

PERANCANGAN PENJADWALAN PROYEK UNTUK EFEKTIVITAS PROYEK PADA INSTALASI WELLHEAD DAN X-TREE DI PT X1

PROJECT SCHEDULING DESIGN FOR PROJECT EFFECTIVENESS IN WELLHEAD AND X-TREE INSTALLATION AT PT X1

Irma Novianti¹⁾, Wakhit Ahmad Fahrudin²⁾

^{1,2}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

¹email: dosen02896@unpam.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efektivitas proyek instalasi Wellhead dan Tree Equipment di PT X1 melalui pengembangan jadwal proyek yang optimal. Permasalahan yang diangkat adalah lamanya durasi proyek dan dampaknya terhadap efisiensi operasional. Pendekatan kuantitatif dengan desain studi kasus diterapkan, menggabungkan observasi lapangan, wawancara, dan penyebaran kuesioner dengan penerapan metode *Critical Path Method* (CPM) dan teknik *Project Crashing*. Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lokasi proyek dan wawancara dengan personel kunci. Sementara itu, data sekunder meliputi laporan internal, jadwal historis, dan catatan biaya dari proyek sejenis. Analisis CPM berhasil mengidentifikasi jalur kritis proyek dengan durasi awal 321 hari. Selanjutnya, metode Project Crashing digunakan untuk mengevaluasi alternatif percepatan dengan tambahan biaya minimal. Untuk menentukan prioritas percepatan, cost slope setiap aktivitas dihitung menggunakan rumus: "*Cost Slope* = (Biaya Crash - Biaya Normal) / (Durasi Normal - Durasi Crash)". Rumus ini membantu mengidentifikasi aktivitas mana yang paling efisien untuk dikurangi durasinya, yaitu aktivitas yang menawarkan pengurangan waktu terbesar dengan peningkatan biaya terkecil. Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan alokasi anggaran sebesar Rp12.500.000,00 pada aktivitas jalur kritis, durasi proyek dapat dikurangi 9 hari menjadi 312 hari. Temuan ini menegaskan validitas ilmiah dan efektivitas praktis dari integrasi CPM dan *Crashing* dalam optimalisasi waktu dan biaya proyek, serta menunjukkan bahwa pemanfaatan data historis internal dapat meningkatkan efisiensi operasional dan daya saing PT X1 pada proyek-proyek serupa di masa mendatang.

Kata kunci: Penjadwalan Proyek; Efektivitas Proyek; Instalasi; CPM; *Crashing*

ABSTRACT

This research aims to enhance the effectiveness of PT X1's Wellhead and Tree Equipment installation project by optimizing its schedule. The core problem addressed is the prolonged project duration and its negative impact on operational efficiency. We used a quantitative, case study approach, combining field observations, interviews, and questionnaires with the Critical Path Method (CPM) and Project Crashing techniques. Primary data came from direct site observations and interviews, supplemented by secondary data like internal reports and historical project records. CPM analysis identified the critical path with an initial 321-day duration. Project Crashing then evaluated acceleration options for minimal cost.

To prioritize acceleration, the cost slope for each activity was calculated using the formula: "Cost Slope = (Crash Cost - Normal Cost) / (Normal Time - Crash Time)." This helped pinpoint activities offering the greatest time reduction with the smallest cost increase. Our analysis showed that a Rp12,500,000.00 budget allocation to critical path activities with optimal cost slopes could reduce the project duration by 9 days, to 312 days. This demonstrates the scientific validity and practical effectiveness of integrating CPM and Crashing for project time and cost optimization, highlighting that leveraging historical data can significantly boost PT XI's operational efficiency and future competitiveness.

Keywords: Project Scheduling; Project Effectiveness; Installation; CPM; Crashing.

PENDAHULUAN

PT X1 memiliki peran strategis sebagai kontraktor jasa konstruksi migas (minyak dan gas) yang berkontribusi terhadap kelancaran dan efektivitas kegiatan industri migas di Indonesia, khususnya dalam proyek pengeboran minyak (Rahman & Raflis, 2024). PT X1 merupakan produsen profesional peralatan minyak bumi, mengintegrasikan penelitian produk, pengembangan dan ekspor yang berdiri pada 30 April 2017. Salah satu contoh produk dari PT X1 adalah *Wellhead*. Keberlanjutan usaha jasa konstruksi menuntut adanya pengelolaan yang berorientasi pada pengembangan usaha secara terarah, dengan memperhatikan kebutuhan pasar, perkembangan sumber energi, dan inovasi teknologi (Iqbal dkk., 2023). Oleh karena itu, prioritas utama PT X1 adalah memastikan tingkat kepuasan pelanggan, mutu produk, keselamatan kerja, serta kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku di industri (Adiratna dkk., 2022), yang tercermin dalam aktivitas instalasi perpipaan pada komponen *Wellhead* dan *X-mas tree* (Ichsan & Hafizh, 2021). Pemilihan peralatan dengan standar mutu tinggi yang sesuai dengan regulasi dan keselamatan sangatlah penting, sementara layanan instalasi dan perawatan di lokasi berperan dalam menjamin operasional yang efisien dan aman. Kedua komponen ini memegang fungsi kritikal dalam industri minyak dan gas bumi (Boukhenoune Abdelwahhab dkk., 2024). Aktivitas ini termasuk dalam layanan jasa konstruksi bidang mekanikal (Iqbal dkk., 2023). Namun demikian, proyek instalasi *Wellhead* dan *X-mas tree* seringkali mengalami keterlambatan dari jadwal yang direncanakan, akibat tingkat kompleksitas yang tinggi dan durasi pekerjaan yang lebih lama

