

Optimalisasi Durasi Pelaksanaan Proyek Pembangunan Distribusi Jaringan Pipa Perumahan Menggunakan *Critical Path Method*

Lutfi Rizky Salsabila¹, Roberta H. A. Tanisri^{*2}, Andi Turseno³, Oki Widhi Nugroho⁴, Agustinus Yunan Pribadi⁵

^{1,2,3,4,5}Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya

Jl. Raya Perjuangan, Marga Mulya, Bekasi Utara, Jawa Barat, 17143, Indonesia

e-mail: ¹lutfi.rizky.salsabila19@mhs.ubharajaya.ac.id, ^{*2}roberta.heni@dsn.ubharajaya.ac.id,

³andi.turseno@dsn.ubharajaya.ac.id, ⁴oki.widhi@dsn.ubharajaya.ac.id,

⁵agustinus.yunan@dsn.ubharajaya.ac.id

* Korespondensi: roberta.heni@dsn.ubharajaya.ac.id

ABSTRACT

PT MUTP is a company engaged in construction services, especially in the construction of pipeline network distribution. In the process of implementing the project in Puri Persada Cibarusah Housing, there was a delay from the planning schedule that had been made, resulting in an increase in the duration of the completion time. This study aims to determine the critical path in the pipeline distribution development project using the critical path method (CPM). CPM is a method in the project management process that prioritizes time opportunities as the object to be analyzed. The results of this study have nine critical pathways, namely in A-C-D-F-H-I-J-K-L activities. Other factors that cause delays are environmental and weather, factors of workers who lack discipline, and factors from some equipment and machinery that are quite old, so that damage often occurs.

Keywords : *critical path method, project management, network planning*

ABSTRAK

PT MUTP merupakan perusahaan yang bergerak di bidang jasa konstruksi pembangunan jalur distribusi jaringan pipa. Pada proses pelaksanaan proyek di Perumahan Puri Persada Cibarusah terjadi keterlambatan penyelesaian proyek dari jadwal perencanaan yang telah dibuat. Hal tersebut mengakibatkan penambahan durasi waktu penyelesaian proyek tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jalur kritis pada proyek pembangunan distribusi jaringan pipa dengan menggunakan metode critical path method (CPM). CPM merupakan salah satu metode dalam manajemen proyek yang memprioritaskan peluang waktu sebagai obyek yang akan dianalisa. Hasil dari penelitian ini terdapat sembilan jalur kritis yaitu pada aktivitas A-C-D-F-H-I-J-K-L. Adapun faktor penyebab lain terjadinya keterlambatan adalah faktor lingkungan dan cuaca, faktor para pekerja yang kurang disiplin, serta faktor dari beberapa peralatan dan permesinan yang sudah berusia cukup tua, sehingga sering terjadi kerusakan.

Kata Kunci: CPM; jalur kritis; critical path method; proyek

PENDAHULUAN

Pekerjaan proyek dewasa ini sering ditemukan jenis pekerjaan yang sama dan berkelanjutan dengan proyek-proyek lainnya, sehingga dibutuhkan sumber daya yang cukup dalam proses jalannya proyek yang berkelanjutan tersebut. Pekerjaan yang

berulang sering mengakibatkan pembagian atau penguraian pekerjaan umum menjadi beberapa pekerjaan khusus. Manajemen proyek dapat diartikan sebagai proses penerapan beberapa fungsi manajemen dalam suatu kegiatan proyek yang merupakan suatu kegiatan mengatur jalannya kegiatan-kegiatan dalam pelaksanaan proyek untuk semua

tahapan-tahapan proyek (Suherman & Ilma, 2016). Pada manajemen proyek, sebuah proyek dapat berjalan diperlukan beberapa tahapan meliputi tahap perencanaan, penjadwalan, dan tahap pengkoordinasian. Penjadwalan proyek tanpa memperhitungkan pekerjaan berulang dapat menyebabkan keterlambatan pada unit kerja berulang yang dapat mempengaruhi lamanya durasi proyek. Penjadwalan kegiatan dalam pekerjaan proyek merupakan salah satu elemen penting yang dapat memberikan informasi terkait kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material, serta rencana durasi waktu penyelesaian proyek tersebut (Mewengkang, Sumanti, & Malingkas, 2023). Proses penjadwalan dalam sebuah proyek harus disusun secara efektif dan juga efisien agar tujuan proyek tersebut dapat terlaksana secara optimal (Arifudin, 2012).

Pekerjaan proyek secara umum memiliki keterbatasan dalam segi waktu, sumber daya yang terbatas dan juga faktor resiko dan ketidakpastian didalamnya. Ketidakpastian tersebut dapat menjadi penyebab tertundanya beberapa pekerjaan dalam proyek tersebut, pembengkakan biaya, dan bahkan dapat berakibat gagalnya proyek. Hal itulah yang menjadi salah satu tantangan utama dalam manajemen proyek (Prajoko & Manurung, 2018). Keberhasilan suatu proyek ditentukan oleh penyelesaiannya yang tepat waktu. Ketepatan waktu menjadi salah satu aspek penting dalam penilaian pelanggan, sehingga perusahaan sangat memperhatikan terkait proses perencanaan dan pengendalian waktu proyek untuk memastikan proyek selesai

sesuai jadwal tanpa mengurangi mutu pekerjaan (Maarif, Rosytha, & Kamandang, 2022).

