

PENERAPAN *CRITICAL PATH METHOD* DALAM PENJADWALAN PROYEK PEMASANGAN TANGKI *STORAGE* ST-1812, STUDI KASUS PADA PT. MSM

Dwi Noviarsi Patria Nugraha¹⁾, Manik Ayu Titisari²⁾

Program Studi Teknik Industri Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

e-mail: ¹⁾dwi.npn@gmail.com, ²⁾manikayu@unipasby.ac.id

ABSTRAK

Pemasangan tangki storage ST-1812 bertujuan untuk meningkatkan efisiensi produksi di PT. MSM dengan menghemat biaya dalam penggunaan steam dari 16 jam menjadi 4 jam saja, yang digunakan untuk memanaskan produk akhir hingga tercapai suhu 63°C sesuai instruksi kerja yang ada. Critical Path Method digunakan untuk menentukan waktu konstruksi yang optimal, karena metode ini dapat mengidentifikasi urutan tugas yang paling kritis atau yang memiliki dampak yang paling besar terhadap durasi keseluruhan proyek. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan waktu yang optimal dalam penyelenggaraan dan penyelesaian pada proyek pemasangan tangki storage ST-1812 di PT. MSM. Hasil analisa penerapan CPM menunjukkan proyek tersebut membutuhkan waktu penyelesaian selama 90 hari, dengan 19 kegiatan yang termasuk dalam jalur kritis. Penambahan jam kerja (lembur) pada kegiatan di jalur kritis membuat proyek tersebut dapat diselesaikan dalam 73 hari, lebih cepat 17 hari dari durasi awal proyek. Biaya awal dari proyek sebesar Rp 66.555.000,- dan biaya setelah dilakukan percepatan proyek dengan perhitungan crashing sebesar Rp 74.886.429,- dengan slope biaya Rp 8.331.429,-.

Kata kunci: Critical Path Method, Crash Program, Slope Biaya, Manajemen Proyek

ABSTRACT

The installation of the ST-1812 storage tank aims to improve production efficiency at PT. MSM by saving costs in the use of steam from 16 hours to only 4 hours, which is used to heat the final product to temperature of 63°C according to work instructions. Critical Path Method is used to determine the optimal construction time, because this method can identify the sequence of tasks that are most critical or that have the most impact on the duration of the entire project. The purpose of this study is to determine the optimal duration for implementation and completion of the ST-1812 storage tank installation project at PT MSM. The analysis of the CPM application showed that the project took 90 days to complete, with 19 activities included in the critical path. The addition of working hours (overtime) on activities on the critical path makes the project can be completed in 73 days, 17 days faster than the initial duration of the project. The initial cost of the project was IDR 66,555,000, and the cost after accelerating the project with crashing calculations was IDR 74,886,429, with a cost slope of IDR 8,331,429.

Keywords: Critical Path Method, Crash Program, Cost Slope, Project Management.

PENDAHULUAN

PT. MSM merupakan industri manufaktur yang bergerak dalam bidang pengolahan kelapa sawit menjadi minyak goreng kelapa sawit. Salah satu produk turunan dalam proses pengolahan ini adalah gliserin. Gliserin merupakan bahan utama dalam produk perawatan tubuh, farmasi, makanan dan minuman, industri pakan ternak, dan aplikasi industri [1]. Pada bagian produksi divisi gliserin, kapasitas tangki penyimpanan produk akhir (tangki F-22) adalah 416 ton. Proses pengisian produk akhir dari tangki penyimpanan ke pengemasan dalam bentuk flexibag kontainer atau drum, sesuai dengan Instruksi Kerja yang ada, memerlukan pemanasan menggunakan *steam* hingga tercapai suhu 63°C untuk menurunkan viskositas produk sehingga produk tersebut dapat mengalir sesuai laju alir yang dibutuhkan. Proses pemanasan ini memerlukan biaya yang besar karena ketika suhu di dalam tangki sama dengan suhu ruangan, untuk memanaskan tangki sampai suhu 63°C membutuhkan waktu hingga 16 jam. Oleh sebab itu, dibutuhkan tangki penyimpanan kedua (tangki ST-1812) dengan kapasitas 50 ton sehingga dapat tercapai efisiensi produksi dengan memangkas waktu pemanasan menggunakan *steam* menjadi 4 jam saja.

