

EVALUASI PROYEK FABRIKASI MATARBARIUNIT-02 DENGAN METODE CPM DAN PERT PT. DUI ESA UNGGUL

Arif Budi Sulisty¹, Insanur Rifki², Pugy Gautama³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Banten Jaya
Jl. Ciwaru Raya 11 No 73, Kel. Cipare, Kec. Serang, Kota Serang 42117
arif.b.sulisty@gmail.com¹, rifki.insanur@gmail.com², gautamapugy@gmail.com³

ABSTRACT

The smooth running of a project, good management is needed to manage the project from start to finish. the end of the project so that the project can be completed before or on time that has been determined. The case study in this research is the Matarbari Unit-02 fabrication project for priority 3 carried out by PT. Dui Esa Unggul which is a subcontractor company at PT. Cilegon Fabricators. This study aims to find out what are the factors that cause delays in the project and to find out how long the duration and optimal costs for the project are. The method used is the CPM (Critical Path Method) and PERT (Project Evaluation and Review Technique) which aim to find out how long the project can take and look for the possibility of accelerating project implementation time. After direct observations in the field and interviews and evaluations using the CPM and PERT methods, the result is that the delay factors include weather factors, tools, repairs, work areas full, and delays in mobilization as well as the inspection process. The optimal time duration for the Matarbari Unit-02 fabrication project on priority 3 is 42 days from the original normal time of 51 days with an 71,57% chance. The optimal total cost of the Matarbari Unit-02 fabrication project on priority 3 with the optimal duration is Rp. 85,845,750.

Keywords : Project, Critical Path, CPM, PERT.

ABSTRAK

Kelancaran jalannya sebuah proyek, dibutuhkan manajemen yang baik untuk mengelola proyek dari awal hingga proyek berakhir agar proyek dapat diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang telah ditentukan. Studi kasus pada penelitian ini yaitu proyek fabrikasi Matarbari Unit-02 untuk *priority 3* yang dikerjakan oleh PT. Dui Esa Unggul yang merupakan perusahaan subkontraktor di PT. Cilegon Fabricators. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apa saja faktor yang mengakibatkan *delay* pada proyek dan untuk mengetahui berapa lama durasi serta biaya optimal pada proyek. Metode yang digunakan yaitu metode CPM (*Critical Path Methode*) dan PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) yang bertujuan untuk mengetahui berapa lama proyek tersebut dapat diselesaikan dan mencari adanya kemungkinan percepatan waktu pelaksanaan proyek. Setelah dilakukan pengamatan langsung di lapangan dan wawancara serta evaluasi dengan metode CPM dan PERT, hasilnya faktor terjadinya *delay* antara lain yaitu faktor cuaca, alat, *repair*, area kerja *full*, dan adanya keterlambatan mobilisasi juga proses inspeksi. Durasi waktu optimal proyek fabrikasi Matarbari Unit-02 pada *priority 3* ini yaitu 42 hari dari waktu normal semula 51 hari dengan peluang sebesar 71,57%. Total biaya optimal proyek fabrikasi Matarbari Unit-02 pada *priority 3* dengan durasi optimal tersebut yaitu sebesar Rp. 85.845.750.

Kata kunci : Proyek, Jalur Kritis, CPM, PERT.

1. PENDAHULUAN

Demi kelancaran jalannya sebuah proyek dibutuhkan manajemen yang akan mengelola proyek dari awal hingga proyek berakhir, yakni manajemen proyek. Keberhasilan ataupun kegagalan dari pelaksanaan sering kali disebabkan kurang terencananya kegiatan proyek serta pengendalian yang kurang efektif, sehingga kegiatan proyek tidak efisien, hal ini akan mengakibatkan keterlambatan, menurunnya kualitas pekerjaan, dan membengkaknya biaya pelaksanaan. Pada pekerjaan proyek fabrikasi misalnya, diperlukan adanya penanganan manajemen penjadwalan kerja yang baik, karena itu perlu ditangani dengan perhitungan yang cermat dan teliti. Perencanaan kegiatan-kegiatan proyek merupakan masalah yang sangat penting karena perencanaan kegiatan merupakan dasar untuk proyek bisa berjalan dan agar proyek yang dilaksanakan dapat selesai dengan waktu yang optimal. Optimalisasi biasanya dilakukan untuk mengoptimalkan sumber daya yang ada serta meminimalkan risiko namun tetap mendapatkan hasil yang optimal.

PT. Dui Esa Unggul merupakan perusahaan *Sub-Contractor* di PT. Cilegon Fabricators yang juga bergerak di bidang fabrikasi *steel structure*. Aktivitas fabrikasi *steel structure* meliputi beberapa aktivitas, yaitu pekerjaan persiapan, pekerjaan pemotongan, pekerjaan pengeboran, pekerjaan perakitan, dan pengelasan. Dalam pekerjaan proyeknya, PT. Dui Esa Unggul belum menggunakan metode CPM dan PERT dalam merencanakan waktu dan biaya yang dibutuhkan. Selama ini perusahaan dalam menentukan waktu dan biaya yang dibutuhkan hanya berdasarkan pengalaman. Perusahaan seringkali mendapatkan masalah dalam waktu penyelesaian proyek, misal material datang tidak sesuai *schedule*, atau karena faktor eksternal seperti misalnya faktor cuaca, sehingga waktu penyelesaian tidak sesuai dengan waktu yang telah disepakati sebelumnya.

