

**EVALUASI PROYEK PERBAIKAN *DUCTING INLET SLC BOILER*
PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) TBK DENGAN *CRITICAL PATH*
*METHOD (CPM) DAN S-CURVE***

M Nadhif Auliya Authon¹, Wiwik Handayani²
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur^{1,2}
wiwik.em@upnjatim.ac.id²

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membantu PT. Menara Mas Persada dalam mengoptimalkan waktu dan biaya pada proyek perbaikan *Ducting Inlet SLC Boiler* Tuban 3 yang mengalami keterlambatan waktu pengerjaan hingga 75 hari dari yang direncanakan. Metode penelitian yang digunakan yaitu pendekatan deskriptif kuantitatif dengan menggunakan data harga bahan, upah tenaga kerja, serta gambar sesuai daftar proyek pekerjaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode CPM (*Critical Path Method*) mengidentifikasi beberapa kegiatan pada jalur kritis yang menghambat jalannya proyek yaitu pada pekerjaan *Ducting 3800xPL.8 x 32M*, *Welding straps PL 10x150*, *Sandblast 2.5A untuk saddle duct*, *Painting* tahan panas 400cc (primer 2x & finish), *Erection ducting*, dan *Erection saddle* dengan total waktu pengerjaan proyek selama 75 hari. Simpulan, waktu dan biaya yang optimal dalam percepatan proyek perbaikan *Ducting Inlet SLC Boiler* Tuban 3 yakni dengan durasi waktu 67,5 hari dan biaya sebesar Rp 3.670.000.000.

Kata Kunci: *Critical Path Method*, Keterlambatan Proyek, *Time Schedule*

ABSTRACT

This research aims to help PT. Menara Mas Persada in optimizing time and costs for the Tuban 3 SLC Boiler Inlet Ducting repair project which experienced a delay in work time of up to 75 days than planned. The research method used is a quantitative descriptive approach using data on material prices, labor wages, and images according to the work project list. The results of the research show that the CPM (Critical Path Method) method identified several activities on the critical path that hindered the progress of the project, namely Ducting 3800xPL.8 x 32M, Welding straps PL 10x150, Sandblast 2.5A for saddle duct, Heat resistant Painting 400cc (primer 2x & finish), Erection ducting, and Erection saddle with a total project processing time of 75 days. In conclusion, the optimal time and cost in accelerating the Tuban 3 SLC Boiler Inlet Ducting repair project is with a time duration of 67.5 days and a cost of IDR 3,670,000,000.

Keywords: *Critical Path Method*, *Project Delay*, *Time Schedule*

PENDAHULUAN

Visi Indonesia maju membutuhkan lompatan besar dalam merancang strategi pembangunan nasional, terutama untuk memastikan pencapaian Indonesia maju dengan GDP ke-5 terbesar pada tahun 2045. Pembangunan infrastruktur yang masif dan tersebar di seluruh wilayah Indonesia, diharapkan dapat menjadi lompatan bagi

Indonesia untuk menjadi negara maju dan keluar dari "*middle income trap*". Pondasi yang kokoh telah dibangun dalam 5 tahun terakhir melalui pembangunan infrastruktur yang membantu mendorong pertumbuhan ekonomi regional (Sugiarto, 2019). Pembangunan infrastruktur di Indonesia diproyeksikan akan tumbuh pesat dalam beberapa tahun ke depan, terutama karena dukungan pemerintahan Joko Widodo yang tinggal dua tahun lagi. Hal ini diharapkan dapat memberikan sentimen positif terhadap sektor konstruksi, khususnya emiten produsen semen. Pembangunan infrastruktur yang massif dan menyebar ke seluruh wilayah Indonesia merupakan langkah strategis untuk mempercepat pencapaian visi Indonesia maju dengan GDP ke-5 terbesar pada 2045, sekaligus dapat membantu Indonesia keluar dari perangkap sebagai negara berkembang saja atau "*middle income trap*". Berbagai pembangunan infrastruktur yang telah dirancang dan dicanangkan sebelumnya diharapkan dapat segera direalisasikan agar dapat memberikan manfaat bagi masyarakat dan mendorong pertumbuhan ekonomi regional (Situmorang, 2022).

Dorongan tersebut diharapkan dapat memberikan dampak positif bagi emiten konstruksi dan produsen semen di Indonesia. Hal tersebut didukung oleh anggaran pembangunan Infrastruktur Kawasan Strategis Nasional (IKN) yang sudah dianggarkan hingga tahun 2025, sehingga proyek ini diprediksi akan berlanjut bahkan setelah masa pemerintahan Jokowi berakhir. Selain itu, pemerintah telah memberikan perhatian khusus terhadap permodalan BUMN konstruksi dengan menyuntikkan dana ke beberapa perusahaan BUMN sejak tahun lalu, sehingga dapat meningkatkan kapasitas pendanaan dan mengerjakan proyek infrastruktur besar yang ditawarkan oleh pemerintah (Situmorang, 2022). Ketepatan waktu dalam penyelesaian suatu proyek infrastruktur merupakan hal penting yang harus diprioritaskan mengingat pertumbuhan positif yang ada. Oleh karena itu, manajemen proyek memegang peranan penting dalam meminimalkan risiko kegagalan dan keterlambatan dalam menyelesaikan suatu proyek. Suatu proyek pada dasarnya adalah gabungan dari beberapa sumber daya, seperti tenaga kerja, anggaran, peralatan, fasilitas, dan layanan pendukung, yang bekerja bersama dalam satu organisasi untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan (Atin et al., 2018).