Proses konstruksi tangki baru membutuhkan perhitungan waktu dan biaya yang akurat agar tercapai proses kerja yang efisien. Salah satu metode yang digunakan untuk menghitung durasi suatu proyek adalah *Critical Path Method* [2]. Proyek dapat didefinisikan sebagai sekumpulan aktivitas atau pekerjaan dalam jumlah besar yang dilakukan dalam urutan tertentu yang ditentukan secara logis dan harus diselesaikan dalam waktu dan biaya yang ditentukan dengan tetap memenuhi standar kinerja [3]. Definisi lain dari proyek adalah upaya di mana sumber daya manusia, keuangan, dan material diorganisir dengan cara yang baru untuk melakukan ruang lingkup pekerjaan yang unik, dengan spesifikasi tertentu, dalam batasan biaya dan waktu, untuk mencapai perubahan yang bermanfaat yang ditentukan oleh tujuan kuantitatif dan kualitatif [4]. Bisa dikatakan bahwa manajemen proyek adalah suatu pendekatan yang terorganisir dan terarah dalam merencanakan, melaksanakan, mengawasi, dan menyelesaikan suatu proyek. Tujuan dari manajemen proyek adalah untuk mencapai hasil yang diharapkan dalam suatu batasan tertentu, seperti batas waktu, anggaran, dan sumber daya yang tersedia [5].

Critical Path Method merupakan jaringan kerja terintegrasi yang terdiri dari serangkaian kegiatan yang saling berhubungan antara satu dengan lainnya, yang bertujuan untuk mendapatkan efisiensi kerja yang maksimal [6]. CPM menitikberatkan pada tugas-tugas yang paling penting agar proyek dapat dipastikan selesai tepat waktu dan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Jalur dimana keterlambatan tidak boleh terjadi pada setiap kegiatan proyek disebut dengan jalur kritis [7]. CPM memiliki manfaat dalam merencanakan, menjadwalkan, dan mengendalikan proyek dengan mengidentifikasi kegiatan kritis dan menentukan durasi minimum yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. Identifikasi dilakukan dengan membagi proyek menjadi beberapa aktivitas kerja kemudian divisualisasikan dengan diagram alir untuk kemudian dihitung durasi waktu proyeknya [8].

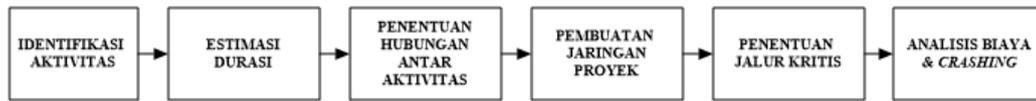
Proses pengerjaan proyek terkadang terdapat tuntutan untuk penyelesaian yang lebih cepat dari waktu yang telah direncanakan. Percepatan waktu penyelesaian proyek merupakan langkah untuk menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal. Proses mempercepat kurun waktu suatu proyek disebut dengan *crashing program*, yang merupakan salah satu teknik yang digunakan dalam manajemen proyek untuk mempercepat penyelesaian proyek dengan menambahkan sumber daya atau biaya tambahan ke dalam proyek [9]. Estimasi durasi pekerjaan pada kegiatan proyek dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa alternatif yang akan mengeluarkan biaya tambahan secara optimal, antara lain penambahan jam kerja (*lembur*), penambahan tenaga kerja, dan atau penambahan shift kerja [10]. Tujuan utama dari *crashing program* adalah mengurangi durasi proyek tanpa mengorbankan kualitas atau ruang lingkup proyek [11]. Upaya menjaga kualitas dapat berhasil jika perusahaan dapat melakukan produksi dengan memenuhi aspek ketersediaan, pengiriman, keandalan, pemeliharaan, dan efektivitas biaya [12]. Teknik ini sering digunakan ketika proyek memiliki jadwal yang ketat atau ada kebutuhan yang mendesak untuk menyelesaikan proyek lebih cepat [11].

