

# Peningkatan Efektivitas dan Efisiensi Sumber Daya dengan Perencanaan Manajemen Proyek Menggunakan Metode CPM dan PERT di PT. Anugrah Damai Mandiri

Hani Ratika Dewi<sup>1\*</sup>, Apid Hapid Maksu<sup>2</sup>, Muhamad Taufiq Rachmat<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang Indonesia

\*Koresponden email: haniratika@gmail.com

Diterima: 15 Desember 2022

Disetujui: 31 Januari 2023

## Abstract

Disadvantages of project delays include cost overruns and reduced corporate credibility for both service providers and users. This study aims to create effective and efficient project management to overcome the occurrence of project delays and examine the elements that contribute to delays in completing the project and measure the probability of PT. Anugrah Damai Mandiri was able to complete the project and compare the costs needed to complete the project normally and, in a crashing, (accelerated) manner. In this study, the CPM approach is employed in order to analyze the network and critical paths in the project. Opportunity distribution was then analyzed using the PERT technique based on three approximate approaches for each activity, namely realistic, pessimistic, and optimistic time approaches. The data obtained is based on observations from company archives and interviews with employees and owners. The findings indicated that the ideal time to complete the project was 17 days, and PT. Anugrah Damai Mandiri has a 50% probability of being able to complete the project. Project delays at PT. Anugrah Damai Mandiri is influenced by several factors, namely methods, environment, materials, and human resources.

**Keywords:** *project scheduling, CPM, PERT, project management, PT. Anugrah Damai Mandiri*

## Abstrak

Kerugian dari penundaan proyek termasuk pembengkakan biaya dan berkurangnya kredibilitas perusahaan baik untuk penyedia layanan maupun pengguna. Penelitian ini bertujuan untuk membuat manajemen proyek yang efektif dan efisien untuk mengatasi terjadinya keterlambatan proyek serta menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya keterlambatan dalam menyelesaikan proyek. Probabilitas PT. Anugrah Damai Mandiri diukur agar mampu menyelesaikan proyek serta membandingkan biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek secara normal dan secara *crashing* (dipercepat). Teknik CPM digunakan dalam penelitian ini agar dapat menganalisis jaringan dan jalur kritis dalam proyek. Distribusi peluang kemudian dianalisis dengan menggunakan teknik PERT berdasarkan tiga perkiraan pendekatan untuk setiap aktivitas, yaitu pendekatan waktu realistis, pesimis, dan optimis. Data yang diperoleh berdasarkan hasil observasi dari arsip perusahaan dan wawancara terhadap karyawan dan owner. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu optimal menyelesaikan proyek selama 17 hari, dan PT. Anugrah Damai Mandiri memiliki probabilitas 50% mampu menyelesaikan proyek tersebut. Keterlambatan proyek di PT. Anugrah Damai Mandiri dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu metode, lingkungan, material, dan sumber daya manusia.

**Kata Kunci:** *penjadwalan proyek, CPM, PERT, manajemen proyek, PT. Anugrah Damai Mandiri*

## 1. Pendahuluan

Terhambatnya penyelesaian sebuah proyek adalah suatu masalah yang sering terjadi. Keterlambatan penyelesaian proyek tentunya sangat merugikan karena akan menurunkan kredibilitas perusahaan dan juga merugikan konsumen [1]. Penyelesaian pekerjaan yang tidak tepat waktu juga dapat menurunkan produktivitas dan mengakibatkan pembengkakan biaya. Oleh karena itu, diperlukan analisis penjadwalan proyek dan manajemen proyek yang baik untuk dapat mengatasi dan menghindari terjadinya keterlambatan proyek [2]. Manajemen proyek adalah suatu kegiatan perencanaan dan pengorganisasian serta pengendalian aktivitas dan sumber daya sehingga bisa mencapai tujuan dari proyek yang dijalankan [3]. Apabila dilakukan perencanaan sumber daya yang baik dan sesuai kebutuhan proyek, maka tujuan akan terlaksanakan secara optimal dan mampu meningkatkan efektivitas dan efisiensi proyek [4].

Percepatan proyek suatu perusahaan dapat dilakukan dengan melakukan penjadwalan ulang dan penambahan karyawan [5]. Penjadwalan ulang ini dilakukan agar kegiatan dalam suatu proyek lebih mudah untuk direalisasikan [6]. Jika nilai probabilitas proyek dapat terselesaikan tidak terlalu besar, maka

diperlukan proses penjagaan yang lebih ketat untuk menghindari terjadinya keterlambatan proyek [7]. Dalam melakukan percepatan proyek, perusahaan dapat mengidentifikasi aktivitas yang harus didahulukan dan tidak bisa ditunda sehingga diperoleh perkiraan waktu penyelesaian yang realistis [8].

CPM serta PERT adalah dua teknik untuk melakukan manajemen pada proyek. CPM adalah model untuk memperkirakan waktu tercepat dan terpanjang untuk menyelesaikan sebuah proyek [9]. Metode ini akan menganalisis jaringan kerja dan lintasan kritis untuk dapat mengefisienkan total biaya yang diperlukan suatu proyek dengan mengurangi atau mempercepat waktu untuk menyelesaikan suatu proyek [10]. PERT adalah model yang diperlukan untuk perencanaan dan manajemen proyek [11]. Model PERT ini biasanya digunakan pada proyek yang tidak memiliki waktu penyelesaian yang ditetapkan karena perhitungan menggunakan metode PERT membuat proyek terselesaikan lebih cepat dari waktu yang ditunjukkan dengan menggunakan waktu yang diasumsikan [12].