Proyek yang baru saja dikerjakan adalah *Project Matarbari Steel Structure Unit-02 priority 3*, proyek direncanakan selesai dalam 45 hari, namun dalam pelaksanaannya terdapat berbagai macam kendala sehingga proyek harus selesai melebihi batas waktu yang ditentukan yaitu selama 51 hari. Untuk mengembalikan tingkat kemajuan proyek ke rencana semula diperlukan suatu upaya percepatan durasi proyek yang bertujuan untuk mengetahui berapa lama suatu proyek tersebut dapat diselesaikan dan mencari adanya kemungkinan percepatan waktu pelaksanaan proyek. Berdasarkan hal tersebut diperlukan analisis optimalisasi durasi proyek dengan cara melakukan evaluasi proyek sebelumnya dengan menggunakan metode CPM (*Critical Path Method*) atau biasa disebut metode jalur kritis dan PERT (*Project Evaluation and Review Technique*).

Penelitian ini bertujuan untuk :

- a. Mengetahui faktor yang menyebabkan *delay* pada proyek fabrikasi *steel structure Matarbari Project Unit-02* PT. Dui Esa Unggul ?
- b. Mengetahui jumlah durasi optimal pada proyek fabrikasi *steel structure Matarbari Project Unit-02* PT. Dui Esa Unggul ?
- c. Mengetahui berapa total biaya proyek fabrikasi *steel structure Matarbari Project Unit-02* PT. Dui Esa Unggul dengan durasi proyek optimal ?

Agar permasalahan yang ada dapat diselesaikan dengan baik dan pembahasan menjadi lebih terarah, maka akan dilakukan beberapa pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian pengukuran kinerja dan pengambilan data hanya dilakukan pada pekerjaan proyek fabrikasi *steel structure Matarbari Project Unit-02* pada *priority 3* (P133) di PT. Dui Esa Unggul.
2. Pembahasan pengukuran kinerja dengan pendekatan PERT dan CPM yang dilakukan hanya pada cuaca normal.
3. Data-data yang diperlukan adalah data yang mencakup dalam empat perspektif PERT dan CPM yaitu anggaran keuangan, dan penjadwalan pengerjaan proyek.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proyek

Proyek merupakan kegiatan yang memiliki batas waktu dalam pengerjaannya (Sulistyo & Fikri, 2021). Menurut (Rantesalu, 2019) proyek merupakan bagian dari program kerja suatu

organisasi untuk mendukung pencapaian tujuan dari organisasi, dengan memanfaatkan sumber daya manusia maupun non sumber daya manusia yang ada dan bersifat temporer. Menurut (Ekanugraha, 2016) proyek merupakan sekumpulan kegiatan terorganisir yang mengubah sejumlah sumber daya menjadi satu atau lebih produk barang/jasa bernilai terukur dalam sistem satu siklus, dengan batasan waktu, biaya, dan kualitas yang ditetapkan melalui perjanjian. Kegiatan-kegiatan proyek dapat meliputi pembangunan pabrik, jalan raya atau kereta api, irigasi, bendungan, gedung sekolah atau rumah sakit, perluasan atau perbaikan program-program yang sedang berjalan, dan sebagainya. Berdasarkan beberapa pendapat ahli di atas, dapat disimpulkan bahwa proyek adalah suatu rangkaian kegiatan yang bersifat temporer dengan memanfaatkan sumber daya manusia maupun non sumber daya manusia untuk mengubah sumber daya menjadi produk barang/jasa yang bernilai dengan batasan waktu, biaya, dan kualitas yang ditetapkan melalui perjanjian.

2.1.1 Jenis-Jenis Proyek

Menurut (Pratama et al., 2016) macam-macam proyek dilihat dari segi kegiatannya, proyek dapat dibedakan menjadi :

1. Proyek *Engineering* Industri

Komponen kegiatan utama jenis proyek ini terdiri dari pengkajian kelayakan, desain *engineering*, pengadaan, serta konstruksi. Proyek jenis ini mencakup kegiatan pembangunan gedung, jembatan, pelabuhan, jalan raya dan fasilitas industri.

2. Proyek *Engineering* Manufaktur

Jenis proyek ini dimaksudkan untuk menghasilkan produk baru, yang merupakan hasil usaha dari kegiatan proyek. Kegiatan utama dalam proyek ini terdiri dari pengembangan produk, pengadaan, perakitan, serta uji coba fungsi dan operasi produk yang dihasilkan. Contohnya seperti pembuatan generator listrik, mesin pabrik, kendaraan. Bila kegiatan manufaktur dilakukan berulang-ulang, rutin dan menghasilkan produk yang sama dengan terdahulu, maka kegiatan ini tidak lagi diklasifikasikan sebagai proyek.

3. Proyek Penelitian dan Pengembangan

Proyek ini bertujuan melakukan penelitian dan pengembangan dalam rangka menghasilkan suatu produk tertentu. Dalam mengejar proses akhir, proyek ini seringkali menempuh proses yang berubah-ubah, demikian pula dengan lingkup kerjanya. Proyek ini dapat berupa proyek yang meningkatkan dan memperbaiki mutu produk. Contohnya yaitu proyek membuat robot yang difungsikan untuk membantu pekerjaan rumah tangga, penelitian mengenai ditemukannya bibit unggul dari suatu tanaman.

4. Proyek Pelayanan Manajemen

Proyek ini bisa berupa perusahaan yang merancang reorganisasi, perancangan struktur organisasi, merancang sistem informasi manajemen, meliputi perangkat lunak ataupun perangkat keras, merancang program efisiensi dan penghematan, serta melakukan diversifikasi, penggabungan dan pengambil alihan.

5. Proyek Kapital

Kegiatan yang dilakukan dalam proyek ini biasanya digunakan oleh sebuah badan usaha atau pemerintah. Proyek ini biasanya berupa pengeluaran biaya untuk pembebasan tanah, pembelian materil, pembelian peralatan, pemasangan fasilitas, desain mesin dan konstruksi guna pembangunan instalasi pabrik/gedung baru.

