.unsika.ac.id

INFO ARTIKEL

Diterima: 19 Mei 2023

Direvisi: 12 Juni 2023

Disetujui: 16 Juni 2023

Kata Kunci:

CPM, PERT, *Network Diagram*, Jalur Kritis, Manajemen Proyek

Keywords:

CPM, PERT, *Network Diagram*, Critical Path, Project Management

ABSTRAK

Penelitian ini membahas waktu penyelesaian proyek menggunakan metode CPM dan PERT, serta analisis jalur kritis pada runtutan kegiatan proyek menggunakan *Network Diagram* pada pembangunan atap *Utility* di pergudangan Hub *E-Commerce* Bogor. Baik metode CPM, PERT dan *Network Diagram* saling berkesinambungan dan berguna dalam hal memperhitungkan efektivitas dan efisiensi penyelesaian sebuah proyek. Pada akhir pembahasan penelitian di hitung probabilitas atau kemungkinan waktu penyelesaian proyek dan seberapa besar pula probabilitas atau kemungkinan apabila proyek dipercepat maupun diperlambat. Terdapat 13 runtutan aktivitas pada proyek ini dengan total waktu selama 105 hari dan aktivitas yang memerlukan waktu terlama yaitu aktivitas *finishing* dengan waktu 29 hari serta aktivitas terpendek yaitu 1 hari. Dari analisa jalur kritis menggunakan *Network Diagram* didapatkan bahwa seluruh aktivitas pada proyek ini merupakan aktivitas kritis yang tidak dapat ditunda dan harus segera dilaksanakan setelah aktivitas sebelumnya selesai dikerjakan. Pada perhitungan menggunakan metode CPM didapatkan hasil penyelesaian proyek sebesar 105 hari, sedangkan untuk perhitungan PERT didapatkan hasil sebesar 104,5 hari. Probabilitas proyek ini dapat dipercepat waktu penyelesaiannya menjadi 103 hari yaitu sebesar 23,89% dan probabilitas mengalami keterlambatan selama 107 sebesar 88,30%.

ABSTRACT

This study discusses the project completion time using the CPM and PERT methods, as well as critical path analysis on the sequence of project activities using a Network Diagram on Utility roof development in the Bogor E-Commerce Hub warehouse. Both the CPM, PERT and Network Diagram methods are mutually sustainable and useful in terms of calculating the effectiveness and efficiency of completing a project. At the end of the research discussion, the probability or possibility of project completion time is calculated and how big the probability or possibility is if the project is accelerated or slowed down. There are 13 sequences of activities in this project with a total time of 105 days and the activity that takes the longest time is the finishing activity which takes 29 days and the shortest activity is 1 day. From the critical path analysis using the Network Diagram, it is found that all activities in this project are critical activities that cannot be postponed and must be carried out immediately after the previous activities have been completed. In calculations using the CPM method, the project completion results are 105 days, while for PERT calculations, the results are 104.5 days. The probability that this project can be accelerated to 103 days is 23.89% and the probability of experiencing a delay for 107 is 88.30%.

*Corresponding author: Agungfahrezi78@gmail.com

I. PENDAHULUAN

Proyek adalah suatu usaha atau aktivitas kompleks, yang tidak teratur ditentukan oleh waktu, anggaran, *resources* dan spesifikasi performansi yang di buat untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Proyek juga dapat dikatakan sebagai aktivitas atau kegiatan yang bersifat sementara berorganisasi dalam memperoleh tujuan, sasaran serta harapan penting menggunakan sumber daya yang

tersedia serta, anggaran dana yang harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu [1]. Untuk mencapai *output* yang memenuhi spesifikasi dan kualitas yang memenuhi persyaratan, manajer proyek harus dapat bekerja secara efisien dan mengontrol penggunaan sumber daya yang tersedia pada waktu yang tepat. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi waktu menganggur untuk aktivitas yang menunggu aktivitas lain (sebelumnya) yang belum selesai.

Tim desain proyek harus mempertimbangkan hal ini awal kegiatan proyek dalam hal penyeimbangan lini aktivitas agar seimbang dan pengurangan kejadian waktu menganggur dalam setiap aktivitas. Dalam proyek terdapat hal-hal kompleks yang terjadi di lapangan yang tidak sesuai dengan teori. Oleh karena itu, dibutuhkan beberapa metode analisis dalam manajemen sebuah proyek. Pada saat ini, manajer proyek diharapkan memiliki pengetahuan di berbagai bidang seperti, keuangan, akuntansi, penjualan, pemasaran, rekayasa, riset, dan pengembangan, perencanaan strategis, operasional, karakteristik organisasi, personalia, administrasi, memimpin hubungan kerja, motivasi, dan keahlian lainnya. Hal ini penting bagi manajer proyek memimpin proyek seperti orang memimpin bisnis kecil, salah satunya tim proyek multi disiplin yang di dalamnya memusatkan perhatian pada kebutuhan proyek [2].