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh [13] penggunaan pendekatan *Critical Path Method* (CPM) meningkatkan efektivitas dan efisiensi waktu penyelesaian proyek jika dipadankan dengan pendekatan alternatif yaitu PERT. Agar mendapatkan usulan perbaikan yang optimal, maka perlu mengurutkan kegiatan dengan melakukan perancangan ulang *scope* pekerjaan dengan menggabungkan pengerjaan dua kegiatan secara bersamaan [14]. Kemudian, jadwal proyek dibuat menggunakan *ganttt chart* untuk memudahkan penyampaian informasi kepada pekerja. *Gantt chart* merupakan suatu alat untuk membuat penjadwalan waktu proyek yang di dalamnya memuat informasi aktivitas yang dilakukan hingga batas waktu yang ditentukan dengan bentuk grafik batang [15].

Salah satu perusahaan di Kota Karawang yang bergerak pada bidang fabrikasi yaitu PT. Anugrah Damai Mandiri yang memproduksi produk *steel door*. Pada tahun 2019-2020 PT. Anugrah Damai Mandiri mengalami *overload* produksi sehingga hampir mengalami keterlambatan penyelesaian proyek dan adanya pengeluaran biaya tambahan yang cukup besar untuk menyewa pekerja harian. Berdasarkan permasalahan manajemen proyek pada PT. Anugrah Damai Mandiri maka dilakukan penyelesaian masalah menggunakan metode CPM dan PERT karena kedua metode tersebut akan menghasilkan jalur kritis dari aktivitas proyek, sehingga mampu mendahulukan aktivitas yang berada di jalur kritis. Selain itu, dengan menggunakan metode ini dapat diketahui perbandingan biaya yang signifikan antara penyelesaian proyek dengan waktu normal dan dalam waktu penyelesaian proyek yang dipercepat.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk menganalisis apa saja faktor yang menyebabkan terjadinya keterlambatan dalam menyelesaikan proyek, mengukur probabilitas PT. Anugrah Damai Mandiri menyelesaikan proyek, serta membandingkan biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek secara normal dan secara *crashing* (dipercepat). Sehingga dapat diperoleh solusi yang dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dari proyek pembuatan *steel door* yang dilakukan oleh PT. Anugrah Damai Mandiri, dan meminimalisir terjadinya keterlambatan penyelesaian proyek apabila terjadi *overload* produksi.

## 2. Metode Penelitian

Dalam *study* ini, metodologi deskriptif kuantitatif digunakan. Pertama yaitu pembuatan rumusan masalah yang akan dipecahkan. Sumber-sumber yang menunjang penelitian ini diperoleh dari referensi terdahulu seperti buku, atau jurnal yang membahas mengenai penerapan manajemen proyek. Tahap selanjutnya yaitu melakukan pengumpulan data yang untuk penyelesaian masalah. Teknik pengumpulan data dengan observasi langsung maupun tidak langsung, serta wawancara dengan manajemen perusahaan. Informasi tersebut utama dan akurat, termasuk informasi tentang kapasitas produksi yang dikumpulkan dari catatan perusahaan antara November 2019 dan Mei 2020.

Selain itu, evaluasi terhadap operasi pengumpulan dan pengolahan data yang telah dilakukan. Kemudian, kegiatan analisis data ini meliputi pengolahan data, variabel penyebab masalah, efek, dan solusi. Berdasarkan hasil pengumpulan data melalui wawancara serta observasi langsung, proses pengolahan data dilakukan secara sistematis, pertama mengklasifikasikan data ke dalam berbagai kategori, kemudian mendeskripsikan data yang tersedia, memilih data yang penting, dan menarik kesimpulan berdasarkan analisis tersebut.

CPM, PERT, dan *Gantt Chart* diperlukan oleh penulis untuk memecahkan masalah ini serta untuk memfasilitasi proses analisis komparatif manajemen proyek menggunakan metodologi CPM dan PERT. Menggunakan CPM adalah metode untuk memeriksa jaringan kegiatan pada proyek, untuk mengasumsikan waktu penyelesaiannya. Simbol yang dapat berupa persegi panjang atau lingkaran digunakan untuk menggambarkan Metode Jalur Kritis [16].



**Gambar 1.** Gambar CPM dari node 1 ke node lainnya  
 Sumber: [16]

Keterangan:

- Lingkaran atau *node* merupakan awal dan akhir kegiatan
- Panah (*arrow*) menunjuk pada kegiatan, sedangkan arah panah menunjukkan urutan kegiatan
- EETa : waktu tercepat kegiatan dilakukan.
- EETb : waktu tercepat kegiatan diakhiri.
- LETa : waktu terlama kegiatan dilakukan.
- LETb : waktu terlama kegiatan diakhiri.
- Durasi : waktu kegiatan berlangsung.
- N : nomor yang menunjukkan *node*.