Dalam melaksanakan sebuah proyek, faktor-faktor seperti sumber daya manusia, material, peralatan, kondisi alam, cuaca, dan faktor lainnya memainkan peran penting dalam menentukan kemajuan proyek tersebut. Oleh karena itu, perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian yang baik sangat diperlukan. Perencanaan dilakukan untuk mengantisipasi kondisi dan tugas yang akan dihadapi, serta menetapkan tujuan dan sasaran yang ingin dicapai. Selain itu, perencanaan juga mencakup penentuan kebijakan pelaksanaan, program yang akan dilaksanakan, jadwal dan waktu pelaksanaan, prosedur pelaksanaan, administrasi, operasional, dan anggaran (Heryanto & Triwibowo, 2016). Penjadwalan proyek adalah proses untuk menentukan waktu, sumber daya, dan kegiatan yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk membuat perencanaan dan penjadwalan proyek adalah *Critical Path Method* (CPM). CPM digunakan untuk menentukan durasi minimum proyek dengan menggunakan jalur kritis atau urutan kegiatan dengan durasi terpanjang. Metode ini juga dapat menentukan total float atau fleksibilitas jadwal. Lima parameter dipertimbangkan dalam menentukan jalur kritis, yaitu waktu mulai dan selesai paling awal, waktu mulai dan selesai paling akhir, dan *total float* (Ba'its et al., 2020).

Penelitian ini berfokus pada proyek perbaikan ducting inlet SLC Boiler Tuban 3 dari PT. Menara Mas Persada, sebuah perusahaan kontraktor berpengalaman yang berkantor di Tuban. PT. Menara Mas Persada memiliki kualifikasi M1, yang

memungkinkannya untuk mengerjakan proyek-proyek dengan resiko tinggi, berteknologi tinggi dan biaya yang besar. Perusahaan ini dapat mengerjakan proyek di bidang instalasi fasilitas produksi, konstruksi saluran air, jalan raya, rel kereta api, dan pekerjaan jembatan, jalan layang, terowongan dan subways. Pada tahun 2020 sampai dengan tahun 2022 PT. Menara Mas Persada sendiri telah mengerjakan beberapa proyek konstruksi seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 1.
Proyek PT. Menara Mas Persada Tahun 2020 - 2022

No	Nama Proyek	Target Penyelesaian	Realisasi Penyelesaian	Keterlambatan
1	Perbaikan Ducting Inlet SLC Boiler PT Semen Indonesia	68 hari	75 hari	7 hari
2	Jasa Perbaikan Atap ER 19B Area CCT	90 hari	90 hari	-
3	Pembuatan Jalur Pedestrian Pabrik Tuban	120 hari	120 hari	-

Sumber: Siringoringo (2014)

Permasalahan utama yang dihadapi adalah keterlambatan progress pengerjaan proyek selama 7 hari akibat curah hujan yang tinggi sehingga beberapa pekerjaan tidak dapat dilaksanakan dengan alasan keselamatan kerja. Hal ini menyebabkan perusahaan mengalami kerugian waktu sewa dengan estimasi potongan 4 jam dalam sehari. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi proyek dan menentukan solusi untuk menghindari keterlambatan di masa depan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi proyek perbaikan *Ducting Inlet SLC Boiler* PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk dengan menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) dan *S-Curve*.

KAJIAN TEORI

Critical Path Method (CPM)

Metode CPM adalah sistem yang paling banyak digunakan untuk merencanakan dan mengendalikan proyek dengan desain rumit dan ketergantungan konstruksi. CPM menggunakan fungsi waktu dan biaya untuk penjadwalan proyek. Waktu estimasi yang digunakan dalam CPM hanya satu yang mewakili waktu normal. Notasi-notasi seperti mulai paling awal (ES), paling awal selesai (EF), dan last start (LS) digunakan untuk mengidentifikasi jalur kritis. Setelah mengidentifikasi jalur kritis, langkah selanjutnya adalah mempercepat proyek dengan menghitung waktu percepatan dan pengeluaran untuk setiap proses dan mempercepat operasi dengan kemiringan biaya terendah. Jika terdapat beberapa jalur kritis, upaya percepatan diterapkan secara simultan pada semua aktivitas pada jalur kritis tersebut. Upaya percepatan berhenti ketika semua aktivitas di jalur kritis terisi penuh. Total biaya proyek ditentukan dengan menghitung total biaya akibat percepatan (Mar'aini & Akbar, 2022; Wasito & Syaikhudin, 2020). Beberapa istilah dan perhitungan yang digunakan dalam metode CPM menurut Tamrakar (2013) adalah sebagai berikut:

a. Perhitungan maju

Earliest Start Time (ES) adalah waktu paling awal untuk memulai suatu aktivitas.