Persoalan yang kerap terjadi pada sebuah proyek salah satunya ialah keterlambatan pelaksanaan proyek. Strategi dan manajerial sangat diperlukan dalam menjalankan sebuah proyek agar dapat berjalan dengan baik. Keterlambatan proyek dapat memberikan dampak yang merugikan baik bagi kontraktor maupun pelanggan antara lain menyebabkan terjadinya pembengkakan biaya, penambahan (pemborosan) waktu dan pelanggaran kontrak [3]. Oleh karena itu, dalam strategi dan manajerial pelaksanaan proyek dibutuhkan perancangan jadwal pelaksanaan proyek. Adanya perencanaan jadwal proyek dapat membuat kebutuhan proyek terestimasi seperti kebutuhan sumber daya manusia (SDM), sumber daya alam (SDA), keuangan, dan lain sebagainya.

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, salah satu hal yang terpengaruh dalam penentuan penjadwalan proyek ialah SDM. Perencanaan jadwal oleh manajer proyek yang tepat dapat membuat beban kerja yang dilakukan oleh pekerja seimbang menjadi tidak terlalu berat ataupun tidak terlalu banyak menganggur. Maka, dengan penjadwalan yang tepat secara langsung dapat membuat porsi kerja yang didapatkan oleh pekerja sesuai dan produktivitas kerja meningkat sehingga pelaksanaan proyek akan berjalan dengan lancar dan sesuai rencana. Sementara itu, beban kerja sendiri terbagi menjadi tiga tingkatan yaitu [4]:

- a. Beban kerja di atas normal artinya waktu yang digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan lebih besar dari jam kerja tersedia atau volume pekerjaan melebihi kemampuan pekerjaan;
- b. Beban kerja normal artinya waktu yang digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan sama dari jam kerja tersedia atau volume pekerjaan sama dengan kemampuan pekerjaan;
- c. Beban kerja di bawah normal artinya waktu yang digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan lebih kecil dari jam kerja tersedia atau volume pekerjaan lebih rendah dari kemampuan pekerjaan.

Dalam menjadwalkan pelaksanaan proyek, dibutuhkan alur kegiatan beserta kurun waktu kegiatan tersebut yang selanjutnya akan digunakan sebagai dasar perkiraan waktu penyelesaian proyek, jaringan kerja merupakan teknik dasar dalam memperhitungkan hal tersebut. Teknik jaringan kerja diperkenalkan menjelang akhir dekade 1950-an, oleh suatu tim *engineer* dan ahli matematika dari perusahaan Du-Pont bekerja sama dengan Rand Corporation, dalam usaha mengembangkan suatu sistem kontrol manajemen yang

dimaksudkan untuk merencanakan dan mengendalikan sejumlah besar kegiatan yang memiliki hubungan ketergantungan kompleks dalam masalah desain *engineering*, konstruksi, dan pemeliharaan. Kemudian, usaha-usaha ditekankan untuk mencari metode yang dapat meminimalkan biaya, dalam hubungannya dengan kurun waktu penyelesaian suatu kegiatan. Sistem tersebut kemudian dikenal sebagai metode jalur kritis atau *Critical Path Method* (CPM) [5].

Dalam penelitian ini, dilakukan analisis kepada sebuah pelaksanaan proyek untuk pengerjaan atap bagian *Utility* yang dilakukan oleh PT. Adeha Metalindo pada gudang Bogor *E-Commerce* Hub, penyelesaian proyek dilakukan selama 105 hari sesuai dengan yang direncanakan sebelumnya oleh manajer proyek. Namun, diperlukan evaluasi terhadap pengerjaan proyek apakah dengan rancangan yang dilakukan manajer proyek tersebut telah dikatakan efektif. Posisi peneliti pada penelitian ini dilakukan dari sudut pandang kontraktor.

Dilakukan pula analisa penjadwalan yang dilaksanakan pada proyek ini menggunakan metode yang populer dalam memperhitungkan penjadwalan kegiatan proyek yang bertujuan untuk mengurangi kemungkinan aktivitas pengerjaan proyek yang tertunda sehingga menyebabkan adanya kejadian waktu menganggur yaitu *Critical Path Method* (CPM) dan *Project Evaluation and Review Technique* (PERT). CPM dan PERT merupakan salah satu metode yang populer dalam memperhitungkan penjadwalan kegiatan proyek yang bertujuan untuk mengurangi kemungkinan aktivitas pengerjaan proyek yang tertunda sehingga menyebabkan adanya kejadian waktu menganggur. CPM dapat memperkirakan waktu komponen kegiatan proyek dengan pendekatan deterministik satu angka yang mencerminkan adanya kepastian, sedangkan PERT direkayasa untuk dapat menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian (*uncertainty*) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan [5]. CPM dan PERT adalah dua teknik perencanaan dan penjadwalan kontemporer yang banyak digunakan dalam konstruksi, TI, manufaktur, dan pertahanan yang dapat diterapkan dalam solusi dari banyak masalah dan dapat digunakan dalam pemrograman proyek berskala besar, bersama dengan penerapannya yang mudah sehingga memberikan manfaat besar bagi para pengambil keputusan dengan bersikap analitis [6].

Terdapat banyak penelitian terdahulu yang telah membahas terkait analisa jalur kritis dan analisa penjadwalan sebuah proyek. Referensi dari penelitian terdahulu berguna sebagai bahan evaluasi hal-hal yang belum di bahas kemudian dapat di bahas pada penelitian ini. Berikut merupakan penelitian terdahulu yang masih terkait dengan tema yang penulis kaji.