Pada suatu proyek akan ditemui waktu penundaan pengerjaan kegiatan tanpa adanya penundaan penyelesaian suatu proyek secara total. Waktu *slack* yaitu waktu toleransi suatu kegiatan dapat dilakukan penundaan tanpa mengakibatkan keterlambatan penyelesaian proyek secara keseluruhan dengan persamaan di bawah ini [17]:

$$Slack\ time = LF - ES - \text{durasi}$$

Pendekatan PERT menentukan distribusi probabilitas dari tiga perkiraan waktu, termasuk perkiraan waktu optimis, pesimis, dan realistis untuk setiap aktivitas [18]. Perhitungan PERT menggunakan perkiraan waktu estimasi atau asumsi dengan rumus seperti dibawah ini:

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

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

$$Z = \frac{Ts - Te}{\sqrt{\Sigma V^2}}$$

Keterangan:

- Te : waktu penyelesaian yang diinginkan (*expected time*)  
 a : waktu penyelesaian tercepat/optimis (*minimum*)  
 m : waktu penyelesaian normal (*most likely*)  
 b : waktu penyelesaian terlama (*maximum*)  
 V : Varian  
 Z : standar deviasi distribusi normal  
 Ts : perkiraan waktu penyelesaian

Nilai probabilitas suatu proyek dapat dijalankan dapat dilakukan dengan memperhitungkan *expected time* dan varian dengan rumus sebagai berikut [19]:

$$\sigma = \sqrt{V1 + V2 + V3 + V4 + V5 + V6 + V7 + V8 + V9 + V10 + V11 + V12 + V13 + V14 + V15}$$

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Keterangan:

- $\sigma$  : standart deviasi  
 V : varian  
 z : probabilitas mencapai target  
 x : total waktu rata-rata penyelesaian yang diinginkan  
 $\mu$  : rata-rata penyelesaian proyek

### 3. Hasil dan Pembahasan

PT. Anugrah Damai Mandiri bekerja 5 hari seminggu, dari Senin sampai Jumat, dan bekerja 8 jam per hari. Dalam kurun waktu 1 bulan, PT. Anugrah Damai Mandiri mampu memproduksi maksimal 13 *unit* produk *steel door* dengan waktu normal. Pada bulan November 2019-Mei 2020 PT. Anugrah Damai Mandiri mengalami *overload* produksi yang mengakibatkan hampir mengalami keterlambatan penyelesaian proyek yaitu sebagai berikut.

**Tabel 1.** Data produksi PT. Anugrah Damai Mandiri

Bulan	Jenis Produk	Unit	Ukuran Kusen	Ukuran Daun Pintu
Nov 2019	SD-1 (Polos)	20	143 cm x 1000 cm	1037 cm x 2231 cm
Des 2019	SD-4 (+kaca)	8	143 cm x 1000 cm	1037 cm x 2531 cm
Jan2020	SD-4	5	143 cm x 1000 cm	1037 cm x 2531 cm
Feb 2020	SD-10 (+kaca)	2	143 cm x 1000 cm	1037 cm x 2531 cm
Mar 2020	ED (+knop <i>panic</i> , polos)	6	124 cm x 1000 cm	1037 cm x 2231 cm
Apr 2020	SD-3 (+kaca)	7	143 cm x 1000 cm	1037 cm x 2531 cm
Mei 2020	SD-2 (+kaca)	3	143 cm x 2800 cm	976 cm x 2231cm

Sumber: PT. Anugrah Damai Mandiri (2019)

Dalam memproduksi *steel door* ada beberapa aktivitas yang perlu dilakukan mulai dari pengumpulan bahan hingga proses produksi dan pemberian garansi bagi *client*. Berikut merupakan data waktu penyelesaian aktivitas proyek secara normal.

**Tabel 2.** Predecessor proyek pembuatan *steel door*

Aktivitas	Keterangan Aktivitas	Jumlah Hari	Predecessor
A	Mengumpulkan informasi spesifikasi produk yang dibutuhkan oleh <i>client</i>	2 hari	-
B	Membuat gambar teknik rancangan produk berdasarkan informasi yang telah diperoleh	3 hari	A
C	Menyusun daftar kebutuhan bahan baku (komponen utama dan komponen pendukung)	1 hari	A
D	Menyiapkan bahan-bahan yang diperlukan	2 hari	C
E	Mengkomunikasikan gambar teknik kepada karyawan	1 hari	B
F	Mengukur bahan sesuai kebutuhan	1 hari	B, D
G	Proses <i>shearing</i>	2 hari	F
H	Proses <i>bending</i>	2 hari	G
I	Proses <i>welding</i>	1 hari	G, H
J	Proses <i>grinding</i> kasar	1 hari	I
K	Proses dempul	1 hari	J
L	Proses <i>grinding</i> halus	1 hari	K
M	Penyetelan ulang/uji coba produk	1 hari	L
N	Proses <i>painting</i>	1 hari	M
O	Penjaminan (pemberian garansi) untuk <i>client</i>	1 hari	N
Jumlah		21 hari	

Sumber: PT. Anugrah Damai Mandiri (2019)

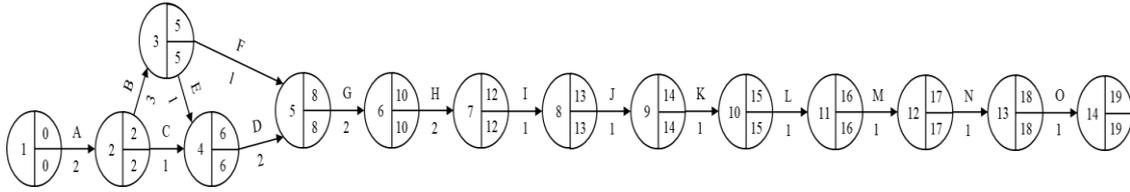
PT. Anugrah Damai Mandiri menerapkan sistem pengupahan berkala yaitu besar kecilnya upah ditentukan oleh kemajuan dari penjualan produk. Apabila diakumulasikan, maka ringkasan biaya yang dikeluarkan oleh PT. Anugrah Damai Mandiri yaitu sebagai berikut.

