
PERENCANAAN DAN PENJADWALAN PROYEK FABRIKASI DRYER 21M-362 MENGUNAKAN METODE CPM DAN PERT DENGAN PROGRAM LINIER

Afan Avif Rahmatul Lailli¹, Elly Ismiyah², Akhmad Wasiur Rizqi³
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera 101 GKB, Gresik 61121, Indonesia
e-mail : Avifafan@gmail.com

ABSTRAK

Penyelesaian proyek tepat waktu dan sesuai biaya yang dianggarkan bukanlah sebuah tugas yang mudah. Proses perencanaan dan penjadwalan proyek menentukan tercapai atau tidaknya proyek terhadap persyaratan yang diberikan oleh *users*. Penelitian ini ditujukan untuk menganalisis pertukaran antara waktu dan biaya pada proyek fabrikasi *Dryer 21M-362* yang dikerjakan oleh Departemen Bengkel & Fabrikasi PT Petrokimia Gresik dengan waktu penyelesaian pekerjaan selama 123 hari dari waktu normal selama 265 hari. Metode *Critical Path Method (CPM)* dan *Project Evaluation and Review Technique (PERT)* digunakan untuk menganalisis jalur kritis kegiatan pada jaringan kerja proyek serta umur proyek dengan probabilitas yang tinggi menggunakan pendekatan *trial and error* yang berguna untuk mensimulasikan logika akselerasi pekerjaan, sedangkan untuk *Linier Programming* digunakan untuk menentukan umur proyek yang paling optimal. Diawalnya perusahaan sudah membuat penjadwalan kegiatannya sendiri dengan biaya yang dikeluarkan sebesar Rp.1.273.314.964 dengan waktu penyelesaian proyek 123 hari. Analisa lebih lanjut mengungkapkan bahwa waktu tersingkat untuk menyelesaikan proyek ini adalah 123 hari dengan biaya total sebesar Rp.1.162.853.872. hal ini membuktikan bahwa penjadwalan kegiatan yang tepat dan sesuai, maka biaya yang dikeluarkan akan lebih rendah sebesar Rp.110.461.092.

Kata kunci : Proyek, fabrikasi, *critical Path Method*, *Project Evaluation and Review Technique*, *Linier Programming*

ABSTRACT

Completion of the project on time and according to the budgeted cost is not an easy task. The project planning and scheduling process determines whether or not the project is achieved against the requirements given by users. This study aims to analyze the trade-off between time and cost in the Dryer 21M-362 fabrication project carried out by Department Bengkel & Fabrikasi of PT Petrokimia Gresik with a completion time of 123 days from the normal time of 265 days. The Critical Path Method (CPM) and Project Evaluation and Review Technique (PERT) methods are used to analyze the critical path of activities in the project network and project life with a high probability using trial and error approach which is useful for simulating work acceleration logic, while for Linear Programming used to determine the most optimal project life. Initially the company had made its own schedule of activities at a cost of Rp. 1,273,314,964 with a project completion time of 123 days. Further analysis revealed that the shortest time to complete this project was 123 days with a total cost of IDR 1,162,853,872. this proves that the proper and appropriate scheduling of activities, the costs incurred will be lower by Rp.110,461,092.

Keywords : *Project, Fabrication, critical Path Method, Project Evaluation and Review Technique, Linier Programming*

Jejak Artikel

Upload artikel : 12 Februari 2023

Revisi : 15 Maret 2023

Publish : 30 April 2023

1. PENDAHULUAN

Secara umum proyek merupakan sebuah kegiatan sementara yang dilakukan untuk menghasilkan suatu barang atau jasa yang bersifat unik. Maksud dari kegiatan sementara dari suatu proyek artinya suatu proyek harus

mempunyai batasan waktu yang jelas kapan dimulainya dan kapan selesainya. Agar proyek bisa berjalan dan dapat dilaksanakan selesai dengan waktu yang optimal, maka diperlukannya perencanaan dalam kegiatan-

kegiatan proyek (Taurusyanti & Lesmana, 2015).

Menurut Handayasari & Salida (2016) dalam penjadwalan suatu proyek terkadang pelaksanaannya dihadapkan dengan masalah keharusan untuk mengurangi waktu pelaksanaan pekerjaan proyek yang dijadwalkan untuk memenuhi batas akhir penyelesaian proyek tersebut. Dengan kata lain, penyelesaian proyek tersebut harus lebih cepat daripada yang direncanakan sebelumnya. Percepatan penyelesaian proyek (Akselerasi) dapat dilakukan apabila disertai dengan penambahan sumber daya, baik tenaga kerja, peralatan, jam lembur dan lainnya, tetapi hal tersebut akan menimbulkan penambahan biaya proyek secara keseluruhan. Oleh karena itu, keputusan untuk mengurangi lamanya waktu pelaksanaan proyek harus didasarkan atas pertimbangan analisis pertukaran (*Trade-Off*) antara waktu dan biaya (Handayasari & Salida, 2016).