2.2 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, dan koordinasi suatu proyek untuk menjamin proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek (Octavia et al., 2020). Menurut (Sulistyo & Khadijah, 2021) yang dikutip dari Setiawan et al, manajemen proyek merupakan suatu proses dimana individu sebagai bagian dari organisasi yang berpartisipasi dalam pemeliharaan, pengembangan, pengendalian dan menjalankan program yang selaras dengan tujuan yang ditetapkan dan

berlangsung terus menerus seiring dengan berjalannya waktu. Sedangkan dalam (Ekanugraha, 2016) manajemen proyek merupakan suatu cara untuk menyelesaikan masalah yang harus dipaparkan oleh *user*, kebutuhan *user* harus terlihat jelas dan harus terjadi komunikasi yang baik agar kebutuhan *user* bisa diketahui. Dari beberapa pendapat di atas, maka dapat disimpulkan bahwa manajemen proyek adalah kegiatan mengkoordinir sumber daya (manusia, material, teknik, pengetahuan, dan keahlian) dari awal hingga akhir guna pencapaian hasil yang optimal pada suatu proyek.

2.3 Work Breakdown Structure (WBS)

WBS adalah sebuah cara yang digunakan untuk mendefinisikan dan mengelompokkan tugas-tugas sehingga menjadi bagian-bagian kecil dari sebuah proyek agar lebih mudah di atur (Maddeppungeng & Suryani, 2015). *Work Breakdown Structure* menyediakan sebuah struktur hirarki yang bertindak sebagai jembatan atau penghubung antara ruang lingkup proyek dan rencana rinci proyek

2.4 Biaya Proyek

Ada beberapa jenis biaya dimana termasuk dalam modal tetap yang berhubungan dengan pembiayaan suatu proyek konstruksi yang dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*).

2.4.1 Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Menurut (Wohon, 2015) unsur-unsur yang termasuk dalam biaya langsung adalah:

1) Biaya Material

Biaya material adalah biaya pembelian material, termasuk didalamnya biaya transportasi, biaya penyimpanan serta kerugian akibat kehilangan atau kerusakan material.

2) Biaya Upah

a) Upah harian, yaitu upah yang dibayarkan per satuan waktu, misalnya harian tergantung pada jenis keahlian pekerja, lokasi pekerjaan, jenis pekerjaan dan lain-lain.

b) Upah borongan, yaitu besar upah tergantung atas kesepakatan bersama antara kontraktor dengan pekerja atas suatu item pekerjaan.

c) Upah berdasarkan produktifitas, yaitu besar upah ini tergantung atas banyak pekerjaan yang dapat diselesaikan oleh pekerja dalam satu satuan waktu tertentu.

3) Biaya Alat

Unsur-unsur yang terdapat dalam biaya peralatan adalah biaya sewa, biaya operasi, biaya pemeliharaan, biaya operator dan lainnya yang menyangkut peralatan.

4) Biaya Subkontraktor

Biaya ini diperlukan bila ada bagian pekerjaan diserahkan/dikerjakan oleh subkontraktor. Subkontraktor ini bertanggung jawab dan dibayar oleh main kontraktor.

2.4.2 Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tidak langsung adalah biaya yang diperlukan untuk setiap kegiatan proyek tetapi tidak berhubungan langsung dengan kegiatan tersebut dan dihitung dari awal proyek sampai akhir proyek (Maddeppungeng et al., 2014). Berdasarkan (Sugiyanto, 2020) biaya tidak langsung tersebut meliputi:

1) Biaya *Overhead*

Biaya *Overhead* adalah biaya-biaya operasional yang menunjang pelaksanaan pekerjaan selama proyek berlangsung. Biaya ini dikeluarkan untuk fasilitas sementara, operasional petugas, biaya untuk K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja).

2) Biaya Tidak Terduga

Biaya tidak terduga adalah biaya untuk kejadian-kejadian yang memungkinkan akan terjadi ataupun tidak terjadi.

3) Keuntungan

Keuntungan kontraktor yang direkomendasikan dalam kontrak kerja pada umumnya 10%. Selain itu juga tergantung pada besarnya resiko pekerjaan tersebut, semakin besar risikonya maka akan semakin besar pula keuntungan yang ditetapkan.

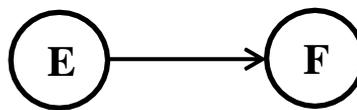
2.5 Metode CPM dan PERT

2.5.1 Critical Path Method (CPM)

Metode CPM adalah suatu metode yang cukup banyak digunakan pada pengelolaan suatu proyek dan digunakan dalam perencanaan dan pengendalian dengan menggunakan prinsip pembentukan jaringan (Abdurasyid et al., 2019).

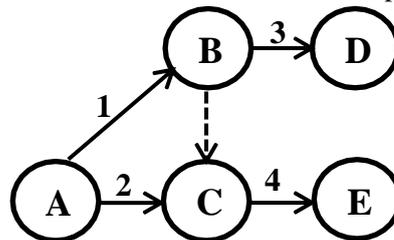
2.5.1.1 Jaringan Kerja

Network Planning (Jaringan Kerja) adalah alat yang digunakan untuk kemajuan proyek dalam merencanakan, menjadwalkan dan mengendalikan proyek (Octavia et al., 2020). Gambar dibawah ini contoh diagram panah CPM yang menggambarkan kegiatan (e,f) yang bermula dari event e dan berakhir di event f.



Gambar 1. Contoh Diagram Panah CPM

Dalam CPM diberlakukan aktivitas *dummy*, aktivitas ini untuk menghindari adanya 1 aktivitas yang memiliki 2 panah. Gambar dibawah ini menunjukkan contoh penggunaan garis dummy dari event b ke event c untuk menggambarkan keterkaitan aktivitas 1 kepada aktivitas 4.