dibandingkan instalasi lainnya. Keterlambatan ini tidak hanya berdampak pada penyesuaian jadwal keseluruhan proyek, tetapi juga menyebabkan lonjakan biaya serta menurunkan efisiensi proyek karena ketidaksesuaian antara penjadwalan dan ketersediaan sumber daya yang ada (Bagas Darmawan & Endro Yuwono, 2021).

Studi sebelumnya yang dilakukan oleh Doost Mohamadi dkk., (2020) mengungkapkan bahwa strategi pengalokasian sumber daya secara redundan dan penggunaan buffer mampu meningkatkan keandalan proyek dalam pencapaian target waktu dan biaya. Namun, tanpa perencanaan jadwal proyek yang komprehensif, PT X1 akan menghadapi kesulitan dalam mengidentifikasi dan mengelola risiko yang berkaitan dengan instalasi *Wellhead* dan *Tree Equipment* (Amelia dkk., 2022; Maharani dkk., 2024). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan mendasar mengenai cara mencegah keterlambatan proyek, mengatur distribusi sumber daya secara optimal, dan melakukan mitigasi risiko dalam proyek instalasi *Wellhead* dan *tree equipment* di PT X1.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pendekatan yang diusulkan dalam penelitian ini mencakup penyusunan jadwal proyek secara rinci dengan menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) guna mengevaluasi percepatan durasi dan biaya proyek (Sofiah & Siswoyo, 2024) (Rahma & Kamandang, 2023) (Sugiarta, 2022). Di samping itu, pengelolaan sumber daya dilakukan secara efisien dengan cara mengidentifikasi kebutuhan pada setiap tahap proyek dan menjamin penempatan sumber daya secara optimal melalui metode *Crashing* untuk memperoleh informasi mengenai jumlah jam kerja dan durasi ideal yang dibutuhkan. Pendekatan ini diperkaya dengan strategi manajemen risiko terpadu, serta proses pemantauan dan evaluasi secara berkala guna mendeteksi potensi kendala sejak dini. Keunikan penelitian ini terletak pada penerapan kombinasi metode CPM dan *Crashing* secara khusus untuk mengoptimalkan durasi pelaksanaan, efisiensi biaya, dan pemanfaatan tenaga kerja dalam proyek instalasi *Wellhead* dan *Tree Equipment* di PT X1, yang diharapkan mampu mengurangi pemborosan material dan memperbesar efisiensi operasional proyek secara keseluruhan (Yusuf Pramana dkk., 2024) (Nugraha dkk., 2023).

METODE PENELITIAN

Pendekatan penelitian ini disusun untuk menghasilkan penjadwalan proyek yang optimal guna meningkatkan kinerja instalasi *Wellhead* dan *Tree Equipment* di PT X1. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan studi kasus, yang bertujuan menganalisis secara menyeluruh aktivitas, durasi, ketergantungan, serta distribusi sumber daya dalam proyek. Fokus utama terletak pada pengukuran dan peningkatan efisiensi waktu serta biaya proyek.

Objek penelitian adalah proyek instalasi *Wellhead* dan *Tree Equipment* yang dilaksanakan oleh PT X1 di lokasi pengeboran minyak di luar kawasan Pulau Jawa, dengan periode pengamatan dari September hingga Desember 2024. Informan utama mencakup manajer proyek, pengawas lapangan, perencana teknis/insinyur, dan personel lapangan, yang dipilih berdasarkan keahlian serta pengalaman mereka yang relevan dalam kegiatan perencanaan dan eksekusi proyek.

Pengumpulan data dilakukan melalui penggabungan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lapangan untuk memahami urutan kegiatan, durasi riil, hambatan, serta relasi antar aktivitas dan penggunaan sumber daya. Selain itu, dilakukan wawancara dengan informan utama untuk memperoleh informasi spesifik seperti durasi dan biaya aktivitas dalam kondisi normal dan crash, ketersediaan sumber daya, serta wawasan kualitatif terkait keterlambatan dan risiko proyek.