Departemen Bengkel & Fabrikasi PT Petrokimia Gresik memiliki proyek fabrikasi Dryer 21M-362 yang digunakan untuk pabrik Phonska V dimana waktu normal pekerjaannya adalah 265 hari tetapi dilakukan proses akselerasi dengan harapan waktu pekerjaan 123 hari. Rincian waktu normal dan waktu akselerasi yang diharapkan ditunjukkan pada tabel 1.1 dibawah ini:

Tabel 1 1 Kegiatan Waktu Normal dan Akselerasi

No	Uraian Pekerjaan	Waktu Normal (Hari)	Waktu Percepatan (Hari)
I	Fabrication (25)		
1	Fit up + Welding Joint 1 (Segment 1)	12	6
2	Fit up + Welding Joint 2 (Segment 1)	12	6
3	Fit up + Welding Joint 3 (Segment 1)	12	6
4	Fit up + Welding Joint 4 (Segment 3)	12	5
5	Fit up + Welding Joint 5 (Segment 3)	12	5
6	Fit up + Welding Joint 6 (Segment 3)	12	5
7	Fit up + Welding Joint 7 (Segment 3)	12	5
8	Fit up + Welding Joint 8 (Segment 3)	12	5

9	Inspeksi kelurusan Segment 1	5	1
10	Inspeksi kelurusan Segment 3	5	1
11	Fit up Segment 1,2 & 3	2	2
12	Inspeksi kelurusan Segment 1,2 & 3	2	2
13	Fit up & Drilling Shell Belt	15	8
II	RT (5)		
1	RT Segment 1	10	8
2	RT Segment 3	5	5
III	PWHT (5)		
1	PWHT Segment 1	6	5
2	PWHT Segment 3	5	4
IV	Welding Shovel (25)	47	30
V	Cremona (25)	82	38
VI	Painting (15)		
1	Painting Shovel	32	30
2	Painting Accessories	19	9
3	Painting Segment 1	21	8
4	Painting Segment 2	19	8
5	Painting Segment 3	19	8

Dari tabel diatas diketahui bahwa kegiatan akselerasi pada proyek fabrikasi ini terdiri dari 6 kegiatan pokok yang di *breakdown* menjadi 24 kegiatan. Dari data diketahui waktu setiap kegiatan apabila dikerjakan dengan waktu normal dan waktu percepatan.

Untuk bisa mencapai waktu penyelesaian proyek yang telah ditentukan, maka diperlukan sebuah metode perencanaan dan penjadwalan proyek yang tepat agar tidak terjadi keterlambatan pada setiap kegiatan proyek yang dapat mempengaruhi umur proyek menjadi lebih panjang.

Metode perencanaan dan penjadwalan proyek yang dianggap praktis dan sederhana adalah *Critical Path Method (CPM)* dan *Program Evaluation and Review Technique (PERT)*. Menurut Siswanto (2007) *Critical Path Method (CPM)* didefinisikan sebagai model manajemen proyek yang mengutamakan biaya sebagai objek untuk dianalisis. *Critical Path Method (CPM)* merupakan diagram kerja yang memandang waktu pelaksanaan kegiatan yang ada dalam jaringan bersifat unik (tunggal) dan deterministik (pasti), dan dapat diprediksi (Haming & Nurjamuddin, 2007).

Sedangkan *Program Evaluation and Review Technique (PERT)* merupakan metode yang bertujuan untuk (semaksimal mungkin) mengurangi adanya penundaan kegiatan (proyek, produksi, dan teknik) maupun rintangan dan perbedaan-perbedaan, mengkoordinasikan dan menyelaraskan berbagai bagian sebagai suatu keseluruhan pekerjaan dan mempercepat selesainya proyek (Nurhayati, 2010).

Untuk menunjang kedua metode diatas diperlukan juga analisis yang praktis dengan menggunakan *Linier Programming*. Penerapan *Linier Programming* memanfaatkan teknologi komputerisasi yang sudah siap digunakan untuk memproses data ke dalam sebuah format yang sudah ditentukan. Pada *Linier Programming* bisa digunakan aplikasi Lingo untuk menyelesaikan permasalahan optimasi yang bervariasi sesuai untuk menentukan umur optimal dari sebuah proyek.

Maksud dan Tujuan

pada penelitian ini terdapat tujuan yang ingin dicapai, yaitu:

1. Bagaimana optimalisasi biaya akselerasi berdasarkan batas seberapa jauh aktivitas-aktivitas proyek yang bersangkutan secara terpisah dapat dipercepat.
2. Memberikan alternatif penyelesaian masalah akselerasi proyek agar lebih mudah menggunakan model program linier dan software LINGO.

Akselerasi Proyek

Merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek dengan mengurangi waktu satu atau lebih kegiatan di dalam proyek menjadi waktu tidak normal. Pengurangan waktu normal menjadi tidak normal inilah yang disebut dengan akselerasi. Akselerasi proyek juga disebut

sebagai *Crash Program* untuk mempercepat waktu pelaksanaan kegiatan proyek.

Akselerasi ini dilaksanakan dikarenakan beberapa faktor, antara lain:

- a) Adanya perubahan rencana proyek yang sudah disetujui oleh pihak-pihak terkait.
- b) Adanya keterlambatan pelaksanaan kegiatan proyek dari jadwal yang sudah ditentukan, sedangkan waktu pelaksanaan kegiatan proyek terbatas.

Hal ini seperti yang dilakukan oleh Departemen Bengkel & Fabrikasi PT Petrokimia Gresik untuk bisa melakukan proses percepatan proyek Fabrikasi *Dryer 21M-362* agar sesuai dengan waktu yang dipersyaratkan oleh *users* karena mempertimbangkan banyak faktor di dalamnya. Hubungan antara waktu dan biaya di dalam proyek itu tidak selalu berbanding lurus, tetapi pada proyek ini dianggap berbanding lurus. Hal ini dilogikan semakin banyak waktu yang dikurangi maka akan menimbulkan biaya yang semakin besar. Hal ini disebabkan oleh pemakaian sumber daya yang lebih dapat menimbulkan biaya langsung maupun biaya tak langsung.