PT. MUTP merupakan sebuah perusahaan kontruksi dalam hal instalasi, perbaikan dan pemeliharaan pipa. Perusahaan menyediakan layanan jasa dalam pekerjaan pemasangan dan perbaikan pipa untuk keperluan pasokan air. PT MUTP bertugas untuk memastikan instalasi pipa berjalan dengan efisien dan aman mulai dari perencanaan instalasi pipa, pengadaan bahan dan peralatan yang dibutuhkan, pemasangan pipa, pengelasan, dan pemeliharaan pipa secara rutin. Hal tersebut dilakukan untuk memastikan kualitas dan keamanan proyek mulai dari pekerjaan proyek skala kecil, menengah, hingga skala besar seperti instalasi pipa untuk infrastruktur publik.

Pada proses pembangunan distribusi jaringan pipa yang dilakukan PT MUTP di Perumahan Puri Persada CIBarusah terdapat beberapa keterlambatan. Jadwal yang disusun dari waktu perkiraan melesat pada aktual penyelesaian proyek tersebut. Terdapat 12 kegiatan proyek pembangunan distribusi jaringan pipa dengan estimasi waktu penyelesaian pekerjaan selama 90 hari, namun aktual pengerjaan hingga selesai menghabiskan waktu selama 109 hari. Keterlambatan penyelesaian proyek tersebut menyebabkan adanya komplain dari pelanggan yang diterima oleh PT MUTP. Adapun kegiatan proyek pembangunan jaringan distribusi pipa tersebut seperti yang dipaparkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Uraian Kegiatan dan Durasi Pengerjaan

Kegiatan	Uraian Kegiatan	Rencana (Hari)	Aktual (Hari)
K-A	Pengukuran dan Survei Lokasi	6	6
K-B	Administrasi dan Perizinan	2	2
K-C	Penggalian Tanah Rabat Beton dan Penggalian Tanah Keras	21	31
K-D	Pemasangan Pipa	18	21
K-E	Pekerjaan Pengelasan Pipa	11	12
K-F	Pekerjaan Pemasangan Aksesoris	10	14
K-G	Pemasangan <i>Gate Valve</i> dan <i>Box Street</i>	6	6
K-H	Pekerjaan Interkoneksi ke Pipa <i>Existing</i>	5	5
K-I	Perbaikan Galian Tanah	7	8

K-J	Pengetesan Aliran Pipa	1	1
K-K	Pekerjaan <i>Finishing</i> dan Pengecekan Ulang	2	2
K-L	Administrasi dan Pelaporan Akhir	1	1
Total		90	109

Pada Tabel 1 dapat terlihat bahwa terdapat beberapa kegiatan yang mengalami keterlambatan dalam proses pembangunan distribusi jaringan pipa di Perumahan Puri Persada Cibarusah seperti pada proses penggalian tanah yang mengalami keterlambatan selama 10 hari. Keterlambatan juga terjadi pada proses pemasangan pipa selama tiga hari, proses pengelasan pipa terlambat selama satu hari dan pada kegiatan perbaikan terhadap penggalian tanah mengalami keterlambatan juga selama satu hari. Berdasarkan evaluasi dari proyek tersebut, manajemen dari PT MUTP ingin agar adanya perbaikan untuk menghindari keterlambatan seperti ini berulang kembali pada proyek sejenis. Penelitian ini bertujuan untuk membantu pihak manajemen PT MUTP untuk menentukan lintasan kritis dan durasi waktu pada proyek distribusi jaringan pipa sehingga dapat menentukan dengan tepat waktu dalam penyelesaian proyek dan menghindari terjadinya keterlambatan pada proyek pembangunan distribusi jaringan pipa.

Tujuan dari penelitian ini diharapkan dapat tercapai melalui pendekatan metode *Critical Path Method* (CPM) yang memungkinkan perencanaan dan penjadwalan proyek secara lebih efektif dan efisien, serta berpotensi mengurangi biaya. Metode CPM merupakan metode jaringan yang menggunakan keseimbangan waktu-biaya linier (Kurniawan, 2020). *Critical Path Method* (CPM) merupakan metode *network planning* yang berorientasi pada waktu yang mengarah pada penentuan penjadwalan proyek dan estimasi waktunya bersifat deterministik (Pratama, Khadafi, & Pakarbudi, 2021).

Penelitian sebelumnya telah dilakukan terkait penerapan metode CPM ini. Penelitian menggunakan metode CPM tahun 2021 pada proses penjadwalan proyek konstruksi, dapat diketahui waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek dan dapat diketahui kegiatan yang termasuk dalam jalur kritis

(Andriani, Aviasti, & Djamaludin, 2021). Penelitian lainnya menggunakan metode CPM pada pelaksanaan konstruksi pembangunan Gudang Polowijo di Desa Wadung, Tuban, Jawa Timur tahun 2022 memberikan hasil bahwa dengan mengetahui jalur kritis dari proyek tersebut dapat menghasilkan pelaksanaan proyek yang lebih singkat durasinya dari penjadwalan awal selama 98 hari menjadi aktual pelaksanaan selama 61 hari (Sugiyanto & Insan, 2022). Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini menerapkan metode CPM untuk mengetahui jalur kritis pada proyek pembangunan distribusi pipa perumahan dan mengetahui faktor penyebab terjadinya keterlambatan penyelesaian proyek.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif dan penelitian kuantitatif, dimana pada prosesnya menggambarkan fenomena-fenomena yang ada berupa bentuk, aktifitas, karakteristik khusus, ataupun perubahan yang ada. Penelitian jenis kuantitatif menggunakan data yang dapat dihitung pada proses pengolahan data (Nugroho, Aji, & Tanisri, 2022). Pendekatan metode yang digunakan menggunakan *Critical Path Method* (CPM) dikarenakan pada kegiatan proyek sebelumnya mengalami keterlambatan penyelesaian sehingga dengan metode ini akan memberikan informasi terkait kegiatan apa saja yang merupakan jalur kritis (Setiawan & Usman, 2020).