Pertama, penelitian yang dilakukan oleh Novie Susanto, dkk pada tahun 2006 [7]. Dalam penelitian yang berjudul “Analisis Jaringan Kerja dan Penentuan Jalur Kritis dengan *Critical Path Methode* - CPM (Studi Kasus Pembangunan Rumah Graha Taman Pelangi *Type* Milano pada PT. Karyadeka Alam Lestari Semarang” ini membahas tentang jaringan kerja dan penentuan jalur kritis menggunakan metode CPM. Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif. Hasil dari penelitian ini adalah waktu proses pembangunan rumah dengan metode CPM yaitu sebesar 227 hari berbanding terbalik dengan

perencanaan yang semulanya adalah 151 hari. Selain itu, diperoleh total biaya penyelesaian proyek berdasarkan waktu *Earliest Start Time* (ES) dan *Latest Allowable Start Time* (LS). Persamaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis dan metode pendekatan penelitian sama-sama menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif.
2. Sama-sama menggunakan metode CPM.

Sedangkan perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Objek penelitian sebelumnya adalah pembangunan rumah sedangkan objek penelitian ini adalah pembangunan atap pabrik.
2. Penelitian sebelumnya hanya menggunakan metode CPM sedangkan penelitian ini menggunakan metode CPM dan PERT.
3. Tujuan penelitian sebelumnya ialah menentukan jalur kritis lalu menghitung biaya penyelesaian proyek sedangkan pada penelitian ini bertujuan untuk menentukan jalur kritis lalu menghitung probabilitas atau kemungkinan proyek dapat dipercepat atau diperlambat.

Kedua, penelitian yang dilakukan oleh Dino Caesaron dan Andrey Thio pada tahun 2015 [8]. Dalam penelitian yang berjudul “Analisa Penjadwalan Waktu dengan Metode Jalur Kritis dan PERT pada Proyek Pembangunan Ruko (Jl. Pasar Lama No.28, Glodok)” ini membahas tentang analisa penjadwalan proyek menggunakan jalur kritis dan metode PERT. Jenis Penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif. Hasil dari penelitian ini adalah durasi penyelesaian proyek dengan jalur kritis dan PERT yaitu selama 196 hari dan penerapan *Crashing Project* dengan memangkas durasi pekerjaan sebanyak 16 hari dan peningkatan biaya sebesar Rp.20.260.000. Persamaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis dan metode pendekatan penelitian sama-sama menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif
2. Sama-sama menggunakan metode PERT

Sedangkan, perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Objek penelitian sebelumnya adalah proyek pembangunan ruko sedangkan objek pada penelitian ini adalah proyek pembangunan atap pabrik.
2. Penelitian sebelumnya menggunakan metode PERT sedangkan penelitian ini menggunakan metode CPM dan PERT.
3. Tujuan penelitian sebelumnya yaitu menganalisis kemungkinan dan faktor penyebab keterlambatan proyek sedangkan tujuan penelitian ini adalah menganalisis probabilitas atau kemungkinan proyek dapat di percepat atau di perlambat.

Ketiga, penelitian yang dilakukan oleh Ridahti Amalia, dkk pada tahun 2012 [9]. Dalam penelitian yang berjudul “Analisa Penyebab Keterlambatan Proyek Pembangunan Sidoarjo *Town Square* Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)” ini membahas tentang penyebab keterlambatan sebuah proyek menggunakan metode FTA dan MOCUS. Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif. Hasil dari penelitian ini adalah keterlambatan proyek terjadi akibat perubahan desain serta perijinan, dimana keduanya akibat faktor penyebab

keterlambatan dari pihak pemborong. Persamaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis dan metode pendekatan penelitian sama-sama menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif
2. Objek yang diteliti sama-sama konstruksi atap

Sedangkan, perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tujuan penelitian sebelumnya adalah mengetahui penyebab keterlambatan proyek sedangkan tujuan penelitian ini yaitu analisis penjadwalan proyek dan probabilitas proyek akan terlambat atau dapat di percepat.

Keempat, penelitian yang dilakukan oleh Jonathan Awuy, dkk pada tahun 2023 [10]. Dalam penelitian yang berjudul “Metode Pelaksanaan Kontruksi Pekerjaan Atap dan Plafon pada Proyek Pembangunan *Christian Center*” ini membahas tentang rangkaian pengerjaan kontruksi atap beserta durasi dan biaya yang dikeluarkan. Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif kualitatif. Hasil dari penelitian ini adalah penyesuaian pekerjaan rangka atap pada proyek pembangunan *Christian Center* dan didapatkan bahwa prosedur metode pelaksanaan sudah sesuai dengan yang tertera di dalam dokumen kontrak. Persamaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Objek yang diteliti sama-sama proyek pembangunan kontruksi atap