Waktu pelaksanaan proyek dapat dipercepat dengan adanya penambahan sumber daya baik itu tenaga kerja, peralatan, material, dan jam kerja (lembur). Penambahan ini akan menimbulkan pembengkakan biaya proyek secara keseluruhan, sehingga keputusan untuk mempercepat pelaksanaan percepatan proyek akan didasarkan pada analisis pertukaran (*trade-off*) antara waktu dan biaya yang ditimbulkan sekecil mungkin.

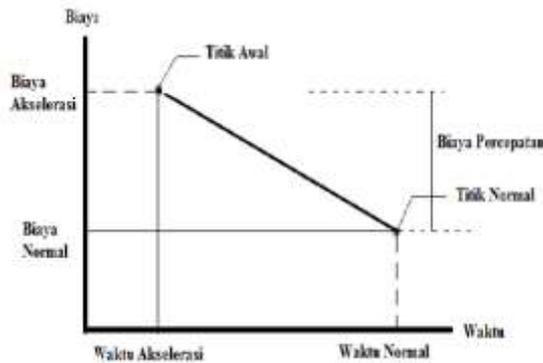
Analisis Waktu dan Biaya Proyek

Pada proses analisis waktu dan biaya proyek digunakan metode CPM dan PERT. Pokok persoalan yang digunakan sebagai objek analisis dengan metode ini adalah:

- a) Jumlah biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek apabila waktu pekerjaannya dilakukan dengan waktu normal
- b) Jumlah biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek apabila waktu pekerjaannya dilakukan dengan waktu akselerasi, dan kegiatan mana saja yang perlu dilakukan akselerasi untuk mendapatkan biaya yang lebih minimum.

Apabila pelaksanaan proyek dilakukan dengan waktu normal, maka biaya yang dibutuhkan disebut biaya normal. Sedangkan untuk

pelaksanaan proyek yang dilakukan dengan waktu akselerasi, biaya yang timbul adanya penambahan ini disebut biaya akselerasi. Maka hubungan antara biaya proyek dengan waktu penyelesaiannya berbanding terbalik secara linier. Hubungan keduanya ditunjukkan dengan gambar 1.1 dibawah ini:



Gambar 1 1 Hubungan Biaya-Waktu Normal dan Akselerasi

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa waktu pekerjaan semakin cepat (akselerasi) maka biaya yang ditimbulkan untuk penyelesaiannya akan meningkat secara linier. Jika selisih biaya antara biaya normal dengan biaya akselerasi dinyatakan dengan “*Bt*” dan selisih waktu normal dengan waktu akselerasi dinyatakan dengan “*y*”, maka biaya akselerasi persatuan waktu atau *Slope Cost (Cs)* dapat ditunjukkan dengan persamaan:

$$Cs = \frac{Bt}{y} \dots\dots\dots (1)$$

Nilai *Slope Cost* dan waktu akselerasi inilah yang sangat diperhatikan pada metode CPM dan PERT. Karena dari analisis menggunakan metode itu untuk menentukan kombinasi waktu akselerasi pada setiap kegiatan proyek akan didapatkan biaya yang minimum.

Pada dasarnya biaya akselerasi (*Cs*) pada setiap kegiatan proyek akselerasi berbeda-beda. Dengan memilih biaya akselerasi paling kecil, maka otomatis biaya total yang dikeluarkan juga akan minimum. Yang akan menyebabkan masalah biaya total sudah minimum tetapi waktu penyelesaian masih belum bisa memenuhi dari persyaratan yang sudah ditentukan.

Program Linier Pada Proyek

Di dalam jaringan kerja kegiatan proyek perlu ditentukan kegiatan mana saja yang perlu dilakukan akselerasi dan waktu akselerasinya menggunakan program linier bukanlah sebuah hal baru. *Critical Path Method (CPM)* dan

Program Evaluation and Review Technique (PERT) menentukan analisis biaya dan waktu penyelesaian proyek untuk mendapatkan nilai biaya tambahan yang harus dikeluarkan untuk menyelesaikan proyek apabila dilakukan percepatan waktunya. Dimana waktu dan biaya akselerasi ini mempunyai hubungan linier maka dapat diselesaikan dengan model *Linier Programming*.

Tahapan yang perlu dilakukan untuk merumuskan program linier di dalam CPM dan PERT terdapat 3 hal yang perlu ditentukan, yaitu:

- 1) Variabel Keputusan, dimana ditentukan dengan menganalisis hal-hal yang dapat mempengaruhi tujuan yang hendak dicapai dengan biaya waktu percepatannya agar biayanya minimum. Variabel putusan pada persoalan ini adalah:
 - Waktu tercepat mulai suatu kegiatan pekerjaan
 - Waktu tercepat selesai suatu item kegiatan pekerjaan
 - Jumlah waktu akselerasi suatu item kegiatan pekerjaan
 - 2) Fungsi Tujuan, digunakan untuk mengurangi waktu penyelesaian pada tingkat biaya akselerasi yang minimum. Koefisien tujuan adalah berupa aktivitas biaya akselerasi persatuan waktu. Biaya akselerasi adalah biaya tambahan persatuan waktu dengan waktu akselerasi. Sedangkan variabel pada fungsi tujuan menunjukkan jumlah waktu per satuan pada aktivitas yang dipercepat.
 - 3) Fungsi kendala, merupakan fungsi matematik yang menjadi pembatas untuk mencapai nilai ekstrem. Dalam CPM dan PERT kendala ini muncul akibat dari keterkaitan kegiatan satu dengan kegiatan lainnya. Kendala tersebut menggambarkan batas jumlah waktu pada aktivitas yang dipercepat agar memenuhi syarat yang sudah ditentukan.
- Pada *linier Programming* ini diperlukan kelengkapan data untuk bisa menyelesaikannya, data-data tersebut sebagai berikut:
- a) Diagram jaringan kerja proyek yang dilaksanakan, dimana memuat urutan kegiatan-kegiatan yang dilakukan untuk menyelesaikan proyek.
 - b) Data biaya akselerasi maksimum dari hasil setiap kegiatan proyek yang dianalisis