Gambar 2. Contoh Aktivitas *Dummy*

2.5.1.2 Jalur Kritis

Jalur kritis adalah rangkaian kegiatan atau pekerjaan kritis yang terdapat pada suatu proyek. Jalur kritis (*Critical Path*) yaitu aktivitas-aktivitas yang jumlah waktu pelaksanaannya paling lama, atau dengan kata lain jalur kritis adalah lintasan yang paling menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, dan digambar dengan anak panah tebal. (Rantesalu, 2019) Berdasarkan (Putra & Gandhi, 2019) pengidentifikasian jalur tersebut dapat diketahui dengan perhitungan maju (*forward pass*) dan penghitungan mundur (*backward pass*) dengan menghitung hal-hal berikut:

- a. ES : Yaitu waktu paling awal aktivitas dapat dimulai (*Earliest Start Time*)
- b. EF : Yaitu waktu paling awal aktivitas dapat selesai (*Earliest Finish Time*)
- c. LS : Yaitu waktu paling akhir aktivitas dapat dimulai (*Latest Allowable Start Time*)
- d. LF : Yaitu waktu paling akhir aktivitas harus selesai (*Latest Allowable Finish Time*) tanpa memperlambat penyelesaian proyek
- e. *Slack* (S) atau *Float* : Waktu bebas dari aktivitas, yang berarti waktu yang dimiliki oleh aktivitas dapat melakukan pemunduran waktu tanpa berdampak pada mundurnya waktu proyek secara keseluruhan. Berikut ini rumus perhitungan waktuslack

$$\text{Slack} = \text{LS} - \text{ES} \text{ atau } \text{Slack} = \text{LF} - \text{EF} \dots\dots\dots (1)$$

2.5.2 Program Evaluation Review Technique (PERT)

PERT merupakan suatu metode yang bertujuan untuk mengurangi adanya penundaan maupun rintangan, perbedaan-perbedaan, mengkoordinasikan dan menyelaraskan berbagai bagian dalam sebuah kegiatan proyek, produksi, dan teknik sebagai suatu keseluruhan pekerjaan dan mempercepat selesainya proyek-proyeksemaksimal mungkin (Angelin & Ariyanti, 2019).

Dalam PERT digunakan distribusi peluang berdasarkan tiga perkiraan waktu untuk setiap kegiatan yaitu antara lain (Yusdiana & Satyawisudarini, 2018) :

1. Waktu optimis (a), waktu kegiatan jika semuanya berjalan dengan baik tanpa hambatan-hambatan atau penundaan-penundaan.
2. Waktu realistis (m), waktu kegiatan yang akan terjadi jika suatu kegiatan dilaksanakan dalam kondisi normal, dengan penundaan-penundaan tertentu yang dapat diterima.
3. Waktu pesimis (b), waktu kegiatan jika terjadi hambatan atau penundaan lebih semestinya.

Langkah *network planning* dengan menggunakan pendekatan PERT ditujukan untuk mengetahui berapa nilai probabilitas kegiatan proyek terutama pada jalur kritis agar selesai tepat waktu sesuai dengan jadwal yang diharapkan.

- 1) Menentukan perkiraan waktu aktifitas

$$Te = \frac{a+4m+b}{6} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- Te = perkiraan waktu aktifitas
- a = waktu paling optimis
- m = waktu normal
- b = waktu paling pesimis

- 2) Menentukan deviasi standar dari kegiatan proyek

$$S = \frac{1}{6} (b - a) \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

- S = deviasi standar kegiatan
- a = waktu optimis
- b = waktu pesimis

- 3) Menentukan varian kegiatan dari kegiatan proyek Varian kegiatan:

$$V (te) = S^2 = \left[\frac{b-a}{6} \right]^2 \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

- V(te) = varian kegiatan
- S = deviasi standar kegiatan
- a = waktu optimis
- b = waktu pesimis

- 4) Mengetahui probabilitas mencapai target jadwal Untuk mengetahui probabilitas mencapai target jadwal dapat dilakukan dengan menghubungkan antara waktu yang diharapkan (TE) dengan target T(d) yang dinyatakan dengan rumus:

$$Z = \frac{T (d)-TE}{s} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

Z = Angka kemungkinan mencapai target

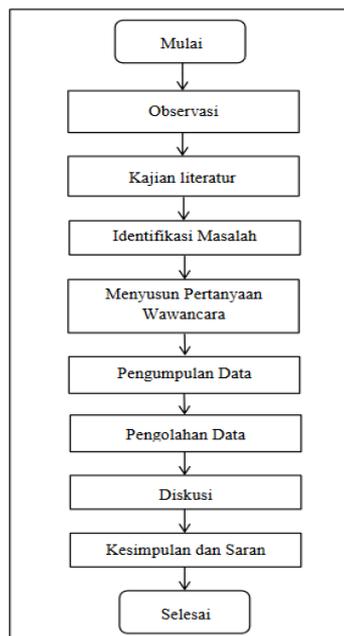
T(d) = Target jadwal

TE = Jumlah waktu lintasan kritis

S = Deviasi standar kegiatan Angka z merupakan angka probabilitas yang persentasenya dapat dicari dengan menggunakan tabel distribusi norm kualitatif

3. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk memecahkan suatu masalah dalam melakukan penelitian maka dibutuhkan langkah-langkah sistematis dengan tujuan agar pendekatan dan model dari permasalahan tersebut dapat diuraikan. Diagram alir yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3. Flowchart Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

5. Hasil dan Pembahasan

5.1 Pengolahan Data

5.1.1 Data Penelitian

Data penelitian didapatkan dari hasil wawancara dengan *project engineer* PT. Dui Esa Unggul. Tabel dibawah ini menunjukkan hubungan antar kegiatan proyek.