Work Breakdown Structure (WBS)

Rincian struktur kerja atau *work breakdown structure* (WBS) akan memetakan susunan komponen kegiatan-kegiatan utama pada proyek. Rincian struktur kerja diawali dengan memberikan informasi identitas proyek secara umum, daftar kegiatan proyek, dan dasar dari penjadwalan proyek (Suparno, 2015).

Critical Path Method (CPM)

Penyusunan CPM dilakukan dengan merincikan setiap aktivitas, aktivitas yabf

mendahuluinya, durasi pelaksanaan atau waktu normal, serta perkiraan biayanya. Uraian dari kegiatan metode CPM meliputi uraian kegiatan dan durasi waktu yang selanjutnya dibuat dalam *Network Planning* (Astari, Subagyo, & Kusnadi, 2021). Proses penentuan perhitungan jalur kritis terdiri dari empat tahapan.

Langkah pertama dilakukan perhitungan maju (*forward pass*). Perhitungan dimulai dari *node* awal dan bergerak ke *node* akhir. Pada setiap *node*, sebuah angka dihitung yang mewakili waktu tercepat untuk suatu kejadian yang bersangkutan (Sujarno, Firdaus, & Sutrisno, 2023). Adapun perhitungan maju dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada **persamaan (1)**.

$$EF = ES + D \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

EF : *Early Finish* (waktu selesai paling awal aktivitas)

ES : *Early Start* (waktu mulai awal aktivitas)

D : waktu aktivitas kegiatan

Langkah kedua dilakukan perhitungan mundur (*backward pass*), yaitu memulai perhitungan dari *node* “akhir” dan bergerak ke *node* “awal” (Ulfa & Suhendar, 2021). Perhitungan jalur kritis dengan perhitungan mundur dapat dihitung dengan menerapkan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$LS = LF - D \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

LS : *Latest Start* (waktu mulai paling lambat aktivitas)

LF : *Latest Finish* (waktu selesai paling lambat aktivitas)

D : waktu aktivitas kegiatan

Langkah ketiga dilakukan perhitungan *total float*, yaitu untuk menunjukkan berapa lama aktivitas yang diperbolehkan untuk tertunda tanpa memberikan pengaruh kepada seluruh rangkaian jadwal proyek. Jumlah waktu yang didapatkan akan sama apabila memulai semua aktivitas sebelumnya sedini mungkin (Lubis, Suhendar, & Suharmanto, 2021). Perhitungan *total float* diperoleh dengan menggunakan rumus persamaan (3) sebagai berikut:

$$TF = LF - ES - D \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

TF : *Total Float*

LF : *Latest Finish* (waktu selesai paling lambat aktivitas)

ES : *Early Start* (waktu mulai paling awal aktivitas)

D : Durasi Pengerjaan Aktivitas

Langkah selanjutnya adalah perhitungan *free float*, yaitu seluruh aktivitas dimulai lebih awal. Proses *free float* sendiri terkait tentang aktivitas atau kegiatan proyek yang berada di jalan yang ada. Total *free float* untuk seluruh kegiatan proyek merupakan jumlah dari waktu penyelesaian suatu kegiatan dapat ditunda tanpa mempengaruhi kegiatan selanjutnya atau kegiatan lain di dalam jaringan (Aprillia, Wasoni, & A'yun, 2023). Nilai *free float* dapat dicari dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus persamaan (4) berikut ini:

$$FF = EF - ES - D \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

FF : *Free Float*

EF : *Early Finish* (waktu selesai paling awal aktivitas)

ES : *Early Start* (waktu mulai paling awal aktivitas)

D : Durasi Pengerjaan Aktivitas

Metode jalur kritis ini paling banyak diterapkan diantara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan. Lintasan kritis melalui kegiatan-kegiatan yang jumlah waktu pelaksanaannya paling lama, sehingga lintasan tersebut merupakan lintasan yang paling menentukan waktu selesai proyek (Dwiretnani & Kurnia, 2018).

Diagram Sebab Akibat

Penyusunan diagram sebab akibat pada penelitian ini untuk mengetahui sumber akar penyebab permasalahan pada keterlambatan pembangunan distribusi jaringan pipa ini. Sumber akar dari permasalahan ini harus ditemukan supaya permasalahan tersebut mendapatkan solusi atau penanganan tepat sasaran sehingga permasalahan tersebut dapat teratasi dengan maksimal (Pribadi, Saepudin, Tanisri, & Bayu, 2023)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Work Breakdown Structure (WBS)

Informasi awal terkait jalannya proyek pembangunan distribusi jaringan pipa perumahan Puri Persada Cibarusah dijabarkan dalam bentuk tabel identifikasi proyek. Tabel

tersebut menjelaskan lingkup pekerjaan dari PT MUT seperti pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Identitas Proyek

Identitas Proyek	
Nama Pengerjaan	: Proyek Pembangunan Distribusi Jaringan Pipa
Tipe Pengerjaan	: Pipa HDPE
Pembangunan	: Distribusi Jaringan Pipa
Lokasi Pengerjaan	: Perumahan Puri Persada Cibarusah
Panjang Proyek	: 20.004 meter
Jumlah Pekerja	: 30 orang
Perencanaan	: 90 hari
Aktual	: 109 hari

Pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa proyek pembangunan distribusi jaringan pipa ini dilakukan dengan mempekerjakan 30 orang karyawan. Perencanaan proyek selesai sekitar 90 hari, namun aktual pekerjaan proyek tersebut selesai di hari ke-109 dari mulai proyek tersebut berjalan. Hal ini dapat terlihat

bahwa terjadi keterlambatan penyelesaian proyek selama 19 hari kerja.