dengan metode CPM dan PERT yang dilakukan.

- c) Data waktu akselerasi maksimum tiap kegiatan hasil analisis CPM dan PERT yang dilakukan.
- d) Waktu akselerasi total/umur proyek berdasarkan permintaan dari pihak proyek.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam melaksanakan penelitian ini, peneliti melakukan beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Observasi dan studi literatur.
2. Pengumpulan data primer dan data sekunder.
3. Pembuatan model matematis dari program linier dimana mencakup variabel keputusan yang akan dibuat.
4. Membuat fungsi tujuan program linier.
5. Membuat fungsi kendala program linier.
6. Penyelesaian model program linier dengan aplikasi *software* LINGO 20.0.
7. Analisis hasil.
8. Kesimpulan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Akselerasi Proyek

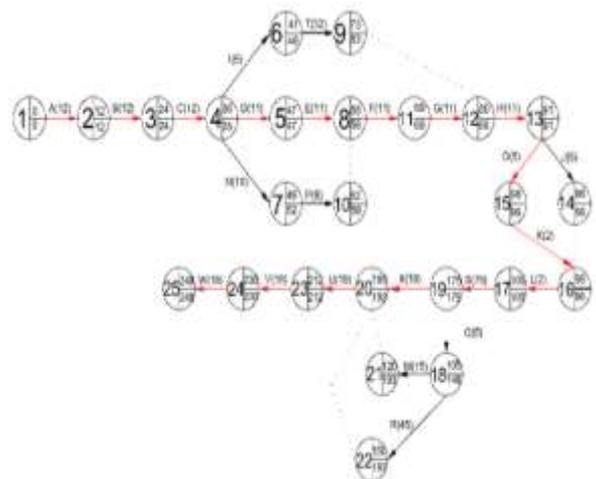
Data yang digunakan di dalam penelitian ini didapatkan dari Departemen Bengkel & Fabrikasi PT Petrokimia Gresik. Dikarenakan ada kebutuhan operasi di lini produksi, proyek fabrikasi ini perlu dilakukan percepatan dari waktu normalnya. Setelah dilakukan analisis dengan metode CPM dan PERT proyek ini diperoleh durasi maksimum dan biaya akselerasi di setiap kegiatan proyek seperti tabel 1.2 di bawah ini:

Tabel 1 2 Hasil Analisis CPM dan PERT
Proyek Fabrikasi Dryer 21M-362

No	Aktivitas	Waktu (Hari)		Biaya (IDR)	
		Normal	Crash	Normal	Crash
1	A	12	6	36023254	53413630
2	B	12	6	36023254	53413630
3	C	12	6	36023254	53413630
4	D	11	5	32588118	53413630
5	E	11	5	32588118	53413630
6	F	11	5	32588118	53413630
7	G	11	5	32588118	53413630

8	H	11	5	32588118	53413630
9	I	5	1	7276673	2910669
10	J	5	1	7276673	2910669
11	K	2	2	5830596	11661193
12	L	2	2	2910669	2910669
13	M	15	8	44769148	51199061
14	N	10	8	35000000	35000000
15	O	5	5	34350000	34350000
16	P	6	5	80300000	80300000
17	Q	5	4	80300000	80300000
18	R	45	30	136561753	234762336
19	S	75	38	116621497	152084627
20	T	32	30	28371006	28371006
21	U	18	9	9457002	9457002
22	V	19	8	40980342	40980342
23	W	18	8	31523340	31523340
24	X	18	8	47285010	47285010

Proyek ini awalnya memiliki waktu normal pekerjaan selama 265 hari. Setelah dilakukan analisis dengan metode CPM dan PERT didapatkan bahwa waktu tercepat pekerjaan adalah 248 hari. Tetapi hasil tersebut masih tidak memenuhi permintaan dimana proyek ini diminta untuk bisa selesai selama 123 hari. Oleh karena itu hasil pengolahan ini digunakan untuk membuat penyelesaian dengan program linier dimana akan ditentukan nilai akselerasi yang tepat untuk setiap kegiatan pekerjaan di proyek ini agar umur proyeknya dapat tercapai dengan biaya akselerasi yang minimum. Untuk diagram kerja ditunjukkan pada gambar 1.2 di bawah ini:



Gambar 1 2 Diagram Kerja Normal Analisis CPM dan PERT

Pemodelan Matematis

Dalam membuat model matematis dari proyek akselerasi ini, perlu beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Variabel keputusan