**Tabel 3.** Total biaya proyek

Jenis Pengeluaran	Biaya
Biaya langsung	Rp 7.500.000,00
Biaya tidak langsung	Rp 25.580.000,00
Total	Rp 33.080.000,00

Sumber: PT. Anugrah Damai Mandiri (2019)

Berdasarkan perhitungan jalur kritis di atas diperoleh hasil jaringan kerja yaitu seperti **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Jaringan kerja CPM  
Sumber: Hasil pengolahan (2022)

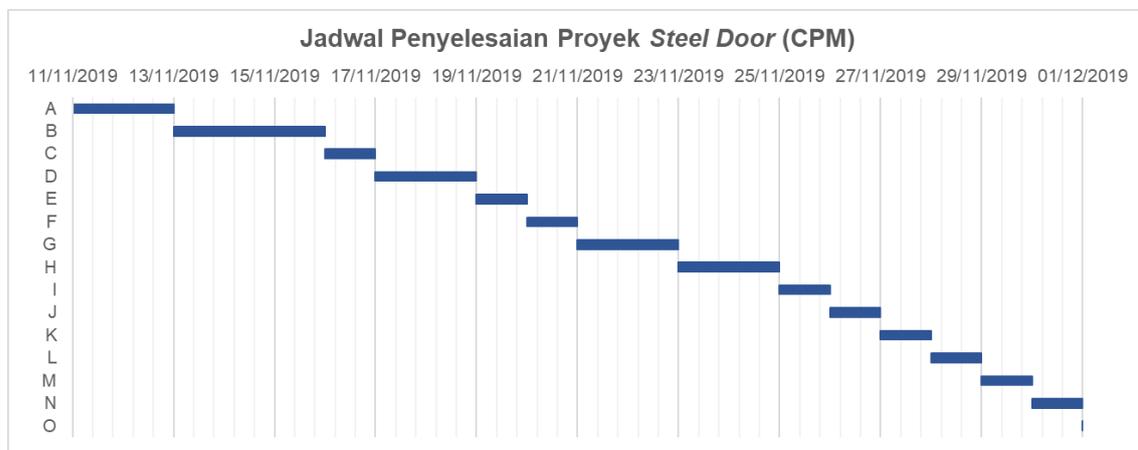
Nilai *slack time* yang diperoleh berdasarkan hasil dari jaringan kerja CPM di atas yaitu sebagai **Tabel 4** berikut.

**Tabel 4.** Hasil *Slack Time* CPM

Aktivitas	Durasi (D)	ES	EF	LS	LF	ST
A	2	0	2	0	2	0
B	3	2	5	2	5	0
C	1	2	6	2	6	3
D	2	6	8	6	8	0
E	1	5	6	5	6	0
F	1	5	8	5	8	2
G	2	8	10	8	10	0
H	2	10	12	10	12	0
I	1	12	13	12	13	0
J	1	13	14	13	14	0
K	1	14	15	14	15	0
L	1	15	16	15	16	0
M	1	16	17	16	17	0
N	1	17	18	17	18	0
O	1	18	19	18	19	0

Sumber: Hasil pengolahan data (2022)

Dari **Tabel 4**, diperoleh kegiatan yang memiliki nilai *slack time* 0 yaitu kegiatan A – B – D – E – G – H – I – J – K – L – M – N – O. Maka, aktivitas yang memiliki nilai *slack time* 0 disebut sebagai kegiatan kritis yang tidak memiliki waktu kelonggaran untuk ditunda. Dengan waktu pelaksanaan proyek selama 19 hari, jalur utama adalah rute yang menghubungkan tugas-tugas penting. Proyek pembuatan *steel door* dapat terselesaikan dalam waktu normal selama 21 hari. Terhitung pengerjaan mulai dari tanggal 11 November 2019 - 1 Desember 2019 (perhitungan waktu ini belum termasuk dengan waktu libur). Penjadwalan proyek ini dapat dilihat dalam *gant chart* **Gambar 3**.



**Gambar 3.** *Gantt Chart* durasi normal  
Sumber: Hasil pengolahan data (2022)

Selanjutnya, perhitungan dengan metode PERT digunakan untuk mengestimasi waktu pengerjaan proyek di masa yang akan datang. Maka diperlukan perhitungan *expected time* dan varian yang nantinya

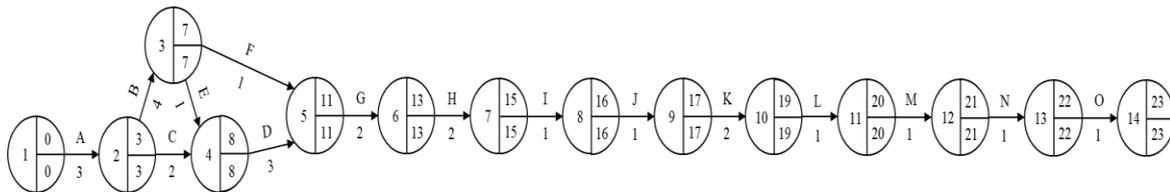
akan dijadikan sebagai durasi dalam presedence diagram. Penjabaran dari perhitungan *expected time* dan varian tiap kegiatan menggunakan waktu asumsi yaitu sebagai berikut:

**Tabel 5.** Hasil data asumsi pengerjaan proyek

Aktivitas	Optimistic	Most likely	Pesimistic	Expected time	Varian
A	2	2	3	2,2	0,028
B	2	3	5	3,2	0,250
C	1	1	2	1,2	0,028
D	1	2	4	2,2	0,250
E	1	1	1	1,0	0,000
F	1	1	1	1,0	0,000
G	1	2	3	2,0	0,111
H	1	2	3	2,0	0,111
I	1	1	1	1,0	0,000
J	1	1	1	1,0	0,000
K	1	1	2	1,2	0,028
L	1	1	1	1,0	0,000
M	1	1	1	1,0	0,000
N	1	1	1	1,0	0,000
O	1	1	1	1,0	0,000

Sumber: Hasil pengolahan data (2022)

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan pendekatan 3 waktu asumsi, maka diperoleh hasil jaringan kerja nya yaitu sebagai berikut:



**Gambar 4.** Jaringan kerja PERT

Sumber: Hasil pengolahan data (2022)

Berdasarkan diagram jaringan kerja PERT pada **Gambar 4**, maka diperoleh nilai *slack time* untuk metode PERT yaitu sebagai **Tabel 6**.

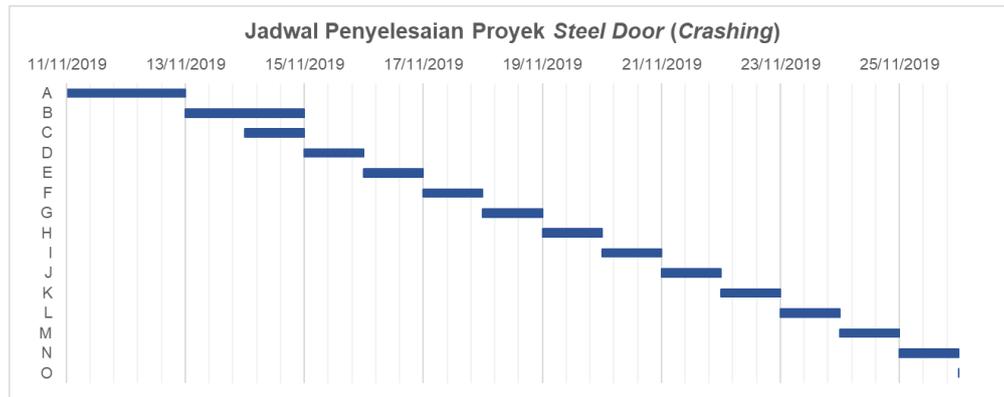
**Tabel 6.** Hasil *Slack Time* PERT

Aktivitas	Durasi (D)	ES	EF	LS	LF	ST
A	3	0	3	0	3	0
B	4	3	7	3	7	1
C	2	3	8	3	8	3
D	3	8	11	8	11	0
E	1	7	8	7	8	0
F	1	6	10	6	10	3
G	2	10	12	10	12	0
H	2	12	14	12	14	0
I	1	14	15	14	15	0
J	1	15	16	15	16	0
K	2	16	18	16	18	0
L	1	18	19	18	19	0
M	1	19	20	19	20	0
N	1	20	21	20	21	0
O	1	21	22	21	22	0

Sumber: Hasil pengolahan data (2022)

Dari tabel di atas, diperoleh kegiatan yang memiliki nilai *slack time* 0 yaitu kegiatan A – D – E – G – H – I – J – K – L – M – N – O. Diperoleh lintasan kritis dengan total waktu selama 19 hari. Proyek pembuatan *steel door* dapat terselesaikan dalam waktu cepat (*crashing*) selama 17 hari. Terhitung

pengerjaan mulai dari tanggal 11 November 2019 - 26 November 2019 (perhitungan waktu ini belum termasuk dengan waktu libur). Penjadwalan proyek ini dapat dilihat dalam *Gantt chart* **Gambar 5**.



**Gambar 5.** *Gantt chart* Durasi *Crashing*  
Sumber: Hasil pengolahan data (2022)

Probabilitas proyek *steel door* terselesaikan dapat diketahui dengan memperhitungkan *expected time* dan varian yaitu sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{V1 + V2 + V3 + V4 + V5 + V6 + V7 + V8 + V9 + V10 + V11 + V12 + V13 + V14 + V15}$$

$$\sigma = \sqrt{0,028 + 0,250 + 0,028 + 0,250 + 0,000 + 0,000 + 0,111 + 0,111 + 0,000 + 0,000 + 0,028 + 0,000 + 0,000 + 0,000 + 0,000}$$

$$\sigma = 0,897$$

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

$$z = \frac{19 - 19}{0,897} = 0$$

Karena  $z$  bernilai 0 maka nilai peluang terdapat pada  $z = 0,0$  dan  $z = 0,000$  kemudian ketika dilihat pada tabel distribusi  $z$  normal diperoleh bahwa PT. Anugrah Damai Mandiri memiliki peluang sebesar 50% untuk menyelesaikan proyek pembuatan *steel door*. Dengan presentase senilai 50% dapat dikatakan bahwa PT. Anugrah Damai Mandiri tidak akan mengalami keterlambatan proyek apabila melakukan kegiatan secara optimal dan tidak melakukan penundaan tindakan yang berada di jalur kritis. Namun, hal tersebut dapat terhambat dikarenakan beberapa kondisi yang belum dapat dipastikan, jadi tidak menutup kemungkinan PT. Anugrah Damai Mandiri akan melakukan penundaan aktivitas di jalur kritis apabila dalam keadaan terdesak.