Berdasarkan permasalahan yang diuraikan di atas, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan waktu penyelenggaraan dan penyelesaian proyek yang optimal, menentukan waktu penyelesaian proyek yang dipersingkat dengan adanya penambahan biaya, serta menentukan jadwal proyek dengan biaya yang ekonomis dan efisien. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan PT. MSM dalam menjalankan proyek tersebut.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode jalur kritis (*critical path method*). Dalam menentukan jalur kritis, terdapat empat parameter yang diperhitungkan dalam setiap kegiatan yaitu *earliest start (ES)*, *earliest finish (EF)*, *latest start (LS)*, dan

latest finish (LF) [13]. Data-data yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan dokumentasi dari proyek terdahulu yang meliputi jadwal proyek, *progress report* (kurva S), dan *Bill of Quantity* (BoQ). Selain itu dilakukan juga wawancara dengan tim terkait, dalam hal ini meliputi Tim Operasional Bangunan, Tim Konstruksi, dan Tim Elektrikal, guna menentukan waktu yang optimal dalam setiap kegiatan pelaksanaan pemasangan tangki. Data yang terkumpul kemudian diolah dan dianalisis dengan tahapan-tahapan yang terlampir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Analisis Data

Tahapan awal meliputi identifikasi aktivitas, estimasi durasi, dan hubungan antar aktivitas, yang kemudian datanya diolah dan disajikan dalam bentuk tabel *work breakdown structure* (WBS). Tahapan kedua meliputi pembuatan jaringan proyek (*network diagram*), penentuan jalur kritis, dan analisis *float* (*slack*). Jalur kritis sangat penting dalam pelaksanaan proyek karena pada jalur ini terletak kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya. Tahapan terakhir meliputi analisis biaya dan meliputi perhitungan *Crashing* yang merupakan salah satu cara untuk mengurangi durasi penyelesaian proyek dengan tetap mempertimbangkan biaya dan kualitas [11].

Perhitungan yang relevan digunakan yaitu perhitungan maju (*forward pass*), dimana perhitungan berjalan dari node pertama ke node terakhir dalam jaringan, dan perhitungan mundur (*backward pass*), dimana perhitungan berjalan dari node terakhir kembali ke node pertama dalam jaringan, disajikan sebagai berikut [14]:

1. Langkah pertama: kegiatan awal diberikan nilai nol.
2. Langkah kedua: penomoran berikutnya akan diberikan pada setiap kegiatan yang mana kegiatan pendahulunya telah diberikan nomor. Langkah kedua akan diulangi sampai semua kegiatan selesai diberikan nomor.

$$EF_{(i)} = ES_{(i)} + D_{(i)} \tag{1}$$

$$LS_{(i)} = LF_{(i)} - D_{(i)} \tag{2}$$

$$TF = LS - ES = LF - EF \tag{3}$$

Syarat dari jalur kritis adalah [14]:

1. Pada kegiatan pertama, $ES = LS = 0$ atau $E(1) = L(1) = 0$
2. Pada kegiatan terakhir atau terminal, $LF = EF$
3. Float total, $TF = 0$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Work Breakdown Structure

Work breakdown structure adalah alat bantu manajemen proyek yang memecah proyek menjadi komponen atau tugas yang lebih kecil dan lebih mudah dikelola. WBS menyediakan dekomposisi hirarkis yang terperinci dari pekerjaan yang harus dilakukan, sehingga lebih mudah untuk merencanakan, melaksanakan, dan memantau proyek [15]. Data tentang identifikasi aktivitas, estimasi durasi, dan hubungan antar aktivitas diolah dan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. *Work Breakdown Structure*