Variabel keputusan dalam analisis akselerasi proyek ini terdiri dari variabel waktu kejadian tercepat simpul. Jumlah untuk variabel keputusan dalam waktu kejadian simpul (X_i) dalam proyek akselerasi ini sama dengan banyaknya simpul pada jaringan proyek akselerasi yaitu sebanyak 24 variabel. Untuk kegiatan A variabel keputusannya adalah XA dan untuk kegiatan B dengan variabel keputusan XB demikian seterusnya. Variabel keputusan waktu kejadian tercepat simpul secara lengkap dapat dilihat pada tabel 1.3 berikut:

Tabel 1 3 Variabel Keputusan Waktu Tercepat Simpul

Kode Simpul	Variabel Keputusan
A	XA
B	XB
C	XC
D	XD
E	XE
F	XF
G	XG
H	XH
I	XI
J	XJ
K	XK
L	XL
M	XM
N	XN
O	XO
P	XP
Q	XQ
R	XR
S	XS
T	XT
U	XU
V	XV
W	XW
X	XX

Membuat fungsi tujuan program linier

Hal pertama yang perlu diketahui sebelum menyusun fungsi tujuan adalah menentukan koefisien (C_i) dalam fungsi tujuan, dimana koefisien tersebut merupakan *slope* biaya percepatan masing-masing kegiatan. Hasil perhitungan pada koefisien $C_{s_i,j}$ secara lengkap dapat dilihat pada tabel 1.4 di bawah ini:

Tabel 1 4 Slope Cost Kegiatan Pekerjaan Proyek

No	Aktivitas	Waktu (Hari)		Biaya (IDR)		ΔC	Δt	$r = \Delta C \Delta t$
		Normal	Crash	Normal	Crash			
1	A	12	6	36023254	53413630	17390376	6	2898396
2	B	12	6	36023254	53413630	17390376	6	2898396
3	C	12	6	36023254	53413630	17390376	6	2898396
4	D	11	5	32588118	53413630	20825512	6	3470919
5	E	11	5	32588118	53413630	20825512	6	3470919
6	F	11	5	32588118	53413630	20825512	6	3470919
7	G	11	5	32588118	53413630	20825512	6	3470919
8	H	11	5	32588118	53413630	20825512	6	3470919
9	I	5	1	7276673	2910669	-4366004	4	-1091501
10	J	5	1	7276673	2910669	-4366004	4	-1091501
11	K	2	2	5830596	11661193	5830596	0	2915298
12	L	2	2	2910669	2910669	0	0	0
13	M	15	8	44769148	51199061	6429913	7	918559
14	N	10	8	35000000	35000000	0	2	0
15	O	5	5	34350000	34350000	0	0	0
16	P	6	5	80300000	80300000	0	1	0
17	Q	5	4	80300000	80300000	0	1	0
18	R	45	30	136561753	234762336	98200583	15	6546706
19	S	75	38	116621497	152084627	35463131	37	958463
20	T	32	30	28371006	28371006	0	2	0
21	U	18	9	9457002	9457002	0	9	0
22	V	19	8	40980342	40980342	0	11	0
23	W	18	8	31523340	31523340	0	10	0
24	X	18	8	47285010	47285010	0	10	0

setelah diketahui koefisien $C_{s_i,j}$ untuk nilai *slope cost* setiap kegiatan pekerjaan proyek, maka fungsi tujuan untuk proyek akselerasi ini akan digunakan untuk meminimumkan nilai di program linier, fungsi tujuan dari program liniernya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & 2898396 * XA + 2898396 * XB + \\ & 2898396 * XC + 3470919 * XD + 3470919 * XE \\ & + 3470919 * XF + 3470919 * XG + 3470919 * \\ & XH - 1.091.501 * XI - 1.091.501 * XJ + \\ & 2.915.298 * XK + 0 * XL + 918.559 * XM + 0 * \\ & XN + 0 * XO + 0 * XP + 0 * XQ + 6546706 * \\ & XR + 805.980 * XS + 0 * XT + 0 * XU + 0 * XV \\ & + 0 * XW + 0 * XX \end{aligned}$$

Menyusun fungsi Kendala

Fungsi kendala merupakan fungsi matematis yang menjadi pembatas untuk mencapai nilai ekstrem. Kendala-kendala tersebut menggambarkan batas jumlah waktu masing-masing aktivitas dapat dipercepat agar memenuhi syarat-syarat dilakukan akselerasi. Fungsi kendala program linier pada proyek akselerasi ini terjadi dari:

- 1) Fungsi kendala 1: Batasan waktu percepatan aktivitas

Tabel 1 5 Batasan Waktu Percepatan Aktivitas

Item	Percepatan	Fungsi
A	6	$XA \leq 6$
B	6	$XB \leq 6$
C	6	$XC \leq 6$
D	6	$XD \leq 6$
E	6	$XE \leq 6$
F	6	$XF \leq 6$
G	6	$XG \leq 6$
H	6	$XH \leq 6$
I	4	$XI \leq 4$
J	4	$XJ \leq 4$
K	0	$XK \leq 0$
L	0	$XL \leq 0$
M	7	$XM \leq 7$
N	2	$XN \leq 2$
O	0	$XO \leq 0$
P	1	$XP \leq 1$
Q	1	$XQ \leq 1$
R	15	$XR \leq 15$
S	37	$XS \leq 37$
T	2	$XT \leq 2$
U	9	$XU \leq 9$
V	11	$XV \leq 11$
W	10	$XW \leq 10$
X	10	$XX \leq 10$

- 2) Fungsi kendala 2: Kendala pada waktu kejadian tercepat simpul

Variabel yang digunakan pada fungsi kendala adalah Variabel Yi dan Xi, dimana Yi merupakan variabel waktu mulai

tercepat pada setiap kegiatan, contoh YA merupakan waktu mulai tercepat kegiatan A, YX merupakan waktu tercepat mulai kegiatan X, hal ini berlaku untuk semua kegiatan dengan kode simpulnya masing-masing. Sedangkan Xi merupakan variabel waktu kejadian tercepat simpul, contoh XA merupakan jumlah waktu yang bisa dilakukan percepatan, hal ini juga berlaku untuk semua kegiatan dengan kode simpulnya masing-masing.