Tabel 1. Hubungan Antar Kegiatan Proyek

Kegiatan	Deskripsi Pekerjaan	Pendahulu	Durasi (Hari)
A	Pengecekan Awal Material	-	1
B	<i>Marking Cutting</i>	A	7
C	<i>Storage Material</i>	B	1
D	Penghalusan Material	B	2
E	Pembentukan Profil	B	1
F	<i>Drilling</i>	C,D,E	3
G	<i>Fit-up Assembling</i>	F	15
H	<i>Welding</i>	G	10
I	Inspek Internal	H	1
J	<i>Repair</i>	I	6
K	Inspek Eksternal	I	2
L	<i>Hand Over (HO)</i>	J,K	2

Data selanjutnya yaitu biaya proyek, secara umum besaran biaya dari upah total pekerja yang terlibat langsung dengan setiap aktivitas pekerjaan proyek fabrikasi dan juga biaya *consumable* dalam pengerjaan proyek fabrikasi Matarbari Unit-02 untuk *priority* 3 (P133) dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

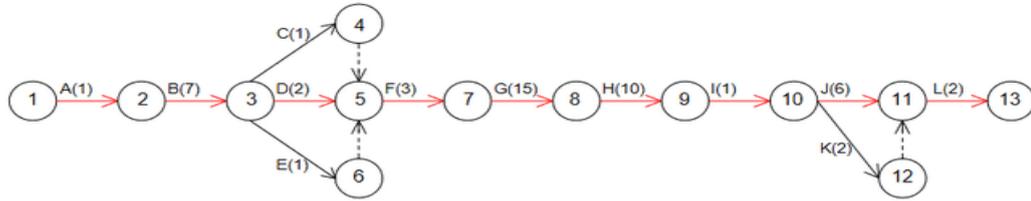
Tabel 2. Biaya Kegiatan Proyek

Kegiatan	Deskripsi Pekerjaan	Biaya (RP)	Durasi (Hari)	Man Power
A	Pengecekan Awal Material	990.000	1	1 SPT, 1 SPV, 1 QC, 1 ADM, 1 Engineering, 1 Operator
B	<i>Marking Cutting</i>	4.669.000	7	2 Cutter, 3 Fitter, 1 SPV, 1 <i>Storekeeper</i>
C	<i>Storage Material</i>	580	1	1 Operaor, 1 Foreman Fitter
D	Penghalusan Material	1.020.000	2	1 Cutter, 3 Fitter
E	Pembentukan Profil	670	1	1 Cutter, 3 Fitter, 1 Foreman Fitter
F	<i>Drilling</i>	2.115.000	3	1 Cutter, 1 Foreman Fitter, 2 Fitter, 1 Maintenance
G	<i>Fit-Up Assembling</i>	20.925.000	15	1 SPT, 1 SPV, 1 Engineering, 1 Foreman Fitter, 3 Fitter, 1 Welder
H	<i>Welding</i>	7.700.000	10	1 SPT, 1 SPV, 1 ADM, 1 Engineering, 1 Operator, 1 Maintenance, 4 Welder, 1 Foreman Welder
I	<i>Inspect Internal</i>	1.070.000	1	1 SPT, 1 SPV, 1 Engineer, 1 QC, 1 Foreman Fitter dan 1 Foreman Welder
J	<i>Repair</i>	8.910.000	6	1 SPV, 1 QC, 1 Engineer, 1 Foreman Fitter, 3 Fitter, 2 Welder, 1 Foreman Welder
K	<i>Inspect External</i>	1.300.000	2	1 QC, 1 Foreman Fitter, 1 Foreman Welder
L	<i>Hand Over (HO)</i>	1.640.000	2	1 SPT, 1 Engineer, 1 ADM, 1 Operator
	Biaya Consumable	33.376.750		
	Total	84.965.750	51	

Dari tabel diatas diperoleh besaran biaya yang dikeluarkan untuk setiap kegiatan atau aktivitas pekerjaan proyek fabrikasi, besaran biaya dari setiap kegiatan diperoleh dari hasil total upah setiap *main power* yang terlibat di setiap aktivitas pekerjaan. Untuk menentukan biaya yang dikeluarkan dari setiap kegiatan pekerjaan, yaitu dengan cara menghitung upah pekerja yang terlibat dalam aktivitas pekerjaan ditambah dengan lamanya durasi pekerjaan. Kemudian setelah diketahui jumlah biaya dari setiap kegiatan, maka selanjutnya yaitu menambahkan total biaya upah dengan total biaya *consumable* sehingga didapatkan total sebesar Rp. 84.965.750.

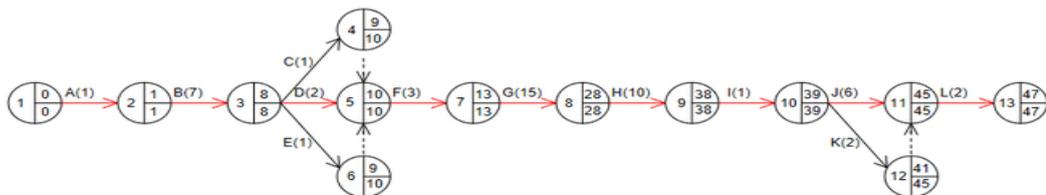
5.1.2 Tahapan CPM

Kegiatan pertama yang harus dilakukan dalam pengolahan data pada penelitian ini yaitu membuat diagram jaringan kerja. Diagram jaringan kerja proyek fabrikasi Matarbari Unit-02 berdasarkan data yang diperoleh dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Jaringan Kerja Proyek Fabrikasi

Pada diagram jaringan kerja tersebut jalur kritisnya adalah yang diberi tanda anak panah merah yaitu A – B – D – F – G – H – I – J – L dengan waktu penyelesaian proyek paling lama yaitu 47 hari. Selanjutnya untuk mengetahui pekerjaan yang memiliki waktu longgar maupun tidak, dapat dilakukan dengan perhitungan maju dan perhitungan mundur. Setelah dilakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur di dapatkan hasil diagram jaringan berikut ini.