Proyek pembangunan distribusi jaringan pipa tersusu dari beberapa komponen kegiatan mulai dari tahap perencanaan hingga tahap akhir penyelesaiannya. Berikut merupakan komponen kegiatan dalam proyek ini sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Daftar Kegiatan Proyek

No	Uraian Pekerjaan / Kegiatan	Kode Kegiatan
1	Pengukuran dan Survei Lokasi	K-A
2	Administrasi dan Perizinan	K-B
3	Penggalian Tanah Rabat Beton dan Penggalian Tanah Keras	K-C
4	Pemasangan Pipa	K-D
5	Pekerjaan Pengelasan Pipa	K-E
6	Pekerjaan Pemasangan Aksesoris	K-F
7	Pemasangan <i>Gate Valve</i> dan <i>Box Street</i>	K-G
8	Pekerjaan Interkoneksi ke Pipa <i>Existing</i>	K-H
9	Perbaikan Galian Tanah	K-I
10	Pengetesan Aliran Pipa	K-J
11	Pekerjaan <i>Finishing</i> dan Pengecekan Ulang	K-K
12	Administrasi dan Pelaporan Akhir	K-L

Berdasarkan pada Tabel 3 terdapat 12 komponen kegiatan dalam proyek pembangunan distribusi jaringan pipa perumahan. Seluruh komponen kegiatan tersebut dilaksanakan berurutan sesuai dengan tingkat kepentingan dari pekerjaannya. Pengelompokan pekerjaan akan dapat lebih mudah dilakukan dengan mengetahui uraian

pekerjaan yang ada dalam proyek ini (Marselia & Emaputra, 2021).

Perencanaan biaya pada pelaksanaan proyek ini disusun dengan merinci kebutuhan pengeluaran dari setiap komponen kegiatan yang ada. Pimpinan proyek mempertimbangkan anggaran biaya yang diperlukan untuk proyek ini dengan mempertimbangkan aspek pembelian material

dan juga jasa yang harus dikeluarkan dalam setiap pengadaan material tersebut. Anggaran

biaya proyek pemasangan distribusi jaringan pipa ini dapat terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Anggaran Biaya Proyek Pembangunan Distribusi Jaringan Pipa

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Jumlah Harga (Rp)	
			Material	Harga
1	Persiapan, Pengukuran, dan Survei Lokasi	m ²	-	186,081,800.00
2	Pekerjaan Pemasangan Pipa Galian Tanah	m ²	1,667,062,524.00	835,099,750.00
3	Pekerjaan Pemasangan Pipa Tanah Boring	m ²	1,119,257,340.00	2,007,455,160.00
4	Pekerjaan Pengelasan Pipa	titik	-	396,589,230.00
5	Pekerjaan Pemasangan Aksesoris	pcs	463,216,204.00	20,965,350.00
6	Pemasangan <i>Gate Valve</i> dan <i>Box Street</i>	pcs	137,875,548.00	6,501,000.00
7	Pekerjaan Interkoneksi ke Pipa Existing	titik	-	1,667,610.00
8	Pengetesan Pipa	m ²	-	37,460,500.00
9	Pekerjaan <i>Finishing</i>	set	-	160,000.00
Total			3,387,411,616.00	3,491,980,400.00
				6,879,392,016.00

Pada Tabel 4 dapat diketahui bahwa biaya yang diperlukan pada setiap proyek distribusi jaringan pipa sebesar Rp6.879.392.016,-. Anggaran biaya tersebut perlu dipersiapkan oleh pihak manajemen secara efisien agar terhindar dari kemungkinan proyek terhenti ditengah pelaksanaannya (Arrumih, 2020).

Critical Path Method (CPM)

Langkah selanjutnya dalam penelitian ini adalah melakukan penyusunan jaringan kerja. Proses penyusunan jaringan kerja

dilakukan dengan merincikan hubungan antar kegiatan proyek. Rincian kegiatan atau aktivitas pekerjaan diurutkan dari setiap kegiatan yang memiliki ketergantungan dengan kegiatan lainnya, karena dalam pembuatan jaringan kerja wajib mengetahui aktivitas terdahulu dari setiap kegiatan ataupun aktivitas (Akbar, Mahachandra, & Handayani, 2019). Kegiatan yang akan dilaksanakan harus menyelesaikan kegiatan yang lainnya terlebih dahulu. Hubungan antar kegiatan proyek pembangunan jalur distribusi pipa dapat terlihat seperti pada Tabel 5.