Sedangkan perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis dan metode pendekatan penelitian pada penelitian sebelumnya menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif, sedangkan penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif
2. Fokus penelitian sebelumnya adalah prosedur pelaksanaan proyek pengerjaan atap, sedangkan pada penelitian ini berfokus pada jalur kritis dan probabilitas jadwal akan terlambat atau dapat dipercepat untuk proyek pembangunan atap pabrik menggunakan metode CPM dan PERT.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu yang masih terkait dengan tema yang penulis kaji, diketahui bahwa belum adanya penelitian yang menganalisis permasalahan penjadwalan proyek menggunakan metode jalur kritis, CPM, dan PERT dengan objek penelitian proyek pengerjaan atap pabrik. Selain itu, penelitian-penelitian dengan topik permasalahan penjadwalan proyek biasanya menggunakan satu metode antara CPM atau PERT. Penelitian ini menggunakan kedua metode tersebut untuk keakuratan analisis. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi kontraktor-kontraktor atap pabrik agar dapat melakukan penjadwalan dengan tepat dan mengukur kemungkinan suatu proyek pengerjaan atap pabrik akan terlambat atau dapat dipercepat.

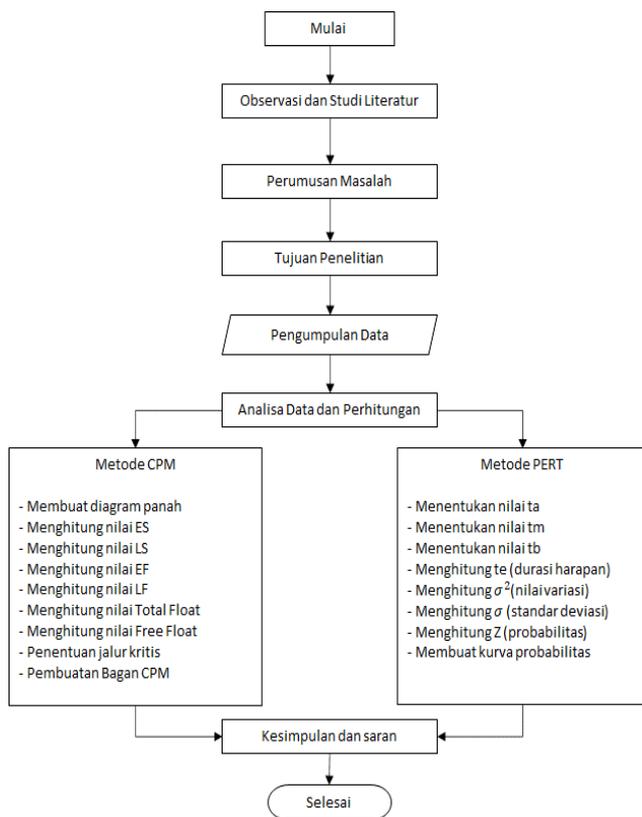
II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis jalur kritis pada penjadwalan sebuah proyek menggunakan metode *network diagram* dan analisis probabilitas atau kemungkinan durasi penyelesaian proyek menggunakan metode CPM dan PERT.

CPM merupakan metode penjadwalan proyek yang mengacu pada hubungan kerja dan berorientasi pada waktu

untuk menentukan jadwal dan mengestimasi waktu yang bersifat pasti. Terdapat unsur-unsur dalam metode CPM yaitu, diagram network, hubungan antar simbol & urutan kegiatan, jalur kritis, dan limit jadwal kegiatan [11]

PERT adalah metode yang berorientasi pada waktu yang mengarah pada penentuan jadwal dan waktunya bersifat probabilistik / kemungkinan [11]. Atau dengan kata lain PERT adalah teknik analisis *network diagram* yang dapat digunakan untuk mengestimasi durasi proyek dimana terdapat ketidakpastian yang tinggi mengenai estimasi durasi aktivitas individual. Perhitungan dalam PERT memerlukan tiga estimasi antara lain *most likely time* (m) yaitu waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan dalam situasi normal, *optimistic time* (a) yaitu waktu tersingkat yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan, dan *pessimistic time* (b); waktu terlama yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan dikarenakan berbagai kemungkinan yang masuk akal. Metode-metode tersebut selanjutnya akan aplikasikan melalui tahapan penelitian yang ada pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1 flowchart penelitian

A. Pengumpulan Data

Penelitian ini diawali dengan menggabungkan sumber yang dipakai sebagai referensi yaitu dengan studi pustaka dan studi lapangan di Bogor *E-Commerce* Hub. Dalam melakukan studi lapangan, peneliti menganalisis kondisi proyek di lapangan. Selanjutnya, data penjadwalan proyek didapatkan dari *database* perusahaan dan kemudian data penjadwalan proyek tersebut dikorelasikan dengan hasil pengamatan kondisi proyek di lapangan.