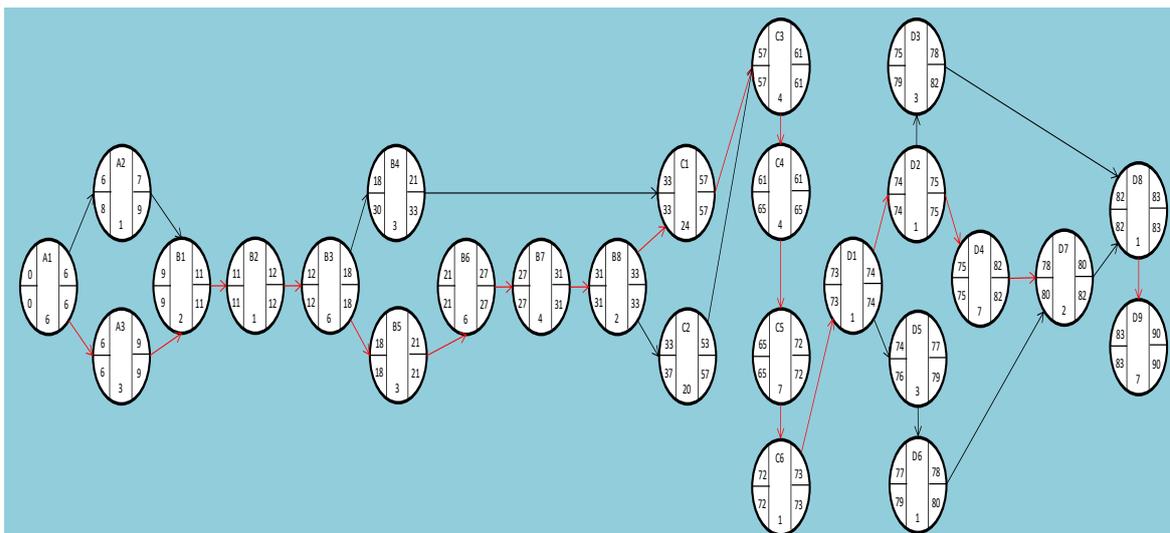
Kode	Pekerjaan	Durasi (Hari)	Kegiatan Pendahulu
1	Pekerjaan Persiapan		
A1	Mob peralatan	6	-
	* Mob alat berat (excavator)		
	* Mob alat bantu (bar cutter, bar bender, dll)		
	* Transportasi material besi (langsir)		

Lanjutan Tabel 1. *Work Breakdown Structure*

Kode	Pekerjaan	Durasi (Hari)	Kegiatan Pendahulu
A2	Pengukuran uitzet	1	A1
A3	Bongkar paving	3	A1
2	Pekerjaan Tanah & Lantai Kerja		
B1	Pembersihan lahan	2	A2, A3
B2	Pemasangan bouwplank	1	B1
B3	Galian tanah	6	B2
B4	Pembuangan tanah bekas galian	3	B3
B5	Urugan pasir bawah pondasi t. 10 cm	3	B3
B6	Urugan tanah bekas galian + pemadatan	6	B5
B7	Bobok lantai 20 cm	4	B6
B8	Lantai kerja t. 5 cm	2	B7
3	Pekerjaan Struktur Bawah & Finishing		
C1	Pile cap * Bekisting * Pembesian	24	B4, B8
C2	Lenghten pile t= 1 m * Bekisting batako * Pembesian	20	B8
C3	Angkur ST-41 M30 x 500 mm	4	C1, C2
C4	Beton K-300	4	C3
C5	Finish ashpalt t. 5 cm	7	C4
C6	Demob Peralatan	1	C5
4	Pekerjaan Teknikal & Instrumentasi		
D1	Mobilisasi crane dan tangki	1	C6
D2	Pemasangan dan <i>alignment</i> pompa	1	D1
D3	Pengecoran struktur pompa	3	D2
D4	Fabrikasi dan pemasangan jalur pipa	7	D2
D5	Penarikan kabel power	3	D1
D6	Pemasangan peralatan instrumentasi * <i>Temperature indicator</i> * <i>Level indicator</i>	1	D5
D7	Kalibrasi peralatan instrumentasi	2	D6
D8	<i>Commissioning Test</i>	1	D3, D4, D7
D9	Pemasangan insulasi pipa dan tangki	7	D8

Jaringan Kerja dan Perhitungan Jalur Kritis

Data pada Tabel 1 kemudian digambarkan dalam jaringan kerja (*network diagram*) dengan menggunakan pendekatan AON (*Activity on Node*) yang terlampir pada Gambar 2.