**Tabel 7.** Perbandingan durasi normal dan dipercepat

No.	Aktivitas	Durasi Normal	Durasi Dipercepat
1.	A	2	2
2.	B	3	2
3.	C	1	1
4.	D	2	1
5.	E	1	1
6.	F	1	1
7.	G	2	1
8.	H	2	1
9.	I	1	1
10.	J	1	1
11.	K	1	1
12.	L	1	1
13.	M	1	1
14.	N	1	1
15.	O	1	1
Total		21	17

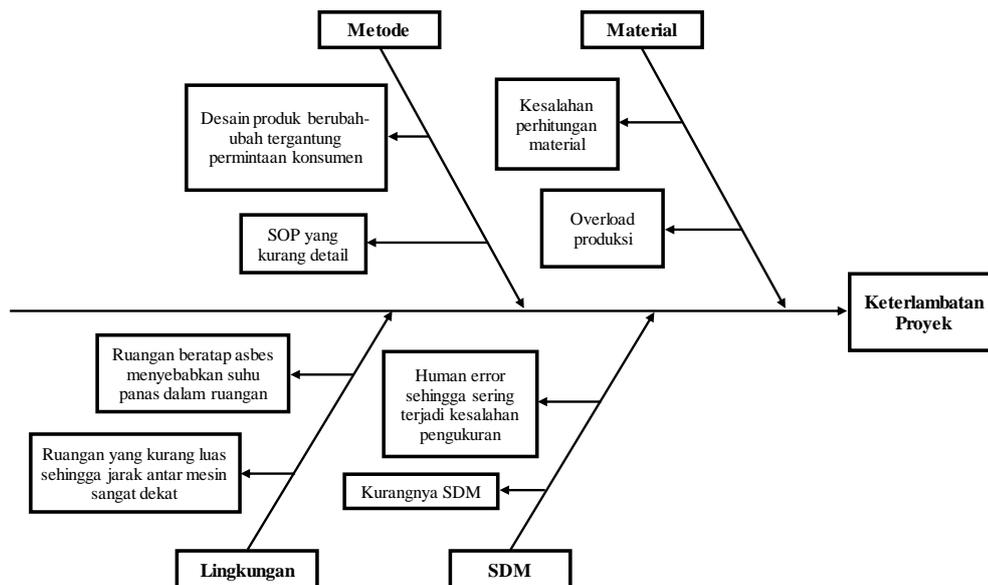
Sumber: Hasil pengolahan data (2022)

Diperoleh hasil bahwa perbedaan durasi normal dan *crashing* sebanyak 4 hari. Penyelesaian proyek *steel door* dapat dilakukan paling cepat selama 17 hari tanpa adanya penambahan karyawan, *overtime* dan bantuan *supply* produk dari perusahaan lain. Hal ini dapat terjadi apabila kegiatan yang berada di jalur kritis dikerjakan semaksimal mungkin dan tidak dilakukan penundaan pekerjaan. Pada analisis ini, kegiatan B, D, G, dan H sangat memungkinkan untuk dipercepat sehingga pada kegiatan tersebut lebih diutamakan pengerjaannya.

Saat terjadi *overload*, maka dapat dilakukan *overtime*/lembur, penambahan karyawan, atau bantuan *supply* dari perusahaan lain. Apabila jumlah permintaan hanya sedikit melebihi dari batas maksimum produksi maka hanya dilakukan penambahan waktu kerja dilakukan di hari libur (hari Sabtu/Minggu). Dalam melakukan percepatan proyek total *cost slope* antara pengerjaan proyek normal dengan proyek dipercepat yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Cost slope} &= \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}} \\ \text{Cost slope} &= \frac{33.580.000 - 33.080.000}{21 - 17} \\ \text{Cost slope} &= \frac{500.000}{4} = \text{Rp. } 125.000 \end{aligned}$$

Diagram *fishbone* digunakan untuk menjelaskan bagaimana elemen yang berkontribusi terhadap keterlambatan proyek diidentifikasi. Diagram *fishbone* diperlukan untuk menjelaskan komponen-komponen yang berkontribusi terhadap suatu masalah [20]. *Fishbone diagram* membantu berkonsentrasi dalam menemukan solusi untuk masalah proyek berdasarkan jalur kritis. Pada **Gambar 6** menunjukkan hasil analisis *fishbone diagram* penyebab terjadinya keterlambatan proyek.