Data sekunder diperoleh melalui dokumentasi internal milik PT X1, yang mencakup beberapa sumber utama. Pertama, laporan proyek terdahulu menyediakan informasi historis terkait durasi dan biaya proyek instalasi *Wellhead* dan *Tree Equipment* sejenis. Kedua, dokumen penjadwalan, termasuk jadwal proyek yang telah dibuat sebelumnya, struktur perincian kerja (*Work Breakdown Structure/WBS*), serta daftar aktivitas proyek, dianalisis untuk memberikan konteks penjadwalan.

Ketiga, catatan biaya yang mencakup data pengeluaran material, upah tenaga kerja, serta biaya penggunaan peralatan pada masing-masing aktivitas proyek turut menjadi referensi utama. Keempat, data teknis seperti spesifikasi teknis *Wellhead* dan *Tree Equipment* yang diperkirakan berpengaruh terhadap waktu instalasi juga

dimasukkan sebagai bagian dari data sekunder. Seluruh data ini digunakan untuk melengkapi dan memverifikasi temuan dari data primer, serta berfungsi sebagai dasar validasi parameter dalam proses pemodelan menggunakan metode CPM dan *Crashing*.

Data yang berhasil dihimpun dianalisis menggunakan dua pendekatan manajemen proyek yang saling mendukung. Pertama, metode *Critical Path Method* (CPM) dipakai untuk menentukan jalur kritis proyek, termasuk proses identifikasi aktivitas serta *predecessor*-nya, pembuatan *network diagram*, perhitungan waktu mulai dan waktu selesai paling awal dan paling lambat (ES-*Earliest Start*, EF-*Earliest Finish*, LS-*Latest Start*, LF-*Latest Finish*), hingga penentuan jalur kritis (dengan *float* nol) yang mempengaruhi total durasi proyek. Hasil CPM akan menjadi acuan waktu pelaksanaan proyek dan menyoroti aktivitas utama. Kedua, setelah jalur kritis diperoleh, metode *Project Crashing* diterapkan untuk mempercepat pelaksanaan dan mengoptimalkan biaya.

Tahapan ini mencakup penentuan aktivitas yang dapat dipercepat, estimasi durasi serta selisih biaya *crashing* dan biaya normal, perhitungan kemiringan biaya (*cost slope*) menggunakan rumus:

$$\text{Cost Slope} = \frac{(\text{Biaya } \textit{Crashing} - \text{Biaya Normal})}{(\text{Durasi Normal} - \text{Durasi } \textit{Crashing})}$$

Biaya Crash: Biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu aktivitas dalam durasi tercepat yang memungkinkan (*crash duration*). Ini biasanya melibatkan penambahan sumber daya seperti tenaga kerja tambahan, jam lembur, atau peralatan yang lebih efisien.

Biaya Normal: Biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu aktivitas dalam durasi normalnya (tanpa percepatan).

Durasi Normal: Durasi waktu normal yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu aktivitas.

Durasi Crashing: Durasi waktu tercepat yang memungkinkan untuk menyelesaikan suatu aktivitas setelah dilakukan percepatan.

Kemudian dilakukan proses percepatan aktivitas secara bertahap pada jalur kritis yang memiliki *cost slope* terendah.

Sebagai langkah akhir, dilakukan evaluasi komparatif antara durasi proyek dalam kondisi normal dan setelah penerapan *crashing*, disertai analisis terhadap tambahan biaya yang muncul akibat percepatan waktu pelaksanaan. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi titik keseimbangan optimal yang menghasilkan durasi proyek yang efisien dengan biaya tambahan yang serendah mungkin. Output dari analisis ini berupa rekomendasi jadwal yang lebih optimal, strategi alokasi sumber daya secara tepat sasaran, serta perkiraan dampak finansial dari proses percepatan, yang keseluruhannya bertujuan untuk meningkatkan efisiensi proyek secara menyeluruh.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyampaikan temuan dari analisis penjadwalan proyek instalasi *Wellhead* dan *Tree Equipment* di PT X1 menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM) dan strategi Project *Crashing*, serta menelaah dampaknya terhadap efisiensi pelaksanaan proyek.

1. Deskripsi Proyek dan Identifikasi Aktivitas

Untuk menjawab rumusan masalah terkait pelaksanaan proyek instalasi plumbing *Wellhead* dan *Tree Equipment* berdasarkan hasil observasi, penelitian dimulai dengan perincian aktivitas proyek dan struktur organisasi pekerjaan. Seluruh aktivitas (Tabel 1) diidentifikasi dan disusun secara sistematis sebagai fondasi penyusunan jadwal proyek.