Gambar 2. *Network Diagram* Proyek Pemasangan Tangki ST-1812

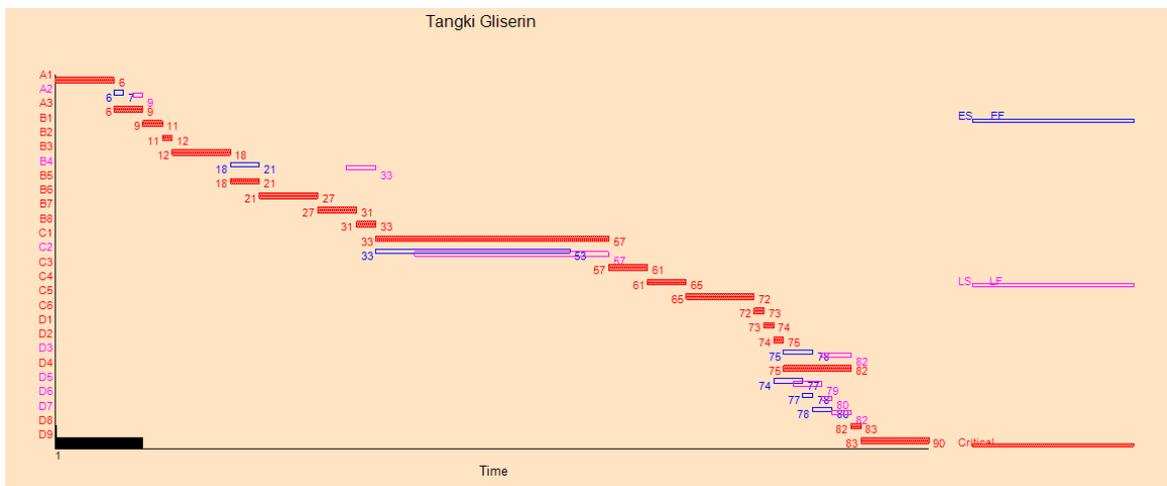
Setelah jaringan kerja dari proyek tersebut disusun, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan jalur kritis menggunakan perangkat lunak *POM-QM for Windows* yang terlampir pada Tabel 2. Pada perhitungan maju, bila suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan-kegiatan terdahulu yang menggabungkan menjadi satu, maka waktu mulai paling awal

(ES) kegiatan tersebut sama dengan waktu selesai paling awal (EF) yang terbesar dari kegiatan pendahulunya. Seperti contoh pada kegiatan B1, waktu mulai paling awal (ES) adalah 9 yang merupakan nilai dari waktu selesai paling awal (EF) kegiatan A3. Sedangkan pada perhitungan mundur, Bila suatu kegiatan terbagi menjadi dua atau lebih kegiatan-kegiatan berikutnya, maka waktu selesai paling akhir (LF) kegiatan tersebut adalah sama dengan waktu mulai paling akhir (LS) kegiatan berikutnya yang terkecil. Seperti contoh pada kegiatan D1, waktu selesai paling akhir (LF) adalah 74 yang merupakan nilai dari waktu mulai paling akhir (LS) kegiatan D2.

Tabel 2. Perhitungan Jalur Kritis

Activity	Predecessor	Duration (day)	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Slack
Project		90					
A1		6	0	6	0	6	0
A2	A1	1	6	7	8	9	2
A3	A1	3	6	9	6	9	0
B1	A2, A3	2	9	11	9	11	0
B2	B1	1	11	12	11	12	0
B3	B2	6	12	18	12	18	0
B4	B3	3	18	21	30	33	12
B5	B3	3	18	21	18	21	0
B6	B5	6	21	27	21	27	0
B7	B6	4	27	31	27	31	0
B8	B7	2	31	33	31	33	0
C1	B4, B8	24	33	57	33	57	0
C2	B8	20	33	53	37	57	4
C3	C1, C2	4	57	61	57	61	0
C4	C3	4	61	65	61	65	0
C5	C4	7	65	72	65	72	0
C6	C5	1	72	73	72	73	0
D1	C6	1	73	74	73	74	0
D2	D1	1	74	75	74	75	0
D3	D2	3	75	78	79	82	4
D4	D2	7	75	82	75	82	0
D5	D1	3	74	77	76	79	2
D6	D5	1	77	78	79	80	2
D7	D6	2	78	80	80	82	2
D8	D3, D4, D7	1	82	83	82	83	0
D9	D8	7	83	90	83	90	0