ES = EF (Penyelesaian aktivitas tercepat)

Earliest Finish Time (EF) adalah waktu paling awal menyelesaikan kegiatan dan waktu paling awal (ES) ditambah waktu kegiatan (t).

$$EF = ES + t$$

b. Perhitungan mundur

Setelah dilakukan perhitungan maju, maka dilakukan perhitungan sebaliknya. Dari titik akhir aktivitas, hitungan mundur berlanjut ke aktivitas awal. Tujuannya adalah untuk memperkirakan aktivitas paling akhir, paling lambat dimulai dan selesainya kegiatan (TL, LS, dan LF).

$$LS = LF - t$$

$$LF = TL; TL = TE$$

Dimana LS = mulai aktivitas terakhir, LF = kegiatan terakhir selesai, TL = aktivitas terbaru, dan t = waktu yang dibutuhkan untuk suatu kegiatan.

S-Curve

Menurut Wang et al. (2016) Kurva S merupakan representasi grafis yang menggambarkan hubungan antara waktu pengerjaan proyek (sumbu horizontal) dengan nilai total biaya (sumbu vertikal) dari kemajuan proyek secara kumulatif dari awal sampai akhir. Kurva S menjadi alat yang sangat membantu dan diperlukan untuk perencanaan, pemantauan, dan pengendalian proyek serta evaluasi kemajuan kumulatif proyek secara keseluruhan dari awal hingga akhir selama tahap implementasi (Chao & Chen, 2015; Cristóbal, 2017; Konior & Szóstak, 2020). Menurut Chao & Chien (2010), pemilik dan kontraktor biasanya menggunakan Kurva S untuk perencanaan dan pengendalian proyek karena Kurva S dapat dirujuk untuk memperkirakan arus kas untuk membuat pengaturan keuangan sebelum proyek dilaksanakan dan menetapkan target untuk evaluasi kemajuan keseluruhan selama proyek. *S curve maker* dalam suatu proyek, hal pertama yang harus dilakukan menurut Pastiarsa (2015) adalah:

- a. Menghitung persentase bobot dari setiap aktivitas atau aktivitas.
- b. Kemudian jadwal (tanggal mulai direncanakan dan tanggal berakhir) dari masing-masing komponen WBS digambarkan dalam *Bar Chart*. Rumus perhitungan persentase bobot aktivitas menurut Pastiarsa (2015) sebagai berikut:

$$\text{Persentase bobot aktivitas} = \frac{\text{cost per charge budget plan}}{\text{total budget cost plan}} \times 100\%$$

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Pendekatan deskriptif digunakan untuk mengetahui keberadaan nilai variabel mandiri tanpa membandingkan atau menghubungkan dengan variabel lainnya, sedangkan pendekatan kuantitatif digunakan untuk mendapatkan data yang akurat dan dapat diukur berdasarkan fenomena empiris. Data yang diambil dalam penelitian ini berupa angka dan bertujuan untuk mengetahui optimasi peluang proyek dapat diselesaikan sesuai target waktu dengan menggunakan metode CPM yang diolah menggunakan *software POM QM for Windows* dan metode kurva S untuk mengetahui *time schedule*. Adapun data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah catatan harga bahan dan upah tenaga kerja dan gambar sesuai daftar dari proyek pekerjaan perbaikan *Ducting Inlet SLC Boiler Tuban 3* dari PT. Menara Mas Persada.

HASIL PENELITIAN**Metode CPM (Critical Path Method)****Inventarisasi Kegiatan dan Waktu Proyek**

Data untuk mengidentifikasi aktivitas dan waktu yang diperlukan dalam proyek perbaikan *Ducting Inlet SLC Boiler* Tuban 3 didasarkan pada urutan kegiatan dan waktu normal dalam proyek. Data ini diurutkan berdasarkan tanggal pengerjaannya, sehingga dapat menunjukkan berapa lama waktu normal yang dibutuhkan untuk setiap jenis pekerjaan. Hal ini dapat digunakan untuk menentukan bentuk jaringan kerja atau *networking* dalam proyek perbaikan *Ducting Inlet SLC Boiler* Tuban 3.

Menyusun Hubungan Antar Kegiatan

Data mengenai hubungan antara kegiatan dan waktu masing-masing kegiatan pada proyek perbaikan *Ducting Inlet SLC Boiler* Tuban 3 yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan melalui wawancara dengan pihak perusahaan serta jadwal kegiatan proyek yang telah diatur sebelumnya. Data ini merupakan informasi mengenai hubungan antara kegiatan-kegiatan dalam proyek, yang disusun berdasarkan kegiatan pendahulu (*predecessor*). Dalam hal ini, kegiatan pendahulu harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum memulai kegiatan selanjutnya. Dari data tersebut, dapat diketahui hubungan antara setiap kegiatan dalam proyek, sehingga dapat membantu dalam merencanakan dan mengatur waktu pelaksanaan setiap kegiatan agar proyek dapat berjalan dengan lebih efektif dan efisien. Adapun data informasi mengenai rincian kegiatan, hubungan antara kegiatan dan waktu pada proyek perbaikan *Ducting Inlet SLC Boiler* Tuban 3 tersebut disajikan dalam bentuk Tabel 2 yang terdapat di bawah ini:

Tabel 2.
Inventarisasi Kegiatan dan Waktu Normal, Serta Kode Kegiatan Proyek Perbaikan
***Ducting Inlet SLC Boiler* Tuban 3**

No	Uraian Pekerjaan	Tanggal Pekerjaan	Kode Kegiatan	Kegiatan Pendahulu	Waktu Normal (Hari)
a	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Mobilisasi dan demobilisasi pekerjaan mechanical	04 April – 10 April 2022	A	-	7
2	Perencanaan teknis dan administrasi proyek	11 April – 14 April 2022	B	A	4
3	Pengecekan kondisi lapangan dan persiapan site	15 April – 17 April 2022	C	A	3
4	Mobilisasi dan demobilisasi pekerjaan demolish	02 Mei – 15 Mei 2022	D	-	14
5	Mobilisasi dan demobilisasi pekerjaan erection	16 Mei – 29 Mei 2022	E	D	14

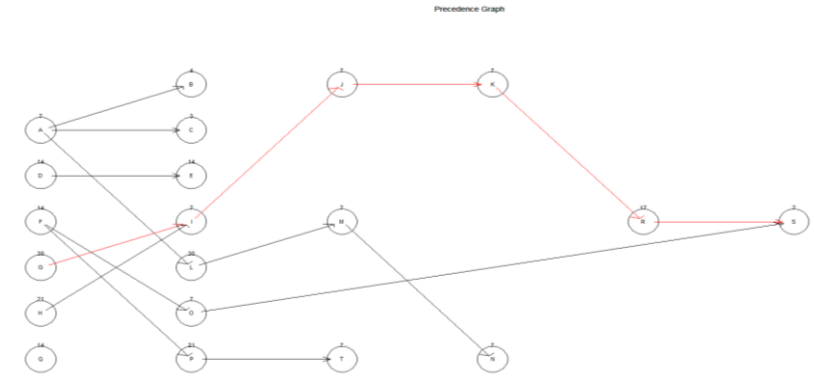
6	Mobilisasi dan demobilisasi pekerjaan insulation	13 Juni – 26 Mei 2022	F	-	14
b Pekerjaan Fabrikasi Pembuatan Ducting					
1	Ducting 3800xPL.8 x 32M	04 April – 1 Mei 2022	G	-	30
2	Spiral stiffener PL 10 (2 Line)	11 April – 1 Mei 2022	H	-	21
3	Welding straps PL 10x150	11 April – 17 April 2022	I	G, H	21
4	Sandblast 2.5A untuk saddle duct	25 April – 1 Mei 2022	J	I	7
5	Painting tahan panas 400cc (primer 2x & finish)	25 April – 1 Mei 2022	K	J	7
c Pekerjaan Pembuatan Slide Saddle					
1	Slide saddle 2 EA	04 April – 1 Mei 2022	L	A	30
2	Sandblast 2.5A untuk saddle duct	25 April – 1 Mei 2022	M	L	7
3	Painting tahan panas 400cc (primer 2x & finish)	25 April – 1 Mei 2022	N	M	7
d Pekerjaan Insulation					
1	Painting spot with power tool	06 Juni – 12 Juni 2022	O	F	7
2	Insulation (392m ²) 100mm thk.	06 Juni – 26 Juni 2022	P	F	21
e Pekerjaan Demolish					
1	Demolish ducting	02 Mei – 15 Mei 2022	Q	D	14
f Tahap Erection					
1	Erection ducting	02 Mei – 19 Mei 2022	R	K	30
2	Erection saddle		S	O, R	7
G Pekerjaan Lain – Lain					
1	Asbuilt drawing	23 Mei – 29 Mei 2022	T	P	7

Sumber: PT. Menara Mas Persada (2023)

Menyusun *Network Diagram*

Dengan memperhatikan data hubungan antara kegiatan dan waktu pada proyek perbaikan *Ducting Inlet SLC Boiler Tuban 3* yang telah diharapkan umurnya, maka dilakukan penyusunan diagram jaringan yang menunjukkan urutan kegiatan pada proyek tersebut. Diagram jaringan yang dibuat tersebut merupakan representasi grafis dari kegiatan yang ada dalam proyek, dimana setiap kegiatan diwakili oleh sebuah node atau titik dan setiap hubungan antara kegiatan direpresentasikan oleh sebuah garis. Diagram jaringan ini dapat membantu dalam memvisualisasikan rangkaian kegiatan

yang harus dilakukan pada proyek perbaikan *Ducting Inlet SLC Boiler Tuban 3* secara kronologis.