B. Pengolahan Data

Tahapan awal yang dilakukan adalah membuat *network diagram* sebagai penggambaran proyek dengan melambangkan simbol lingkaran menjadi kegiatan (*event*) dan panah menjadi aktivitas (*activity*). Data setiap kegiatan pada masing-masing pengerjaan proyek yang telah dijadwalkan harus tertuang dalam *network diagram*



Gambar 2 Contoh *network diagram*

Terdapat beberapa ketentuan yang menjadi pedoman dalam merancang diagram jaringan yaitu [12]:

1. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama kali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya durasi maupun *resources* yang dibutuhkan
2. Aktivitas-aktivitas apa yang mendahului dan aktivitas-aktivitas apa yang mengikuti
3. Aktivitas-aktivitas apa yang dapat bersama-sama
4. Aktivitas-aktivitas itu dibatasi saat Mulai dan saat selesai
5. Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas itu
6. Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari kegiatan
7. Besar kecilnya lingkaran tidak mempunyai arti, dalam pengertian prnting atau tidaknya sesuatu peristiwa

Pengidentifikasi dalam CPM menggunakan istilah-istilah sebagai berikut:

1. ES: waktu paling awal aktivitas dapat dimulai (*Earliest Start Time*).
2. EF: waktu paling awal aktivitas dapat selesai (*Earliest Finish Time*).
3. LS: waktu paling akhir aktivitas dapat dimulai (*Latest Allowable Start Time*).
4. LF: waktu paling akhir aktivitas harus selesai (*Latest Allowable Finish Time*) tanpa memperlambat penyelesaian proyek.
5. *Slack* atau *Float*: waktu bebas dari aktivitas, yang berarti waktu yang dimiliki oleh aktivitas dapat melakukan pemunduran waktu tanpa berdampak pada mundurnya waktu proyek secara keseluruhan.

Untuk mengisi *network diagram* diperlukan perhitungan maju (*Forward Pass*) dan perhitungan mundur (*Backward Pass*). Perhitungan diawali dari start awal (*Early Start*) mendekati ke finish awal (*Early Finish*). *Start* merupakan waktu paling utama di mana suatu tugas dapat diawali berdasarkan hubungan ketergantungan dan batasan proyek lainnya dan *finish* merupakan waktu paling utama di mana tugas selesai jika segala sesuatu berjalan sesuai dengan rencana [2].

1. Perhitungan Maju (*Forward Pass*)

Perhitungan dimulai dari *Start* (*Initial Event*) menuju *Finish* (*Terminal Event*) untuk menghitung EF, ES, dan E (saat paling cepat dimulainya suatu peristiwa). Perhitungannya yaitu waktu selesai paling awal suatu

kegiatan sama dengan waktu mulai paling awal, ditambah dengan kurun waktu kegiatan yang mendahuluinya (ES + T).

2. Perhitungan Mundur (*Backward Pass*)

Dimulai dari *Finish (Terminal Event)* menuju *Start (Initial Event)* untuk menghitung LF, LS, dan L (saat paling lambat dimulainya peristiwa). Perhitungannya yaitu waktu mulai paling akhir suatu kegiatan sama dengan waktu selesai paling akhir dikurangi kurun waktu berlangsungnya kegiatan yang bersangkutan (LS + T).

Selanjutnya, melakukan perhitungan jalur kritis pada *network diagram*. Suatu kegiatan disebut dengan jalur kritis apabila dalam pengerjaan kegiatan tersebut tidak dapat dilakukan penundaan waktu pengerjaan, apabila ditunda akan berpengaruh terhadap keseluruhan waktu penyelesaian proyek. Jalur kritis nantinya akan menghubungkan aktivitas-aktivitas yang keterlambatan waktunya akan berdampak pada keterlambatan seluruh proyek.

Aktivitas kritis memiliki nilai *Slack* = 0 yang berarti aktivitas tersebut tidak memiliki waktu bebas. Aktivitas kritis tersebut tidak dapat ditunda dan harus segera dilaksanakan setelah aktivitas sebelumnya selesai dilakukan. Sehingga aktivitas kritis dapat menyelesaikan waktunya tanpa harus mengganggu atau memperlambat seluruh waktu proyek.

Pada PERT, setelah didapatkan jalur kritis pada sebuah proyek maka selanjutnya dilakukan analisis seberapa kemungkinan proyek tersebut dapat diselesaikan tepat pada waktunya menggunakan variansi. Variansi aktivitas menggambarkan penyebaran data untuk setiap aktivitas, terlepas dari apakah ada terlalu banyak data yang terlalu berjauhan atau data yang berdekatan. Nilai variansi dalam dihitung menggunakan rumus yang tertulis pada persamaan 1 sebagai berikut.

$$\sigma^2 = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2 \quad (1)$$

Dimana:

σ^2 = variansi aktivitas

a = waktu optimistik

b = waktu pesimistik

Sedangkan untuk probabilitas penyelesaian proyek dapat dihitung dengan rumus pada persamaan 2 sebagai berikut.

$$Z = \frac{T_x - T_z}{\sigma} \quad (2)$$

Dimana:

Z = Probabilitas pencapaian waktu realitas

T_x = waktu target awal

T_e = waktu yang diharapkan

σ = standar deviasi

C. Analisis Data

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan metode CPM dan PERT.

1. CPM, pada metode ini dilakukan analisa dengan membuat diagram panah, perhitungan nilai ES, EF, LS & LF, perhitungan nilai TF dan FF, penentuan jalur kritis, dan pembuatan bagan CPM.
2. PERT, pada metode ini dilakukan analisan dengan menentukan nilai optimis (t_a), realistik (t_m) & pesimis (t_b), menghitung *expected duration* (t_e), menghitung nilai variansi (σ^2), menghitung standar deviasi (σ),

menghitung probabilitas (z), dan membuat kurva probabilitas.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Kegiatan Proyek

Pada proyek ini, aktivitas proyek dibagi menjadi 13 aktivitas yang diuraikan pada tabel 1.