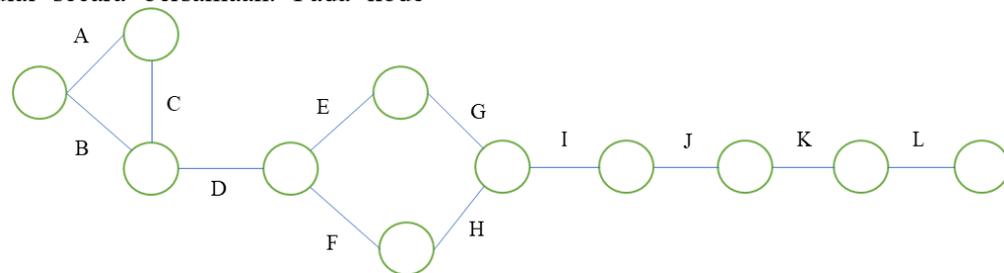
Tabel 5. Hubungan Antar Kegiatan Proyek

No	Uraian Pekerjaan	Kode Kegiatan	Kegiatan Sebelumnya	Waktu Penyelesaian (Hari)
1	Pengukuran dan Survei Lokasi	K-A	-	6
2	Administrasi dan Perizinan	K-B	-	2
3	Penggalian Tanah Rabat Beton dan Penggalian Tanah Keras	K-C	K-A	31
4	Pemasangan Pipa	K-D	(K-B),(K- C)	21
5	Pekerjaan Pengelasan Pipa	K-E	K-D	12
6	Pekerjaan Pemasangan Aksesoris	K-F	K-D	14
7	Pemasangan <i>Gate Valve</i> dan <i>Box Street</i>	K-G	K-E	6

8	Pekerjaan Interkoneksi ke Pipa <i>Existing</i>	K-H	K-F	5
9	Perbaikan Galian Tanah	K-I	(K-G),(K-H)	8
10	Pengetesan Aliran Pipa	K-J	K-I	1
11	Pekerjaan <i>Finishing</i> dan Pengecekan Ulang	K-K	K-J	2
12	Administrasi dan Pelaporan Akhir	K-L	K-K	1

Hubungan antar kegiatan pada Tabel 5 tersebut dapat dibuat ke dalam diagram jaringan kerja. Proses pekerjaan kode K-A dan K-B tidak ada kegiatan awal yang mendahuluinya sehingga dapat dikatakan pekerjaan tersebut dapat dimulai secara bersamaan. Pada kode

kegiatan K-C dapat dijalankan setelah kode kegiatan K-A selesai, dan seterusnya hingga kode kegiatan K-L selesai dikerjakan. Diagram jaringan kerja dari hubungan antar kegiatan tersebut dapat terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Jaringan Kerja

Diagram jaringan kerja yang ada pada Gambar 1 tersebut digunakan sebagai acuan dasar dalam mengidentifikasi jalur kritis pada proyek pembangunan jalur distribusi pipa. Jalur kritis merupakan jalur aktivitas kegiatan yang ada pada pembangunan distribusi pipa yang memiliki alur kegiatan dengan jumlah waktu pengerjaan yang terlalu lama dan mengakibatkan keterlambatan secara

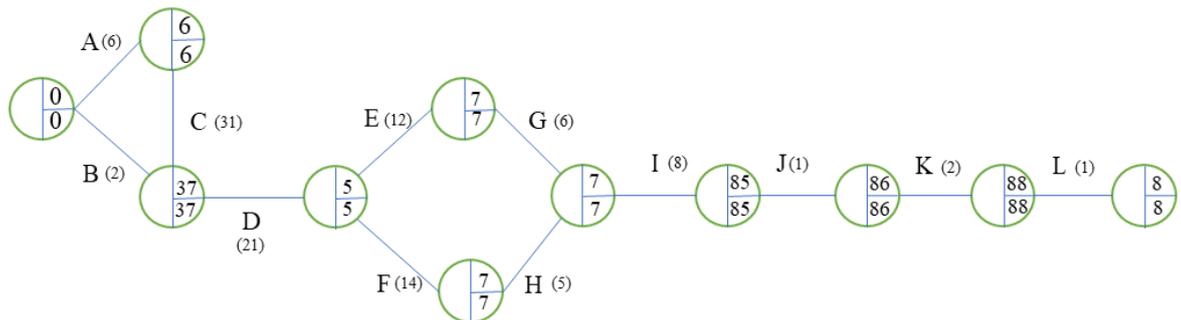
keseluruhan. Pada penelitian ini dilakukan identifikasi jalur kritis dengan perhitungan maju (*forward*) dan perhitungan mundur (*backward*). Penggunaan rumus persamaan (1) dan rumus persamaan (2) dapat digunakan dalam melakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur. Hasil perhitungan tersebut dapat terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Maju dan Mundur

No	Kode Kegiatan	Waktu (hari)	Perhitungan Maju		Perhitungan Mundur	
			ES (Mulai)	EF (Selesai)	LS (Mulai)	LF (Selesai)
1	K-A	6	0	6	0	6
2	K-B	2	0	2	0	35
3	K-C	31	6	37	6	37
4	K-D	21	37	58	37	58
5	K-E	12	58	70	58	71
6	K-F	14	58	72	58	72
7	K-G	6	70	76	71	77
8	K-H	5	72	77	72	77
9	K-I	8	77	85	77	85
10	K-J	1	85	86	85	86
11	K-K	2	86	88	86	88
12	K-L	1	88	89	88	89

Hasil perhitungan maju dan perhitungan mundur pada Tabel 6 digunakan sebagai acuan membuat model jaringan kerja yang memberikan informasi terkait waktu

penyelesaian dari proyek pembangunan jalur distribusi jaringan pipa. Adapun model jaringan kerja dengan disertai hasil perhitungan waktu maju dan perhitungan waktu mundur seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Jaringan Kerja Menggunakan Perhitungan Maju dan Perhitungan Mundur