Tabel 1. Aktivitas Pekerjaan

| No. | Aktivitas |
|-----|---------------------------------------------------------------------|
| 1 | Pekerjaan Persiapan Peralatan dan Kecakupan Sparepart |
| 2 | Pekerjaan Assembly Casing Head |
| 3 | Pekerjaan Pengetesan uji kebocoran pada <i>casing head</i> |
| 4 | Pekerjaan Pemasangan <i>Gate Valve</i> pada <i>Body Casing Head</i> |
| 5 | Pekerjaan Assembly Casing Head Spool |
| 6 | Assembly <i>Gate Valve</i> untuk <i>Casing Head Spool</i> |
| 7 | Pengujian <i>Casing Head Spool</i> |

| | |
|---|--------------------------------------------------------------|
| 8 | <i>Assembly Tree Equipment</i> dari master <i>Gate Valve</i> |
|---|--------------------------------------------------------------|

| | |
|---|------------------------------------------------|
| 9 | <i>Assembly Flow line (arm) Tree Equipment</i> |
|---|------------------------------------------------|

| | |
|----|---------------------------------------------------------------|
| 10 | Pekerjaan Pengetesan uji kebocoran pada <i>tree equipment</i> |
|----|---------------------------------------------------------------|

Sumber: PT X1

Selanjutnya, aktivitas-aktivitas ini disusun ke dalam *Work Breakdown Structure* (WBS) sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2. Struktur ini membagi proyek menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan mudah dikendalikan, sehingga membentuk kerangka perencanaan, penganggaran, dan pengawasan yang lebih terstruktur.

Tabel 2. Work Breakdown Struktur Instalasi

| No. | Aktivitas | Waktu (per hari) |
|-------|---------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1 | Pekerjaan Persiapan Peralatan dan Kecakupan <i>Sparepart</i> | 3 |
| 2 | Pekerjaan <i>Assembly Casing Head</i> | 5 |
| 3 | Pekerjaan Pengetesan uji kebocoran pada <i>casing head</i> | 12 |
| 4 | Pekerjaan Pemasangan <i>Gate Valve</i> pada <i>Body Casing Head</i> | 4 |
| 5 | Pekerjaan <i>Assembly Casing Head Spool</i> | 10 |
| 6 | <i>Assembly Gate Valve</i> untuk <i>Casing Head Spool</i> | 6 |
| 7 | Pengujian <i>Casing Head Spool</i> | 4 |
| 8 | <i>Assembly Tree Equipment</i> dari master <i>Gate Valve</i> | 2 |
| 9 | <i>Assembly Flow line (arm) Tree Equipment</i> | 2 |
| 10 | Pekerjaan Pengetesan uji kebocoran pada <i>tree equipment</i> | 2 |
| Total | | 50 |

Sumber: Hasil Pengumpulan Data

2. Analisis Penjadwalan Proyek dengan CPM

Metode *Critical Path Method* (CPM) seperti pada Tabel 3 digunakan untuk menyusun perencanaan waktu pelaksanaan proyek instalasi.

Tabel 3. Critical Path Method (CPM)

| No. | Aktivitas | Kode | Kegiatan yang Mendahului | Waktu (per hari) |
|-----|--------------------------------------------------------------|------|--------------------------|------------------|
| 1 | Pekerjaan Persiapan Peralatan dan Kecakupan <i>Sparepart</i> | A | - | 3 |
| 2 | Pekerjaan <i>Assembly Casing Head</i> | B | A | 5 |
| 3 | Pekerjaan Pengetesan uji kebocoran pada <i>casing head</i> | C | A | 12 |

| | | | | |
|----|---------------------------------------------------------------------|---|------|----|
| 4 | Pekerjaan Pemasangan <i>Gate Valve</i> pada <i>Body Casing Head</i> | D | B | 4 |
| 5 | Pekerjaan <i>Assembly Casing Head Spool</i> | E | D | 10 |
| 6 | <i>Assembly Gate Valve</i> untuk <i>Casing Head Spool</i> | F | D | 6 |
| 7 | Pengujian <i>Casing Head Spool</i> | G | E, F | 4 |
| 8 | <i>Assembly Tree Equipment</i> dari master <i>Gate Valve</i> | H | G, C | 2 |
| 9 | <i>Assembly Flow line (arm) Tree Equipment</i> | I | H | 2 |
| 10 | Pekerjaan Pengetesan uji kebocoran pada <i>tree equipment</i> | J | I, G | 2 |