TABEL I
DATA KEGIATAN PROYEK

AKTIVITAS	SIMBOL	Kegiatan Pendahulu	Durasi
Galian (PC+TB)	A	-	2
LC (PC+TB)	B	A	1
Besi (PC+TB)	C	B	6
Bekisting (PC+TB)	D	B	6
Beton (PC+TB)	E	C,D	1
Besi (Kolom)	F	E	7
Bekisting (Kolom)	G	E	7
Beton (Kolom)	H	F,G	2
Bekisting (Lantai 2)	I	H	7
Besi (Lantai 2)	J	H	7
Beton (Lantai 2)	K	I,J	1
Dinding (Finishing)	L	K	29
Cat (Finishing)	M	L	29
Total			105

B. Perhitungan Maju dan Perhitungan Mundur (CPM)

Untuk mengisi *network diagram* diperlukan perhitungan maju dan perhitungan mundur.

Dalam perhitungan maju, perhitungan dimulai dari *start* menuju *finish* yang bertujuan untuk menghitung waktu paling awal aktivitas dapat dimulai (ES), waktu paling awal aktivitas dapat diselesaikan (EF), dan saat paling cepat dimulainya suatu peristiwa (E). Perhitungannya yaitu waktu selesai paling awal suatu kegiatan sama dengan waktu mulai paling awal, ditambah dengan kurun waktu kegiatan yang mendahuluinya (ES + T).

Sedangkan, untuk perhitungan mundur, dimulai dari *finish* menuju *start* untuk menghitung waktu paling akhir aktivitas dapat dimulai (LS), waktu paling akhir aktivitas harus selesai (LF), dan L (saat paling lambat dimulainya peristiwa). Perhitungannya yaitu waktu mulai paling akhir suatu kegiatan sama dengan waktu selesai paling akhir dikurangi kurun waktu berlangsungnya kegiatan yang bersangkutan (LS - T).

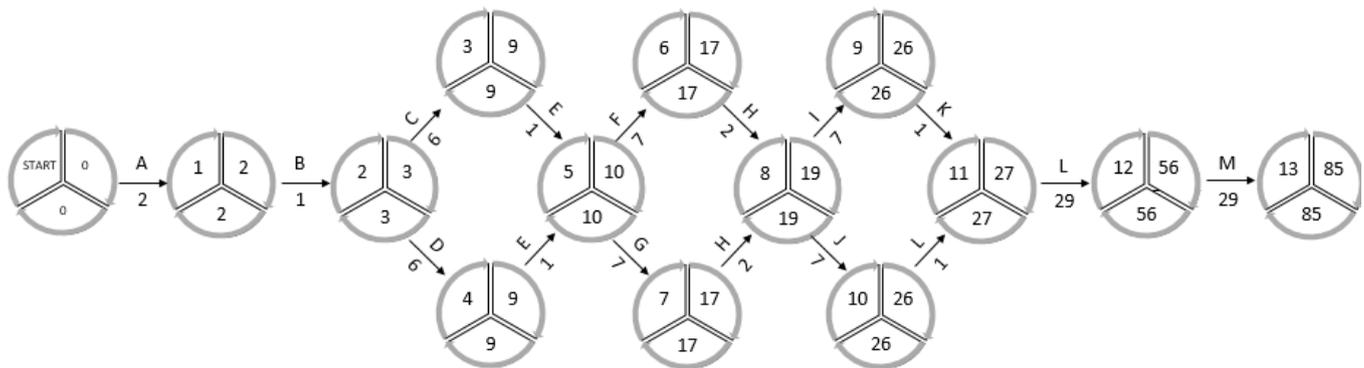
TABEL II
PERHITUNGAN MAJU MUNDUR

simbol	Durasi (T) (Hari)	Perhitungan Maju		Perhitungan Mundur		Total Float (LF-D-ES) (Hari)	Free Float (EF-D-ES) (Hari)
		ES (Hari)	EF (Hari)	LS (Hari)	LF (Hari)		
A	2	0	2	0	2	0	0
B	1	2	3	2	3	0	0
C	6	3	9	3	9	0	0
D	6	3	9	3	9	0	0
E	1	9	10	9	10	0	0
F	7	10	17	10	17	0	0
G	7	10	17	10	17	0	0
H	2	17	19	17	19	0	0
I	7	19	26	19	26	0	0
J	7	19	26	19	26	0	0
K	1	26	27	26	27	0	0
L	29	27	56	27	56	0	0
M	29	56	85	56	85	0	0

Dari uraian aktivitas proyek, dapat diketahui bahwa seluruh aktivitas memiliki nilai *total Float* dan *free Float*

yang bernilai 0. Artinya seluruh aktivitas merupakan jalur kritis yang artinya tidak dapat ditunda dan harus segera dilaksanakan setelah aktivitas sebelumnya selesai dilakukan. Sehingga aktivitas kritis dapat menyelesaikan waktunya tanpa harus mengganggu atau memperlambat seluruh waktu proyek.