Proses perhitungan pada langkah selanjutnya yaitu menentukan total float dan free float pada proyek ini. Total float berfungsi untuk menunjukkan waktu yang masih diperbolehkan suatu kegiatan boleh ditunda, tanpa mempengaruhi jadwal dari penyelesaian proyek secara keseluruhan. Pada perencanaan dan penyusunan proyek pembangunan jalur distribusi jaringan pipa ini,

free float menunjukkan waktu banyaknya waktu terlambat yang ditugaskan untuk setiap satu kegiatan tanpa menunda kegiatan selanjutnya. mPerhitungan total float dapat dilakukan dengan menggunakan rumus pada persamaan (3) sedangkan untuk perhitungan free float dihitung dengan menggunakan persamaan 4). Hasil dari perhitungan keduanya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Total Float dan Free Float

No	Kode Kegiatan	Waktu (hari)	Perhitungan Maju		Perhitungan Mundur		Total Float	Free Float
			ES (Mulai)	EF (Selesai)	LS (Mulai)	LF (Selesai)		
1	K-A	6	0	6	0	6	0	0
2	K-B	2	0	2	0	35	33	0
3	K-C	31	6	37	6	37	0	0
4	K-D	21	37	58	37	58	0	0
5	K-E	12	58	70	58	71	1	0
6	K-F	14	58	72	58	72	0	0
7	K-G	6	70	76	71	77	1	0
8	K-H	5	72	77	72	77	0	0
9	K-I	8	77	85	77	85	0	0
10	K-J	1	85	86	85	86	0	0
11	K-K	2	86	88	86	88	0	0
12	K-L	1	88	89	88	89	0	0

Hasil dari perhitungan total float dan free float seperti pada Tabel 7 dapat diketahui lintasan kritis dari kegiatan proyek pembangunan jalur distribusi pipa yang nilai float-nya adalah nol (0). Proyek pembangunan

distribusi jaringan pipa ini dapat selesai dengan waktu pengerjaan selama 89 hari dengan jalur A-C-D-F-H-I-J-K-L. Adapun kegiatan yang termasuk pada jalur kritis seperti yang dipaparkan pada Tabel 8.

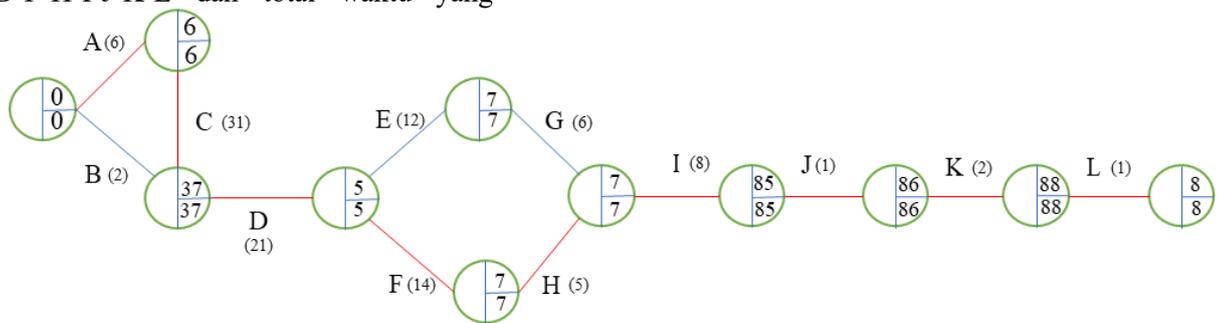
Tabel 8. Identifikasi Jalur Kritis

No	Kode Kegiatan	Waktu (hari)	Float		Keterangan
			Total Float	Free Float	

1	K-A	6	0	0	Jalur kritis
2	K-B	2	33	0	-
3	K-C	31	0	0	Jalur kritis
4	K-D	21	0	0	Jalur kritis
5	K-E	12	1	0	-
6	K-F	14	0	0	Jalur kritis
7	K-G	6	1	0	-
8	K-H	5	0	0	Jalur kritis
9	K-I	8	0	0	Jalur kritis
10	K-J	1	0	0	Jalur kritis
11	K-K	2	0	0	Jalur kritis
12	K-L	1	0	0	Jalur kritis

Proses identifikasi jalur kritis pada Tabel 8 didapatkan analisis bahwa kegiatan proyek pembangunan distribusi jaringan pipa di Perumahan Putri Persada Cibarusah adalah A-C-D-F-H-I-J-K-L dan total waktu yang

diperlukan pada pengerjaan proyek ini adalah 89 hari. Berdasarkan identifikasi jalur kritis tersebut, maka dapat disusun diagram jaringan jalur kritis seperti pada Gambar 3.