Hasil di atas menunjukkan proyek pemasangan tangki *storage* ST-1812 dengan menerapkan metode CPM membutuhkan waktu penyelesaian selama 90 hari. Terdapat sembilan belas kegiatan yang termasuk dalam jalur kritis pada proyek tersebut, yaitu kegiatan dengan kode A1 – A3 – B1 – B2 – B3 – B5 – B6 – B7 – B8 – C1 – C3 – C4 – C5 – C6 – D1 – D2 – D4 – D8 – D9. Gambar 3 menunjukkan *Gantt Chart* dari proyek tersebut.



Gambar 3. *Gantt Chart* Proyek Tangki ST-1812

Analisis Biaya dan Crashing

Setelah mengetahui jalur kritis, langkah selanjutnya adalah menghitung biaya proyek yang terlampir pada Tabel 3. Pada penelitian ini, biaya proyek yang dihitung hanya berdasarkan biaya tidak langsung yaitu biaya tenaga kerja. Biaya tenaga kerja dihitung dengan rumus durasi kegiatan (hari) x gaji tenaga kerja (per hari) x jumlah tenaga kerja. Total biaya proyek selama 90 hari adalah Rp 66.555.000,-.

Percepatan penyelesaian suatu proyek dapat dihitung menggunakan perhitungan *crashing*, yang merupakan salah satu metode untuk mengurangi durasi penyelesaian proyek dengan tetap mempertimbangkan biaya dan kualitas. *Crashing* menghitung biaya langsung dan biaya tidak langsung dalam pengurangan durasi, yang kemudian dipilih total biaya yang paling rendah [11]. Perencanaan kerja yang diterapkan guna mempersingkat penyelesaian proyek dengan menambahkan jam kerja sebagai berikut:

1. Durasi normal jam kerja per hari adalah 7 jam. Jam kerja lembur dilakukan setelah jam normal selesai.
2. Mengacu kepada Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 Tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur Pasal 11 [16], yang sebelumnya telah diatur dalam Pasal 3 dan Pasal 8, diperhitungkan sebagai berikut:
 - a. Perhitungan upah lembur berdasarkan upah bulanan.
 - b. Cara menghitung upah lembur per jam adalah $1/173$ kali upah sebulan, dengan rumus: Upah jam lembur pertama = $1,5 \times 1/173 \times$ upah sebulan.

Tabel 3. Perhitungan Biaya Awal dan Biaya Percepatan

Kode	Durasi (Hari)	Jumlah Tenaga Kerja	Biaya Awal (Rp)	Durasi Percepatan	Biaya Percepatan	Slope Biaya
	90			73		
A1	6	2	1.620.000	5	1.909.286	289.286
A2	1	2	270.000	1	270.000	0
A3	3	4	1.620.000	2	1.851.429	231.429
B1	2	2	540.000	2	540.000	0
B2	1	4	540.000	1	540.000	0
B3	6	4	3.240.000	4	3.702.857	462.857
B4	3	2	810.000	3	810.000	0
B5	3	4	1.620.000	2	1.851.429	231.429
B6	6	4	3.240.000	5	3.818.571	578.571
B7	4	4	2.160.000	3	2.507.143	347.143
B8	2	4	1.080.000	2	1.080.000	0
C1	24	6	19.440.000	21	23.085.000	3.645.000
C2	20	4	10.800.000	20	10.800.000	0
C3	4	4	2.160.000	3	2.507.143	347.143
C4	4	4	2.160.000	3	2.507.143	347.143
C5	7	4	3.780.000	5	4.358.571	578.571
C6	1	2	270.000	1	270.000	0
D1	1	4	540.000	1	540.000	0
D2	1	2	270.000	1	270.000	0
D3	3	2	810.000	3	810.000	0
D4	7	4	3.780.000	6	4.474.286	694.286
D5	3	2	810.000	3	810.000	0
D6	1	3	405.000	1	405.000	0
D7	2	2	540.000	2	540.000	0
D8	1	2	270.000	1	270.000	0
D9	7	4	3.780.000	5	4.358.571	578.571
	Total		66.555.000		74.886.429	8.331.429