Gambar 1. Diagram jaringan proyek perbaikan *Ducting Inlet SLC Boiler Tuban 3*
 Sumber: Hasil Pengolahan Data (2023)

Menghitung SPA, SPL, dan Tenggang Waktu Setiap Kegiatan

Tahapan berikutnya dalam proyek perbaikan *Ducting Inlet SLC Boiler Tuban 3* adalah melakukan perhitungan SPA (Saat Paling Awal), SPL (Saat Paling Lambat), dan tenggang waktu pada setiap kegiatan proyek. Tujuannya adalah untuk menentukan aktivitas kritis pada network diagram yang telah disusun sebelumnya dengan menggunakan *software QM for Windows*. Proses perhitungan tersebut menghasilkan data SPA, SPL, dan tenggang waktu untuk setiap kegiatan pada Tabel 3 di bawah ini:

Tabel 3.
Hasil Perhitungan SPA, SPL dan Tenggang Waktu

Kode Kegiatan	SPA	SPL	Tenggang Waktu (<i>Slack</i>)
A	0	24	24
B	7	71	64
C	7	72	65
D	0	47	47
E	14	61	47
F	0	33	33
G	0	0	0
H	0	9	9
I	30	30	0
J	37	37	0
K	44	44	0
L	7	31	24
M	37	61	24
N	44	68	24
O	14	61	47
P	14	47	33
Q	0	61	61
R	51	51	0
S	68	68	0
T	35	68	33

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2023)

Menentukan Lintasan Kritis

Untuk menentukan lintasan kritis dalam proyek perbaikan *Ducting Inlet SLC Boiler* Tuban 3, dapat dilakukan dengan mengamati lintasan yang mempunyai durasi waktu pelaksanaan paling lama di antara semua lintasan yang ada. Hal ini dilakukan untuk mengidentifikasi kegiatan dan peristiwa yang paling sensitif terhadap keterlambatan pelaksanaan proyek. Lintasan kritis ini memiliki tingkat kepekaan yang tinggi terhadap kemungkinan terjadinya keterlambatan dalam pelaksanaan proyek. Oleh karena itu, pengawasan yang ketat perlu dilakukan pada kegiatan-kegiatan yang terdapat pada lintasan kritis tersebut untuk memastikan bahwa proyek dapat selesai tepat waktu sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan sebelumnya. Berdasarkan pada *network diagram* yang telah dibuat, maka didapatkan lintasan kritis dengan kegiatan-kegiatan yang berada dalam lintasan kritis yaitu kegiatan G, I, J, K, R, dan S. Dari lintasan kritis tersebut dapat diketahui umur pengerjaan proyek selama 75 hari.

Menentukan Kegiatan yang Dipercepat

Dalam proyek, terdapat beberapa kegiatan yang memiliki pengaruh langsung terhadap waktu penyelesaian keseluruhan proyek. Kegiatan-kegiatan tersebut berada pada jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki umur pelaksanaan terlama dan paling sensitif terhadap keterlambatan. Salah satu cara untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah dengan mempercepat kegiatan-kegiatan yang berada pada jalur kritis tersebut. Dalam kasus ini, telah dilakukan analisa menggunakan metode CPM dan menghasilkan waktu dan biaya yang lebih optimum dibandingkan dengan kondisi riil. Namun, masih terdapat peluang untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek dengan melakukan percepatan pada kegiatan-kegiatan yang berada pada jalur kritis. Percepatan dapat dilakukan dengan mengeluarkan biaya tambahan sebesar 10%. Dari hasil analisa, diketahui bahwa dengan melakukan percepatan sebesar 10%, waktu penyelesaian proyek dapat dipangkas selama 67,5 hari. Hal ini dapat membantu perusahaan dalam menghemat waktu dan mengurangi potensi keterlambatan yang dapat berdampak pada biaya dan jangka waktu keseluruhan proyek. Namun, perlu diingat bahwa keputusan untuk melakukan percepatan harus dipertimbangkan dengan matang karena memerlukan biaya tambahan yang cukup besar. Adapun hasil perhitungan waktu dan biaya normal serta waktu dan biaya percepatan pada lintasan kritis percepatan dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini:

Tabel 4.
Hasil Perhitungan Waktu dan Biaya Normal dan Percepatan Pada Lintasan Kritis

No	Uraian Pekerjaan	Waktu Normal (Hari)	Biaya Normal (Rp)	Waktu Percepatan (Hari)	Biaya Percepatan (Rp)
1	Ducting 3800xPL.8 x 32M	30	1.150.000.000	27	1.277.777.777,78
2	Welding straps PL 10x150	7	35.000.000	6,3	38.888.888,89
3	Sandblast 2.5A untuk saddle duct	7	45.000.000	6,3	50.000.000,00
4	Painting	7	150.000.000	6,3	166.666.666,67

	tahan panas 400cc (primer 2x & finish)				
5	Erection ducting	17	800.000.000	15,3	888.888.888,89
6	Erection saddle	7	55.000.000	6,3	61.111.111,11
Total <i>Critical Path</i> <i>Duration/Total</i> <i>Cost</i>		75	2.235.000.000	67,5	2.483.333.333,34

Pembuatan Kurva S Normal dan Dipercepat

Setelah dilakukan percepatan dan kenaikan biaya pada proyek, tahap selanjutnya adalah membuat kurva S untuk memantau kemajuan proyek. Kurva S merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara waktu dan pekerjaan yang telah diselesaikan. Dalam pembuatan kurva S, terlebih dahulu dilakukan perhitungan manual kurva S normal dari masing-masing jenis pekerjaan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Bobot (\%)} = \frac{\text{Harga per item pekerjaan}}{\text{Harga total semua pekerjaan}} \times 100\%$$