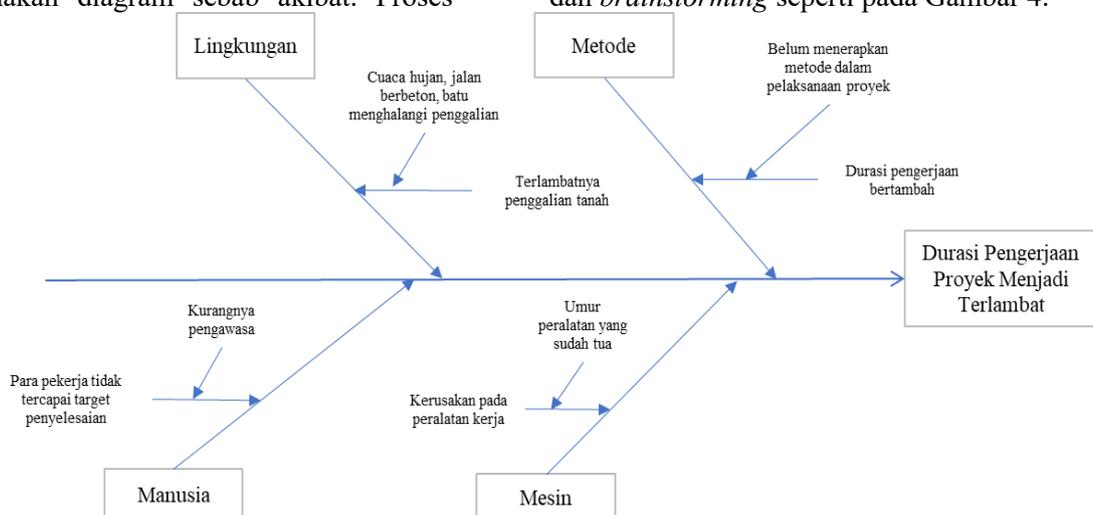


Gambar 3. Diagram jaringan Jalur Kritis

Diagram Sebab Akibat

Upaya dan usaha dari pihak manajemen proyek adalah menghindari terjadinya keterlambatan dengan mencari tau akar permasalahan yang terjadi dengan menggunakan diagram sebab akibat. Proses

penyusunan diagram sebab akibat dilakukan dengan melakukan wawancara dan juga *brainstorming* dengan pemilik proyek, manager proyek, dan beberapa pekerja proyek. Diagram sebab akibat dari hasil wawancara dan *brainstorming* seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Sebab Akibat

Diagram sebab akibat pada Gambar 4 tersebut dapat disimpulkan bahwa penyebab utama durasi waktu pelaksanaan proyek menjadi terlambat dapat dilihat dari empat faktor, yaitu dari faktor manusia, mesin, metode, dan lingkungan. Penyebab utama dari faktor mesin yaitu umur peralatan yang sudah lama, sehingga menyebabkan sering terjadinya kerusakan pada peralatan kerja. Faktor manusia dapat menjadi penyebab utama dikarenakan kurangnya pengawasan baik secara jumlah sumber daya manusia yang menjadi mandor di lapangan, maupun dari sistem pengawasan yang penerapannya masih belum maksimal. Faktor yang mempengaruhi keterlambatan proyek selanjutnya yaitu dari metode pekerjaan yang diterapkan. Sebelum adanya penelitian terkait penentuan jalur kritis, pihak manager proyek di lapangan melakukan metode pekerjaan yang kurang sistematis, sehingga berdampak pada penyelesaian pekerjaan yang tidak efektif. Faktor lingkungan juga menjadi sorotan dalam penyebab keterlambatan durasi penyelesaian proyek pembangunan jalur distribusi pipa. Cuaca hujan dan jalan berbeton membuat proses penggalian dan perataan tanah menjadi lebih lama dari kondisi normal.

KESIMPULAN

Proyek pembangunan jalur distribusi jaringan pipa pada perumahan Puri Persada Cibusah yang dilakukan oleh pengembang proyek PT MUTP perlu memperhatikan jalur atau lintasan kritis yang ada pada proyek tersebut. Jalur kritis yang sudah diketahui pada penelitian ini sebanyak sembilan aktivitas yaitu pada kegiatan kode A-C-D-F-H-I-J-K-L. Sembilan jalur kritis tersebut harus menjadi perhatian utama agar proyek tetap berjalan sesuai dengan durasi kerja yang direncanakan. Berbagai macam faktor yang menjadi penyebab keterlambatan penyelesaian proyek. Faktor utama terjadinya keterlambatan antara lain dari faktor lingkungan dan cuaca. Jalanan yang sudah berbeton dan terdapat batu akan mempersulit proses penggalian. Kondisi cuaca yang sering terjadi hujan mengharuskan pekerjaan berhenti hingga hujan reda. Faktor

lain adalah dari segi manajemen sumber daya manusia, agar memperhatikan kembali terkait proses pengawasan para pekerja agar tetap dapat bekerja maksimal sesuai target yang telah ditetapkan. Kondisi peralatan kerja yang sudah cukup berumur menjadikan peralatan lebih mudah rusak, sehingga perlu adanya peremajaan peralatan dan permesinan untuk menjalankan proyek pembangunan jalur distribusi pipa.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, F. J., Mahachandra, M., & Handayani, N. (2019). Optimalisasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Stasiun Kutablang Dengan Metode Project Evaluation and Review Technique (PERT) dan Critical Path Method (CPM). *Seminar Nasional Teknik Industri Universitas Gadjah Mada* (pp. 31-37). Yogyakarta: Departemen Teknik Mesin dan Industri FT UGM.
- Andriani, E., Aviasti, & Djameludin. (2021). Optimalisasi Penjadwalan Proyek Konstruksi Berdasarkan Metode Critical Path Method (CPM) dan Program Evaluation and Review Technique (PERT). *Prosiding Teknik Industri* (pp. 263-268). Bandung: Universitas Islam Bandung.
- Aprillia, S. C., Wasoni, & A'yun, Q. Q. (2023). Optimalisasi Biaya dan Waktu Pelaksanaan Pembangunan Rumah Tinggal di Kecamatan Rantau Pulung Kutai Timur Menggunakan Critical Path Method (CPM) dan Program Evaluation and Review Technique (PERT). *Jurnal Ilmiah Matematika Basis*, 11-24.
- Arifudin, R. (2012). Optimasi Penjadwalan Proyek Dengan Penyeimbangan Biaya Menggunakan Kombinasi CPM dan Algoritma Genetika. *Jurnal Masyarakat Informatika*, 1-14.
- Arrumih, K. (2020). Optimalisasi Masalah Penjadwalan Proyek Pembangunan Menggunakan Metode PERT CPM. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 110-119.