Gambar 5. Perhitungan Maju dan Mundur Proyek Matarbari Unit-02

Setelah dilakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur, dilakukan perhitungan seperti dibawah ini untuk lebih memastikan dan mengetahui berapa lama waktu tenggang (*float*) untuk tiap kegiatan. Sebagai salah satu cara untuk mengetahui kegiatan mana yang terlibat dalam lintasan kritis. Untuk semua hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Maju dan Mundur Proyek

Kegiatan	Kegiatan Pendahulu	Durasi	ES	EF	LS	LF	TF
A	-	1	0	1	0	1	0
B	A	7	1	8	1	8	0
C	B	1	8	9	8	10	1
D	B	2	8	10	8	10	0
E	B	1	8	9	8	10	1
F	C,D,E	3	10	13	10	13	0
G	F	15	13	28	13	28	0
H	G	10	28	38	28	38	0
I	H	1	38	39	38	39	0
J	I	6	39	45	39	45	0
K	I	2	39	41	39	45	4
L	J,K	2	45	47	45	47	0

Melalui perhitungan total *float* pada tabel di atas maka dapat diketahui lintasan kritis berada pada aktivitas A – B – D – F – G – H – I – J – L. Karena semua aktivitas-aktivitas tersebut tidak memiliki waktu longgar, atau total *float* sama dengan 0.

5.1.3 Tahapan PERT

Perhitungan metode PERT menggunakan 3 perkiraan waktu yaitu waktu paling optimis (a), waktu paling pesimis (b), dan waktu paling memungkinkan (m). Menurut narasumber, waktu paling optimis pada proyek ini diperoleh ketika pelaksanaan pekerjaan dilakukan dengan sedikit percepatan, seperti penambahan alat, tenaga kerja, inovasi metode pelaksanaan, dan juga cuaca yang sangat mendukung. Untuk waktu paling memungkinkan diperoleh apabila pelaksanaan pekerjaan berjalan normal seperti pada umumnya tanpa hambatan. Pada proyek ini waktu paling memungkinkan sesuai dengan waktu yang direncanakan. Dan waktu paling pesimis pada proyek ini diperoleh ketika pekerjaan mengalami beberapa masalah sehingga dapat menunda waktunya pelaksanaan pekerjaan seperti:

1. Cuaca yang cukup *eskrim*, hujan secara terus menerus sehingga pekerjaan tidak dapat dilakukan atau terhenti dikarenakan area pekerjaan fabrikasi berada di *outdoor* bukan di dalam *workshop*.
2. Terkendala dengan banyaknya hari libur nasional.
3. Beberapa alat mengalami kerusakan sehingga perlu dilakukan *service* yang memakan waktu yang cukup lama.
4. Area kerja terbatas sehingga harus menunggu material lain selesai terlebih dahulu.
5. Mobilitas material terhambat dikarenakan faktor *truck* yang terlambat.
6. Terjadinya *repair* atau perbaikan terus menerus.

Semua angka durasi yang diperoleh adalah dalam satuan hari. Berikut merupakan hasil wawancara estimasi waktu menurut narasumber yang kemudian digunakan untuk menentukan kurun waktu yang diharapkan (T_e) dan probabilitas keberhasilan penjadwalan proyek yang dapat di lihat pada Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Estimasi Waktu Kegiatan Proyek

Kegiatan	Waktu Optimis (a)	Waktu Realistis (m)	Waktu Pesimis (b)	T_e	S	V(te)
A	1	1	2	1.16	0.16	0.0277
B	5	7	10	7.16	0.83	0.6944
C	1	1	3	1.33	0.33	0.1111
D	1	2	3	2	0.33	0.1111
E	1	1	4	1.5	0.5	0.25
F	2	3	5	3.16	0.5	0.25
G	10	15	17	14.5	1.16	1.3611
H	7	10	14	10.16	1.16	1.3611
I	1	1	2	1.16	0.16	0.0277
J	4	6	10	6.33	1	1
K	1	2	3	2	0.33	0.1111
L	1	2	3	2	0.33	0.1111
JML	35	51	76	52	7	5

Berdasarkan tabel diatas dapat dihitung total waktu pelaksanaan proyek sehingga diperoleh varian dan standar deviasi proyek, kemudian dapat ditentukan probabilitas waktu perencanaan tersebut seperti pada perhitungan dibawah ini.

1. Varian dan standar deviasi proyek
Standar deviasi yang diperoleh dari perhitungan pada tabel di atas yaitu sebesar 7 hari. Berakibat pada total varian proyek yaitu sebesar 5 hari.
2. Probabilitas mencapai target jadwal

Untuk mengetahui probabilitas dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagaiberikut:

$$Z = \frac{T(d)-TE}{S}$$

$$Z = \frac{51-47}{7}$$

$$Z = 0.5714$$

Berdasarkan perhitungan nilai Z, didapatkan nilai sebesar 0.5714, selanjutnya dapat dilihat pada tabel Z yaitu didapatkan hasil 0,7157. Nilai tersebut diperoleh dari sumbu x yaitu 0,5 dan sumbu y 0,07 maka didapatkan peluang sebesar 0,7157 atau 71,57% untuk menyelesaikan proyek tersebut dalam kurun waktu 51 hari atau kurang dari itu.