Sedangkan untuk bobot yang dihitung per minggu adalah sebagai berikut :

$$\text{Bobot per hari (\%)} = \frac{\text{jumlah jam per hari}}{\text{total jam pekerjaan}} \times 100\%$$

Contoh pekerjaan *fabrikasi ducting 3800xPL.8 x 32M*

Total biaya per kegiatan = Rp 1.150.000.000

Total biaya seluruh kegiatan = Rp 3.303.000.000,00

Durasi = 600 jam, yang terbagi dalam 75 hari

1 hari = 8 jam

$$\begin{aligned} \text{Bobot (\%)} &= \frac{\text{Harga per item pekerjaan}}{\text{Harga total semua pekerjaan}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp 1.150.000.000}}{\text{Rp 3.303.000.000,00}} \times 100\% = 35\% \end{aligned}$$

Sedangkan untuk pembagian bobot tiap harinya yaitu:

$$\text{Bobot (\%)} = \frac{8}{600} \times 35\% = 0,46\%$$

Kurva S digunakan untuk memantau dan mengevaluasi kemajuan suatu proyek. Setelah mendapatkan hasil dari perhitungan kurva S normal, kemudian dilakukan perhitungan kurva S percepatan dengan waktu percepatan sebesar 10% dari durasi normal untuk masing-masing jenis pekerjaan. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan untuk menghindari terjadinya jalur kritis. Dengan melakukan perhitungan ini, maka dapat dibuat kurva S percepatan yang menunjukkan kemajuan proyek setelah dilakukan percepatan dengan kenaikan biaya sebesar 10%. Kurva S percepatan ini dapat digunakan untuk memantau kemajuan proyek dan memastikan bahwa proyek dapat

diselesaikan sesuai dengan target waktu yang telah ditetapkan. Adapun perhitungan untuk kurva S dipercepat adalah sebagai berikut:

Pekerjaan fabrikasi ducting 3800xPL.8 x 32M
 Total biaya per kegiatan = Rp 1.277.777.777,78
 Total biaya seluruh kegiatan = Rp 3.303.000.000,00
 Durasi = 540 jam, yang terbagi dalam 67,5 hari
 1 hari = 8 jam

$$\begin{aligned} \text{Bobot (\%)} &= \frac{\text{Harga per item pekerjaan}}{\text{Harga total semua pekerjaan}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rp 1.277.777.777,78}}{\text{Rp 3.303.000.000,00}} \times 100\% = 39\% \end{aligned}$$

Sedangkan untuk pembagian bobot tiap harinya yaitu:

$$\text{Bobot (\%)} = \frac{8}{540} \times 39\% = 0,57\%$$

Tabel 5.
Perbandingan Bobot Pekerjaan Normal dan Percepatan

No	Uraian Pekerjaan	Waktu Normal (Hari)	Bobot Normal (%)	Waktu Percepatan (Hari)	Bobot Percepatan (%)
1	Ducting 3800xPL.8 x 32M	30	35	27	39
2	Welding straps PL 10x150	7	1	6,3	1
3	Sandblast 2.5A untuk saddle duct	7	1	6,3	2
4	Painting tahan panas 400cc (primer 2x & finish)	7	5	6,3	5
5	Erection ducting	17	24	15,3	27
6	Erection saddle	7	2	6,3	2
	Total	75	68	67,5	66

Perbandingan Waktu dan Biaya Optimum dengan Kondisi Riil

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan menggunakan metode CPM, diperoleh informasi bahwa waktu dan biaya yang dihasilkan lebih optimal dibandingkan dengan situasi sebenarnya. Untuk lebih jelasnya, informasi tersebut telah disajikan dalam tabel 8 yang membandingkan antara waktu dan biaya hasil analisis dengan kondisi riil.

Tabel 6.
Perbandingan Waktu dan Biaya Optimum dengan Kondisi Riil

Uraian	Kondisi Riil	Metode CPM
Waktu Penyelesaian	75 Hari	67,5 Hari
Biaya Penyelesaian Proyek	Rp 3.303.000.000	Rp 3.670.000.000

Dapat dilihat bahwa waktu yang dihasilkan dari analisis menggunakan metode CPM adalah 67,5 hari dengan biaya sebesar Rp3.670.000.000. Sedangkan pada kondisi riil, waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek adalah 75 hari dengan biaya sebesar Rp3.303.000.000. Hal ini menunjukkan bahwa metode CPM mampu memberikan solusi yang lebih efisien dan efektif dalam merencanakan dan mengelola proyek. Selain itu, hasil analisis menggunakan metode CPM juga memberikan informasi mengenai kegiatan yang kritis dan dapat mempengaruhi waktu pelaksanaan proyek secara keseluruhan. Dalam hal ini, kegiatan yang terletak pada jalur kritis dapat dipercepat untuk memperpendek waktu pelaksanaan proyek. Dengan menambahkan biaya sebesar 10%, maka proyek dapat dipercepat selama 67,5 hari.