- Astari, N. M., Subagyo, A. M., & Kusnadi. (2021). Perencanaan Manajemen Proyek Dengan Metode CPM (Critical Path Method) dan PERT (Program Evaluation And Review Technique). *Jurnal Konstruksi*, 164-180.
- Dwiretnani, A., & Kurnia, A. (2018). Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Dengan Metode CPM (Critical Path Method). *Jurnal Talenta Sipil*, 58-63.
- Kurniawan, R. (2020). Penerapan Metode CPM dan Gantt Chart untuk Mengukur Efisiensi Waktu (Studi Kasus Pembangunan Rumah Perum GIP Kertosono, Nganjuk). *Prosiding Seminar Nasional Penalaran dan Penelitian Nusantara* (pp. 178-206). Kediri: Unit Kegiatan Mahasiswa Penalaran Dan Penelitian Nusantara Universitas Nusantara PGRI Kediri.
- Lubis, A. M., Suhendar, E., & Suharmanto, P. (2021). Optimasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Jalan Tol Becakayu Seksi 1BC Dengan Menggunakan Metode CPM dan PERT. *Jurnal SEOI - Fakultas Teknik Universitas Sahid Jakarta*, 75-89.
- Maarif, M. S., Rosytha, A., & Kamandang, Z. R. (2022). Analisa Penjadwalan Proyek Dengan Metode PERT Dan CPM Pada Pembangunan Gedung Hotel Di Sidoarjo. *Jurnal Agregat*, 648-654.
- Marselia, W., & Emaputra, A. (2021). Evaluasi Jaringan Kerja (Network Planning) Menggunakan Critical Path Method (CPM) untuk Optimalisasi Waktu Produksi pada PT. XYZ. *Seminar Nasional Teknik Industri Universitas Gadjah Mada* (pp. 92-97). Yogyakarta: Departemen Teknik Mesin dan Industri FT UGM.
- Mewengkang, D. H., Sumanti, F. P., & Malingkas, G. Y. (2023). Analisis Penjadwalan Proyek Menggunakan Metode PDM Dengan Menggunakan Konsep Cadangan Waktu Pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Kejaksanaan Tinggi Sulawesi Utara. *TEKNO*, 269-280.
- Nugroho, O. W., Aji, S. N., & Tanisri, R. H. (2022). Manajemen Risiko Pada Aktivitas Distribusi Pangan KJP Di Kepulauan Seribu Menggunakan Metode House Of Risk. *Journal of Industrial and Engineering System (JIES)*, 74-84.
- Prajoko, A., & Manurung, E. (2018). Analisis Penjadwalan Proyek Konstruksi Menggunakan Simulasi Monte Carlo (Studi Kasus Pembangunan Gedung di Bintaro, Jakarta). *Prosiding: Seminar Nasional Cedekiawan Buku I* (pp. 27-32). Jakarta: Universitas Trisakti.
- Pratama, M. R., Khadafi, S., & Pakarbudi, A. (2021). Implementasi Manajemen Proyek Dengan Metode CPM (Critical Path Method) Tentang Optimalisasi Durasi Proyek Pemasangan Fiber Optik Di Perusahaan XYZ. *SNESTIK Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika* (pp. 233-240). Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Pribadi, A. Y., Saepudin, T. H., Tanisri, R. H., & Bayu, R. (2023). Pengendalian Kualitas Produk Percetakan Buku Menggunakan Metode Six Sigma di CV Jaya Abadi Utama. *Jenius: Jurnal Terapan Teknik Industri*, 237-249.
- Setiawan, B., & Usman, R. (2020). Optimalisasi Penjadwalan Proyek Dengan Menggunakan Metode CPM Di Proyek LRT Pulomas. *Jenius: Jurnal Terapan Teknik Industri*, 77-87.
- Sugiyanto, & Insan, K. (2022). Optimalisasi Metode Critical Chain Project Management Pada Pelaksanaan Proyek Kontruksi. *Rangteknik Journal*, 352-363.
- Suherman, & Ilma, A. (2016). Analisa Penjadwalan Proyek Menggunakan PDM dan PERT Serta Crash Project (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Main Power House PT. Adhi Karya). *Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri*, 31-43.
- Sujarno, P. A., Firdaus, E. J., & Sutrisno. (2023). Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Pembangunan Rumah Sakit Gunadarma Medika dengan Metode

- CPM dan PERT. *Jurnal Serambi Engineering*, 5297-5303.
- Suparno. (2015). Perencanaan Dan Penjadwalan Proyek Pada Pembangunan Gedung. *Bangun Rekaprima: Majalah Ilmiah*
- Pengembangan Rekayasa, Sosial, dan Humaniora*, 56-67.
- Ulfa, S., & Suhendar, E. (2021). Implementasi Metode Critical Path Method Pada Proyek Synthesis Residence Kemang. *Jurnal Optimasi Teknik Industri*, 1-6.