Tabel 1 6 Kendala Pada Waktu Kejadian Tercepat Simpul

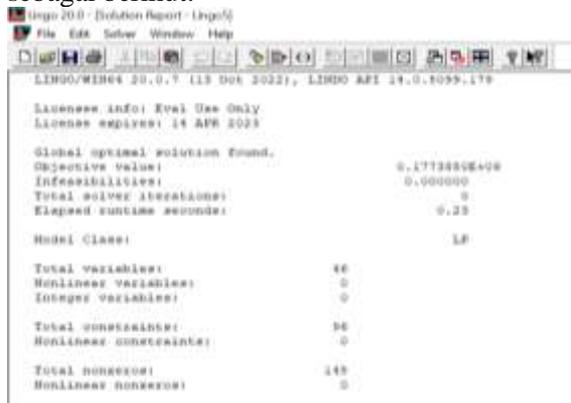
No	Aktivitas	Fungsi
1	B - A	$YB - YA + XA \geq 12$
2	C - B	$YC - YB + XB \geq 12$
3	D - C	$YD - YC + XC \geq 12$
4	E - D	$YE - YD + XD \geq 11$
5	F - E	$YF - YE + XE \geq 11$
6	G - F	$YG - YF + XF \geq 11$
7	H - G	$YH - YG + XG \geq 11$
8	J - H	$YJ - YH + XH \geq 11$
9	O - H	$YO - YH + XH \geq 11$
10	K - O	$YK - YO + XO \geq 5$
11	L - K	$YL - YK + XK \geq 2$
12	S - L	$YS - YL + XL \geq 2$
13	U - S	$YU - YS + XS \geq 75$
14	V - U	$YV - YU + XU \geq 18$
15	W - V	$YW - YV + XV \geq 19$
16	X - W	$YX - YW + XW \geq 18$
17	I - C	$YI - YC + XC \geq 12$
18	N - C	$YN - YC + XC \geq 12$
19	T - I	$YT - YI + XI \geq 5$
20	P - N	$YP - YN + XN \geq 18$
21	FINISH - X	$YFINISH - YX + XX \geq 18$
22	FINISH	$YFINISH \leq 123$

- 3) Fungsi kendala 3: Batasan durasi proyek

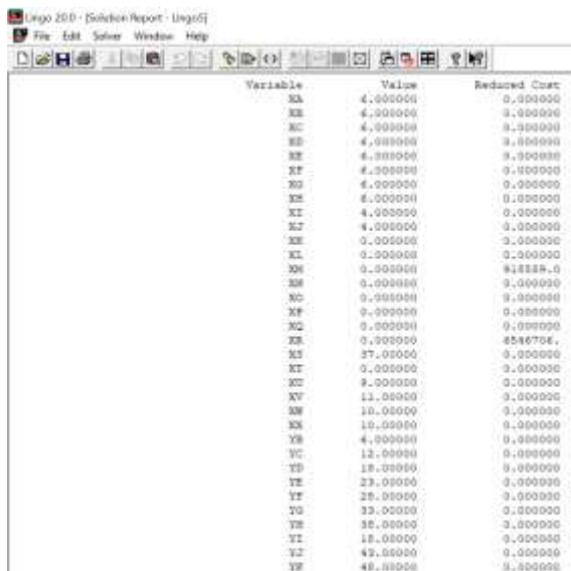
Pada proyek akselerasi ini aktifitas terakhirnya adalah aktifitas X, sehingga nilai simpul akhir waktu kejadian tercepat aktifitas X (XFINISH) diharuskan bernilai 123, yang merupakan jumlah waktu penyelesaian kegiatan proyek akselerasi yang diinginkan sehingga fungsi kendala tersebut dapat dinyatakan sebagai XFINISH= 123.

Penyelesaian Model Program Linier Dengan Aplikasi LINGO 20.0

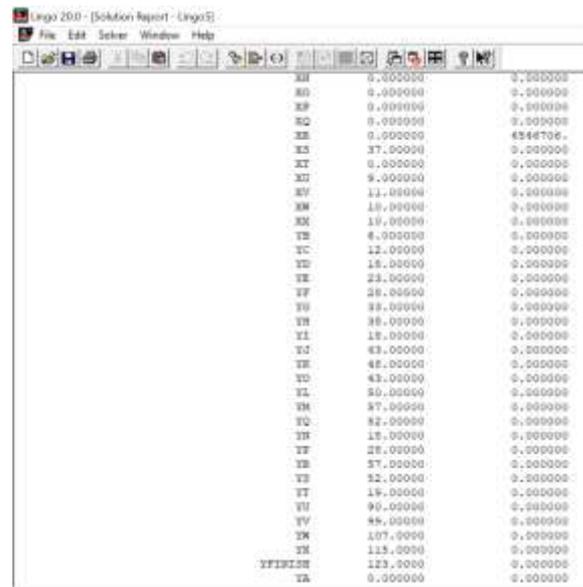
Berdasarkan hasil pemodelan matematis program linier untuk proyek akselerasi ini terbilang cukup rumit dan kompleks serta memiliki fungsi kendala yang cukup banyak, maka untuk menyelesaikan dibutuhkan komputerisasi atau dengan software yang dikenal dengan nama LINGO 20.0. dari hasil perhitungan dengan aplikasi di dapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 13 Hasil Perhitungan Lingo