Dalam hal ini, penggunaan metode CPM sangatlah penting dalam mengelola proyek karena dapat memberikan informasi yang akurat dan dapat dipercaya mengenai waktu dan biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek. Dengan demikian, proses perencanaan, pengawasan, dan pengendalian proyek dapat dilakukan dengan lebih efektif dan efisien, sehingga dapat mengurangi risiko dan meningkatkan keberhasilan dalam melaksanakan proyek.

PEMBAHASAN

Dalam penjadwalan proyek menggunakan CPM, terdapat jalur kritis (*critical path*) yang harus diperhatikan karena merupakan jalur yang paling mempengaruhi waktu penyelesaian keseluruhan proyek. Dalam proyek perbaikan *Ducting Inlet SLC Boiler* Tuban 3, dapat diidentifikasi bahwa jalur kritis terdapat pada pekerjaan G (pembuatan ducting 3800xPL.8 x 32M), I (Welding straps PL 10x150), J (Sandblast 2.5A untuk saddle duct), K (Painting duct tahan panas 400cc (primer 2x & finish), R (Erection ducting), dan S (Erection saddle) merupakan pekerjaan yang dapat dipercepat untuk mencapai target waktu penyelesaian proyek yang diinginkan.. Dengan mengetahui jalur kritis, pihak PT. Menara Mas Persada dapat lebih fokus pada pekerjaan-pekerjaan tersebut dan mengoptimalkan sumber daya agar jalur kritis dapat diselesaikan dengan cepat dan tepat waktu. Selain itu, CPM juga dapat digunakan untuk menghitung estimasi waktu penyelesaian proyek dengan menggunakan data waktu dan ketergantungan antar pekerjaan. Dalam proyek perbaikan *Ducting Inlet SLC Boiler* Tuban 3, hasil dari analisis CPM menunjukkan bahwa waktu normal yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek adalah tujuh puluh lima hari kerja. Namun, jika dilakukan percepatan waktu penyelesaian menjadi lima ratus empat puluh jam kerja atau sekitar enam puluh tujuh hari kerja, namun diiringi dengan biaya proyek yang meningkat pula. Oleh karena itu, pemilik proyek perlu mempertimbangkan dengan matang apakah percepatan waktu penyelesaian proyek perlu dilakukan atau tidak, mengingat akan berdampak pada kenaikan biaya proyek.

Metode CPM sendiri digunakan untuk merencanakan dan mengendalikan proyek, dan merupakan sistem yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan sistem lain yang menggunakan prinsip pembentukan jaringan. Dengan menggunakan CPM, estimasi waktu yang dibutuhkan untuk setiap kegiatan dapat dilakukan, dan prioritas kegiatan yang harus mendapat perhatian khusus dapat ditentukan. Salah satu istilah yang terkait dengan metode CPM adalah Jalur Kritis, yang merupakan jalur atau lintasan yang memerlukan perhatian khusus karena memiliki dampak besar terhadap keterlambatan pelaksanaan proyek. Lintasan kritis sangat penting untuk memantau kegiatan-kegiatan yang memiliki tingkat kepekaan tinggi terhadap keterlambatan pelaksanaan. Sejalan dengan itu, Wasito & Syaikhudin (2020) menjelaskan bahwa

tujuan dari lintasan kritis adalah untuk memastikan bahwa kegiatan-kegiatan tersebut dapat diselesaikan dengan tepat waktu dan mengoptimalkan pelaksanaan proyek secara keseluruhan. Dengan menggunakan metode CPM yang dipercepat, pemilik proyek dapat memastikan bahwa proyek dapat diselesaikan dengan cepat dan tepat waktu tanpa mengorbankan kualitas pekerjaan. Selain itu, metode ini juga dapat membantu pemilik proyek dalam pengelolaan biaya proyek yang lebih efektif sehingga pemilik proyek dapat menghemat biaya yang dikeluarkan dalam proyek. Oleh karena itu, pemilik proyek sebaiknya mempertimbangkan penggunaan metode CPM (*Critical Path Method*) yang dipercepat untuk memastikan keberhasilan proyek yang diinginkan. Analisis penjadwalan proyek perbaikan *Ducting Inlet SLC Boiler* Tuban 3 oleh PT. Menara Mas Persada melibatkan pengamatan terhadap kemajuan proyek sebagai salah satu ukuran keberhasilan. Dalam hal ini, salah satu indikator yang digunakan untuk mengevaluasi kemajuan proyek adalah biaya proyek, karena tujuan utama dari perusahaan adalah menyelesaikan proyek sesuai dengan anggaran yang telah disepakati dengan pemilik proyek sebelumnya. Oleh karena itu, biaya proyek menjadi alat utama yang digunakan untuk memantau kemajuan proyek.