**Gambar 6.** *Fishbone Diagram* faktor penyebab keterlambatan proyek  
Sumber: Hasil pengolahan data (2022)

Berdasarkan *fishbone diagram* di **Gambar 6** diketahui bahwa ada 4 faktor yang menyebabkan terjadinya keterlambatan penyelesaian proyek yaitu faktor metode, material, lingkungan, dan SDM. Faktor metode diakibatkan oleh desain produk yang sesuai dengan permintaan konsumen sehingga setiap pembuatan produk perlu dilakukan pembuatan desain baru dan karyawan SOP yang dibuat tidak menegaskan mengenai batas durasi pengerjaan tiap kegiatan. Faktor *material* disebabkan oleh kesalahan perhitungan *material* sehingga menyebabkan penundaan produksi saat *material* telah habis. Selain itu, *overload* produksi juga menjadi faktor yang sangat mempengaruhi keterlambatan proyek. Faktor lingkungan disebabkan oleh suhu ruangan yang panas dan kurang luas menyebabkan karyawan tidak nyaman dalam melakukan pekerjaannya dan mengganggu mobilitas karyawan. Faktor SDM dipengaruhi

oleh kurangnya SDM dan kurangnya ketelitian karyawan sehingga hasil pekerjaan tidak maksimal dan perlu dilakukan pengulangan.

Solusi perbaikan untuk permasalahan ini yaitu selain dengan upaya penambahan jam kerja juga dapat dilakukan penambahan karyawan yang disesuaikan dengan waktu *crashing* nya. Jika setelah dilakukan penambahan jam kerja dan penambahan karyawan masih terjadi *overload* maka perlu dilakukan penambahan *supply* produk jadi dari perusahaan lain agar produk *overload* dapat tercover dan tidak terjadi keterlambatan kerja. Selain itu, agar proses produksi lebih efektif dan efisien perlu diadakannya perbaikan manajemen proyek meliputi perbaikan metode kerja dengan cara tidak melakukan penundaan pekerjaan yang ada pada jalur kritis sehingga mampu mengoptimalkan waktu kegiatan produksi yaitu selama 19 hari.

Kemudian perlu diterapkan SOP (Standar Operasional Prosedur) yang lebih tegas agar karyawan melakukan proses produksi sehingga proses produksi akan efektif dan efisien. Lingkungan kerja pun perlu diperbaiki karena lingkungan kerja sangat berpengaruh pada kondisi fisik dan mental karyawan. Apabila karyawan merasa tidak nyaman maka karyawan tidak mampu melakukan pekerjaan secara optimal sehingga menyebabkan terjadinya penundaan proyek. serta perlu melakukan training kembali agar meminimalisir terjadinya *human error* yang dapat memperlambat proses penyelesaian proyek.

Adanya perbaikan ini menyebabkan waktu pengerjaan proyek akan lebih cepat dan meminimalisir terjadinya keterlambatan proyek. Selain itu, perbaikan manajemen proyek juga mampu mengurangi penambahan biaya ketika terjadi *overload* produksi, karena kapasitas produksi meningkat dari 13 *unit*/bulan menjadi 15 *unit*/bulan sehingga tidak perlu dilakukan banyak penambahan *overtime*/karyawan. Maka dari itu, PT. Anugrah Damai Mandiri perlu melakukan manajemen proyek yang lebih baik lagi agar dapat meningkatkan efektivitas dari kegiatan produksi di PT. Anugrah Damai Mandiri.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan dan analisis yang telah dilakukan di PT. Anugrah Damai Mandiri, maka dapat diketahui bahwa PT. Anugrah Damai Mandiri mampu menyelesaikan proyek pembuatan *steel door* dengan waktu normal selama 21 hari dimulai dari tanggal 11 November 2019 - 1 Desember 2020. Sementara itu, berdasarkan waktu *crashing*, proyek dapat selesai selama 17 hari mulai dari tanggal 11 November 2019 - 26 November 2019. Probabilitas/peluang proyek di PT. Anugrah Damai Mandiri mampu terselesaikan sesuai dengan waktu pada perhitungan CPM dan PERT sebesar 50%. Ppresentase senilai 50% dapat dikatakan bahwa PT. Anugrah Damai Mandiri tidak akan mengalami keterlambatan proyek apabila melakukan kegiatan secara optimal dan tidak melakukan penundaan kegiatan yang berada di jalur kritis. Namun, hal ini dapat terhambat karena beberapa kondisi yang belum dapat dipastikan, jadi tidak menutup kemungkinan PT. Anugrah Damai Mandiri akan melakukan penundaan aktivitas di jalur kritis apabila dalam keadaan terdesak. Ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadi keterlambatan proyek secara keseluruhan seperti faktor metode, material, lingkungan, serta SDM.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih kepada rekan-rekan dari Universitas Singaperbangsa Karawang yang ikut berkontribusi dalam penyusunan artikel ini. Saya juga ingin menyampaikan terima kasih kepada PT. Anugrah Damai Mandiri yang telah memberikan akses serta peluang untuk melakukan penelitian di perusahaan terkait, meskipun solusi dan upaya penanggulangan yang telah kami buat belum tentu dapat diimplementasikan karena memerlukan pertimbangan lainnya.