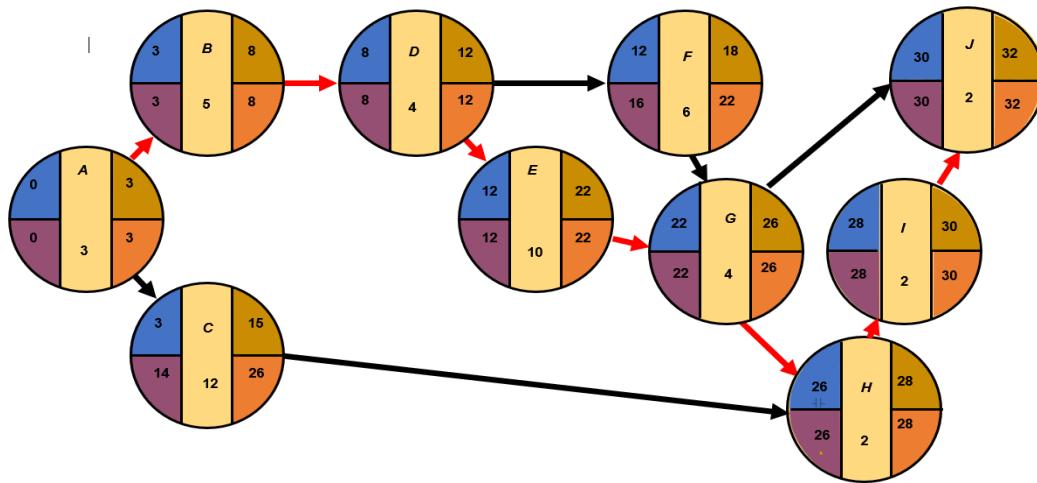
Langkah awalnya adalah **perhitungan waktu maju dan mundur (Forward Pass & Backward Pass)** untuk setiap aktivitas sebagaimana ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 4. Nilai Total *Float* dari Kegiatan

| Kegiatan | Kode | Durasi | Paling Awal | | Paling Akhir | | Float | |
|---------------------------------------------------------------------|------|--------|-------------|----|--------------|----|-------|-------|
| | | | ES | LS | EF | LF | LS-ES | LF-EF |
| Pekerjaan Persiapan Peralatan dan Kecakupan Sparepart | A | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 |
| Pekerjaan <i>Assembly Casing Head</i> | B | 5 | 3 | 3 | 8 | 8 | 0 | 0 |
| Pekerjaan Pengetesan uji kebocoran pada <i>casing head</i> | C | 12 | 3 | 14 | 15 | 26 | 11 | 11 |
| Pekerjaan Pemasangan <i>Gate Valve</i> pada <i>Body Casing Head</i> | D | 4 | 8 | 8 | 12 | 12 | 0 | 0 |
| Pekerjaan <i>Assembly Casing Head Spool</i> | E | 10 | 12 | 12 | 22 | 22 | 0 | 0 |
| <i>Assembly Gate Valve</i> untuk <i>Casing Head Spool</i> | F | 6 | 12 | 16 | 18 | 22 | 4 | 4 |
| Pengujian <i>Casing Head Spool</i> | G | 4 | 22 | 22 | 26 | 26 | 0 | 0 |
| <i>Assembly Tree Equipment</i> dari master <i>Gate Valve</i> | H | 2 | 26 | 26 | 28 | 28 | 0 | 0 |
| <i>Assembly Flow line (arm) Tree Equipment</i> | I | 2 | 28 | 28 | 30 | 30 | 0 | 0 |
| Pekerjaan Pengetesan uji kebocoran pada <i>tree equipment</i> | J | 2 | 30 | 30 | 32 | 32 | 0 | 0 |

Sumber: Peneliti

Hasilnya divisualisasikan dalam bentuk diagram jaringan aktivitas (Gambar 1) yang menggambarkan urutan dan ketergantungan antar pekerjaan secara ringkas. Melalui penerapan CPM, jalur kritis proyek dapat ditentukan (Tabel 5).



Gambar 1. Diagram CPM Proyek Pembuatan Wellhead & X-Mas Tree

Tabel 5. Kegitan-kegiatan Jalur Kritis

| No. | Kode | Aktivitas |
|-----|------|--------------------------------------------------------|
| 1 | A | Pekerjaan Persiapan Peralatan dan Kecakupan Sparepart |
| 2 | B | Pekerjaan Assembly Casing Head |
| 3 | D | Pekerjaan Pemasangan Gate Valve pada Body Casing Head |
| 4 | E | Pekerjaan Assembly Casing Head Spool |
| 5 | G | Pengujian Casing Head Spool |
| 6 | H | Assembly Tree dari master Equipment Gate Valve |
| 7 | I | Assembly Flow line (arm) Tree Equipment |
| 8 | J | Pekerjaan Pengetesan uji kebocoran pada tree equipment |