Penelitian lain yang sejalan dengan penerapan CPM adalah studi yang dilakukan oleh Handayani & Ganistian (2021) bahwa penggunaan metode *Critical Path Method* (CPM) pada proyek pembangunan pompa sumur dalam di Sorong, Papua Barat dapat membantu menentukan diagram jaringan proyek dan menganalisis waktu optimal serta memperkirakan total biaya proyek. Penelitian ini perusahaan yang terlibat dalam proyek tersebut, sebelumnya belum menggunakan metode penjadwalan proyek dalam merencanakan waktu dan biaya yang diperlukan, sehingga masih terdapat keterlambatan waktu kerja dan biaya tambahan. Namun, dengan menggunakan CPM menunjukkan bahwa terdapat jalur kritis dalam rangkaian kegiatan proyek yang memerlukan perhatian khusus untuk memastikan proyek dapat diselesaikan tepat waktu dan dengan biaya yang efektif. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa penggunaan CPM dalam merencanakan dan mengendalikan proyek dapat membantu perusahaan untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan meminimalkan risiko terjadinya keterlambatan waktu dan biaya tambahan.

SIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk membantu mengoptimalkan waktu dan biaya dalam proyek perbaikan *Ducting Inlet SLC Boiler* Tuban 3 yang mengalami keterlambatan pengerjaan selama 75 hari. Metode yang digunakan adalah CPM (*Critical Path Method*) dengan mengidentifikasi beberapa jalur kritis yang perlu dipercepat pengerjaannya. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa waktu pengerjaan dapat dipercepat menjadi 67,5 hari, lebih cepat 60 jam dari waktu keterlambatan proyek. Dengan demikian, penggunaan metode CPM dapat membantu mengoptimalkan waktu dan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Atin, S., Harihayati, T., & Widiyanti, U. D. (2018). Utilization of Function Point Method for Measuring Software Project Complexity. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/407/1/012086>
- Ba'its, H. A., Puspita, I. A., & Bay, A. F. (2020). Combination of Program Evaluation and Review Technique (PERT) and Critical Path Method (CPM) for Project Schedule Development. *International Journal of Integrated Engineering*, 12(3),

- 68–75. <https://doi.org/10.30880/ijie.2020.12.03.009>
- Chao, L.-C., & Chen, H.-T. (2015). Predicting Project Progress Via Estimation of S-Curve's Key Geometric Feature Values. *Automation in Construction*, 57, 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.04.015>
- Chao, L.-C., & Chien, C.-F. (2010). A Model for Updating Project S-curve by Using Neural Networks and Matching Progress. *Automation in Construction*, 19(1), 84–91. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.09.006>
- Cristóbal, J. R. S. (2017). The S-Curve Envelope as a Tool for Monitoring and Control of Projects. *Procedia Computer Science*, 121, 756–761. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.097>
- Handayani, W., & Ganistian, G. A. (2021). Application of Critical Path Method (CPM) and S-Curve on Scheduling Deep Water Well Pump Construction Project in Sorong, West Papua. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 521–533. <http://www.ieomsociety.org/china2021/papers/237.pdf>
- Heryanto, I., & Triwibowo, T. (2016). *Manajemen Proyek Berbasis Teknologi Informasi: Mengelola Proyek Secara Sistematis Menggunakan Microsoft Project*. Informatika.
- Konior, J., & Szóstak, M. (2020). Methodology of Planning the Course of the Cumulative Cost Curve in Construction Projects. *Sustainability (Switzerland)*, 12(6), 1–22. <https://doi.org/10.3390/su12062347>
- Mar'aini, & Akbar, Y. R. (2022). Penentuan Jalur Kritis untuk Manajemen Proyek (Studi Kasus Pembangunan Jalan Selensen-Kota Baru-Bagan Jaya). *Jurnal Pustaka Manajemen*, 2(1), 6–13. <https://doi.org/10.55382/jurnalpustakamanajemen.v2i1.184>
- Pastiarsa, M. (2015). *Manajemen Proyek Konstruksi Bangunan Industri : Perspektif Pemilik Proyek* (Cet. 1). Teknosain.
- Situmorang, P. (2022). *Proyek Infrastruktur Dipercepat, Begini Prospek Saham Emiten Semen*. <https://investor.id/>. <https://investor.id/market-and-corporate/302913/proyek-infrastruktur-dipercepat-begini-prospek-saham-emiten-semen>
- Sugiarto, E. C. (2019). *Melanjutkan Pembangunan Infrastruktur dan Indonesia Maju*. [www.Setneg.Go.Id](http://www.setneg.go.id). https://www.setneg.go.id/baca/index/melanjutkan_pembangunan_infrastruktur_dan_indonesia_maju
- Tamrakar, P. (2013). Analysis and Improvement by the Application of Network Analysis (PERT/CPM). *The International Journal of Engineering And Science (IJES)*, 2(01), 154–159. <https://www.theijes.com/papers/v2-i1/Y02101540159.pdf>
- Wang, S.-H., Wang, W.-C., Hsu, P.-Y., Chen, C.-H., & Wang, K.-C. (2016). Establishing Engineering S-Curves to Evaluate Supervision Engineer Allocations for Highway Construction Projects. *Journal of Civil Engineering and Management*, 22(7), 890–902. <https://doi.org/10.3846/13923730.2014.928363>
- Wasito, & Syaikhudin, A. Y. (2020). Studi Penerapan Critical Path Metode (CPM) Pada Proyek Pembangunan Pabrik Semen Rembang PT Semen Gresik. *J-MACC: Journal of Management and Accounting*, 3(2), 74–91. <https://doi.org/10.52166/j-macc.v3i2.2072>