Perhitungan *crashing* dimulai dari kegiatan kritis yang memiliki *slope* biaya terendah. Kegiatan A3-B5-A1 dapat dipersingkat masing-masing 1 hari yang membuat biaya proyek bertambah menjadi Rp 67.307.143,-. Kegiatan B7-C3-C4 dapat dipersingkat masing-masing 1 hari yang membuat biaya proyek bertambah menjadi Rp 68.348.571,- dan seterusnya, sehingga durasi proyek setelah dipersingkat menjadi 73 hari dengan total biaya sebesar Rp 74.886.429,-. Hasil dari perhitungan *crashing* menunjukkan bahwa proyek tersebut dapat dipersingkat sebanyak 17 hari dengan penambahan biaya sebesar Rp 8.331.429,-.

Tabel 4. Percepatan Proyek

Kegiatan Yang Dipersingkat				Durasi Proyek (Hari)	Biaya Proyek (Rp)
Posisi Normal				90	66.555.000
A3	dipersingkat	1	hari	89	66.786.429
B5	dipersingkat	1	hari	88	67.017.857
A1	dipersingkat	1	hari	87	67.307.143
B7	dipersingkat	1	hari	86	67.654.286
C3	dipersingkat	1	hari	85	68.001.429
C4	dipersingkat	1	hari	84	68.348.571
B3	dipersingkat	2	hari	82	68.811.429
B6	dipersingkat	1	hari	81	69.390.000
C5	dipersingkat	2	hari	79	69.968.571
D9	dipersingkat	2	hari	77	70.547.143
D4	dipersingkat	1	hari	76	71.241.429
C1	dipersingkat	3	hari	73	74.886.429

Dengan percepatan proyek sebanyak 17 hari, kemudian dihitung perbandingan biaya percepatan proyek dengan efisiensi biaya pada proses produksi. Rata-rata penggunaan *steam* selama setahun yang digunakan untuk memanaskan tangki F-22 selama 16 jam adalah 16.700 kg, dengan biaya sebesar Rp 16.700.000,-. Adanya tangki baru (tangki ST-1812) diharapkan dapat memangkas waktu pemanasan menjadi 4 jam saja, atau ekuivalen dengan efisiensi biaya penggunaan *steam* sebesar Rp 12.525.000,-. Jika proyek pemasangan tangki ini dapat dipercepat sebanyak 17 hari, maka ekuivalen dengan penghematan biaya sebesar Rp 212.925.000,-. Bisa disimpulkan bahwa percepatan proyek ini sangat sepadan dengan biaya yang dikeluarkan.

Tabel 5. Perhitungan Efisiensi

Perhitungan Efisiensi	
Rata-rata penggunaan <i>steam</i> tangki F-22 (16 jam)	16700 kg
Target penggunaan <i>steam</i> tangki ST-1812 (4 jam)	4175 kg
Harga <i>steam</i> (per kg)	Rp1.000
Biaya penggunaan <i>steam</i> tangki F-22	Rp16.700.000
Biaya penggunaan <i>steam</i> tangki ST-1812	Rp4.175.000
Efisiensi biaya	Rp12.525.000

KESIMPULAN

Hasil analisis penerapan CPM dalam penjadwalan proyek pemasangan tangki *storage* ST-1812 dapat disimpulkan bahwa proyek tersebut membutuhkan waktu penyelesaian selama 90 hari dengan 19 kegiatan yang termasuk dalam jalur kritis, dengan biaya awal proyek sebesar Rp 66.555.000,-. Proyek tersebut dapat diselesaikan lebih cepat dalam 73 hari dengan penambahan jam kerja (lembur) yang membuat biaya proyek menjadi Rp 74.886.429,-. Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk menghitung probabilitas tercapainya target dari penjadwalan proyek tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A. Robiana, M.Y. Nahar, and H. Harahap, "Pemanfaatan Gliserin dari Residu Gliserin Sebagai Plasticizer untuk Pembuatan Bioplastik dengan Bahan Baku Pati Bonggol Pisang Kepok," *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 5, no. 4, pp. 26–32, 2016. <https://doi.org/10.32734/jtk.v5i4.1551>.
- [2]. P. Yulianty, and R. Anggraini, "Construction Service Project Scheduling Analysis Using Critical Path Method (CPM), Project Evaluation and Review Technique (PERT)," *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, vol. 6, no. 2, pp. 477-480, 2021.
- [3]. W. Agyei, "Project Planning and Scheduling Using PERT and CPM Techniques With Linear Programming: Case Study," *International Journal of Scientific & Technology Research*, vol. 4, no. 08, pp. 222-227, 2015.