C. Network Diagram Proyek



Gambar 4 network diagram proyek

Diagram jaringan pada gambar 3 didapatkan dari metode CPM untuk perhitungan maju dan perhitungan mundur. perhitungan di awali perhitungan maju dengan menghitung waktu kegiatan mulai tercepat (ES) di tambah durasi waktu (T). Maka ES+T akan menghasilkan nilai ES untuk kegiatan selanjutnya. Seperti pada gambar 3, nilai ES untuk kegiatan 2 didapatkan dari penjumlahan nilai ES untuk kegiatan 1 di tambah durasi aktivitas B (2 + 1 = 3) dan hitung sampai finish menghasilkan nilai ES pada kegiatan 13 sebesar 85.

Kemudiann, dilanjutkan perhitungan mundur yang dimulai dari finish dengan menghitung waktu selesai terlama atau paling akhir (LS) dikurangi durasi waktu (T). Maka LS-T akan menghasilkan nilai LS untuk kegiatan sebelumnya. Seperti pada gambar 3, nilai LS untuk kegiatan 12 didapatkan dari pengurangan nilai LS kegiatan 13 dikurangi durasi aktivitas M (85 – 29 = 56) dan hitung sampai kembali ke start.

Dari Network Diagram pada gambar 3 diperoleh bahwa seluruh aktivitas dalam proyek merupakan jalur kritis yang berjumlah 105 hari. Jalur kritis artinya jalur yang tidak ada masa tenggang dalam pelaksanaan proyek. Hal ini dapat diketahui melalui perhitungan untuk mencari nilai kritis yaitu LS – ES = 0, dimana seluruh jalur memiliki hasil yang menunjukkan jalur kritis. Seperti pada kegiatan 11 memiliki nilai ES yaitu 27 dan nilai LS yaitu 27, maka merupakan jalur kritis.

D. Perhitungan Expected Duration (Te) dan Variansi (σ²) (PERT)

Dalam perhitungan pada metode PERT terdapat tiga estimasi waktu yaitu waktu optimis, waktu realistis, dan waktu pesimis. Waktu optimis yaitu waktu berlangsungnya kegiatan telah sesuai rencana atau waktu minimum kegiatan, waktu realistis yaitu waktu untuk menyelesaikan kegiatan

Network diagram didapatkan dari perhitungan maju dan perhitungan mundur. Simbol lingkaran artinya kegiatan (event) dan panah artinya aktivitas (activity). Pengisian diagram diawali dengan perhitungan maju yang dilakukan dari start menuju finish. Kemudian, dilanjutkan dengan perhitungan mundur yang dilakukan dari finish menuju start yaitu. Hasil perancangan network diagram yang didapat dari perhitungan maju dan perhitungan mundur dapat dilihat pada gambar 3 berikut ini.

yang paling realistis atau normal, dan waktu pesimis yaitu waktu dengan asumsi kondisi yang sangat tidak diharapkan atau waktu maksimal suatu kegiatan.

Setelah didapatkan waktu realistis penyelesaian proyek dari data yang dimiliki perusahaan dan waktu optimis serta pesimis yang kemungkinan terjadi, selanjutnya dapat melakukan perhitungan nilai waktu yang diharapkan dan nilai variansi untuk mengetahui seberapa besar probabilitas atau kemungkinan waktu penyelesaian proyek ini dapat diselesaikan. Perhitungan nilai waktu optimis, waktu realistis, waktu pesimis, waktu yang diharapkan dan variansi dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini.

TABEL III
PERHITUNGAN EXPECTED DURATION TE DAN VARIANS

Simbol	Waktu Optimis (a)	Waktu Realistis (m)	Waktu Pesimis (b)	Waktu yang Diharapkan $te = (a + 4m + b)/6$	Variansi $ve = [(b - a)/6]^2$
A	1	2	3	2	0,11
B	1	1	2	1,17	0,03
C	4	6	8	6	0,44
D	4	6	8	6	0,44
E	1	1	2	1,17	0,03
F	5	7	9	7	0,44
G	5	7	9	7	0,44
H	1	2	3	2	0,11
I	5	7	9	7	0,44
J	5	7	9	7	0,44
K	1	1	2	1,17	0,03
L	25	29	30	28,50	0,69
M	25	29	30	28,50	0,69

Dapat dilihat pada tabel di atas nilai Te memiliki nilai yang bervariasi terhadap waktu yang mungkin terjadi. Sedangkan nilai variansi berkisar 0,44 dan terbesar adalah 0,69 pada aktivitas L dan M. Maka, jumlah nilai Te adalah

104,5 hari, berbeda 0,5 hari dibandingkan jumlah waktu yang paling mungkin terjadi (m) yaitu 105 hari.

E. Perhitungan Probabilitas Penyelesaian Proyek

Probabilitas penyelesaian proyek didapatkan dari hasil perhitungan PERT, dimana dalam menentukan ukuran probabilitas digunakan tabel distribusi Z. Hasil perhitungan probabilitas penyelesaian proyek dapat di lihat pada tabel 4 berikut ini.