Gambar 14 Hasil Perhitungan Lingo



Gambar 15 Hasil Perhitungan Lingo

Dapat dilihat pada gambar 1.4 diatas, nilai variabel keputusan XA bernilai 6 pada kolom *value* yang menandakan bahwa nilai percepatan yang dibutuhkan untuk kegiatan tersebut adalah 6 hari, sehingga waktu percepatan yang baru dihitung dari waktu normalnya dikurangi 6 hari. Begitu juga dengan variabel keputusan XI yang bernilai 4 pada kolom *value* yang menandakan bahwa nilai percepatan yang dibutuhkan untuk kegiatan tersebut adalah 4 hari, sehingga waktu percepatan yang baru dihitung dari waktu normalnya dikurangi 4 hari. Sedangkan *Reduced cost* adalah biaya tambahan apabila manambah nilai *value* per satuannya. Misal XM memiliki *reduced Cost* sebesar 918.559, maka jika kita menambahkan nilai 1 pada *value*, nilai *Objective function value* nya akan menambah sebesar 918.559.

Interpretasi data hasil pengolahan program LINGO untuk nilai variabel keputusan secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 1.7 dan 1.8 berikut:

Tabel 1 7 Nilai Variabel Percepatan Aktivitas

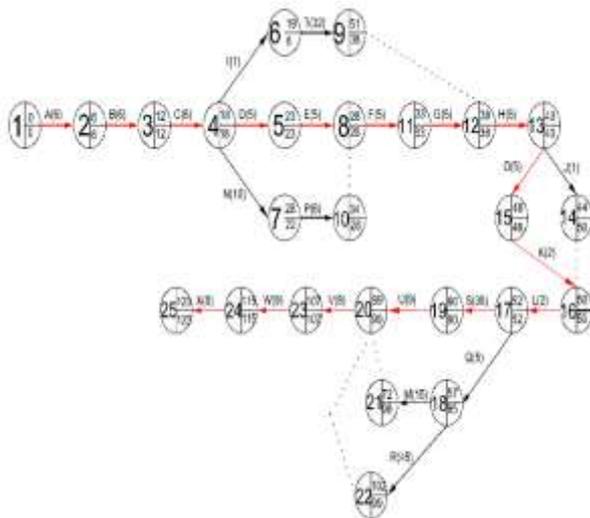
Aktivitas	Variabel	Nilai	Aktivitas	Variabel	Nilai
A	XA	6	M	XM	0
B	XB	6	N	XN	0
C	XC	6	O	XO	0
D	XD	6	P	XP	0
E	XE	6	Q	XQ	0
F	XF	6	R	XR	0
G	XG	6	S	XS	37
H	XH	6	T	XT	0
I	XI	4	U	XU	9

J	XJ	4	V	XV	11
K	XK	0	W	XW	10
L	XL	0	X	XX	10

Tabel 1 8 Nilai Variabel Waktu Kejadian Tercepat Simpul

Aktivitas	Variabel	Nilai	Aktivitas	Variabel	Nilai
A	YA	0	M	YM	50
B	YB	6	N	YN	57
C	YC	12	O	YO	52
D	YD	18	P	YP	18
E	YE	23	Q	YQ	28
F	YF	28	R	YR	57
G	YG	33	S	YS	52
H	YH	38	T	YT	19
I	YI	18	U	YU	90
J	YJ	43	V	YV	99
K	YK	48	W	YW	107
L	YL	43	X	YX	115

Dari hasil interpretasi pengolahan dari program LINGO dapat diaplikasikan ke dalam perencanaan proyek ini dengan nilai percepatannya bisa digambarkan pada diagram kerja proyek ini. Ditunjukkan pada gambar 1.6 di bawah ini:



Gambar 1 6 Diagram Kerja Hasil Program Linier

Gambar 1.6 diatas memberikan kesimpulan informasi yang lengkap untuk semua kegiatan pekerjaan di dalam jaringan kerja proyek akselerasi dan merupakan jawaban pengambilan keputusan yang bisa disampaikan kepada pihak manajemen perusahaan untuk menyelesaikan proyek akselerasi ini. Pada Gambar 1.6 menunjukkan Informasi lain untuk aktifitas A yaitu aktifitas A dalam kondisi akselerasi dimulai pada hari ke-0 dan selesai pada hari ke-6 dengan durasi baru 6 hari. Demikian pula

untuk aktifitas yang lainnya dapat dilihat data akselerasinya pada informasi dari hasil analisis tersebut.