5.1.4 Perhitungan Biaya Proyek

Pada proyek Matarbari Unit-02 (P133) ini hanya ada beberapa kegiatan yang waktunya dipersingkat, seperti pekerjaan *Marking Cutting*, pekerjaan Penghalusan Material, pekerjaan *drilling*, pekerjaan *Fit-up Assembling*, pekerjaan *Welding*, pekerjaan *repair*, pekerjaan Inspek Eksternal, dan pekerjaan *Hand Over* (HO). Setelah diketahui waktu yang dipersingkat dan berapa biaya yang dikeluarkan untuk mempersingkat waktu tersebut maka dilakukan perhitungan *slope* biaya. Berikut ini merupakan rumus untuk menghitung *slope* biaya :

$$\text{Slope} = \frac{\text{Biaya dipercepat} - \text{Biaya Normal}}{\text{Durasi Normal} - \text{Durasi Dipercepat}} \dots\dots\dots(6)$$

Slope biaya untuk masing-masing kegiatan dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Waktu dan Biaya Dipercepat

Kegiatan	Durasi (Hari)		Biaya (Rp)		Biaya (Rp) Slope
	Normal	Dipercepat	Normal	Dipercepat	
A	1	1	990.000	-	-
B	7	5	4.669.000	4.959.000	145.000
C	1	1	580.000	-	-
D	2	1	1.020.000	1.280.000	260.000
E	1	1	670.000	-	-
F	3	2	2.115.000	2.490.000	375.000
G	15	10	20.925.000	21.805.000	176.000
H	10	7	7.700.000	8.150.000	150.000
I	1	1	1.070.000	-	-
J	6	4	8.910.000	9.510.000	300.000
K	2	1	1.300.000	1.470.000	170.000
L	2	1	1.640.000	2.140.000	500.000
Biaya Consumable			33.376.750	33.376.750	-
Total			84.965.750	85.180.750	

Berdasarkan tabel diatas dan berdasarkan hasil wawancara dan diskusi dengan *Project Engineer* PT. Dui Esa Unggul, didapatkan penambahan biaya yang dikeluarkan pada setiap kegiatan yang dilakukan percepatan. Untuk rincian besaran upah dari setiap karyawan sangat

dirahasiakan oleh manajemen PT. Dui Esa Unggul. Adanya penambahan biaya dikarenakan adanya penambahan pekerja untuk mempercepat durasi dari setiap aktivitas pekerjaan yang akan dilakukan percepatan.

5.2 Analisis Percepatan Kegiatan Proyek

Berdasarkan hasil analisis sebelumnya menggunakan metode CPM, diketahui bahwa durasi penyelesaian proyek Matarbari Unit-02 *priority* 3 yaitu 47 hari dengan total biaya Rp. 84.965.750,-. Selanjutnya dilakukan perhitungan hanya untuk setiap kegiatan yang dilakukan percepatan dan juga yang termasuk kedalam jalur kritis (*critical path*), adapun kegiatan yang dipercepat dimulai dari kegiatan paling akhir yaitu kegiatan L, J, H,G, F, D, B. Dibawah ini merupakan contoh perhitungan pada kegiatan G.

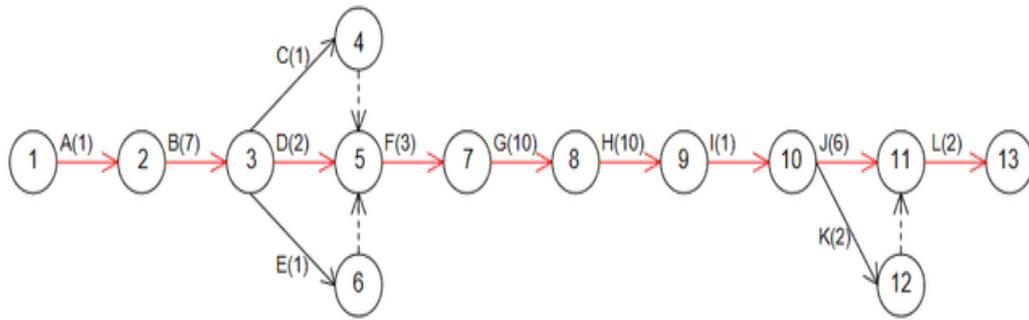
1. Kegiatan G dipercepat 5 hari Waktu
 Penyelesaian Proyek yaitu :
 Jalur CPM = A – B – D – F – G – H – I – J – L
 Durasi = 1+7+1+3+10+10+1+6+2 = 42
 Biaya total dipercepat :
 Biaya = biaya total keadaan normal + (5 x slope kegiatan G)
 = 84.965.750 + (5 x 176.000)
 = 84.965.750 + 880.000
 = 85.845.750

Hasil analisis percepatan kegiatan L, J, H, G, F, D, B dapat dilihat pada tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6. Percepatan Kegiatan Proyek

Kegiatan yang Direncanakan Dipercepat	Durasi Proyek (Hari)	Biaya Proyek (upah) (RP)
Normal	51	84.965.750
B dipercepat 2 hari	45	85.255.750
D dipercepat 1 hari	44	85.225.750
F dipercepat 1 hari	46	85.340.750
G dipercepat 5 hari	42	85.845.750
H dipercepat 3 hari	44	85.415.750
J dipercepat 2 hari	46	85.565.750
L dipercepat 1 hari	46	85.465.750

Dari tabel tersebut didapatkan hasil bahwa waktu mempercepat penyelesaian proyek dengan biaya optimal adalah selama 42 hari yaitu pada kegiatan G dengan mempercepat durasi 5 hari dan dengan di ikuti pertambahan biaya sebesar Rp 85.845.750. Kegiatan G di pilih sebagai durasi optimal berdasarkan durasi yang paling sedikit diantara semua kegiatan yang termasuk dalam jalur kritis. Setelah kegiatan G dipercepat 5 hari, maka jaringan kerjanya berubah seperti pada Gambar berikut ini :