TABEL IV
PERHITUNGAN PROBABILITAS PENYELESAIAN PROYEK

Tx (Hari)	Z	Probabilitas (%)
102	-1,19	11,70%
103	-0,71	23,89%
104	-0,23	40,90%
104,5	0,00	50%
105	0,24	59,48%
106	0,71	76,12%
107	1,19	88,30%

Berdasarkan hasil perhitungan yang terdapat pada tabel 4 dapat diketahui bahwa waktu penyelesaian proyek selama 104,5 hari dapat diselesaikan dengan probabilitas 50% atau paling realistis. Ketika proyek dipercepat menjadi 104 hari maka probabilitas atau kemungkinannya semakin kecil yaitu 40,90%, sedangkan apabila proyek diperlambat menjadi 107 hari maka probabilitas atau kemungkinannya semakin besar yaitu 88,30%.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa waktu penyelesaian proyek menggunakan perhitungan CPM yaitu selama 105 hari dengan keseluruhan aktivitas dalam proyek merupakan aktivitas kritis yang tidak dapat ditunda serta harus segera dilaksanakan setelah aktivitas sebelumnya selesai. Sedangkan untuk perhitungan PERT didapatkan waktu penyelesaian proyek selama 104,5 hari. Probabilitas atau kemungkinan proyek ini dapat di percepat menjadi 104 hari hanya sebesar 40,90%, sedangkan probabilitas atau kemungkinan proyek ini akan terlambat menjadi 107 hari adalah sebesar 88,30%. Maka, dapat disimpulkan bahwa kemungkinan besar proyek ini akan mengalami keterlambatan pengerjaan dari yang telah dijadwalkan dan direncanakan sebelumnya oleh manajer proyek karena diperoleh hasil nilai probabilitas yang semakin meningkat ketika proyek ini di perlambat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Adeha Metalindo yang sudah memberikan izin untuk kami lakukan penelitian.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] N. Sembiring, *Buku Ajar Manajemen Proyek Sebagai Panduan*, 1st ed. Medan: Universitas Sumatera Utara, 2020.
- [2] Ashari, "Buku 1 Bahan Ajar Manajemen Proyek," Bandung, 2011. [Online]. Available: <https://digilib.polban.ac.id/files/disk1/84/jbtpolban-gdl-ashari-4157-1-manajeme-k.pdf>.
- [3] E. Rita, N. Carlo, and Nandi, "Penyebab Dan Dampak Keterlambatan Pekerjaan Jalan Di Sumatera Barat Indonesia," *J. Rekayasa*, vol. 11, no. 1, pp. 27–37, 2022, doi: 10.37037/jrftsp.v11i1.94.
- [4] A. Hakiim, W. Suhendar, and D. Agustina Sari, "Analisis Beban Kerja Fisik Dan Mental Menggunakan CVL Dan Nasa-TLX Pada Divisi Produksi PT X," *Barometer*, vol. 3, no. 2, pp. 142–146, 2018, doi: 10.35261/barometer.v3i2.1396.
- [5] I. Soeharto, *MANAJEMEN PROYEK (Dari Konseptual Sampai Operasional)*, 2nd ed. Jakarta: Erlangga, 1999.
- [6] M. Mazlum and A. F. Güneri, "CPM, PERT and Project Management with Fuzzy Logic Technique and Implementation on a Business," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 210, pp. 348–357, 2015, doi: 10.1016/j.sbspro.2015.11.378.
- [7] N. Susanto, R. Purwaningsih, and E. A. Abstrak, "Analisis Jaringan Kerja Dan Penentuan Jalur Kritis Dengan Critical Path Methode-Cpm (Studi Kasus Pembangunan Rumah Graha Taman Pelangi Type Milano Pada Pt Karyadeka Alam Lestari Semarang)," *J@ti Undip J. Tek. Ind.*, vol. 1, no. 1, pp. 74–84, 2006, [Online]. Available: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/jgti/article/view/2202>.
- [8] A. T. Caesaron Dino, "Analisa Penjadwalan Waktu dengan Metode Jalur Kritis dan PERT pada Proyek Pembangunan Ruko (Jl. Pasar Lama No.20, Glodok)," *JIEMS J. Ind. Eng. Manag. Syst.*, vol. 8, no. 2, pp. 59–82, 2015.
- [9] R. Amalia, M. A. Rohman, and C. B. Nurcahyo, "Analisa Penyebab Keterlambatan Proyek Pembangunan Sidoarjo Town Square Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA)," *J. Tek. ITS*, vol. 1, no. 1, pp. D20–D23, 2012.
- [10] J. Awuy, J. Tjakra, and P. A. K. Pratasis, "Metode Pelaksanaan Konstruksi Pekerjaan Atap Dan Plafon," *J. Tekno Unsrat*, vol. 21, no. 84, pp. 707–712, 2023.
- [11] I. Agustiar and R. Handrianto, "Evaluasi Penjadwalan Proyek Menggunakan Metode CPM dan Kurva S (Studi Kasus : Pembangunan Gedung Perpustakaan SMK N 1 'XX', Gresik)," *Wahana Tek.*, vol. 07, no. 02, pp. 99–105, 2018, [Online]. Available: <http://journal.unigres.ac.id/index.php/WahanaTeknik/article/view/788>.
- [12] S. Badri, *Dasar-Dasar Network Planning (Dasar - Dasar Perencanaan Jaringan Kerja)*. Yogyakarta, 1998.