- [4]. J.R. Turner, K.V. Grude, and L. Thurloway, *The Project Manager as Change Agent: Leadership, Influence and Negotiation*, London, New York: McGraw-Hill, 1996.
- [5]. Project Management Institute, ed. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK® Guide*. 5. ed. PMI Global Standard. Newtown Square, Pa: PMI, 2013.
- [6]. S. Atin, and R. Lubis, "Implementation of Critical Path Method in Project Planning and Scheduling," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 662, no. 2, 2019: 022031. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/662/2/022031>.
- [7]. O.U. Cynthia, "Implementation of Project Evaluation and Review Technique (PERT) and Critical Path Method (CPM): A Comparative Study," *International Journal of Industrial and Operations Research*, 3, no. 1, 2020. <https://doi.org/10.35840/2633-8947/6504>.
- [8]. Y. Farida, and L.P. Anenda, "Network Planning Analysis on Road Construction Projects by CV. X Using Evaluation Review Technique (PERT)-Critical Path Method (CPM) and Crashing Method," *International Journal of Integrated Engineering*, vol. 14, no. 4, pp. 377-390, 2022. <https://doi.org/10.30880/ijie.2022.14.04.029>.
- [9]. A. Tresnadi, S. Suparno, S. Sutrisno, and W. Kusdiana, "Time Acceleration Analysis and Optimal Cost of Hospital Hospital Development Project on Ship Building Using Critical Path Method (Case Study: PT. PAL Indonesia (PERSERO))," *Journal ASRO*, vol. 12, no. 01, pp. 137-145, 2021. <https://doi.org/10.37875/asro.v12i01.390>.
- [10]. Fachrurrazi, and S. Husin, "Practical Crash Duration Estimation for Project Schedule Activities," *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, vol. 33, no. 1 pp. 1-14, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2019.09.005>.
- [11]. K.R. Ririh, and N.Y. Hidayah, "Reducing Project Duration of An Apartment Project by Waskita Karya Using Crashing Method," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 852, no. 1, 2020: 012087. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/852/1/012087>.
- [12]. A. Cahyono, M.A. Titisari, and Rusdiyantoro, "Application of the FMEA Method in Determining Improvement Priorities in the Product Quality System at Company X," *Jurnal Scientia*, vol. 12, no. 02, pp. 1218-1224, 2023. <https://doi.org/10.58471/scientia.v12i02.1329>.
- [13]. A. Angelin, and S. Ariyanti, "Analisis Penjadwalan Proyek New Product Development Menggunakan Metode PERT dan CPM," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 6, no. 1, pp. 63-70, 2018. <https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v6i1.3025>.
- [14]. S. Zareei, "Project Scheduling for Constructing Biogas Plant Using Critical Path Method," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 81, no. 1, pp. 756-759, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.025>.
- [15]. N.M. Astari, A.M. Subagyo, and K. Kusnadi, "Perencanaan Manajemen Proyek dengan Metode CPM (Critical Path Method) dan PERT (Program Evaluation and Review Technique)," *Jurnal Konstruksia*, vol. 13, no. 1, pp. 164-180, 2021. <https://doi.org/10.24853/jk.13.1.164-180>.
- [16]. Keputusan Menteri Nomor 102, "Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 102 Tahun 2004 Tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur," 2004, Sumber: <https://jdih.kemnaker.go.id/katalog-289-KEPUTUSAN%20MENTERI.html> [diakses 30 Juni 2024]