Perbandingan akselerasi perusahaan dan metode pengujian di penelitian

Untuk hasil akhir dari pengujian ini, didapatkan 3 perbandingan yang ditemukan dan diajukan untuk bisa dijadikan bahan perbandingan dalam pembuatan keputusan oleh manajemen perusahaan, ditunjukkan dengan tabel 1.9 di bawah ini:

Tabel 1 9 Hasil Perhitungan

No	Metode	Estimasi Biaya (IDR)	Waktu (Hari)
1	Perusahaan	1,273,314,964	123
2	CPM dan PERT	979,824,061	248
3	Program Linier	1,162,853,872	123

Dapat ditarik kesimpulan bahwa perencanaan waktu dan biaya oleh perusahaan membutuhkan biaya sebesar Rp.1.273.314.964,00. Sedangkan perencanaan waktu dan biaya menggunakan metode program linier membutuhkan biaya sebesar Rp.1.162.853.872,00. Selisih antara perencanaan perusahaan dengan program linier sebesar Rp.110.461.092,00. Hal ini menandakan bahwa akselerasi pekerjaan dapat dilakukan dengan melakukan percepatan di kegiatan kegiatan yang berada pada lintasan kritis pekerjaan. Hal ini akan memberikan minimum pembengkakan biaya yang diperlukan untuk melaksanakan proyek akselerasi.

4. KESIMPULAN

Dari analisis dan pengolahan data yang telah dilakukan, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Dengan menggabungkan 2 metode CPM dan PERT didapatkan lintasan kritis pekerjaan yaitu A-B-C-D-E-F-G-H-O-K-L-S-V-W-X. Waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan pekerjaan selama 248 hari.
- Hasil Pengolahan pemodelan program linier menggunakan Lingo 20.0 untuk menentukan aktivitas yang perlu dilakukan percepatan didapatkan sebagai berikut: A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-S-U-V-W-X. Aktivitas-aktivitas diatas apabila dilakuakan percepatan maka pekerjaan akan dapat diselesaikan dengan waktu selama 123 hari dengan total biaya sebesar Rp.1.162.853.872,00.

c) Hasil penelitian yang menandakan bahwa metode CPM dan PERT dengan Program Linier mampu untuk menentukan lintasan kritis yang perlu untuk dilakukan percepatan sesuai dengan permintaan users tetapi pembengkakan biaya yang timbul akibat percepatan dapat seoptimal mungkin. Oleh karena itu Departemen Bengkel & Fabrikasi PT Petrokimia Gresik dapat mempertimbangkan penerapan metode ini untuk penjadwalan proyek yang dilaksanakan agar menghemat waktu dan biaya pelaksanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agyei, W. (2015). Project Planning and Scheduling Using PERT And CPM Techniques With Linier Programming: Case Study. *International Journal Of Scientific & Technology Research*, 4, 8, 222-227.
- Angelin, A., & Ariyanti, S. (2018). Analisis Penjadwalan Proyek *New Product Development* Menggunakan Metode PERT Dan CPM. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 6(1), 63-70.
- Haming, M. & Nurnajamuddin, M. (2007). *Manajemen Produksi Modern Operasi Manufaktur Dan Jasa*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Handayasari, I., & Salida, N.N. (2016). Aplikasi Program Linier Lindo Pada Akselerasi Proyek Rehabilitasi SDN 16 Pinrang Sulawesi Selatan. *Sainstech*, 26(1), 21-27.
- Kistiani, F., & Suharyanto. (2017). Pengendalian biaya dan waktu proyek dengan metode konsep nilai hasil (earned value). *Jurnal karya Teknik sipil*, 6(4), 460-470.
- Maidi, S.K. (2017). Penerapan Metode PERT, CPM Dan Linier Programming Dalam Proyek Pembangunan Gedung Bangsal Penyakit Dalam RSUD Pariaman. *Skripsi Thesis*. Universitas Negeri Padang.
- Pawiro, D., A. (2014). Percepatan Waktu Pelaksanaan Proyek Dengan Metode CPM dan PERT Dan Aplikasi Program Linier Pada Proyek Rehabilitasi Daerah Irigasi Sidorejo Kabupaten Grobogan. *Jurnal TEKNIS*, 9(1), 1-7.
- Purba, S.A. (2021). Analisis Jaringan Kerja Dengan Metode Critical Path Method (CPM) Dan Model Program Linier. *Jurnal BSIS*, 4(1), 429-438.
- Raharjo, D. (2017). Analisa Penjadwalan Proyek Piping *Work Side Stream Filter Amonia Urea II PT. Petrokimia Gresik Dengan Metode CPM (Critical Path Method)*. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Gresik.
- Rani, H.A. (2016). *Manajemen Proyek Konstruksi* (1). Sleman: CV Budi Utama.
- Santosa, B. (2009). *Manajemen Proyek* (1). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Santosa, B. (2013). *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Siswanto. (2007). *Operations Research Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Stevenson, William, J., Chuong, C. (2014). *Manajemen Operasi Perspektid Asia*. 9(2). Jakarta: Salemba Empat.
- Sulistyo, A.B., Rifki, I., & Gautama, P. (2022). Evaluasi Proyek Fabrikasi Matarbariunit-02 Dengan Metode CPM dan PERT PT. DUI ESA UNGGUL. *Jurnal InTent*. 5(1). 14-27.
- Taurusyanti, D., & Lesmana, M.F. (2015). Optimalisasi Penjadwalan Proyek Jembatan Girder Guna Mencapai Efektifitas Penyelesaian Dengan Metode PERT Dan CPM Pada PT. Buana Masa Metalindo. *JIMFE (Jurnal Ilmiah Manajemen Fakultas Ekonomi)*, 1(1), 32-36.
- Wiandari, E.P. (2018). Formulasi Pemograman Linier Pada Critical Path Method Dalam Penyelesaian Proyek Peningkatan Jalan. *Skripsi Thesis*. Universitas Sriwijaya.
- Wulandari, R. (2020). Optimasi Waktu Dan Biaya Pada Proyek A Dengan Metode CPM Dan PERT Di PT. XYZ. *Skripsi Thesis*. Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.