Sumber: Penelitian Penulis

Jalur kritis ini merupakan rangkaian aktivitas terpanjang yang menentukan total waktu penyelesaian proyek. Dalam studi ini, jalur kritisnya adalah: Jalur Kritis: A → B → D → E → G → H → I → J. Aktivitas-aktivitas pada jalur ini merupakan elemen kunci—if terjadi penundaan, maka akan langsung berdampak pada keterlambatan keseluruhan proyek. Berdasarkan CPM, durasi proyek awal dihitung selama 321 hari. Identifikasi jalur kritis ini menunjukkan bahwa hasil diperoleh melalui analisis kuantitatif terhadap setiap aktivitas yang telah divalidasi berdasarkan kondisi lapangan, serta

menegaskan pentingnya pengawasan intensif pada aktivitas-aktivitas jalur kritis oleh manajemen proyek.

3. Percepatan Jadwal Proyek melalui Pendekatan *Crashing*. Untuk merespons rumusan masalah terkait penyusunan jadwal proyek menggunakan metode *Crashing* sekaligus menekan pengeluaran, dilakukan langkah percepatan waktu pelaksanaan proyek. Analisis *Crashing* (Tabel 6) dilakukan untuk menentukan aktivitas-aktivitas yang dapat dipercepat secara efisien dari segi biaya. Aktivitas-aktivitas tersebut kemudian diidentifikasi dan dihitung nilai kemiringan biayanya (*cost slope*).

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{Biaya } \textit{Crashing} - \text{Biaya Normal}}{(\text{Durasi Normal} - \text{Durasi } \textit{Crashing})}$$

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{Biaya (tambahan) } \textit{Crashing}}{(\text{Durasi Normal} - \text{Durasi } \textit{Crashing})}$$

Dalam lingkup pembahasan ini, biaya (tambahan) *crashing* merupakan biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu aktivitas dalam durasi tercepat yang memungkinkan (*crash duration*) di luar biaya normalnya. Biaya ini umumnya melibatkan penambahan sumber daya seperti tenaga kerja tambahan, jam lembur, atau penggunaan peralatan yang lebih efisien. Durasi normal merujuk pada durasi waktu standar yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu aktivitas, sedangkan Durasi *crashing* adalah durasi waktu tercepat yang dapat dicapai setelah dilakukan percepatan.

Tabel 6. Aktivitas dan Biaya *Crashing*

| Kegiatan | Durasi Asli (hari) | Durasi Minimum (hari) | Pengurangan Durasi (hari) | Biaya (tambahan) Crashing (Rp) | Cost Slope (Rp/hari) |
|-------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Pekerjaan Persiapan Peralatan dan Kecakupan Sparepart | 3 | 2 | 1 | 1.000.000 | 1.000.000/1 = 1.000.000 |
| Pekerjaan Assembly Casing Head | 5 | 4 | 1 | 2.000.000 | 2.000.000/1 = 2.000.000 |

| | | | | | |
|---------------------------------------------------------------|----|---|---|-----------|-------------|
| Pekerjaan | 4 | 3 | 1 | 1.500.000 | 1.500.000/1 |
| Pemasangan <i>Gate Valve</i> pada <i>Body Casing Head</i> | | | | = | 1.500.000 |
| Pekerjaan <i>Assembly Casing Head Spool</i> | 10 | 8 | 2 | 5.000.000 | 5.000.000/2 |
| | | | | = | 2.500.000 |
| Pengujian <i>Casing Head Spool</i> | 4 | 3 | 1 | 1.000.000 | 1.000.000/1 |
| | | | | = | 1.000.000 |
| <i>Assembly Tree Equipment</i> dari master <i>Gate Valve</i> | 2 | 1 | 1 | 1.000.000 | 1.000.000/1 |
| | | | | = | 1.000.000 |
| <i>Assembly Flow line (arm) Tree Equipment</i> | 2 | 1 | 1 | 500.000 | 500.000/1= |
| Pekerjaan Pengetesan uji kebocoran pada <i>tree equipment</i> | 2 | 1 | 1 | 500.000 | 500.000/1= |
| | | | | | 500.000 |

Sumber: Penelitian Penulis

Durasi minimum (*crashing time*) serta biaya tambahan per satuan unit waktu (per hari) yang diperlukan untuk mempercepat setiap aktivitas kritis ditentukan berdasarkan data berikut:

1. Pekerjaan Persiapan Peralatan dan Kecakupan Sparepart (A): Waktu minimum 2 hari, biaya tambahan Rp1.000.000 per hari.
2. Pekerjaan Assembly *Casing Head* (B): Waktu minimum 4 hari, biaya tambahan Rp2.000.000 per hari.
3. Pekerjaan Pemasangan *Gate Valve* pada *Body Casing Head* (D): Waktu minimum 3 hari, biaya tambahan Rp1.500.000 per hari.
4. Pekerjaan *Assembly Casing Head Spool* (E): Waktu minimum 8 hari, biaya tambahan Rp2.500.000 per hari.
5. Pengujian *Casing Head Spool* (G): Waktu minimum 3 hari, biaya tambahan Rp1.000.000 per hari.
6. *Assembly Tree Equipment* dari master *Gate Valve* (H): Waktu minimum 1 hari, biaya tambahan Rp1.000.000 per hari.
7. *Assembly Flow line (arm) Tree Equipment* (I): Waktu minimum 1 hari, biaya tambahan Rp500.000 per hari.