Gambar 6. Jaringan Kerja Proyek Matarbari Unit-02 Setelah Dipercepat

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uraian diatas, maka dapat diambil kesimpulan yaitu :

- a. Faktor yang menyebabkan *delay* pada proyek fabrikasi *steel structure Matarbari Project Unit-02* PT. Dui Esa Unggul yaitu :
 1. Faktor cuaca, yaitu hujan secara terus menerus sehingga pekerjaan tidak dapat dilakukan atau terhenti dikarenakan area pekerjaan fabrikasi berada di *outdoor* bukan di dalam *workshop*.
 2. Faktor alat, beberapa alat mengalami kerusakan seperti mesin gerinda, mesin *drilling* sehingga perlu dilakukan *service* yang memakan waktu yang cukup lama.
 3. Faktor area kerja yang terbatas, sehingga harus menunggu giliran material lain selesai terlebih dahulu dikerjakan.
 4. Terjadinya *repair* atau perbaikan terus menerus yang terjadi karena adanya tidak kesesuaian pada produk dengan *Shop Drawing*, sehingga harus dilakukan perbaikan kembali.
 5. Terlambatnya proses inspeksi material atau pengecekan dari QC Eksternal sehingga menyebabkan aktivitas pekerjaan selanjutnya harus menunggu.
 6. Keterlambatan mobil *Truck* sebagai alat mobilisasi material dalam proses *Hand Over* (HO) untuk penyerahan produk.
- b. Durasi optimal pada proyek fabrikasi *steel structure Matarbari Project Unit-02 priority 3* (P133) PT. Dui Esa Unggul yaitu 42 hari dari waktu normal semula yaitu 51 hari dan terdapat peluang sebesar 71,57% untuk proyek fabrikasi *Matarbari Project Unit-02* pada *priority 3* agar dapat terlaksana dengan durasi 42 hari.
- c. Total biaya optimal proyek fabrikasi *steel structure Matarbari Project Unit-02* untuk *priority 3* (P133) PT. Dui Esa Unggul berdasarkan durasi optimal yaitu sebesar Rp 85.845.750.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrasyid, A., Luqman, L., Haris, A., & Indrianto, I. (2019). Implementasi Metode PERT dan CPM pada Sistem Informasi Manajemen Proyek Pembangunan Kapal. *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, 5(1), 28–36. <https://doi.org/10.23917/khif.v5i1.7066>
- Angelin, A., & Ariyanti, S. (2019). Analisis Penjadwalan Proyek New Product Development Menggunakan Metode Pert Dan Cpm. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 6(1), 63–70. <https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v6i1.3025>
- Ekanugraha, A. R. (2016). *Evaluasi Pelaksanaan Proyek Dengan Metode CPM dan PERT*. 8.
- Maddeppungeng, A., B, R. T., & Rayigianti, F. (2014). Analisis Waktu Dan Biaya Menggunakan Metode Earned Value Dan Optimasi Menggunakan Metode CPM. *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 3(1).

- Maddeppungeng, A., & Suryani, I. (2015). Analisis Pengendalian Penjadwalan Pembangunan Gedung Administrasi Universitas Pendidikan Indonesia (Upi) Kampus Serang Menggunakan Metode Work Breakdown Structure (Wbs) Dan Kurva-S. *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 4(1). <https://doi.org/10.36055/jft.v4i1.1230>
- Octavia, D. M., Angri, W., & Citra, U. (2020). Analisis Resource Leveling Menggunakan Network Planning pada Pembangunan Rusunawa Institut Teknologi Padang. *Progress in Civil Engineering Journal*, 2(1), 20–30.
- Pratama, A., Taufik, H., Jurusan, M., Sipil, T., Jurusan, D., & Sipil, T. (2016). Analisis Percepatan Terhadap Waktu Proyek (Study kasus : Kantor Dinas SKPD Gedung B3 di Tenayan Raya). *Jom FTEKNIK*, 3, 1–13.
- Putra, Y. E., & Gandhi, H. K. (2019). Analysis of the Critical Path of the Flexo Machine Relocation Project with the CPM and PERT Methods. *Jurnal InTent*, 2(1), 65–75.
- Rantesalu, S. (2019). Evaluasi Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Pada Proyek Pembangunan Gedung Bappeda Provinsi Kalimantan Utara Tahap Iii. *Potensi : Jurnal Sipil Politeknik*, 21(1), 42. <https://doi.org/10.35313/potensi.v21i1.1316>
- Sugiyanto. (2020). *Book Manajemen Pengendalian Proyek.pdf*. Scopindo.
- Sulistyo, A. B., & Fikri, M. Al. (2021). PROYEK KONSTRUKSI MENGGUNAKAN METODE TIME COST TRADE OFF (STUDI KASUS : PROYEK PEMBANGUNAN JALAN GORDA-BANDUNG). *Intent*, 4(1), 25–40.
- Sulistyo, A. B., & Khadijah, A. (2021). Redesign Road Project Using Critical Chain Project Management Method and Crashing Method Perencanaan Ulang Proyek Jalan Menggunakan Metode Critical Chain Project Management Dan Metode Crashing. *OPSI*, 14(2), 261–270.
- Wohon, F. Y. (2015). Analisa Pengaruh Percepatan Durasi Pada Biaya Proyek Menggunakan Program Microsoft Project 2013 (Studi Kasus : Pembangunan Gereja GMIM Syaloom Karombasan). *Jurnal Teknik Sipil*, 3 (2)(2337–6732), 141–150.
- Yusdiana, E. D., & Satyawisudarani, I. (2018). Penerapan Metode Pert Dan Cpm Dalam Pelaksanaan Proyek Pembangunan Jalan Paving Untuk Mencapai Efektivitas Waktu Penyelesaian Proyek. *Manajemen Dan Bisnis (Almana)*, 7(2), 44–68.