#### 6. Singkatan

CPM	<i>Critical Path Method</i>
PERT	<i>Program Evaluation and Review Technique</i>
%	Persentase
EET	<i>Earliest Event Time</i>
LET	<i>Last Event Time</i>
N	<i>Node</i>
LF	<i>Late Finish</i>
ES	<i>Early Start</i>
Te	<i>Expected time</i>
a	Waktu penyelesaian tercepat/optimis (minimum)
m	Waktu penyelesaian normal (most likely)
b	Waktu penyelesaian terlama (maximum)
V	Varian

z	Probabilitas mencapai target
x	Total waktu rata-rata penyelesaian yang diinginkan
ST	Slack time
SOP	Standar Operasional Prosedur

## 7. Referensi

- [1] Y. Messah, Afliana, T. Widodo, and M. Adoe, "Kajian Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Konstruksi Gedung di Kota Kupang," *J. Tek. Sipil*, vol. II, no. 2, pp. 157–168, 2013, [Online]. Available: <http://ced.petra.ac.id/index.php/jurnal%02teknik-sipil/article/view/18953.%0D>.
- [2] A. Sandyavitri, "Manajemen Resiko di Proyek Konstruksi," *Media Komun. Tek. Sipil*, vol. 17 (1), pp. 23–28, 2009, [Online]. Available: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/mkts/a%0Article/view/3419>.
- [3] K. Dimiyati, D. H., & Nurjaman, *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: Pustaka Setia, 2014.
- [4] I. Husen, *Manajemen Proyek*, Revisi. Yogyakarta: ANDI, 2011.
- [5] A. Sugianto, Maslina, and L. M. Suprpto, "Kajian Pelaksanaan Proyek Pembangunan Puskesmas Margomulyo dengan Metode CPM dan PERT," *J. TRANSUKMA*, vol. 04, No. 01, 2021, [Online]. Available: <https://transukma.uniba-bpn.ac.id/index.php/transukma/article/download/111/65>.
- [6] E. F. Aqidawati and W. Sutopo, "Perbaikan Keterlambatan Kedatangan Material Proyek Kereta 5TSK3 : Studi Kasus PT. INKA," vol. 05, pp. 1–8, 2018, doi: <https://doi.org/10.25124/jrsi.v%0A5i01.289.%0D>.
- [7] A. M. Lubis, E. Suhendar, and P. Suharmanto, "Optimasi Penjadwalan Proyek Pembangunan Jalan Tol Becakayu Seksi 1BC dengan Menggunakan Metode CPM dan PERT," vol. 3, pp. 75–89, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.usahid.ac.id/index.php/tekno/article/view/461/356>.
- [8] H. A. Taha, *Operations Research: An Introduction*. New Jersey: Pearson Education, Inc, 2007.
- [9] P. Maranresy, B. F. Sompie, and P. Pratasis, "Sistem Pengendalian Waktu pada Pekerjaan Konstruksi Jalan Raya dengan Menggunakan Metode CPM," vol. 3, no. 1, 2015, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/6788>.
- [10] A. Maulana and F. Kurniawan, "Time Optimization Using CPM, PERT, and PDM Methods in The Social and Department of Kelautan Building Development Project Gresik District," vol. 2, no. 2, pp. 58–67, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.narotama.ac.id/index.php/ijti/ar%0Aticle/view/784>.
- [11] A. Siswanto and A. Salim, *Manajemen Proyek*. Semarang: CV. Pilar Nusantara, 2019.
- [12] E. Irwansyah, *Sistem Informasi Geografis: Prinsip Dasar dan Pengembangan Aplikasi*. Yogyakarta: Digibooks, 2013.
- [13] T. Iluk, A. Ridwan, and S. Winarto, "Penerapan Metode CPM Dan PERT Pada Gedung Parkir 3 Lantai Grand Panglima Polim Kediri," *JURMATEKS. J. Manaj. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 2, 2020, doi: 10.1016/j.sbspro.2015.11.378.A.
- [14] D. A. Larasati and W. Sutopo, "Analisis Efektivitas Jadwal Proyek Implementasi Software dengan Critical Path Method: Studi Kasus," *J. INTECH*, vol. 6, no. 1, pp. 55–64, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.30656/intech.v6i1.2292>.
- [15] N. M. Astari, A. M. Subagyo, and Kusnadi, "Perencanaan Manajemen Proyek dengan Metode CPM (Critical Path Method) dan PERT (Program Evaluation and Review Technique)," vol. 13, pp. 164–180, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/konstruksia/article/view/9996/6498>.
- [16] A. Nalhadi, P. Studi, T. Industri, F. Teknik, and U. S. Raya, "Analisa Infrastruktur Desa Sukaci-Baros Dengan Metode Critical Path Method (CPM)," *J. Sist. dan Manaj. Ind.*, vol. 1, no. 1, pp. 35–42, 2017, [Online]. Available: <https://e-jurnal.lppmunsera.org/index.php/JSMI/article/view/167/233>.
- [17] B. Yulindra and R. Syahfitri, "Algoritma Heuristik untuk Menentukan Biaya Crashing Minimum pada Project Network dengan Dua Jalur Kritis: Studi Kasus Proyek Produksi Electrical House oleh PT X," *Optimasi Sist. Ind.*, vol. 14 (2), pp. 259–278, 2016, doi: <https://doi.org/10.25077/josi.v14.n2.p259-278.2015>.
- [18] J. Heizer and R. Barry, *Operations Management*. Jakarta: Salemba Empat, 2004.
- [19] G. P. Arianie and N. B. Puspitasari, "Meningkatkan Efisiensi dan Efektivitas Sumber Daya Perusahaan (Studi Kasus : Qiscus Pte Ltd)," vol. 12, no. 3, pp. 189–196, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/jgti/article/view/16393/11991>.
- [20] C. E. T. Widyahening, "Penggunaan Teknik Pembelajaran Fishbone Diagram dalam Meningkatkan Keterampilan Membaca Siswa," *J. Komun. Pendidik.*, vol. 2, pp. 11–19, 2018, doi: <https://doi.org/10.32585/jkp.v2i1.59>.