8. Pekerjaan Pengetesan uji kebocoran pada *tree equipment* (J): Waktu minimum 1 hari, biaya tambahan Rp500.000 per hari.

Dari perhitungan dan analisis metode *Crashing*, diperoleh bahwa total biaya percepatan proyek untuk menghemat waktu selama 9 hari adalah Rp12.500.000. Setelah penerapan *crashing*, durasi proyek berhasil dipersingkat menjadi 312 hari, atau lebih cepat 9 hari dibandingkan dengan durasi awal 321 hari.

4. Interpretasi Temuan dan Implikasi Strategis bagi Manajemen Temuan ini menunjukkan bahwa melalui alokasi sumber daya yang strategis dan efisien pada aktivitas jalur kritis, PT X1 mampu meningkatkan performa proyek secara signifikan baik dari sisi waktu maupun biaya. Durasi proyek yang dipersingkat 9 hari ini secara signifikan berpotensi menekan biaya-biaya lain yang muncul akibat lamanya waktu penggeraan, yang tidak diperhitungkan dalam anggaran *crashing* sebesar Rp12.500.000. Dengan demikian, investasi tersebut kemungkinan besar memberikan *return on investment* (ROI) yang menguntungkan.

Penelitian ini juga menegaskan konsistensi antara temuan lapangan dan teori manajemen proyek yang telah mapan, khususnya CPM dan *Crashing* sebagai alat bantu optimasi jadwal. Konsep percepatan proyek melalui biaya tambahan yang terukur serta fokus pada aktivitas jalur kritis terbukti dapat diterapkan secara empiris pada proyek instalasi *Wellhead* dan *Tree Equipment*. Kemampuan untuk menyusun jadwal secara efisien serta menyeimbangkan antara waktu dan biaya menjadi aspek krusial dalam pencapaian tujuan proyek.

Temuan ini tidak menawarkan teori baru, namun memperkuat bukti implementatif dari pendekatan CPM dan *Crashing* dalam proyek migas yang kompleks, sekaligus menyediakan pendekatan praktis untuk pengambilan keputusan berbasis data. Dengan penjadwalan yang optimal, PT X1 dapat meningkatkan kepuasan klien, meminimalkan risiko penalti, dan mempercepat alokasi sumber daya ke proyek berikutnya, sehingga memperkuat daya saing perusahaan.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pelaksanaan proyek instalasi *Wellhead* dan *Tree Equipment* di PT X1 melalui perancangan jadwal proyek yang optimal. Dengan menggunakan pendekatan kuantitatif dalam bentuk studi kasus, penelitian ini menggabungkan analisis data lapangan dengan penerapan metode *Critical Path Method* (CPM) dan teknik *Project Crashing*. Data primer dikumpulkan melalui observasi langsung serta wawancara dengan personel terkait, sedangkan data sekunder diperoleh dari dokumentasi historis internal PT X1 berupa laporan proyek terdahulu, dokumen penjadwalan sebelumnya, dan catatan biaya instalasi sejenis.

Analisis CPM berhasil mengidentifikasi jalur kritis proyek, yang menunjukkan bahwa durasi awal proyek berdasarkan data historis adalah 321 hari. Selanjutnya, metode Crashing diterapkan untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan investasi sebesar Rp12.500.000 pada aktivitas jalur kritis, durasi proyek dapat dikurangi sebanyak 9 hari, menghasilkan waktu penyelesaian baru selama 312 hari.

Hal ini membuktikan keefektifan serta relevansi penerapan integratif CPM dan *Crashing* dalam optimalisasi waktu dan biaya proyek berdasarkan data historis perusahaan, sekaligus mendukung peningkatan efisiensi operasional dan daya saing PT X1 untuk proyek sejenis di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, N., Shiti, F., & Putri, A. (2022). *Studi Awal Tentang Manajemen Risiko Proses Bisnis Konstruksi: Studi Kasus Pada Bisnis Konsultan Perencana, Konsultan Pengawas, Dan Kontraktor Pelaksana Proyek Gedung Di Yogyakarta*.
- Bagas Darmawan, M., & Endro Yuwono, B. (2021). *Faktor Keterlambatan Proyek Konstruksi Gedung Bertingkat pada Masa Pandemi Identification Factors of Building Construction Project Leveled in the Pandemic Period*. 168–173.
- Boukhenoune Abdelwahhab, Laib Nour El Islem, & Rachedi Abdessalam. (2024). *Installation and Maintenance of Wellhead & X-Mas tree (Well ISB 302 Z TFT)*

People's Democratic Republic of Algeria Ministry of Higher Education and Scientific Research.

Doost Mohamadi, I., Alem Tabriz, A., Raad Assistant, A., & Zandieh, M. (2020).

Designing and Explaining a Redundancy Resource and Buffer allocation Model for Project Reliability Improvement with Time and Cost Uncertainty (The Case of Oil and Gas Industry Projects) Designing and Explaining a Redundancy Resource and Buffer allocation Model for Project Reliability Improvement with Time and Cost Uncertainty (The Case of Oil and Gas Industry (in Persian). *Industrial Management Journal*, 12(4), 521–544. <https://doi.org/10.22059/IMJ.2021.303889.1007745>

Ichsan, K., & Hafizh, I. (2021). Re-Desain Produk Wellhead untuk Menurunkan Cost dan Waktu Instalasi dengan Metode DFMA. *Jurnal Teknik Mesin Unsyiah*, 9(1).

Iqbal, Mahyuddin, Ritnawati, Fatmawaty Rachim, Rajib Muammar, Adi Papa Pandarangga, Mursalim, Syahrial Aman, Sulha, Cut Meuthia Rani, & Sena Maulana. (2023). *Full Book Pengantar Kewirausahaan Bisnis Jasa Konstruksi*.

Adiratna, Y., Astono, S., Fertiaz, M., Subhan, Sugistria, C. A. O., Prayitno, H., Khair, R. I., Brando, A., & Putri, B. A. (2022). *Profil Keselamatan dan Kesehatan Kerja Nasional Indonesia Tahun 2022*.

Maharani, A. I., Aziza, A. H., Lubis, A. F., & Zaharani, Y. T. (2024). Manajemen risiko industri minyak bumi dan gas pada proses industri dan manajemen risiko. *Environment Conflict*, 1(1). <https://doi.org/10.61511/environc.v1i1.2024.525>

Nugraha, S., Fawa, A., Fata, I., & Hermawan, A. (2023). Penentuan Waktu pada Proyek Shutdown Waste Gas Sulphuric Acid Recovery Plant (WSA) dengan Metode Critical Path Method (CPM) di PT Mecha Angga Cipta. *Asep Hermawan*, 2(5), 146. <https://doi.org/10.56127/jukim.v2i05>

Rahma, K. A., & Kamandang, Z. R. (2023). Analisis Penjadwalan Proyek Gedung Bertingkat Menggunakan Metode CPM (Critical Path Method) dan PERT (Program Evaluation and Review Technique) (Studi Kasus: Proyek

- Pembangunan Tahap 1 Rumah Sakit Muhammadiyah Gresik). *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 23(2), 1275.
<https://doi.org/10.33087/jiubj.v23i2.4126>
- Rahman, T., & Raflis. (2024). ANALISIS PENGARUH PENERAPAN MANAJEMEN RANTAI PASOK PENGADAAN MATERIAL TERHADAP KINERJA PROYEK KONSTRUKSI (Studi Kasus pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Cinere-Jagorawi Seksi 3) ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE IMPLEMENTATION OF MATERIAL PROCUREMENT SUPPLY CHAIN MANAGEMENT ON CONSTRUCTION PROJECT PERFORMANCE (Case Study on the Cinere-Jagorawi Toll Road Construction Project Section 3). *Jurnal Rekayasa Lingkungan Terbangun Berkelanjutan*.
<https://doi.org/10.25105/jrltb.v2i1.19403>
- Sofiah, R., & Siswoyo. (2024). Optimalisasi Waktu Pada Pelaksanaan Proyek Gedung dengan Menggunakan Metode CPM dan PERT. *Axial, Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, 12(1), 23–028.
- Sugiarta, T. (2022). Analisis Penjadwalan Proyek Remote Terminal Unit dengan Penerapan Metode CPM dan PERT di PT. XYZ. *JIEMS (Journal of Industrial Engineering and Management Systems)*, 14(2).
<https://doi.org/10.30813/jiems.v14i2.2601>
- Yusuf Pramana, M., Yulianto, T., Nugroho, M. W., & Sundari, T. (2024). Analisis Penjadwalan dan Anggaran Proyek Rekontruksi Jalan Karangmojo-Jatimlerek Menggunakan Critical Path Method (CPM) dan Crashing Program. *Jurnal Ilmiah REAKTIP*, 04(02), 24–31.